بنام خدا

مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان

تاسیسات برقی

علی فارسی
رییس مرکز ملی آموزش مدیریت انرژی ایران

سازمان نظام مهندسی
استان آذربایجان شرقی

۱۹-۴ ضوابط اجباری

- رعایت ضوابط تعیین‌شده در این فصل در تمامی موارد و تمامی روشهای طراحی، الزامی است.
- برای ساختمانهای گروه ۱ تا ۳ (مطابق پیوست ٤مبحث)، منطبق با مقررات، ضوابط دیگری نیز باید رعایت شود که در فصول ۱۹-۵ تا ۱۹-۸، برای روشهای مختلف طراحی ارائه گردیده است.
- در صورت طراحی با هر یک از چهار روش مطرح شده در این مبحث، رعایت اصول کلی مطرح برای هریک از روشهای اتخاذشده الزامی است.
- علاوه بر این، ضوابط عمومی مطرح برای پوسته خارجی، در هر یک از روشهای اتخاذشده نیز الزامی است.

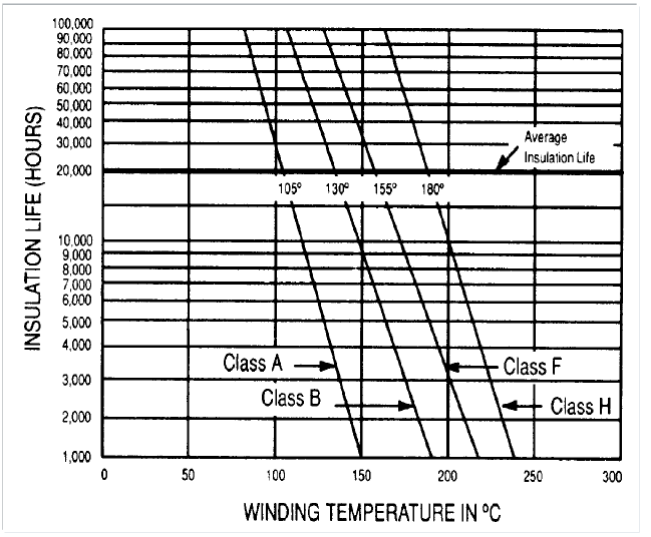
- رعایت ضوابط اختصاصی مطرح برای ساختمانهای کم‌انرژی و بسیار کم‌انرژی تنها زمانی الزام آور است که هدف طراحی ساختمانهای کم‌انرژی و بسیار کم‌انرژی باشد.
- به‌عبارت دیگر، در صورتی که طراح مایل باشد ساختمان کم‌مصرف طراحی نماید، لازم است علاوه بر ضوابط تعریف‌شده برای ساختمانهای منطبق با مقررات مبحث ۱۹، معیارهای مضاعفی نیز، که در روشهای مختلف طراحی، برای ساختمانهای کم‌انرژی و بسیار کم‌انرژی در نظر گرفته شده اند، رعایت شوند.
- در صورت رعایت اصول کلی و تمامی معیارهای تعیین‌شده برای ساختمانهای کم‌انرژی یا بسیار کم‌انرژی، امکان اطلاق این عنوانها به ساختمان فراهم می‌گردد.

۱۹-۴-۳ تاسیسات برقی

- علاوه بر رعایت الزامات مبحث سیزدهم مقررات ملی ساختمان، باید الزامات مندرج در این بخش نیز برای صرفه جویی در مصرف انرژی در تأسیسات برقی، در ساختمان تمامی ها رعایت شود

۱۹-۴-۴-۱ حوزه شمول و کلیات

- اطلاعات کلی در خصوص حوزه وظایف و مسئولیت‌های شرکت برق و ضوابط مطرح در این خصوص در پیوست ۱۲ این مبحث ارائه شده است.
- در طراحی سیستم‌های تأسیسات برقی، در جهت صرفه‌جویی در مصرف برق (انرژی الکتریکی)، باید موارد زیر، که در راندمان کارکرد تجهیزات برقی و شبکه‌های سیستم‌های تأسیسات برقی مؤثرند، مد نظر قرار گیرند:
  - الف) نمودار مصرف برق در دوره کارکرد و بهره برداری و مقدار سالیانه و روزانه آن؛
  - ب) محل استقرار پست برق، تأمین نیرو، و محل تابلو برق؛
  - پ) اثر شرایط محیط، از قبیل حداکثر و حداقل دمای محیط، ارتفاع از سطح دریا و رطوبت محیط در محل نصب تجهیزات برقی.



تاثیر دما بر تلفات الکتروموتور

- مقاومت سیم پیچی با افزایش دما افزایش می یابد.
- مقدار افزایش حدود ۰,۳۹۳٪ به ازای هر درجه سانتیگراد افزایش دما است.
- بطور مثال با افزایش ۲۰ درجه سانتیگراد در دمای سیم پیچی، مقاومت آن نزدیک ۸٪ افزایش می یابد. این به معنی افزایش هشت درصدی در تلفات سیم پیچی موتور است.

$$R = R_o(1+\alpha\Delta T)$$

where;
R= resistance of the conductor at temp t (°C)
R_o=resistance at the reference temp.
α= temperature coefficient of resistance
Δ= difference between operating and reference temp.

۱۹-۴-۴-۲ انشعاب برق

- ۱۹-٤-٤-۲-۱ انشعاب برق فشار ضعیف (منشعب از شبکه عمومی)
- ۱۹-٤-٤-۲-۲ انشعاب برق فشار متوسط (اختصاصی)

۱۹-۴-۴-۲-۱ انشعاب برق فشار ضعیف (منشعب از شبکه عمومی)

- انشعاب برق فشار ضعیف باید با توجه به مقدار مصرف و شرایط حاکم، مطابق ضوابط و دستورالعمل‌های شرکت برق، برای تأمین مصرف برق مورد نیاز ساختمان با انشعاب سه فاز با ولتاژ نامی ۲۳۰/٤۰۰ ولت و یا یک فاز با ولتاژ نامی ۲۳۰ ولت صورت گیرد.

- یادآوری: در ساختمانهایی که با انشعاب برق فشار ضعیف تغذیه می‌شوند، اقدامات صرفه‌جوئی در مصرف برق به بعد از نقطه سرویس مشترک (کنتور برق فشار ضعیف) محدود می‌شود.

۱۹-۴-۴-۲-۲ انشعاب برق فشار متوسط (اختصاصی)

- انشعاب برق فشار متوسط باید باتوجه به مقدار مصرف، شرایط طرح تأسیسات برق، و امکانات محلی موجود، و همچنین بر اساس ضوابط و یا دستورالعمل‌های شرکت برق، برای تأمین برق ساختمان در نظر گرفته شود.
- معیار بررسی و مقایسه، ترانسفورماتورهای فشار متوسط ولتاژ نامی برق فشار متوسط است، که می‌تواند ۱۱ یا ۲۰ یا ۳۳ کیلوولت باشد. معمول ترین ولتاژ فشار متوسط ۲۰ کیلوولت است.
- در این سیستم، برق مورد نیاز ساختمان باید از طریق پست برق اختصاصی دارای ترانسفورماتور و یا ترانسفورماتورهای فشار متوسط و تابلوهای برق فشار متوسط، تأمین و تغذیه شود. در این انشعاب، علاوه بر نکات فوق، باید پارامترهای زیر مشخص گردد:
  - الف) تعداد بهینه پست(ها) برق مورد نیاز
  - ب) تلفات ترانسفورماتور(ها)
  - پ) اثر شرایط اقلیمی
  - ت) راندمان حداکثر و ضریب بار ترانسفورماتور(ها)

۱۹-۴-۴-۲-۲ انشعاب برق فشار متوسط (اختصاصی)

- در ساختمانهایی که با انشعاب برق فشار متوسط تغذیه می‌شوند، اقدامات صرفه‌جویی در مصرف برق به بعد از نقطه سرویس مشترک (کنتور برق فشار متوسط)، یعنی در ترانسفورماتور پست برق، تجهیزات و شبکه توزیع و سیستم‌های مرتبط با تأسیسات برق ساختمان، محدود می‌شود.
- ضوابط مطرح برای ترانسفورماتورها با ولتاژ نامی ۱۱ و ۳۳ کیلوولت مشابه ضوابط مطرح برای ترانسفورماتورها با ولتاژ نامی ۲۰ کیلوولت است.

۱۹-۴-۴-۳ مولد نیروی برق اضطراری

- به‌هنگام طراحی و انتخاب مولد نیروی برق اضطراری، طراح باید ضرایب کاهش را، با توجه به نیـاز طرح، شرایط محل نصب (محیط) و دیگر عوامل تعیین‌کننده، منظـور نمایـد. لازم اسـت داده هـای مورد نیاز برای طراحی از تولیدکنندگان سیستم‌های مولد نیروی برق اضطراری مطابق با استاندارد اخذ گردد.
- نکات تکمیلی که توصیه می‌شود در طراحی و انتخاب مولد نیروی برق اضطراری مورد توجـه قـرار گیرد در پیوست ۱۲ این مبحث ارائه شده است

۱۹-۴-۴-۴ دستگاه های برق بدون وقفه

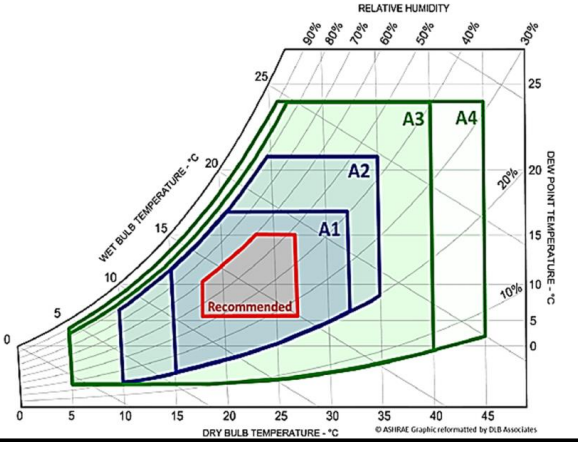
- در صورتی که انتخاب هر یک از دستگاه های برق بدون وقفه استاتیک و یا دینامیک مرکـزی بـرای تأمین مصارف برق بدون وقفه مد نظر باشد، باید عـلاوه بـر در نظـر گـرفتن پارامترهـای اقتصـادی (نظیر هزینه دستگاه ها، لوازم جانبی، طول عمـر بـاطری، هزینـه جـایگزینی بـاطری و غیـره) بـه مقایسه‌ها و پارامترهای زیر نیز توجه لازم معطوف گردد:
  - الف) توان یا ظرفیت نامی دستگاه برق بدون وقفه استاتیک یا دینامیک
  - ب) زمان باردهی دستگاه برق بدون وقفه استاتیک
  - پ) راندمان دستگاه های برق بدون وقفه استاتیک و دینامیک
  - ت) راندمان و تلفات انرژی شارژ و دشارژ باطری‌های دستگاه برق بدون وقفه استاتیک
  - 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 باطری‌های آن، و نیـز نحـوه تـأمین هـوای لازم برای احتراق و خنک‌کردن موتور نیروی محرکه، موتـور راه انداز و ژنراتـور بـرق نـوع دینامیک
  - ج) عمر باطری‌ها و هزینه جایگزینی آنها با باطری‌های نو در دستگاه برق بدون وقفه استاتیک

۱۹-۴-۴-۴ دستگاه های برق بدون وقفه

- چ) مصرف برق موتور راه انداز دستگاه برق بدون وقفه دینامیک
- ح) مصرف سوخت و نیز تأمین شرایط و فضای لازم برای نصب منبع سوخت موتور نیروی محرکه دستگاه برق بدون وقفه دینامیک
- خ) مدت زمان لازم برای قرار گرفتن در مدار تغذیه مصارف برق بدون وقفه و یا مدت زمان وقفه برای هر یک از دستگاه های استاتیک و دینامیک
- د) اثر شرایط محیط (محل نصب) دستگاه های برق بدون وقفه استاتیک و دینامیک در راندمان آنها
- ذ) ضریب توان بالای دستگاه برق بدون وقفه دینامیک و امکان حذف بانک خازن اصلاح ضریب توان در دستگاه، نسبت به دستگاه برق بدون وقفه استاتیک

مثال: کاربری دیتا سنتر

- محدوده دما و رطوبت برای انواع تجهیزات کامپیوتری بر اساس استاندارد اشره تعیین شده است.
- یکی از مهم ترین مشکلات دیتا سنترها کمبود رطوبت در فصل سرد سال است.



۱۹-۴-۴-۵ بانک خازن

- با توجه به نیاز و شرایط طرح،در جهت کاهش مقدار توان راَکتیو 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 نیمه‌اصلی، به‌صورت نیمه‌متمرکز و یا تابلوهای برق اصلی (مرکزی و متمرکز) خازنهای الکتریکی در نظر گرفته‌شود ، تا بهبودهای زیر حاصل شود:
  - الف) افزایش قابلیت و راندمان شبکه در تأمین‌توان اَکتیو،
  - ب) کاهش تلفات بار در شبکه توزیع و بهبود کارایی شبکه توزیع و اجزای تابلوهای برق،
  - پ) کاهش هزینه بهره برداری.
  - ت) کاهش توان رآکتیو و صرفه‌جویی در هزینه پرداختی بابت آن
- این خازن ها باید متناسب با توان اَکتیو مورد نظر و مقدار متوسط و یا معادل ضریب توان مصرف کننده های 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 براساس مقدار توان اَکتیو مورد نظر و مقدار متوسط و یا معادل ضریب توان مصرف کننده های برقی (ضریب توان اولیه) و ضریب توان اصلاح شده شبکه برق، محاسبه گردد.

۱۹-۴-۴-۶ تلفات بار در شبکه توزیع برق و سیم‌کشی برق

- در پیوست ۱۲ نکات و توصیه‌ها در خصوص اقدامات قابل انجام برای کاهش تلفات بار در شبکه توزیع برق و سیم کشی برق ارائه شده است

۱۹-۴-۴-۷ لامپ سیستم روشنایی مصنوعی

- در تصمیم‌گیری برای انتخاب لامپ‌ها و اجزای آنها، متناسب با نیاز و نوع فعالیت، و همچنین میزان و کیفیت روشنایی مورد نظر، لازم است شاخص راندمان (لومن بر وات) و یا بهره نوری لامپ مورد استفاده در تأمین روشنایی در اولویت اول قرار گیرد. موارد دیگری که در انتخاب لامپ‌ها و اجزای آن باید مدنظر قرار گیرند در پیوست ۱۲ مبحث ارائه شده است.
- استفاده از لامپ با فیلمان تنگستن و یا هالوژن با راندمان (یا بهره نوری) کمتر از ۱۴ لومن بروات، لامپ‌های بخار جیوه با راندمان کمتر از ۵۵ لومن بروات و نیز لامپ‌های گازی با راندمان کمتر از ۲۲ لومن بروات، مجاز نمی‌باشد، مگر این‌که 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 انتخابهای غیرمجاز ارائه نماید.
- تبصره: یکی از موارد استثنای بند فوق، مجاز بودن استفاده از لامپ‌های هالوژن تنگستن (مدادی)، با راندمان (یا بهره نوری) حدود ۱۹ تا ۲۲ لومن بروات، برای تأمین روشنایی صحنه (در تئاتر، آمفی‌تئاتر، و نظایر آن) است.

پیوست ۱۲ – اطلاعات تکمیلی در خصوص تأسیسات الکتریکی

- پ۱۲-۱ مولد نیروی برق اضطراری
- پ۱۲-۲ تلفات بار در شبکه توزیع برق و سیم‌کشی برق
- پ۱۲-۳ توصیه‌ها در خصوص انتخاب لامپ سیستم روشنایی مصنوعی
- پ۱۲-۴ توان کل لامپ‌های یک فضای ساختمان
- پ۱۲-۵ ترانسفورماتورها

پ۱۲-۲ تلفات بار در شبکه توزیع برق و سیم‌کشی برق

- در کاهش مقدار تلفات بار در شبکه توزیع برق و سیم‌کشی و به تبع آن صرفه‌جویی در مصرف انرژی، عوامل زیر مؤثرند:
  - الف) مقادیر افت ولتاژ در شبکه توزیع برق و سیم‌کشی (رجوع شود به مبحث ۱۳ مقررات ملی ساختمان)
  - تبصره: کاهش مقادیر افت ولتاژ باعث کاهش مقدار تلفات در شبکه توزیع می‌شود مشروط به اینکه به مقاطع بهینه کابل‌ها در شبکه توزیع نیز توجه شود. (برای بهینه‌یابی اقتصادی مقاطع کابل‌ها در شبکه توزیع به استاندارد IEC 60287 -3-2 رجوع شود)
  - ب) استفاده از سیم نوع تک مفتولی به جای سیم افشان به دلیل پایین بودن مقاومت سیم تک مفتولی نسبت به رشته‌ای
  - پ) نحوه آرایش و فاصله کابل‌ها از هم، نوع کابل‌ها، تک رشته بودن و یا چند رشته بودن کابل‌ها، انتخاب مقاطع مناسب کابل‌ها برای هر یک از بخش‌های شبکه توزیع و غیره (رجوع شود به مبحث ۱۳ مقررات ملی ساختمان)

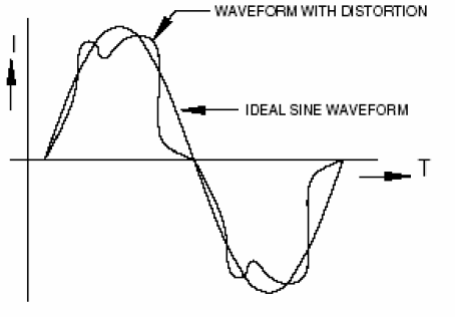
پ۱۲-۲ تلفات بار در شبکه توزیع برق و سیم‌کشی برق

- ت) انتخاب توپولوژی مناسب برای شبکه توزیع، از جمله محل استقرار ترانسفورماتور(ها) و یا تابلو(ها) برق فشار ضعیف اصلی و بهینه‌سازی طول و مقطع کابل‌های شبکه توزیع
- ث) کاهش مقدار جریان هارمونیک با انجام یکی از اقدامات زیر:
  - به‌کارگیری اجزائی که هارمونیک تولید نمی‌کنند،
  - سامانه‌های دارای فیلتر حذف جریان هارمونیک،
- ج) افزایش مناسب مقطع کابل و یا سیم مدار تغذیه کننده آنها
- چ) استفاده از خازن برای کاهش تلفات بار در شبکه توزیع
- ح) استفاده از تجهیزات و یا دستگاه های با ضریب توان بالاتر

هارمونیک

- اعوجاج شکل موج ولتاژ یا جریان نسبت به شکل موج سینوسی
- یک شکل موج متناوب غیر سینوسی را می توان بصورت ترکیب موجهای سینوسی که فرکانس آنها ضریب صحیحی از فرکانس اصلی است، نوشت. (با استفاده از سری فوریه)
- به این ضرایب صحیح باشد هارمونیک اطلاق می شود.
- اگر ضرایب غیر صحیح باشد به آنها میان هارمونیک اطلاق می شود.

مرکز ملی آموزش مدیریت انرژی NRI
مهندس علی فارسی
سازمان نظام مهندسی استان آذربایجان شرقی



سری فوریه و ضرایب آن

$$f(t) = \frac{1}{2}a_0 + \sum_{h=1}^{\infty} \{a_h \cos(h\omega_0 t) + b_h \sin(h\omega_0 t)\}$$

$$a_0 = \frac{2}{T}\int_{-T/2}^{T/2} f(t)\,dt$$ **مولفه DC**

$$a_h = \frac{2}{T}\int_{-T/2}^{T/2} f(t)\cos(h\omega_0 t)\,dt$$

$$b_h = \frac{2}{T}\int_{-T/2}^{T/2} f(t)\sin(h\omega_0 t)\,dt$$

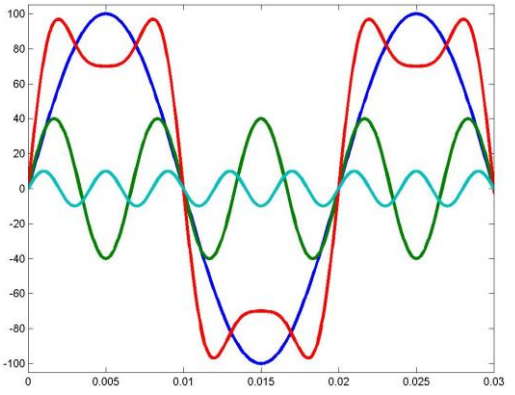
مرکز ملی آموزش مدیریت انرژی NRI
مهندس علی فارسی
سازمان نظام مهندسی استان آذربایجان شرقی

$$f(t) = c_0 + \sum_{h=1}^{\infty} c_h \sin(h\omega_0 t + \phi_h)$$

$$c_0 = a_0 / 2$$

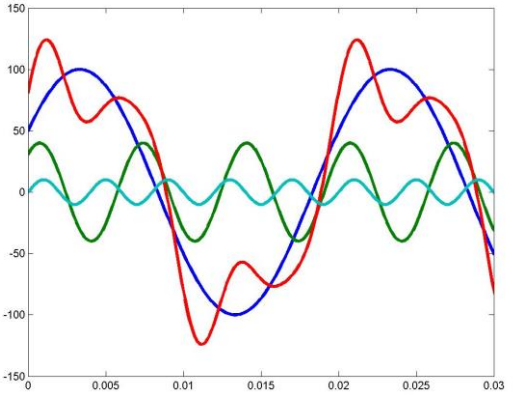
$$c_h = \sqrt{a_h^2 + b_h^2}$$

$$\phi_h = \tan^{-1}(a_h / b_h)$$



$$F(t)=100\sin(\omega t)+40\sin(3\omega t)+10\sin(5\omega t)$$

تاثیر زاویه هارمونیکها در شکل موج



$$F(t)=100\sin(\omega t)+40\sin(3\omega t+30^\circ)+10\sin(5\omega t+20^\circ)$$

شاخص Total Harmonic Distortion (THD)

- THD نسبت مقدار موثر مولفه های هارمونیکی به مقدار موثر مولفه اصلی:

$$THD = \frac{\sqrt{V_2^2 + V_3^2 + V_4^2 + V_5^2 + \dots}}{V_1} \quad \text{(for voltage)}$$

$$= \frac{\sqrt{I_2^2 + I_3^2 + I_4^2 + I_5^2 + \dots}}{I_1} \quad \text{(for current)}$$

مرکز ملی آموزش مدیریت انرژی NRI مهندس علی فارسی سازمان نظام مهندسی استان آذربایجان شرقی

$$THD_V = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{\infty} V_h^2}}{V_1} \qquad V_h(pu) = \frac{V_h}{V_1} \times 100$$

$$THD_I = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{\infty} I_h^2}}{I_1} \qquad I_h(\%) = \frac{I_h}{I_1} \times 100$$

$$TDD = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{\infty} I_h^2}}{I_L} \qquad I_h(\%) = \frac{I_h}{I_L} \times 100$$

محدوده اعوجاج هارمونیکی ولتاژ (بر اساس IEEE519-2014)

Table 1—Voltage distortion limits

Bus voltage V at PCC	Individual harmonic (%)	Total harmonic distortion THD (%)
$V \leq 1.0$ kV	5.0	8.0
1 kV < $V \leq 69$ kV	3.0	5.0
69 kV < $V \leq 161$ kV	1.5	2.5
161 kV < V	1.0	1.5[a]

[a]High-voltage systems can have up to 2.0% THD where the cause is an HVDC terminal whose effects will have attenuated at points in the network where future users may be connected.

سازمان نظام مهندسی استان آذربایجان شرقی مهندس علی فارسی مرکز ملی آموزش مدیریت انرژی NRI

محدوده اعوجاج هارمونیکی جریان (بر اساس IEEE519-2014)

Table 2—Current distortion limits for systems rated 120 V through 69 kV

Maximum harmonic current distortion in percent of I_L						
Individual harmonic order (odd harmonics)[a, b]						
I_{SC}/I_L	$3 \leq h < 11$	$11 \leq h < 17$	$17 \leq h < 23$	$23 \leq h < 35$	$35 \leq h \leq 50$	TDD
< 20[c]	4.0	2.0	1.5	0.6	0.3	5.0
20 < 50	7.0	3.5	2.5	1.0	0.5	8.0
50 < 100	10.0	4.5	4.0	1.5	0.7	12.0
100 < 1000	12.0	5.5	5.0	2.0	1.0	15.0
> 1000	15.0	7.0	6.0	2.5	1.4	20.0

[a]Even harmonics are limited to 25% of the odd harmonic limits above.

[b]Current distortions that result in a dc offset, e.g., half-wave converters, are not allowed.

[c]All power generation equipment is limited to these values of current distortion, regardless of actual I_{sc}/I_L.

where

I_{sc} = maximum short-circuit current at PCC

I_L = maximum demand load current (fundamental frequency component) at the PCC under normal load operating conditions

یک مثال از محاسبه THD

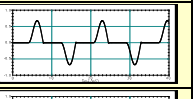
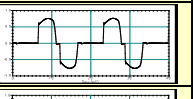
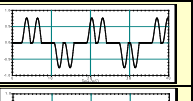
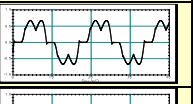
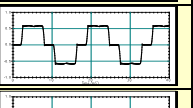
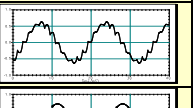
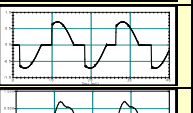
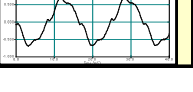
Example

Table 1.1 : Bus Voltage Spectrum

V_1	V_3	V_5	V_7	V_{11}	V_{13}	V_{17}	V_{19}
123.1	3.1	5.4	3.2	1.6	1.3	0.8	0.7

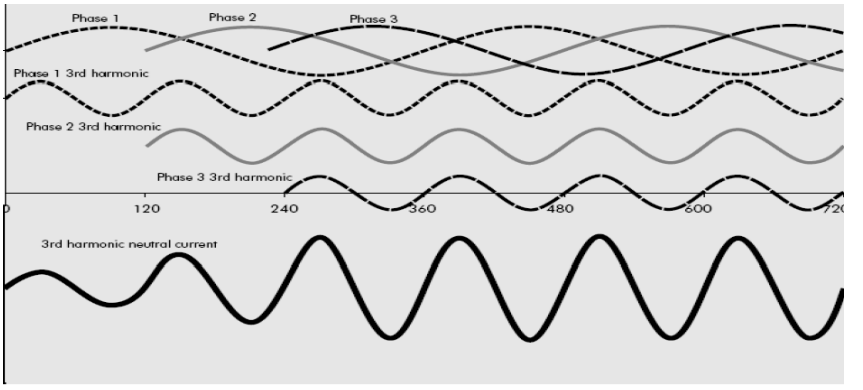
$$THD = \frac{\sqrt{3.1^2 + 5.4^2 + 3.2^2 + 1.6^2 + 1.3^2 + 0.8^2 + 0.7^2}}{123.1}$$

$$= 5.99\ \%$$

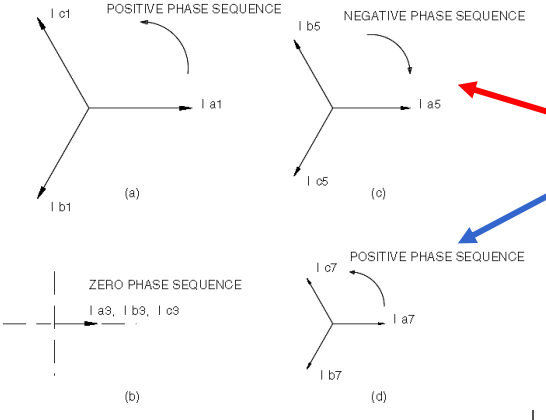
Type of Load	Typical Waveform	Current Distortion	Weighting Factor (W_i)
Single Phase Power Supply		80% (high 3rd)	2.5
Semiconverter		high 2nd, 3rd, 4th at partial loads	2.5
6 Pulse Converter, capacitive smoothing, no series inductance		80%	2
6 Pulse Converter, capacitive smoothing with series inductance > 3%, or dc drive		40%	1
6 Pulse Converter with large inductor for current smoothing		28%	0.8
12 Pulse Converter		15%	0.5
AC Voltage Regulator		varies with firing angle	0.7
Fluorescent Lighting		17%	0.5

Source: IEEE P519A/D5, 1996

افزایش جریان سیم نول



جهت گشتاور در مولفه های هارمونیکی



مولفه هارمونیکی	جهت گشتاور
۵	منفی
۷	مثبت
۱۱	منفی
۱۳	مثبت
۱۷	منفی
۱۹	مثبت
۲۳	منفی
۲۵	مثبت
...	

صرفه جویی انرژی در سیم کشی و کابلها

- سطح مقطع مناسب
- اصلاح ضریب قدرت
- متعادل سازی بار

تلفات در خطوط انتقال و توزیع – سیم کشی داخلی

- تلفات اهمی $P_{loss} = R \cdot I^2$
- تلفات ادی (اثر پوستی) $R_{ac} > R_{DC}$

$$f \uparrow \Rightarrow R \uparrow \Rightarrow R \cdot I^2$$

- تلفات عایقی

تلفات در کابلها و سیمها

- با افزایش سطح مقطع مقاومت هادی کاهش یافته و تلفات کمتر می شود.
- انتخاب سطح مقطع صحیح اهمیت ویژه ای در کاهش تلفات انرژی دارد.
- انتخاب سطح مقطع کابل یا سیم بر اساس اندازه جریان انجام می شود.
- استفاده از کابل با سطح مقطع کم موجب گرم شدن بیش از حد کابل یا سیم می شود که افزایش مضاعف تلفات را در پی دارد.
- در این حالت علاوه بر افزایش تلفات، احتمال سوختن کابل یا سیم بالا می رود که موجب توقف تولید وحتی آتش سوزی می گردد.

مقاطع سیم در بخشهای مختلف سیم کشی ساختمان

نوع مدار	حداقل سطح مقطع یا قطر هادی
سیستم روشنایی	۱/۵ میلیمتر مربع
سیستم پریزها	۲/۵ میلیمتر مربع
سیستم تلفن یا فکس	۰/۶ میلیمتر
سیستم فراخوان و دربازکن:	
انشعاب اصلی	۱ میلیمتر مربع
انشعاب فرعی	۰/۵ میلیمتر مربع
سیستم ساعت مرکزی	۱/۵ میلیمتر مربع
سیستم اعلام و اطفای حریق	۱/۵ میلیمتر مربع
سیستم صوتی	۱ میلیمتر مربع

استاندارد سیمهای افشان

- استاندارد : ISIRI(607)02,06 – V.D – E0250
- ولتاژ اسمی : ۴۵۰/۷۵۰, ۳۰۰/۵۰۰ ولت
- ساختمان : هادی از جنس مس تابیده شده ،
- عایق از جنس P.V.C
- کاربرد : در تجهیزات سیم کشی داخل ساختمان و مدارهای الکتریکی

استاندارد سیمهای افشان

سطح مقطع اسمی	تعداد و قطر رشته ها	ضخامت عایق	وزن تقریبی	قطر متوسط سیم	ماکزیمم مقاومت هادی	جریان مجاز
			گرم بر متر	میلیمتر	میلی اهم بر متر	آمپر
0.5	0.20*16	0.6	9	2.2	39	6
0.75	0.20*24	0.6	11.5	2.4	26	9
1	0.20*32	0.6	14.5	2.5	19.5	11
1.5	0.25*30	0.7	20	3	13.3	16
2.5	0.25*50	0.8	33	3.7	7.98	21
4	0.30*56	0.8	49	4.2	4.95	27
6	0.30*84	0.8	69	4.8	3.3	35

نتایج اندازه گیری از چند نوع سیم موجود در بازار

- مقاومت کلاف ۱۰۰ متری (اهم)

سطح مقطع	1.5	2.5
استاندارد	1.33	0.8
مارک شماره ۱	1.8	1.3
مارک شماره ۲	1.6	1.2
مارک شماره ۳	2.4	1.6

تلفات ناشی از سیمهای غیر استاندارد

- میزان اتلاف ناشی از استفاده از سیمهای با مقطع کم و غیر استاندارد می تواند چند برابر افزایش یابد.

مقطع سیم	نوع سیم	طول سیم	جریان	مقاومت سیم	تلفات (وات)	تعداد ساعت در روز	تلفات ماهانه (کیلووات ساعت)
۱.۵	استاندارد	۲۵	۵	۱۳.۳	۱۶.۶	۱۰	۵.۰
	درجه ۲	۲۵	۵	۱۸	۲۲.۵	۱۰	۶.۸
	درجه ۳	۲۵	۵	۲۴	۳۰.۰	۱۰	۹.۰
۲.۵	استاندارد	۲۵	۵	۷.۹۸	۱۰.۰	۱۰	۳.۰
	درجه ۲	۲۵	۵	۱۳	۱۶.۳	۱۰	۴.۹
	درجه ۳	۲۵	۵	۱۶	۲۰.۰	۱۰	۶.۰

- گرم شدن سیمها موجب افزایش مضاعف تلفات در سیمهای غیر مناسب و غیر استاندارد می شود.

مقطع سیم	نوع سیم	طول سیم	جریان	مقاومت سیم	تلفات ماهانه (کیلووات ساعت)	افزایش دما (فرضی)	مقاومت سیم	تلفات ماهانه (کیلووات ساعت)
۱.۵	استاندارد	۲۵	۵	۱۳.۳	۵.۰	۵	۱۳.۷۵	۵.۲
	درجه ۲	۲۵	۵	۱۸	۶.۸	۱۵	۱۹.۸۴	۷.۴
	درجه ۳	۲۵	۵	۲۴	۹.۰	۲۵	۲۸.۰۸	۱۰.۵
۲.۵	استاندارد	۲۵	۵	۷.۹۸	۳.۰	۳	۸.۱۴	۳.۱
	درجه ۲	۲۵	۵	۱۳	۴.۹	۵	۱۳.۴۴	۵.۰
	درجه ۳	۲۵	۵	۱۶	۶.۰	۱۲	۱۷.۳۱	۶.۵

اهمیت تقسیم بار صحیح در تابلوها و تعادل ولتاژ و جریان در سه فاز

- نامتعادلی جریان موجب افزایش تلفات اهمی در سیم های ساختمان می شود.
  - افزایش تلفات ناشی از نا متعادلی بسیار قابل توجه است بطوریکه تلفات بواسطه عدم تعادل جریان حتی تا ۹ برابر افزایش می یابد.
- نامتعادلی ولتاژ از دیدگاه بارهای موتوری اهمیت ویژه ای دارد و موجب افزایش تلفات و نیز کاهش قدرت واقعی الکتروموتور می گردد.
  - نا متعادلی ولتاژ ۵٪ موجب کاهش توان نامی الکتروموتور به کمتر از ۸۰٪ مقدار نامی آن می شود. این امر می تواند منجر به سوختن الکتروموتور شود.

نامتعادلی در سیمها و کابلها

تلفات در حالت بار متعادل

$$P_{loss} = R \times \left(3 \times I_{avg}^2\right)$$

تلفات در حالت بار نامتعادل
(سیم نول هم سایز با سیم فازها)

$$P_{loss} = R \times \left(I_1^2 + I_2^2 + I_3^2 + I_n^2\right)$$

کاهش تلفات با متعادل سازی

$$\frac{\left(I_1^2 + I_2^2 + I_3^2 + I_n^2\right) - \left(3 \times I_{avg}^2\right)}{\left(I_1^2 + I_2^2 + I_3^2 + I_n^2\right)} \times 100$$

مرکز ملی آموزش مدیریت انرژی NRI
مهندس علی فارسی
سازمان نظام مهندسی استان آذربایجان شرقی

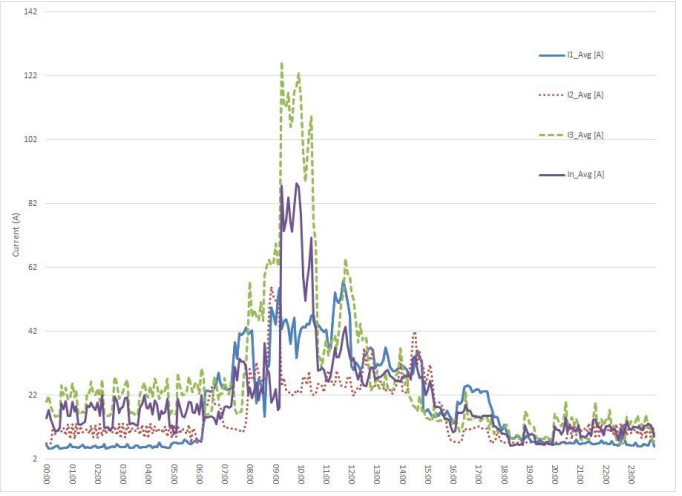
نامتعادلی در کابلها

- یک کابل با مقاومت ۱ اهم را در نظر بگیرید که بارهایی که مجموع جریان آنها ۱۵ آمپر است را تغذیه می کند.
- وضعیت تلفات در سه حالت – متعادل – نامتعادل – کاملا نامتعادل در جدول زیر آورده شده است.

	نسبت تلفات	کل تلفات	تلفات نول	تلفات فاز ۳	تلفات فاز ۲	تلفات فاز ۱	نول	فاز۳	فاز۲	فاز۱
متعادل	100	75	0	25	25	25	0	5	5	5
نامتعادل	225	169	56.3	0	56.3	56.3	7.5	0	7.5	7.5
نامتعادل شدید	600	450	225	0	0	225	15	0	0	15

نامتعادلی در کابلها

نمونه اندازه گیری



نامتعادلی در کابلها

نتایج محاسبات

تلفات کابل		
جریان فاز 1	120	A
جریان فاز 2	42	A
جریان فاز 3	25	A
جریان نول	80	A
مقطع فاز	6	mm2
مقطع نول	4	mm3
مقاومت ویژه فاز	0.0033	Ω/m
مقاومت ویژه نول	0.00495	Ω/m
طول کابل	50	m
جریان متوسط	62.3	A
تلفات شبکه نامتعادل	4354	W
تلفات شبکه متعادل	1923.3	W
نسبت تلفات نامتعادل به متعادل	2.26	
صرفه جویی متعادل سازی	2430.89	W

تفکیک مدارها بر اساس کاربرد

- در صورت تفکیک مدارها بر اساس کاربرد می توان برق مصارفی همچون فن کویلها را بعد از وقت اداری قطع کرد.

پ۱۲-۳ توصیه‌ها در خصوص انتخاب لامپ سیستم روشنایی مصنوعی

- اهم مواردی که در تصمیم‌گیری برای انتخاب لامپ‌ها و اجزای آنها، متناسب با نیاز و نوع فعالیت، و همچنین میزان و کیفیت روشنایی مورد نظر، باید در مدنظر قرار گیرند عبارتند از:
  - الف) راندمان (لومن بر وات) و یا بهره نوری لامپ مورد استفاده در تأمین روشنایی،
  - ب) مشخصات فنی لامپ‌ها و اجزای آنها، از جمله بالاست‌ها و منابع تغذیه در انتخاب مناسب‌ترین گزینه‌ها برای تأمین روشنایی مصنوعی تعیین‌کننده هستند.
  - پ) مشخصات کیفی نور، از جمله دمای رنگ، شاخص نور لامپ مورد استفاده در تأمین روشنایی.
  - ت) راندمان چراغ در سیستم روشنایی
  - ث) عمر لامپ مورد استفاده در تأمین روشنایی.

پ۱۲–۴ توان کل لامپ‌های یک فضای ساختمان

- طراحی سیستم روشنایی مصنوعی، براساس کاربرد و شرایط فضای ساختمان، شدت روشنایی مورد نیاز در موضع کار و فعالیت، به‌عنوان محدوده اصلی، خصوصیات ابعادی فضا، رنگ‌های دیوار، سقف و کف، خصوصیات کیفی نور و دیگر پارامترهای تأثیرگذار، انجام می‌گردد. با این کار، تعداد لامپ‌ها و تعداد چراغهای مناسب برای تأمین روشنایی فضای مورد نظر، تعیین می‌گردد.
- بر اساس روند فوق، توان کل لامپ‌های چراغها، با استفاده از رابطه (پ۱۲-۱)، برای بهینه‌سازی مصرف برق سیستم روشنایی و با هدف به‌حداقل رسانیدن توان کل لامپ‌های چراغها محاسبه می‌گردد.

لومن بر وات لامپ یا راندمان لامپ $\frac{Lm}{W} = Ef$

$W_T = \frac{Lm_T}{Ef}$

$N.W = \frac{Lm_T}{Ef}$ $Lm_T = N.W(\frac{Lm}{W})$ $Lm_T = N.Lm$

$W_T = N.W$

فرمول محاسبه لومن کل لامپ ها $Lm_T = \frac{E.S}{CU.LLF}$

توان کل لامپ ها $W_T = \frac{E.S}{Ef.CU.LLF}$

پ۱۲–۴ توان کل لامپ‌های یک فضای ساختمان

لومن بر وات لامپ یا راندمان لامپ $\frac{Lm}{W} = Ef$

$W_T = \frac{Lm_T}{Ef}$

$N.W = \frac{Lm_T}{Ef}$ $Lm_T = N.W(\frac{Lm}{W})$ $Lm_T = N.Lm$

$W_T = N.W$

فرمول محاسبه لومن کل لامپ ها $Lm_T = \frac{E.S}{CU.LLF}$

توان کل لامپ ها $W_T = \frac{E.S}{Ef.CU.LLF}$

در این رابطه ضریب ثابت K خلاصه شده مقادیر ثابت پارامترهای رابطه (پ۱۲–۱) می‌باشد. رابطه (پ۱۲–۲) متغیرهای اصلی و مؤثر در کاهش توان کل لامپ‌های مورد نیاز برای تأمین روشنایی مصنوعی و به تبع آن صرفه‌جویی در مصرف برق را نشان می‌دهد. این متغیرها مقادیر لومن بر وات یا راندمان لامپ (Ef) و ضریب بهره چراغ (CU) می‌باشند، که باید در انتخاب لامپ و چراغ با توجه به بندهای زیر مد نظر قرارگیرد.

$W_T = \frac{K}{CU.EF}$

پ۱۲–۴ توان کل لامپ‌های یک فضای ساختمان

E: شدت روشنایی مورد نیاز فضای کار یا محیط برحسب لوکس (مقدار ثابت برای یک فضا)

S: مساحت فضای کار یا محیط برحسب مترمربع (مقدار ثابت برای یک فضا)

W: توان مصرفی هر لامپ (بدون لحاظ مصرف بالاست و غیره برای هر گروه از انواع لامپ‌ها) برحسب وات

Lm: لومن لامپ (بسته به نوع لامپ انتخابی)

Ef: لومن بروات یا راندمان لامپ (بسته به نوع لامپ انتخابی در هر گروه از انواع لامپ‌ها)

N: تعداد لامپ‌های مورد نیاز فضای کار یا محیط

W_T: توان مصرفی کل لامپ‌های روشنایی فضای کار یا محیط (بسته به نوع لامپ و تعداد آن) برحسب وات

CU: ضریب بهره چراغ تأمین‌کننده روشنایی مصنوعی (بسته به نوع چراغ انتخابی)

LLF: ضریب افت توان نوری چراغ براساس شرایط محیط نصب آن (مقدار ثابت برای یک فضا)

Lm_T: شدت روشنایی مورد نیاز (لومن) برای فضا کار یا محیط، که برابر است با شدت روشنایی هر لامپ (به لومن) در تعداد لامپ‌ها.

پ۱۲–۴ توان کل لامپ‌های یک فضای ساختمان

- **الف) مقدار ضریب بهره چراغ ((CUبرای انواع چراغها از طریق استاندارد روشنایی و یا محاسبات نرمافزاری تعیین می‌گردد.**
  - (۱) هرچقدر مقدار ضریب بهره ((CUچراغ روشنایی تأمین‌کننده روشنایی فضا و یا محیط بالا باشد، توان کل لامپ‌ها کاهش خواهد یافت و صرفه‌جویی در مصرف برق سیستم روشنایی حاصل خواهد شد. در تعیین مقدار ضریب بهره ((CUچراغ، مقدار ضریب شاخص فضا (بند ب)، منحنی پخش نور چراغ و ضرایب انعکاس جدارهای فضا مؤثر بوده و باید در انتخاب چراغ مناسب برای یک فضا و یا محیط، مد نظر قرار گیرد. لازم به ذکر است که در منحنی پخش نور چراغ، عواملی از قبیل رفلکتور چراغ و جنس آن، لوورِ چراغ، فرم بدنه چراغ، تعداد لامپ و غیره، دخیل هستند.
  - (۲) ضریب بهره ((CUچراغ تابع ضریب انعکاس رنگ‌های سقف، دیوار و کف می‌باشد. هر قدر مقدار این ضرایب بیشتر باشد مقدار ضریب بهره ((CUنیز بیشتر خواهد شد و در نتیجه مقدار توان کل لامپ‌ها کاهش پیدا خواهدکرد. بنابراین در فضاها باید از رنگ‌های روشن و با ضریب انعکاس بالا استفاده شود.
  - (۳) از بین انواع چراغهای مناسب برای تأمین روشنایی فضا، از چراغهای با ضریب بهره ((CUبیشتر استفاده شود.
  - (٤) از بین انواع لامپ‌های مناسب برای چراغها، از لامپ‌های با راندمان بالا (لومن بر وات بالا) استفاده شود.
- **تبصره: در محاسبات نرم افزاری روشنایی مصنوعی، پارامترهای لازم برای طراحی روشنایی مصنوعی، برای هر چراغ و بر اساس مشخصات و نوع لامپ آن، از طریق نرمافزار و توسط طراح انتخاب و لحاظ می‌گردد.**

پ۱۲-۴ توان کل لامپ‌های یک فضای ساختمان

- ب) ضریب شاخص فضا از رابطه (پ۱۲-۳) به‌دست می‌آید (بند الف فوق الذکر).

(پ۱۲-۳)	ضریب شاخص فضا = (عرض × طول) / ((طول + عرض) × ارتفاع × ۵)

با توجه به این رابطه، ملاحظه می‌شود که مقدار این ضریب برای انواع چراغهای قابل استفاده در یک فضا، به‌دلیل ثابت بودن طول، عرض و ارتفاع فضا، ثابت خواهدماند

- پ) مصرف برق بالاست‌های لامپ‌ها و یا منابع تغذیه آنها به مقدار توان کل لامپ‌های مورد نیاز فضای ساختمان اضافه می‌گردد، و براین اساس مقدار توان کل چراغهای سیستم روشنایی (مصرف برق چراغها)، تعیین می‌شود.

افزایش ضریب بهره با بهبود ضریب شکل اتاق و عوامل محیطی

- **ضریب بهره عبارت است ازنسبت فلوی نورانی وارد بر سطح کاربه فلوی نورانی ساطع شده از لامپ**
  - **کاهش ارتفاع نصب چراغ ها و بهبود ضریب اتاق**

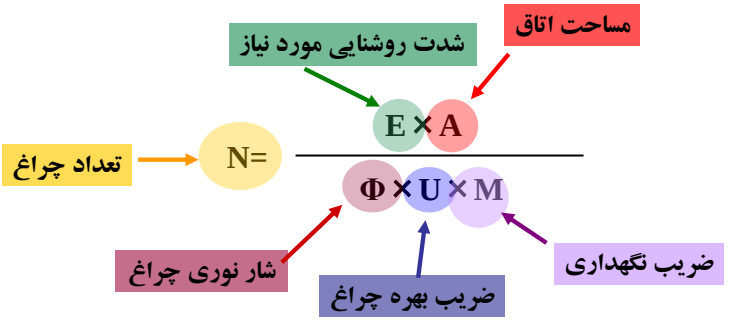
$$\text{ضریب شکل اتاق} = \frac{\text{طول}*\text{عرض}}{(\text{طول}+\text{عرض})*\text{ارتفاع از سطح کار}}$$

  - **استفاده از رنگهای روشن در سقف، کف و دیوارها و بهبود ضرایب انعکاس**

افزایش ضریب بهره با بهبود ضریب شکل اتاق و عوامل محیطی

با افزایش ضریب بهره تعداد لامپ مورد نیاز کم می شود.

انرژی مصرفی روشنایی = توان مصرفی هر چراغ x تعداد چراغ x زمان استفاده از چراغ



تعیین ضریب بهره چراغ (روش ناحیه ای)

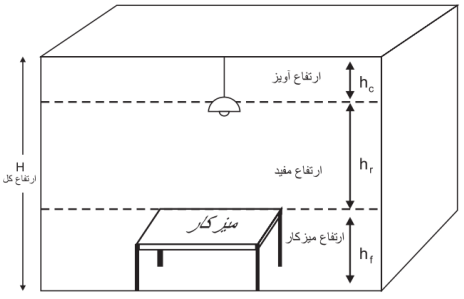
جدول ۴-۱

ضریب انعکاس سقف
ضریب انعکاس دیوار

Typical Luminaire	Typical Distrbution And Per Cent Lamp Lumens	Maint. Cat.	Maximum S/MH Guide	RCR	ρcc	80			70			50			30			10			0	WDRC
					ρw	50	30	10	50	30	10	50	30	10	50	30	10	50	30	10	0	
					Coefficients of Utilization for 20 Per Cent Effective Floor Cavity Reflectance(ρfc=20)																	ضریب انعکاس کف
33	IV		1. 0	0	.54	.54	.54	.53	.53	.53	.51	.51	.51	.48	.48	.48	.46	.46	.46	.45	
				1	.49	.48	.46	.48	.47	.46	.46	.45	.44	.45	.44	.43	.43	.42	.42	.41	.13
				2	.44	.42	.40	.43	.41	.39	.42	.40	.38	.40	.39	.37	.39	.38	.37	.36	.13
				3	.40	.37	.34	.39	.36	.34	.38	.36	.34	.37	.35	.33	.36	.34	.33	.32	.12
				4	.36	.33	.30	.36	.32	.30	.35	.32	.30	.34	.31	.29	.33	.31	.29	.28	.11
				5	.33	.29	.26	.32	.29	.26	.31	.28	.26	.30	.28	.26	.30	.27	.26	.25	.11
				6	.30	.26	.24	.29	.26	.24	.29	.26	.23	.28	.25	.23	.27	.25	.23	.22	.10
				7	.27	.24	.21	.27	.23	.21	.26	.23	.21	.26	.23	.21	.25	.22	.21	.20	.09
				8	.25	.21	.19	.24	.21	.19	.24	.21	.19	.23	.21	.18	.23	.20	.18	.18	.09
				9	.22	.19	.17	.22	.19	.17	.22	.19	.17	.21	.18	.16	.21	.18	.16	.16	.08
				10	.21	.17	.15	.20	.17	.15	.20	.17	.15	.20	.17	.15	.19	.17	.15	.14	.08

2lamp,1'wide troffer with 45° plastic louver-muliply by 0.9 for 3 lamps

محاسبه شاخص ابعاد فضا



$$RCR = \frac{5hr \times (L + W)}{L \times W}$$ (نسبت ناحیه ای)

$hr = H - (hc + hf)$ (ارتفاع مفید)

L - طول فضای موردنظر

W- عرض فضای موردنظر

hr- ارتفاع مفید

hc- ارتفاع آویز چراغ

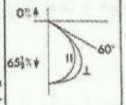
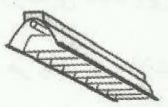
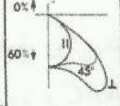
H- ارتفاع کل ازکف

hf- ارتفاع میزکار

نمونه جدول ضریب بهره چراغ کارگاهی

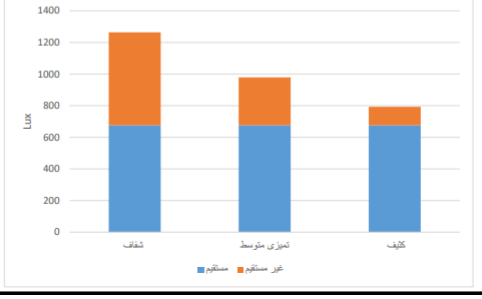
Typical Luminaire	Typical Intensity Distribution and Per Cent Lamp Lumens	Maint Cat.	SC	RCR ↓	ρ_{cc} → 80			70			50			30			10			0	WDRC	ρ_{cc} → RCR ↓
					ρ_w → 50	30	10	50	30	10	50	30	10	50	30	10	50	30	10	0		
		Coefficients of Utilization for 20 Per Cent Effective Floor Cavity Reflectance (ρ_{cc} = 20)																				
19		III	1.0	0	.96	.96	.96	.93	.93	.93	.88	.88	.88	.83	.83	.83	.78	.78	.78	.76	—	0
				1	.89	.87	.84	.86	.84	.83	.82	.80	.79	.78	.76	.75	.74	.73	.72	.70	.140	1
				2	.82	.79	.76	.80	.77	.74	.76	.74	.72	.73	.71	.69	.70	.68	.67	.65	.134	2
				3	.76	.72	.68	.74	.70	.67	.71	.68	.65	.68	.66	.63	.66	.63	.62	.60	.131	3
				4	.70	.66	.62	.69	.65	.61	.66	.63	.60	.64	.61	.58	.62	.59	.57	.55	.127	4
				5	.65	.60	.56	.64	.59	.56	.62	.58	.54	.60	.56	.53	.58	.55	.52	.51	.124	5
				6	.60	.55	.51	.59	.55	.51	.57	.53	.50	.56	.52	.49	.54	.51	.48	.47	.119	6
				7	.56	.50	.47	.55	.50	.46	.53	.49	.46	.52	.48	.45	.50	.47	.44	.43	.117	7
				8	.52	.47	.43	.51	.46	.43	.50	.45	.42	.48	.44	.41	.47	.43	.41	.40	.113	8
				9	.48	.43	.39	.47	.42	.39	.46	.42	.39	.45	.41	.38	.44	.40	.38	.38	.109	9
"High bay" intermediate distribution ventilated reflector with phosphor coated HID lamp				10	.45	.40	.36	.44	.39	.36	.43	.39	.36	.42	.38	.35	.41	.37	.35	.34	.105	10

نمونه جدول ضریب بهره چراغ اداری

Typical Luminaire	Typical Intensity Distribution and Per Cent Lamp Lumens	Maint. Cat.	SC	RCR ↓	ρcc → 80			70			50			30			10			0	WDRC	ρcc → RCR ↓
					ρw → 50	30	10	50	30	10	50	30	10	50	30	10	50	30	10	0		
					Coefficients of Utilization for 20 Per Cent Effective Floor Cavity Reflectance (ρfc = 20)																	
43 4 lamp, 610 mm (2') wide unit with sharp cutoff (high angle—low luminance) flat prismatic lens—see note 7		V	1.4/1.3	0	.78	.78	.78	.76	.76	.76	.73	.73	.73	.70	.70	.70	.67	.67	.67	.66	—	0
				1	.71	.69	.67	.70	.68	.66	.67	.65	.64	.64	.63	.62	.62	.61	.60	.59	.165	1
				2	.64	.61	.58	.63	.60	.58	.61	.59	.56	.59	.57	.55	.57	.55	.54	.53	.161	2
				3	.58	.54	.51	.58	.54	.51	.56	.52	.50	.54	.51	.49	.52	.50	.48	.47	.155	3
				4	.53	.48	.45	.52	.48	.44	.51	.47	.44	.49	.46	.43	.48	.45	.43	.42	.150	4
				5	.48	.43	.39	.47	.42	.39	.46	.42	.39	.45	.41	.38	.43	.40	.38	.37	.145	5
				6	.43	.38	.35	.43	.38	.34	.42	.37	.34	.40	.37	.34	.40	.36	.34	.32	.138	6
				7	.39	.34	.30	.38	.34	.30	.38	.33	.30	.37	.33	.30	.36	.32	.30	.28	.133	7
				8	.35	.30	.26	.35	.30	.26	.34	.29	.26	.33	.29	.26	.32	.29	.26	.25	.128	8
				9	.31	.26	.23	.31	.26	.23	.30	.26	.23	.30	.26	.23	.29	.25	.23	.21	.123	9
				10	.28	.24	.20	.28	.23	.20	.28	.23	.20	.27	.23	.20	.26	.23	.20	.19	.117	10
44  Bilateral batwing distribution—louvered fluorescent unit		IV	N.A.	0	.71	.71	.71	.70	.70	.70	.66	.66	.66	.64	.64	.64	.61	.61	.61	.60	—	0
				1	.65	.63	.61	.63	.62	.60	.61	.59	.58	.59	.57	.56	.57	.56	.55	.54	.154	1
				2	.59	.55	.53	.58	.55	.52	.55	.53	.51	.54	.52	.50	.52	.50	.49	.48	.150	2
				3	.53	.49	.46	.52	.48	.45	.50	.47	.45	.49	.46	.44	.47	.45	.43	.42	.147	3
				4	.47	.43	.40	.47	.43	.40	.45	.42	.39	.44	.41	.39	.43	.40	.38	.37	.143	4
				5	.42	.38	.34	.42	.37	.34	.41	.37	.34	.40	.36	.34	.39	.36	.33	.32	.139	5
				6	.38	.33	.30	.38	.33	.30	.37	.33	.30	.36	.32	.29	.35	.32	.29	.28	.133	6
				7	.34	.29	.26	.33	.29	.26	.33	.28	.25	.32	.28	.25	.31	.28	.25	.24	.128	7
				8	.30	.25	.22	.30	.25	.22	.29	.25	.22	.28	.24	.22	.27	.24	.21	.20	.123	8
				9	.27	.22	.18	.26	.22	.18	.26	.21	.18	.25	.21	.18	.24	.21	.18	.17	.119	9
				10	.24	.19	.16	.24	.19	.16	.23	.19	.16	.22	.19	.16	.22	.18	.16	.15	.113	10

نتایج شبیه سازی بر اساس میزان تمیزی سطوح

میزان تمیزی و شفافیت سطوح	ضریب بازتابش سطح			شدت روشنایی متوسط			مصرف ویژه روشنایی
	سقف	دیوار	کف	مجموع	غیر مستقیم	مستقیم	
	%	%	%	[lx]	[lx]	[lx]	W/m²/100 lx
خیلی تمیز (شفاف)	۸۰	۹۰	۶۰	۱۲۶۴	۵۸۸	۶۷۶	۲.۴۳
تمیزی متوسط	۶۵	۸۰	۴۰	۹۷۹	۳۰۳	۶۷۶	۲.۹۵
کثیف (کدر)	۴۵	۷۰	۲۰	۷۹۳	۱۱۷	۶۷۶	۳.۱۵



Activate
Go to Settir

ضریب بهره برداری

درجه آلودگی محیط	LLF
آلودگی پایین	۰/۸
آلودگی متوسط	۰/۷
آلودگی بالا	۰/۶

پ۱۲–۵ ترانسفورماتورها

- پ۱۲–۵–۱ ترانسفورماتورهای فشار متوسط
- پ۱۲–۵–۲ حداکثر راندمان انرژی و تلفات ترانسفورماتورهای فشار متوسط
- پ ۱۲–۵–۳ تلفات و ضریب حداکثر راندمان انرژی ترانسفورماتورهای روغنی (OIT)
- پ۱۲–۵–٤ تلفات کل ترانسفورماتورهای روغنی
- پ۱۲–۵–۵ تلفات و ضریب حداکثر راندمان ترانسفورماتورهای خشک (CRT)
- پ۱۲–۵–٦ تلفات کل ترانسفورماتورهای خشک
- پ۱۲–۵–۷ ضریب بار ترانسفورماتورهای روغنی و خشک متوسط
- پ۱۲–۵–۸ تعیین محل استقرار ترانسفورماتور فشار متوسط و یا تابلو برق فشار ضعیف اصلی

پ۱۲-۵-۱ ترانسفورماتورهای فشار متوسط

- ترانسفورماتورهای فشار متوسط مورد استفاده در پست‌های برق اختصاصی ساختمان می‌توانند از نوع روغنی یا نوع خشک(رزینی) باشند. برای الزامات و شرایط استفاده از هریک از انواع ترانسفورماتورها در پست برق اختصاصی ساختمان به مبحث سیزدهم مقررات ملی رجوع شود.
  - تبصره ۱: مشخصات فنی ترانسفورماتورهای فشار متوسط در نشریه شماره ۱-۱۱۰ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور (مشخصات فنی عمومی و اجرایی تأسیسات برقی ساختمان) تعیین شده است.
  - تبصره ۲: تلفات بار و تلفات بی‌بار در انتخاب توان نامی، راندمان، مشخصات فنی و نوع ترانسفورماتور، سیستم تهویه و تعویض هوای پست برق و غیره، برای صرفه‌جویی در مصرف برق و نیز رتبه انرژی ساختمان، ملاک عمل قرار خواهد گرفت.

پ۱۲-۵-۲ حداکثر راندمان انرژی و تلفات ترانسفورماتورهای فشار متوسط

- برای هر ترانسفورماتور، حداکثر راندمان آن با استفاده از مقدار تلفات بار و تلفات بی‌بار محاسبه می‌گردد. مقدار آن برای هر نوع و گروه از ترانسفورماتورها، بستگی به استانداردهای رعایت شده به هنگام تولید، توان نامی و نوع ترانسفورماتور دارد. در شرایط کارکرد نرمال ترانسفورماتور، ضریب (K)و یا ضریب مقدار حداکثر راندمان انرژی ترانسفورماتور از رابطه (پ۱۲-٤) محاسبه می‌گردد.

$$K = \sqrt{\frac{P_o}{P_k}} \qquad (پ۱۲-۴)$$

در این رابطه:

P_o: تلفات بی‌بار ترانسفورماتور برحسب وات و در شرایط کارکرد نرمال

P_K : تلفات بار ترانسفورماتور در توان نامی برحسب وات و در شرایط کارکرد نرمال

K: ضریب حداکثر راندمان انرژی ترانسفورماتور در شرایط کارکرد نرمال

- با اعمال این ضریب در توان نامی ترانسفورماتور، مقدار توان خروجی ترانسفورماتور در حداکثر راندمان از رابطه (پ۱۲-۵) بدست می‌آید.

پ۱۲-۵-۲ حداکثر راندمان انرژی و تلفات ترانسفورماتورهای فشار متوسط

- با اعمال این ضریب در توان نامی ترانسفورماتور، مقدار توان خروجی ترانسفورماتور در حداکثر راندمان از رابطه (پ۱۲-۵) به‌دست می‌آید.

$$S_m = K.S_r \qquad \text{(پ۱۲-۵)}$$

در این رابطه:

S_m: توان خروجی ترانسفورماتور در حداکثر راندمان انرژی برحسب کیلوولت آمپر(kVA)

S_r: توان نامی ترانسفورماتور (شرایط کارکرد نرمال) برحسب کیلوولت آمپر (kVA)

پ۱۲-۵-۲ حداکثر راندمان انرژی و تلفات ترانسفورماتورهای فشار متوسط

- **تلفات کل (Pv)برای هر نوع ترانسفورماتور، با توجه به مقدار توان کل (توان تقاضا) یا به‌عبارت دیگر توان بار خروجی ترانسفورماتور (Sload)که بخشی از و یا کل مصرف برق ساختمان را از طریق پست برق اختصاصی تأمین می‌کند، از رابطه (پ۱۲-٦) محاسبه می‌گردد.**

$$P_v = P_o + \left(\frac{S_{Load}}{S_r}\right)^2.P_K \qquad \text{(پ۱۲-۶)}$$

که در این رابطه:

P_v: تلفات کل ترانسفورماتور برای توان بار خروجی تراسفورماتور بر حسب وات (در شرایط کارکرد نرمال)

P_o: تلفات بی‌بار ترانسفورماتور برحسب وات (در شرایط کارکرد نرمال)

P_k: تلفات بار ترانسفورماتور در توان نامی برحسب وات و در شرایط کارکرد نرمال

S_r: توان نامی ترانسفورماتور در شرایط کارکرد نرمال برحسب کیلوولت‌آمپر (kVA)

S_{load}: توان بار خروجی ترانسفورماتور بر حسب کیلوولت‌آمپر (kVA) در شرایط محیط

تبصره ۱: رابطه (پ۱۲-۶) نشان می‌دهد که تلفات کل (P_v)، در صورت برابری مقادیر (S_r) و (S_{load}) برابر مجموع مقادیر (P_o) و (P_k) خواهد بود.

تبصره ۲: در صورتی که مقدار (S_{load}) درصدی از مقدار (S_r) باشد، کل تلفات (P_v) نیز به تناسب کاهش خواهد یافت، و در نتیجه صرفه‌جویی در مصرف برق حاصل خواهد شد.

تبصره ۳: در محاسبه S_{load} باید ضریب کاهش مندرج در زیربندهای ۱۹-۵-۴-۱-۴ و سایر پارامترهای مؤثر دیگر منظور گردد.

پ ۱۲–۵–۳ تلفات و ضریب حداکثر راندمان انرژی ترانسفورماتورهای روغنی ((OIT

- مقادیر تلفات و ضریب حداکثر راندمان انرژی ترانسفورماتورهای روغنی، در شرایط کارکرد نرمال و برای توانهای نامی مختلف و ولتاژ کار ۲۰کیلوولت که عموماً در اکثر نقاط کشور در تأمین و تغذیه نیروی برق ساختمان با انشعاب برق فشار متوسط به‌کار می‌روند، در جدول پ۱۲-۱ آمده است. این جدول شامل مقادیر تلفات بی‌بار **(Po)**، تلفات بار **(Pk)**و ضریب حداکثر راندمان انرژی برای گروه های ترانسفورماتورهای روغنی می‌باشد.

- در رابطه (پ۱۲-۶) ، چنانچه توان بار خروجی (**(Sload**برابر مقدار توان نامی ترانسفورماتور باشد. **(Sload=Sr)**، در این حالت رابطه (پ۱۲-۶) به رابطه (پ۱۲-۷) تبدیل خواهد شد.

$P_v=P_o.P_k$	(پ۱۲-۷)

پ۱۲–۵–۴ تلفات کل ترانسفورماتورهای روغنی

- بر اساس رابطه (پ۱۲-۶) تلفات کل ترانسفورماتورهای روغنی، ارقام جدول پ۱۲-۱ برای گروههای ترانسفورماتورهای روغنی از جدول پ۱۲-۲ به‌دست می‌آید.

جدول پ۱۲-۱ تلفات بار، تلفات بی‌بار و ضریب حداکثر راندمان ترانسفورماتورهای روغنی در توان نامی

توان نامی ترانسفورماتورها	ترانسفورماتورهای گروه OIT1			ترانسفورماتورهای OITI2			ترانسفورماتورهای OITI3		
	P_o	P_k	K	P_o	P_k	K	P_o	P_k	K
(kVA)	(W)	(W)		(W)	(W)		(W)	(W)	
۱۰۰	۲۱۰	۱۴۷۵	۰/۳۷	۳۲۰	۱۷۵۰	۰/۴۲	۲۶۰	۲۱۵۰	۰/۳۵
۱۲۵	۲۴۷	۱۶۹۵	۰/۳۹	۳۸۰	۲۰۰۰	۰/۴۴	۳۱۰	۲۵۴۵	۰/۳۵
۱۶۰	۳۰۰	۲۰۰۰	۰/۳۹	۴۶۰	۲۳۵۰	۰/۴۵	۳۷۵	۳۱۰۰	۰/۳۵
۲۰۰	۳۵۵	۲۳۵۰	۰/۳۹	۵۵۰	۲۷۶۰	۰/۴۵	۴۴۵	۳۶۰۰	۰/۳۵
۲۵۰	۴۲۵	۲۷۵۰	۰/۳۹	۶۵۰	۳۲۵۰	۰/۴۵	۵۳۰	۴۲۰۰	۰/۳۶
۳۱۵	۵۰۰	۳۲۵۰	۰/۳۹	۷۸۰	۳۸۵۰	۰/۴۵	۶۲۵	۵۰۰۰	۰/۳۶
۴۰۰	۶۱۰	۳۸۵۰	۰/۴۰	۹۳۰	۴۶۰۰	۰/۴۵	۷۵۰	۶۰۰۰	۰/۳۶
۵۰۰	۷۲۰	۴۵۵۰	۰/۴۰	۱۱۰۰	۵۴۵۰	۰/۴۵	۸۷۵	۷۱۰۰	۰/۳۵
۶۳۰	۸۰۰	۵۶۰۰	۰/۳۷	۱۲۰۰	۶۷۵۰	۰/۴۲	۹۴۰	۸۷۰۰	۰/۳۳

پ۱۲-۵-۴ تلفات کل ترانسفورماتورهای روغنی

- بر اساس رابطه (پ۱۲-۶) تلفات کل ترانسفورماتورهای روغنی، ارقام جدول پ۱۲-۱ برای گروههای ترانسفورماتورهای روغنی از جدول پ۱۲-۲ بدست می‌آید.

جدول پ۱۲-۲ تلفات کل ترانسفورماتورهای روغنی در توان نامی

توان نامی ترانسفورماتورها (kVA)	ترانسفورماتورهای گروه (W) OIT1 pv	ترانسفورماتورهای گروه (W) OIT2 pv	ترانسفورماتورهای گروه (W) OIT3 pv
۱۰۰	۱۶۸۵	۲۰۷۰	۲۴۱۰
۱۲۵	۱۹۴۲	۲۳۸۰	۲۸۵۵
۱۶۰	۲۳۰۰	۲۸۱۰	۳۴۷۵
۲۰۰	۲۷۰۵	۳۳۱۰	۴۰۴۵
۲۵۰	۳۱۷۵	۳۹۰۰	۴۷۳۰
۳۱۵	۳۷۵۰	۴۶۳۰	۵۶۲۵
۴۰۰	۴۴۶۰	۵۵۳۰	۶۷۵۰
۵۰۰	۵۲۷۰	۶۵۵۰	۷۹۷۵
۶۳۰	۶۴۰۰	۷۹۵۰	۹۶۴۰
۸۰۰	۸۳۴۰	۹۹۵۰	۱۱۸۵۰

پ۱۲-۵-۵ تلفات و ضریب حداکثر راندمان ترانسفورماتورهای خشک ((CRT

- مقادیر تلفات شامل مقادیر تلفات بی‌بار (Po)و تلفات بار (Pk)و ضریب حداکثر راندمان ترانسفورماتورهای خشک در شرایط کارکرد نرمال و برای توانهای نامی مختلف و ولتاژ کار ۲۰ کیلوولت که عموماً در اکثر نقاط کشور در تأمین و تغذیه برق ساختمان با انشعاب برق فشار متوسط به‌کار می‌روند، برای گروه های ترانسفورماتورهای خشک در جدول پ۱۲-۳ آمده است.

جدول پ۱۲-۳ تلفات بی‌بار و تلفات بار و ضریب حداکثر راندمان ترانسفورماتورهای خشک در توان نامی

توان نامی ترانسفورماتورها	ترانسفورماتورهای گروه OIT1			ترانسفورماتورهای گروه OIT1			ترانسفورماتورهای گروه OIT1		
	P_o	P_k	K	P_o	P_k	K	P_o	P_k	K
(kVA)	(W)	(W)		(W)	(W)		(W)	(W)	
۱۶۰	۴۸۰	۲۴۰۰	۰/۴۴	۶۵۰	۲۶۰۰	۰/۵	۷۵۰	۲۹۰۰	۰/۵۱
۲۰۰	۵۹۰	۲۹۰۰	۰/۴۵	۷۵۰	۲۵۰۰	۰/۴۹	۸۵۰	۳۶۰۰	۰/۴۹
۲۵۰	۶۵۰	۳۱۰۰	۰/۴۶	۸۸۰	۳۱۰۰	۰/۵۳	۹۵۰	۴۱۰۰	۰/۴۸
۳۱۵	۷۸۰	۳۶۰۰	۰/۴۷	۱۰۰۰	۳۶۰۰	۰/۵۳	۱۱۰۰	۴۶۰۰	۰/۴۹
۴۰۰	۹۴۰	۴۱۰۰	۰/۴۸	۱۲۰۰	۴۱۰۰	۰/۵۴	۱۳۰۰	۵۹۵۰	۰/۴۷
۵۰۰	۱۱۰۰	۵۰۰۰	۰/۴۷	۱۴۰۰	۵۰۰۰	۰/۵۳	۱۴۵۰	۷۰۰۰	۰/۴۶
۶۳۰	۱۲۵۰	۶۴۰۰	۰/۴۵	۱۶۵۰	۶۴۰۰	۰/۵۱	۱۸۰۰	۸۶۵۰	۰/۴۶
۸۰۰	۱۴۵۰	۷۹۰۰	۰/۴۲	۱۹۰۰	۷۹۰۰	۰/۴۹	۲۰۵۰	۱۰۱۵۰	۰/۴۵

پ۱۲-۵-۶ تلفات کل ترانسفورماتورهای خشک

- تلفات کل **(Pv)** برحسب وات برای سه گروه از ترانسفورماتورهای خشک و براساس برابری مقدار توان خروجی **(Sload)**و توان نامی **(Sr)**ترانسفورماتورها و با استفاده از رابطه (پ۱۲-۵) و مقادیر تلفات بی‌بار **(Po)**و تلفات بار **(Pk)**برحسب وات، با استفاده از مقادیر جدول پ۱۲-۳ در جدول پ۱۲-٤ آمده است.

جدول پ۱۲-۴ تلفات کل در توان نامی ترانسفورماتورهای خشک در توان نامی

توان نامی ترانسفورماتورها (kVA)	ترانسفورماتورهای گروه (W) pv ۱	ترانسفورماتورهای گروه (W) pv ۲	ترانسفورماتورهای گروه (W) pv ۳
۱۶۰	۲۸۸۰	۳۲۵۰	۳۶۵۰
۲۰۰	۳۴۹۰	۳۸۵۰	۴۴۵۰
۲۵۰	۳۷۵۰	۳۹۸۰	۵۰۵۰
۳۱۵	۴۳۸۰	۴۶۰۰	۵۷۰۰
۴۰۰	۵۰۴۰	۵۳۰۰	۷۲۵۰
۵۰۰	۶۱۰۰	۶۴۰۰	۸۴۵۰
۶۳۰	۷۶۵۰	۸۰۵۰	۱۰۴۵۰
۸۰۰	۹۳۵۰	۹۸۰۰	۱۲۲۰۰
۱۰۰۰	۱۱۳۵۰	۱۱۵۰۰	۱۴۰۰۰

پ۱۲-۵-۷ ضریب بار ترانسفورماتورهای روغنی و خشک متوسط

- ضریب بار ترانسفورماتور **(α)** در تعیین توان نامی ترانسفورماتور، توان بار خروجی ترانسفورماتور، گروه بندی ترانسفورماتور، رده بندی ترانسفورماتور و رتبه‌بندی ساختمان مورد استفاده قرار می‌گیرد این ضریب برای ترانسفورماتورها از رابطه (پ۱۲-۸) به‌دست می‌آید.

(پ۱۲-۸) $\alpha = \frac{S_{onload}}{S_r}$

که در این رابطه:

S_{onload} : توان زیر بار ترانسفورماتور برحسب کیلوولت آمپر (KVA) می‌باشد و مقدار آن می‌تواند برابر یا بزرگتر از توان بار خروجی ترانسفورماتور باشد.

$(S_{onload} \geq S_{load})$

S_{load}: توان بار خروجی ترانسفورماتور برحسب کیلوولت آمپر (KVA)

S_r: توان نامی ترانسفورماتور برحسب کیلوولت آمپر (KVA) در شرایط کارکرد نرمالضریب بار، برابر مقدار زیر باربودن ترانسفورماتور نسبت به توان نامی ترانسفورماتور که معادل درصد زیربار بودن ترانسفورماتور (onload) نیز قابل تعریف است.

تبصره: برای مقادیر ضریب بار ترانسفورماتورهای روغنی و خشک به زیربندهای ۱۹-۵-۴-۱-۶ و ۱۹-۵-۴-۱-۹ مراجعه شود.

حداقل بازدهی تجهیزات

- الف تجهیزات تأمین نیازهای سرمایی و گرمایی، تهویه و آب گرم مصرفی باید دارای برچسب انرژی با حداقل رده انرژی طبق جداول ۱۹-٤-٥ و ۱۹-٤-٦ باشند.
- ب) راندمان تجهیزاتی که برای آنها برچسب انرژی در نظر گرفته نشده است، باید توسط نهادهای دارای صلاحیت قانونی صحه گذاری شود و از مقادیر درج شده در جدول ۱۹-٤-۷ بیشتر باشد

جدول ۱۹-۴- ۵ حداقل رده برچسب انرژی یا راندمان برای تجهیزات گازسوز *

محصول	شماره استاندارد ملی	ساختمان منطبق با مبحث ۱۹ (EC)	ساختمان کم‌انرژی (EC+)	ساختمان بسیار کم‌انرژی (EC++)
آب‌گرم‌کن گازسوز مخزن‌دار	۱۲۱۹-۲	E	D	D
آب‌گرم‌کن گازسوز فوری	۱۸۲۸-۲	D	C	B
رادیاتور گرمایی	۱۴۷۳۵	C	B	A
پکیج	۱۴۶۲۹	C	B	A
پکیج چگالشی	۱۴۶۲۹	A	A+	A++
بخاری گازسوز دودکش‌دار	۱۲۲۰-۲	E	D	C
بخاری گازسوز بدون دودکش	۷۲۶۸-۲	٪ ۸۰	٪ ۸۵	٪۹۰
بخاری‌های گازسوز مستقل نوع C		C	B	A
دیگ بخار	A1-۱۳۷۸۲	۷۸٪	۸۱٪	۸۲٪
دیگ و مشعل	۱۴۷۶۳	F	E	D

* توضیح: کلیه رده‌های انرژی برچسب جدول فوق مطابق با استانداردهای مربوطه در پیوست ۱۳ می‌باشد.

جدول ۱۹-۴-۶ حداقل رده برچسب انرژی برای تجهیزات برقی *

محصول	شماره استاندارد ملی	ساختمان منطبق با مبحث ۱۹ (EC)	ساختمان کم‌انرژی (EC+)	ساختمان بسیار کم‌انرژی (EC++)
آب‌گرم‌کن برقی مخزن‌دار	۲-۱۵۶۳	D	C	B
الکتروموتور (تک‌فاز و سه‌فاز)	۱-۱-۳۰-۳۷۷۲ ۲-۱-۳۰-۳۷۷۲ ۳-۱-۳۰-۳۷۷۲	C	B	A
فن (دمنده و مکنده)	۱۰۶۳۴	C	B	A
بخاری برقی	۲-۷۳۴۲	A	A	A
کولر آبی	۲-۴۹۱۰	F	D	A
کولر گازی (پنجره‌ای) یا پمپ گرمایی دوتکه (بدون کانال)	۲-۶۰۱۶ و ۱۰۶۳۸	B	A	A
هواساز (هوارسان)	۱۱۵۷۴	B	A	A
پکیج تهویه مطبوع	۱۰۳۰۶	B	A	A
گرم‌کن برقی (محیط)	۲-۷۳۴۲	A	A	A
گرم‌کن صنعتی (محیط)		A	A	A
فن کویل (زمینی، سقفی، کانالی)	۱۰۶۳۶	B	A	A
برج خنک‌کن	۱۰۶۳۵	C	B	A
چیلر تراکمی آبی	۲-۳۶۷۸			
چیلر تراکمی هوایی	۳۶۷۸			
پمپ (گریز از مرکز، مختلط، محوری)	۲-۷۸۱۷	B	A	A
لامپ الکتریکی	۷۳۴۱	A	A+	A++
بالاست لامپ الکتریکی	۱۰۷۵۹	A2	A1	A1

* توضیح: کلیه رده‌های انرژی برچسب جدول فوق مطابق با استانداردهای مربوطه در پیوست ۱۳ می‌باشد.

جدول ۱۹-۴-۷ حداقل بازدهی برای تجهیزات در سیستم گرمایی و سرمایی

دستگاه	شاخص بازدهی	بازدهی تجهیزات: ساختمان منطبق با مبحث ۱۹ (EC)	بازدهی تجهیزات: ساختمان کم‌انرژی (EC+)	بازدهی تجهیزات: ساختمان بسیار کم‌انرژی (EC++)
چیلر آب خنک*	(۱) IPLV	۳٫۵	۴٫۳	۵٫۵
	(۲) COP	۲٫۸	۳٫۵	۴٫۷
چیلر هوا خنک*	(۱) IPLV	۳٫۰	۳٫۵	غیر مجاز
	(۲) COP	۲٫۷	۳٫۰	غیر مجاز
چیلر جذبی	(۲) COP	۰٫۹	۱٫۳	۱٫۷
بویلر چگالشی	(۳)	٪ ۹۰	٪ ۹۵	٪ ۹۸
بویلر غیرچگالشی	(۳)	٪ ۸۰	٪ ۸۵	غیر مجاز

* در مورد چیلر، هر دو معیار IPLV و COP باید به‌صورت هم‌زمان از مقادیر جدول بیشتر باشد.

۱- عملکرد در بار جزئی
۲- ضریب عملکرد

IPLV : Integrated Part Load Value
COP : Coefficient of Performance

- 24000 BTU
- 24000/3412=7.033 kW
- 1 kwh = 3412 BTU
- COP= 7033/2200=3.2
- Pin= 2200 W
- EER=24000/2200=10.9

بکارگیری کارآمدترین تجهیزات

- انتخاب صحیح نوع تجهیزات (بطور مثال کمپرسورها در سیستمهای سرمایش تبریدی)
- استفاده از تجهیزات با بازده بالا
- توجه به کاهش بازده در طول عمر و افزایش بازده با پیشرفت تکنولوژی

بازده کولرهای گازی

- میزان بازدهی انرژی در همه ظرفیت ها یکسان نمی باشد.
- با افزایش ظرفیت دستگاهها بازدهی کاهش می یابد.
- بدون استفاده از گاز R410a میزان بازدهی هیچ دستگاهی به A نمی رسد.
- مقایسه میزان بازدهی دستگاههای موجود در بازار بر اساس جداول ارائه شده

برچسب انرژی کولر گازی

COP (بازدهی در حالت گرمایش)	
COP	Energy Grade
COP > 3.60	A
3.60≥ COP>3.40	B
3.40≥COP>3.20	B
3.20≥ COP >2.80	D
2.80≥ COP> 2.60	E
2.60≥COP > 2.40	F
2.40≥ COP > 2.20	G

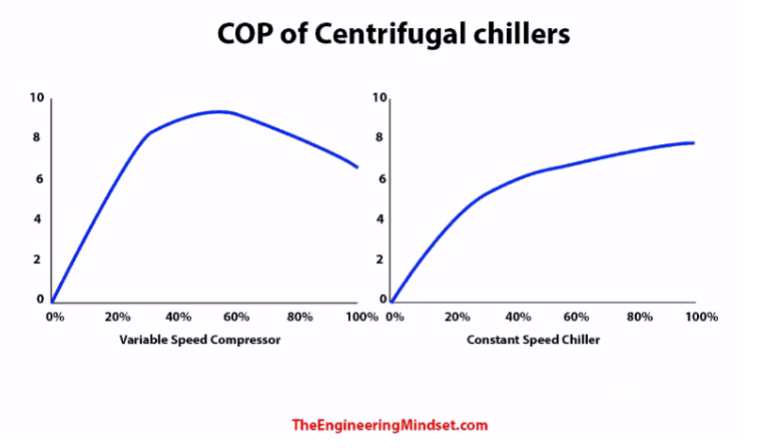
COP (بازدهی در حالت سرمایش)	
COP	Energy Grade
COP > 3.20	A
3.20≥ COP>3.00	B
3.00≥COP>2.80	C
2.80≥ COP >2.60	D
2.60≥ COP> 2.40	E
2.40≥COP > 2.20	F
2.20≥ COP > 2.00	G

مرکز ملی آموزش مدیریت انرژی NRI
مهندس علی فارسی
سازمان نظام مهندسی استان آذربایجان شرقی

نمونه ای از ضریب عملکرد هیت پمپهای یک سازنده

ظرفیت	میزان بازدهی	COP
9000 BTU	–بازدهی در حالت سرمایش	4.1
	–بازدهی در حالت گرمایش	4.21
12000 BTU	–بازدهی در حالت سرمایش	3.47
	–بازدهی در حالت گرمایش	3.81
18000 BTU	–بازدهی در حالت سرمایش	3.47
	–بازدهی در حالت گرمایش	3.82
24000 BTU	–بازدهی در حالت سرمایش	3.21
	–بازدهی در حالت گرمایش	3.62

بازده چیلر دور ثابت و دور متغیر



chiller efficiency vsd and constant speed

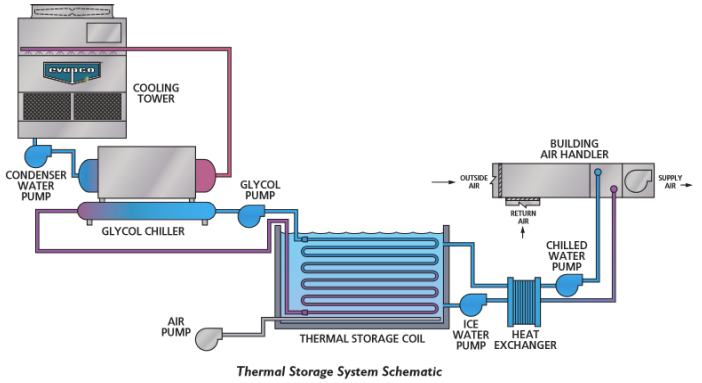
سیستم های ذخیره انرژی

- در کلیه ساختمانها استفاده از سیستم ذخیرهساز حرارتی توصیه میشود

سیستم ذخیره سازی آب سرد (یخ)

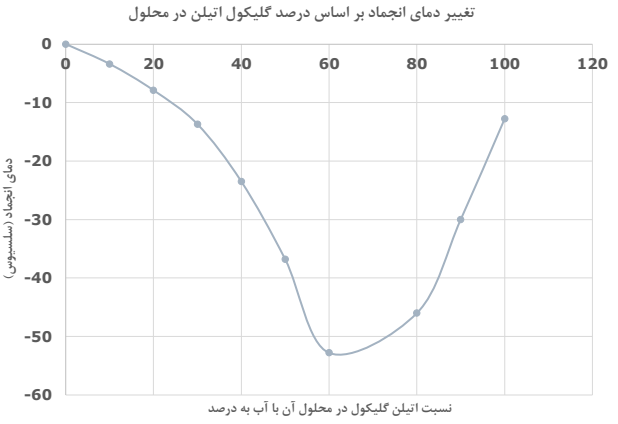
- با توجه به اینکه نیاز به سرمایش در ساعات اوج مصرف روزانه به حداکثر خود می رسد، ایده ذخیره سازی سرما در مخازن مخصوص مطرح گردید.
- در این سیستم، سیستم سرمایش (چیلر) در ساعات کم باری (شبانه) که نیاز به سرمایش در حداقل قرار دارد، آب سرد یا مخلوط آب و یخ تولید می نماید که در طول روز آن برای سرمایش استفاده می شود.
- البته در برخی موارد از اتیلن گلیکول و محلول آن در آب به جای سیال ذخیره ساز استفاده می شود.

ساختار یک سیستم ذخیره ساز سرما



Thermal Storage System Schematic

دمای انجماد محلول آب و اتیلن گلیکول

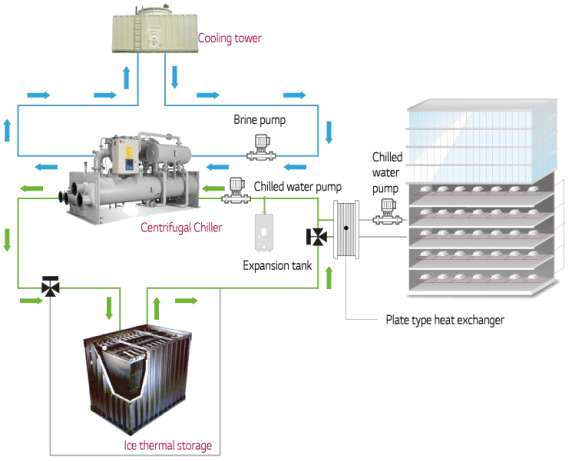


گرمای ویژه (kcal/kg) محلول آب و اتیلن گلیکول

		درصد اتیلن گلیکول										
	(% by weight)	**0**	**10**	**20**	**30**	**40**	**50**	**60**	**70**	**80**	**90**	**100**
دما	**-50**							0.72603	0.67064	0.61208		
	-40							0.73436	0.67992	0.62227		
	-30						0.79288	0.74269	0.68921	0.63246		
	-20					0.84605	0.80021	0.75102	0.6985	0.64265	0.58347	
	-10				0.89373	0.85232	0.80753	0.75935	0.70778	0.65285	0.59452	0.53282
	0	1.0038	0.97236	0.93576	0.89889	0.85858	0.81485	0.76768	0.71707	0.66304	0.60557	0.54467
	10	1.0018	0.97422	0.93976	0.90405	0.86484	0.82217	0.77601	0.72636	0.67323	0.61662	0.55652
	20	1.0004	0.97619	0.94375	0.9092	0.87111	0.82949	0.78434	0.73564	0.68343	0.62767	0.56838
	30	0.99943	0.97827	0.94775	0.91436	0.87737	0.83682	0.79267	0.74493	0.69362	0.63872	0.58023
	40	0.99902	0.98047	0.95175	0.91951	0.88364	0.84414	0.801	0.75422	0.70381	0.64977	0.59209
	50	0.99913	0.98279	0.95574	0.92467	0.8899	0.85146	0.80933	0.7635	0.71401	0.66082	0.60394
	60	0.99978	0.98521	0.95974	0.92982	0.89616	0.85878	0.81766	0.77279	0.7242	0.67186	0.61579
	70	1.0009	0.98776	0.96373	0.93498	0.90243	0.8661	0.82599	0.78207	0.73439	0.68291	0.62765
	80	1.0026	0.99041	0.96773	0.94013	0.90869	0.87343	0.83431	0.79136	0.74458	0.69396	0.6395
	90	1.0049	0.99318	0.97173	0.94529	0.91496	0.88075	0.84264	0.80065	0.75478	0.70501	0.65136
	100	1.0076	0.99607	0.97572	0.95044	0.92122	0.88807	0.85097	0.80993	0.76497	0.71606	0.66321

1. Ice Making : The chiller runs at night to conserve energy

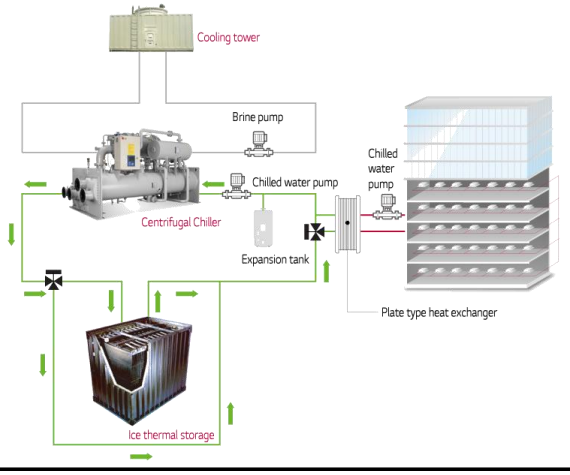
- Electrical energy is costly during peak consumption periods and cheaper during off-peak hours. With TES, ice is made at night during off-peak hours when energy prices are lowest.



سازمان نظام مهندسی استان آذربایجان شرقی مهندس علی فارسی مرکز ملی آموزش مدیریت انرژی NRI

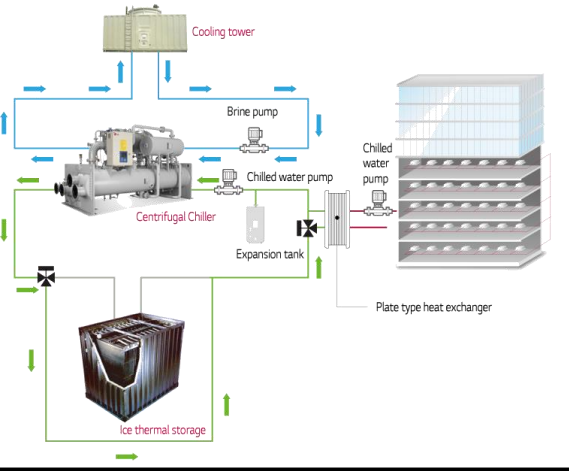
2. Ice cooling : The TES system runs independently

- When there chiller has stored enough ice, the TES system runs alone to cool the air and conserve energy.



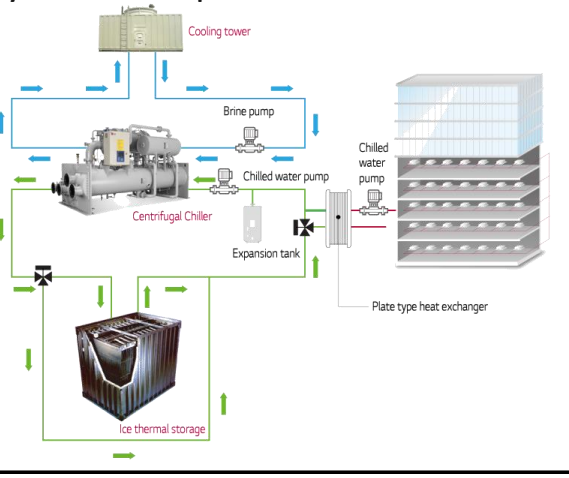
3. Chiller & Ice Cooling : The chiller runs simultaneously with TES

- Chillers and TES can be run together when workload is particularly high on the TES system. This increase efficiency and reduces wear on the TES system overall.



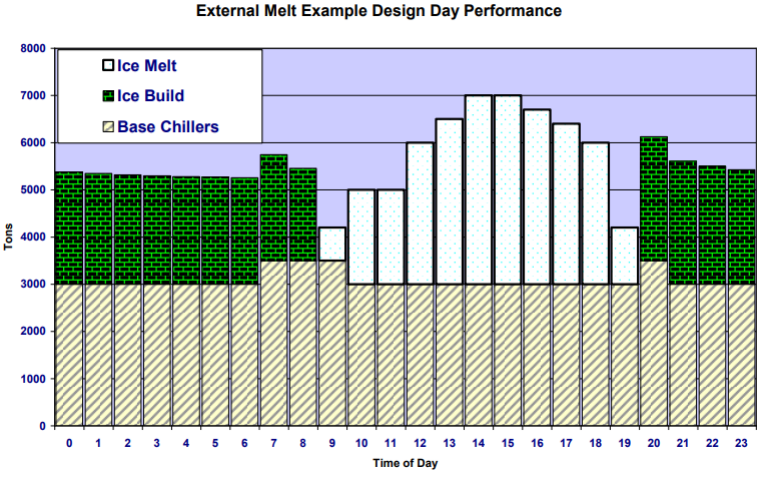
4. Chiller cooling : The chiller runs independently

- When the ice in the TES system has been melted, the system requires more ice. The chiller freezes and stores more ice and simultaneously cools while in operation



نمونه ای از مخزن زمینی ذخیره

کارکرد سیستم ذخیره ساز سرما در کنترل پیک



مرکز ملی آموزش مدیریت انرژی
مهندس علی فارسی
سازمان نظام مهندسی استان ۶۷ آذربایجان شرقی

روش تجویزی

روشهای موازنه ای و نیاز انرژی نیز دقیقا مشابه روش تجویزی است.

مرکز ملی آموزش مدیریت انرژی NRI
مهندس علی فارسی
سازمان نظام مهندسی استان آذربایجان شرقی

الزامات روش تجویزی (و موازنه ای و نیاز انرژی) در تاسیسات برقی

۱۹-۵-۴ تأسیسات برقی

۱۹-۵-۴-۱ ترانسفورماتورها

۱۹-۵-۴-۱-۱ ترانسفورماتورهای فشار متوسط

جهت آگاهی از نکات و توصیه‌ها در خصوص ترانسفورماتورهای فشار متوسط به پیوست ۱۲ رجوع شود.

الزامات روش تجویزی (و موازنه ای و نیاز انرژی) در ترانسفورمرها

۱۹-۵-۴-۱-۲حداکثر راندمان انرژی و تلفات ترانسفورماتورهای فشار متوسط

ترانسفورماتورهای فشار متوسط مورد استفاده در پست‌های برق اختصاصی ساختمان می‌توانند از نوع روغنی یا نوع خشک(رزینی) باشند. برای الزامات و شرایط استفاده از هریک از انواع ترانسفورماتورها در پست برق اختصاصی ساختمان به مبحث سیزدهم مقررات ملی رجوع شود. همچنین نحوه محاسبه تلفات کل ترانسفورماتور در پیوست ۱۲ آمده است.

۱۹-۵-۴-۱-۳تلفات و ضریب حداکثر راندمان انرژی ترانسفورماتورهای روغنی (OIT)

مقادیر تلفات و ضریب حداکثر راندمان انرژی ترانسفورماتورهای روغنی، در شرایط کارکرد نرمال و برای توان‌های نامی مختلف و ولتاژ کار ۲۰ کیلوولت که عموماً در اکثر نقاط کشور در تأمین و تغذیه نیروی برق ساختمان با انشعاب برق فشار متوسط به‌کار می‌روند، در پیوست ۱۲ آمده است. این جدول شامل مقادیر تلفات بی‌بار (P_o)، تلفات بار (P_k) و ضریب حداکثر راندمان انرژی برای گروه‌های ترانسفورماتورهای روغنی می‌باشد.

گروه بندی راندمان انرژی ترانسفورماتورهای روغنی

- **تلفات ترانسفورمر شامل تلفات ثابت (بی باری) و تلفات متغیر است.**

$$P_V = P_0 + \left(\frac{S_{Load}}{S_r}\right)^2 . P_K$$

- **درصد بارگذاری برای رسیدن به راندمان بهینه ترانسفورمر از رابطه زیر به دست می آید.**

$$K = \sqrt{\frac{P_o}{P_K}}$$

- **درصد بارگذاری بهینه ترانسفورمرهای روغنی در بازه ۳۲٪ تا ۴۵٪ است!**

جدول پ۱۲-۱ تلفات بار، تلفات بی‌بار و ضریب حداکثر راندمان ترانسفورماتورهای روغنی در توان نامی

توان نامی ترانسفورماتور	ترانسفورماتورهای گروه OIT1			ترانسفورماتورهای گروه OIT2			ترانسفورماتورهای گروه OIT3		
(kVA)	P_o (W)	P_K (W)	K	P_o (W)	P_K (W)	K	P_o (W)	P_K (W)	K
۱۰۰	۲۱۰	۱۴۷۵	۰/۳۷	۳۲۰	۱۷۵۰	۰/۴۲	۲۶۰	۲۱۵۰	۰/۳۵
۱۲۵	۲۴۷	۱۶۹۵	۰/۳۹	۳۸۰	۲۰۰۰	۰/۴۴	۳۱۰	۲۵۴۵	۰/۳۵
۱۶۰	۳۰۰	۲۰۰۰	۰/۳۹	۴۶۰	۲۳۵۰	۰/۴۵	۳۷۵	۳۱۰۰	۰/۳۵
۲۰۰	۳۵۵	۲۳۵۰	۰/۳۹	۵۵۰	۲۷۶۰	۰/۴۵	۴۴۵	۳۶۰۰	۰/۳۵
۲۵۰	۴۲۵	۲۷۵۰	۰/۳۹	۶۵۰	۳۲۵۰	۰/۴۵	۵۳۰	۴۲۰۰	۰/۳۶
۳۱۵	۵۰۰	۳۲۵۰	۰/۳۹	۷۸۰	۳۸۵۰	۰/۴۵	۶۲۵	۵۰۰۰	۰/۳۶
۴۰۰	۶۱۰	۳۸۵۰	۰/۴۰	۹۳۰	۴۶۰۰	۰/۴۵	۷۵۰	۶۰۰۰	۰/۳۶
۵۰۰	۷۲۰	۴۵۵۰	۰/۴۰	۱۱۰۰	۵۴۵۰	۰/۴۵	۸۷۵	۷۱۰۰	۰/۳۵
۶۳۰	۸۰۰	۵۶۰۰	۰/۳۷	۱۲۰۰	۶۷۵۰	۰/۴۲	۹۴۰	۸۷۰۰	۰/۳۳
۸۰۰	۹۴۰	۷۴۰۰	۰/۳۶	۱۴۵۰	۸۵۰۰	۰/۴۱	۱۱۵۰	۱۰۷۰۰	۰/۳۳
۱۰۰۰	۱۱۰۰	۹۵۰۰	۰/۳۵	۱۷۰۰	۱۰۵۰۰	۰/۴۰	۱۴۰۰	۱۳۰۰۰	۰/۳۳
۱۲۵۰	۱۳۰۰	۱۱۴۰۰	۰/۳۳	۲۱۰۰	۱۳۲۰۰	۰/۴۰	۱۷۳۰	۱۶۰۰۰	۰/۳۳
۱۶۰۰	۱۷۰۰	۱۴۰۰۰	۰/۳۵	۲۶۰۰	۱۷۰۰۰	۰/۳۹	۲۲۰۰	۲۰۰۰۰	۰/۳۳
۲۰۰۰	۲۰۵۵	۱۷۵۵۰	۰/۳۵	۳۱۳۵	۲۱۲۰۰	۰/۳۹	۲۶۴۵	۲۵۳۰۰	۰/۳۲
۲۵۰۰	۲۵۰۰	۲۲۰۰۰	۰/۳۳	۳۸۰۰	۲۶۵۰۰	۰/۳۷	۳۲۰۰	۳۲۰۰۰	۰/۳۲

گروه بندی راندمان انرژی ترانسفورماتورهای روغنی

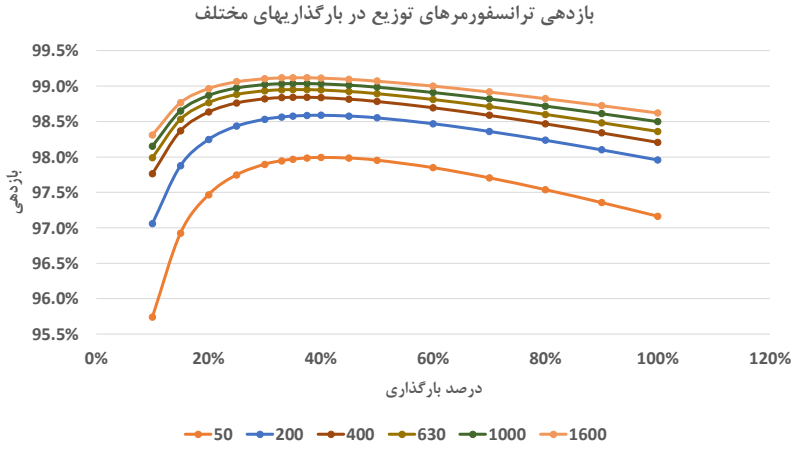
- تلفات ترانسفورمرهای **OIT1** کمترین و **OIT3** بیشترین است.

جدول پ۱۲-۲ تلفات کل ترانسفورماتورهای روغنی در توان نامی

توان نامی ترانسفورماتورها (kVA)	ترانسفورماتورهای گروه OIT1 (W) Pv	ترانسفورماتورهای گروه OIT2 (W) Pv	ترانسفورماتورهای گروه OIT3 (W) Pv
۱۰۰	۱۶۸۵	۲۰۷۰	۲۴۱۰
۱۲۵	۱۹۴۲	۲۳۸۰	۲۸۵۵
۱۶۰	۲۳۰۰	۲۸۱۰	۳۴۷۵
۲۰۰	۲۷۰۵	۳۳۱۰	۴۰۴۵
۲۵۰	۳۱۷۵	۳۹۰۰	۴۷۳۰
۳۱۵	۳۷۵۰	۴۶۳۰	۵۶۲۵
۴۰۰	۴۴۶۰	۵۵۳۰	۶۷۵۰
۵۰۰	۵۲۷۰	۶۵۵۰	۷۹۷۵
۶۳۰	۶۴۰۰	۷۹۵۰	۹۶۴۰
۸۰۰	۸۳۴۰	۹۹۵۰	۱۱۸۵۰
۱۰۰۰	۱۰۶۰۰	۱۲۲۰۰	۱۴۴۰۰
۱۲۵۰	۱۲۷۰۰	۱۵۳۰۰	۱۷۷۳۰
۱۶۰۰	۱۵۷۰۰	۱۹۶۰۰	۲۲۲۰۰
۲۰۰۰	۱۹۶۰۵	۲۴۳۳۵	۲۷۹۴۵
۲۵۰۰	۲۴۵۰۰	۳۰۳۰۰	۳۵۲۰۰

* در انتخاب ترانسفورماتورهای روغنی از هر یک از گروههای فوق‌الذکر ملاحظات صرفه‌جویی در مصرف انرژی مورد توجه قرار گیرد

- تغییرات بازدهی ترانسفورمرهای عادی ایران ترانسفو با در بارگذاریهای مختلف



الزامات روش تجویزی (و موازنه ای و نیاز انرژی) در ترانسفورمرها

۱۹-۵-۴-۱-۵ تلفات و ضریب حداکثر راندمان ترانسفورماتورهای خشک (CRT)

مقادیر تلفات شامل مقادیر تلفات بی‌بار (P_o) و تلفات بار (P_k) و ضریب حداکثر راندمان ترانسفورماتورهای خشک در شرایط کارکرد نرمال و برای توان‌های نامی مختلف و ولتاژ کار ۲۰ کیلوولت که عموماً در اکثر نقاط کشور در تأمین و تغذیه برق ساختمان با انشعاب برق فشار متوسط به‌کار می‌روند، برای گروه‌های ترانسفورماتورهای خشک در پیوست ۱۲ آمده است.

گروه بندی راندمان انرژی ترانسفورماتورهای خشک

- تلفات ترانسفورمرهای خشک بیشتر از ترانسفورمرهای روغنی است.
- درصد بارگذاری بهینه ترانسفورمرهای خشک در بازه ۴۲٪ تا ٥٤٪ است.

جدول پ۱۲-۳ تلفات بی‌بار و تلفات بار و ضریب حداکثر راندمان ترانسفورماتورهای خشک در توان نامی

توان نامی ترانسفورماتورها	ترانسفورماتورهای گروه CRT1			ترانسفورماتورهای گروه CRT2			ترانسفورماتورهای گروه CRT3		
(kVA)	P_o (W)	P_k (W)	K	P_o (W)	P_k (W)	K	P_o (W)	P_k (W)	K
۱۶۰	۴۸۰	۲۴۰۰	۰/۴۴	۶۵۰	۲۶۰۰	۰/۵	۷۵۰	۲۹۰۰	۰/۵۱
۲۰۰	۵۹۰	۲۹۰۰	۰/۴۵	۷۵۰	۲۵۰۰	۰/۴۹	۸۵۰	۳۶۰۰	۰/۴۹
۲۵۰	۶۵۰	۳۱۰۰	۰/۴۶	۸۸۰	۳۱۰۰	۰/۵۳	۹۵۰	۴۱۰۰	۰/۴۸
۳۱۵	۷۸۰	۳۶۰۰	۰/۴۷	۱۰۰۰	۳۶۰۰	۰/۵۳	۱۱۰۰	۴۶۰۰	۰/۴۹
۴۰۰	۹۴۰	۴۱۰۰	۰/۴۸	۱۲۰۰	۴۱۰۰	۰/۵۴	۱۳۰۰	۵۹۵۰	۰/۴۷
۵۰۰	۱۱۰۰	۵۰۰۰	۰/۴۷	۱۴۰۰	۵۰۰۰	۰/۵۳	۱۴۵۰	۷۰۰۰	۰/۴۶
۶۳۰	۱۲۵۰	۶۴۰۰	۰/۴۵	۱۶۵۰	۶۴۰۰	۰/۵۱	۱۸۰۰	۸۶۵۰	۰/۴۶
۸۰۰	۱۴۵۰	۷۹۰۰	۰/۴۲	۱۹۰۰	۷۹۰۰	۰/۴۹	۲۰۵۰	۱۰۱۵۰	۰/۴۵
۱۰۰۰	۱۷۵۰	۹۶۰۰	۰/۴۲	۲۳۰۰	۹۲۰۰	۰/۵۰	۲۴۰۰	۱۱۶۰۰	۰/۴۶
۱۲۵۰	۲۱۰۰	۱۰۵۰۰	۰/۴۵	۲۷۰۰	۱۰۰۰۰	۰/۵۲	۲۷۵۰	۱۳۵۰۰	۰/۴۵
۱۶۰۰	۲۴۰۰	۱۲۳۰۰	۰/۴۵	۳۱۰۰	۱۱۸۰۰	۰/۵۱	۳۳۰۰	۱۶۷۰۰	۰/۴۵
۲۰۰۰	۳۰۰۰	۱۴۹۰۰	۰/۴۵	۴۰۰۰	۱۴۵۰۰	۰/۵۳	۴۱۰۰	۱۹۴۰۰	۰/۴۶
۲۵۰۰	۳۶۰۰	۱۸۰۰۰	۰/۴۵	۵۰۰۰	۱۷۶۰۰	۰/۵۳	۵۰۵۰	۲۳۰۰۰	۰/۴۷

- ارقام جدول فوق براساس مشخصات فنی تولید داخل (گروه CRT3) و نیز تولیدات سفارشی (گروه CRT1 و CRT2) می‌باشند.
- ارقام گروه‌بندی جدول فوق براساس مشخصات فنی تولید ارائه گردیده‌است. در صورت لزوم، طراح باید ارقام فوق‌الذکر را مجدداً با مشخصات فنی تولیدات هماهنگ نماید.
- ترانسفورماتورهای خشک با توان نامی ۱۰۰ و ۱۲۵ کیلوولت آمپر (kVA) در رده تولید داخل قرار ندارد. در صورت نیاز به پارامترهای فوق‌الذکر، می‌توان از مشخصات فنی تولیدات سفارشی استفاده کرد.
- در صورت نیاز به اطلاعات فنی مشابه جدول فوق برای ترانسفورماتورهای خشک ۱۱ و ۳۳ کیلوولت، لازم است این اطلاعات از تولیدکنندگان استعلام گردد.

گروه بندی راندمان انرژی ترانسفورماتورهای خشک

جدول پ۱۲-۴ تلفات کل در توان نامی ترانسفورماتورهای خشک در توان نامی

توان نامی ترانسفورماتورها (kVA)	ترانسفورماتورهای گروه CRT1 (W) Pv	ترانسفورماتورهای گروه CRT2 (W) Pv	ترانسفورماتورهای گروه CRT3 (W) Pv
۱۶۰	۲۸۸۰	۳۲۵۰	۳۶۵۰
۲۰۰	۳۴۹۰	۳۸۵۰	۴۴۵۰
۲۵۰	۳۷۵۰	۳۹۸۰	۵۰۵۰
۳۱۵	۴۳۸۰	۴۶۰۰	۵۷۰۰
۴۰۰	۵۰۴۰	۵۳۰۰	۷۲۵۰
۵۰۰	۶۱۰۰	۶۴۰۰	۸۴۵۰
۶۳۰	۷۶۵۰	۸۰۵۰	۱۰۴۵۰
۸۰۰	۹۳۵۰	۹۸۰۰	۱۲۲۰۰
۱۰۰۰	۱۱۳۵۰	۱۱۵۰۰	۱۴۰۰۰
۱۲۵۰	۱۲۶۰۰	۱۲۷۰۰	۱۶۲۵۰
۱۶۰۰	۱۴۷۰۰	۱۴۹۰۰	۲۰۰۰۰
۲۰۰۰	۱۷۹۰۰	۱۸۵۰۰	۲۳۵۰۰
۲۵۰۰	۲۱۶۰۰	۲۲۶۰۰	۲۸۰۵۰

* در انتخاب ترانسفورماتورهای خشک از هر یک از گروه‌های فوق‌الذکر، لازم است ملاحظات صرفه‌جویی در مصرف انرژی مورد توجه قرار گیرد.

الزامات روش تجویزی (و موازنه ای و نیاز انرژی) در ترانسفورمرها

۱۹-۵-۴-۱-۴ اثر شرایط اقلیمی در باردهی ترانسفورماتورهای روغنی

شرایط کار نرمال ترانسفورماتورهای روغنی، از نظر شرایط و اقلیم شهر یا منطقه محل نصب ترانسفورماتور، برای باردهی با توان نامی، براساس حداکثر دمای شهر و یا منطقه محل نصب برابر ۴۰ درجه سلسیوس و ارتفاع شهر و منطقه محل نصب از سطح دریا برابر ۱۰۰۰ متر، در استاندارد شماره ۶۷۷۰ سازمان ملی استاندارد ایران (استاندارد ترانسفورماتورهای روغنی) تعیین گردیده است. 2620

ضرایب کاهش باردهی ترانسفورماتور در شرایط محیط (محل نصب)، نسبت به شرایط کارکرد نرمال آن، برای تعیین توان مجاز ترانسفورماتورهای روغنی، متناسب با حداکثر دما و ارتفاع از سطح دریا، برای شهرها و مناطق مختلف، در جدول ۱۹-۵-۲۵ و جدول ۱۹-۵-۲۶، بر اساس استاندارد فوق‌الذکر، مشخص شده است.

تبصره ۱: برای تعیین شرایط اقلیمی شهرها و مناطق کشوردر گروه‌های A، B، C و D، به استاندارد ۶۷۷۰ رجوع شود. 2620

تبصره ۲: برای ضرایب باردهی مربوط به دما و ارتفاع خارج از مقادیر فوق‌الذکر، لازم است از تولیدکنندگان استعلام گردد.

الزامات روش تجویزی (و موازنه ای و نیاز انرژی) در ترانسفورمرها

جدول ۱۹-۵-۲۵ ضرایب کاهش باردهی برحسب حداکثر دمای محل نصب

گروه شهر و منطقه	حداکثر دمای محیط (درجه سلسیوس)	ضریب باردهی
A	۴۰	۱٫۰۰
B	۴۰ تا ۴۵	۰٫۸۸
C	۴۵ تا ۵۰	۰٫۸۰
D	بیش از ۵۰	۰٫۷۲

جدول ۱۹-۵-۲۶ ضرایب باردهی برای حداکثر ارتفاع محل نصب

گروه شهر و منطقه	حداکثر ارتفاع از سطح دریا (m)	ارتفاع معادل (m)	ضریب باردهی
A	۱۰۰۰ یا کمتر	۱۰۰۰	۱٫۰۰
B	۱۰۰۰ تا ۱۵۰۰	۱۵۰۰	۰٫۹۷۵
C	۱۵۰۰ تا ۲۰۰۰	۲۰۰۰	۰٫۹۵
D	بیش از ۲۰۰۰	۲۵۰۰	۰٫۹۲۵

مرکز ملی آموزش مدیریت انرژی مهندس علی فارسی سازمان نظام مهندسی استان آذربایجان شرقی

الزامات روش تجویزی (و موازنه ای و نیاز انرژی) در ترانسفورمرها

۱۹-۵-۴-۱-۶ اثر شرایط اقلیمی در باردهی ترانسفورماتورهای خشک

ضرایب کاهش باردهی ترانسفورماتور در شرایط محیط (محل نصب)، نسبت به شرایط کارکرد نرمال آن، برای تعیین توان مجاز ترانسفورماتورهای خشک، متناسب با حداکثر دما و ارتفاع از سطح دریا، برای شهرها و مناطق مختلف، در جدول ۱۹-۵-۲۷ و

جدول ۱۹-۵-۲۸، بر اساس استاندارد فوق‌الذکر، مشخص شده است.

الزامات روش تجویزی (و موازنه ای و نیاز انرژی) در ترانسفورمرها

جدول ۱۹-۵-۲۷ ضرایب باردهی برای حداکثر دمای محل نصب

حداکثر دمای محیط (درجه سلسیوس)	ضریب باردهی
۳۰	۱٫۰۶
۴۰	۱٫۰۰
۵۰	۰٫۹۳

جدول ۱۹-۵-۲۸ ضرایب باردهی برای حداکثر ارتفاع محل نصب

حداکثر ارتفاع از سطح دریا (m)	ارتفاع معادل (m)	ضریب باردهی
۱۰۰۰ یا کمتر	۱۰۰۰	۱٫۰۰
۱۰۰۰ تا ۱۵۰۰	۱۵۰۰	۰٫۹۷۵
۱۵۰۰ تا ۲۰۰۰	۲۰۰۰	۰٫۹۵
بیش از ۲۰۰۰	۲۵۰۰	۰٫۹۲۵

تبصره ۱: برای تعیین شرایط اقلیمی شهرها و مناطق کشور، به استاندارد ۶۷۷۰ رجوع شود.

تبصره ۲: ضرایب باردهی مربوط به دما و ارتفاع خارج از مقادیر فوق‌الذکر، از تولیدکنندگان استعلام گردد.

مرکز ملی آموزش مدیریت انرژی مهندس علی فارسی سازمان نظام مهندسی استان آذربایجان شرقی

الزامات روش تجویزی (و موازنه ای و نیاز انرژی) در ترانسفورمرها

۱۹-۵-۴-۱-۷ سیستم‌های کاهش دمای اتاق ترانسفورماتور

ترانسفورماتورها عموماً در اتاق یا فضای بسته در پست برق اختصاصی ساختمان و یا مدل کیوسکی پست برق نصب و مورد استفاده قرار می‌گیرند. حرارت ناشی از تلفات بار (P_k) و بی‌بار (P_o) ترانسفورماتور باعث افزایش دمای ترانسفورماتور و اتاق آن می‌گردد.

برای صرفه‌جویی در مصرف برق، لازم است طراحی اتاق ترانسفورماتور و نیز پست برق فشار متوسط، با به‌کارگیری روش‌ها و سیستم‌های طبقه‌بندی‌شده در بندهای زیر، و انتخاب ترانسفورماتور با کارایی لازم و سیستم تأسیسات مکانیکی مناسب، ، کاهش دمای ترانسفورماتور و اتاق محل استقرار آن صورت گیرد، تا شرایط مورد نیاز برای کارکرد مناسب ترانسفورماتورها محقق شود.

الف) در شهرها و مناطق گروه A، برای کاهش دمای اتاق ترانسفورماتور، تعویض و تخلیه هوای اتاق می‌تواند با تهویه طبیعی و یا مکانیکی انجام گیرد (به مبحث سیزدهم مقررات ملی رجوع شود). در روش تهویه مکانیکی از هواکش برقی، که از طریق ترموستات قطع و وصل یا کنترل می‌شود، برای کاهش و تنظیم دمای اتاق استفاده می‌شود. استفاده از سیستم سرمایی برای مناطق مذکور، به‌جای هواکش، مجاز نمی‌باشد.

الزامات روش تجویزی (و موازنه ای و نیاز انرژی) در ترانسفورمرها

ب) استفاده از روش‌های مطرح‌شده در بند (الف)، برای شهرها و مناطق و گروه‌های B، تنها زمانی مجاز است که ضرایب مربوط به دما و ارتفاع در محاسبه توان مجاز (بار خروجی) ترانسفورماتور اعمال شده و ترانسفورماتور با مشخصات فنی و توان نامی مناسب انتخاب گردیده‌باشد.

پ) استفاده از روش‌های مطرح‌شده در بند (الف)، برای شهرها و مناطق گروه‌های C و D، تنها زمانی مجاز است که پس از اعمال ضرایب مربوط به دما و ارتفاع، مشخصات فنی و توان نامی ترانسفورماتور، مقدار تلفات بار براساس ۱۹-۵-۴-۱-۱ تعیین گردد.

ت) در صورتی که دمای محل استقرار ترانسفورماتور، در اوقاتی از سال، از ۵۰ درجه سلسیوس فراتر رود، لازم است در انتخاب ترانسفورماتور مناسب برای این شرایط دقت لازم به‌عمل آید، و در صورت پیش‌بینی سیستم سرمایی برای کاهش و کنترل دمای اتاق و ترانسفورماتور، لازم است وابستگی میزان مصرف برق سیستم سرمایی با تلفات بار و بازدهی ترانسفورماتور در نظر گرفته شود.

مرکز ملی آموزش مدیریت انرژی مهندس علی فارسی سازمان نظام مهندسی استان آذربایجان شرقی

الزامات روش تجویزی (و موازنه ای و نیاز انرژی) در ترانسفورمرها

۱۹-۵-۴-۱-۸ شرایط استفاده از انواع مختلف ترانسفورماتورهای فشار متوسط

گروه‌بندی ترانسفورماتورهای روغنی (OIT1، OIT2 و OIT3) و خشک (CRT1، CRT2 و CRT3)، بر اساس تلفات بار، تلفات بی بار، حداکثر راندمان انرژی و تلفات کل در زیربندهای پیوست ۱۲ آمده‌است. شرایط استفاده از انواع مختلف ترانسفورماتورهای فشار متوسط به قرار زیر می‌باشد:

الف) الزامات مربوط به استفاده از ترانسفورماتورهای روغنی و یا خشک فشار متوسط در پست برق (اختصاصی) ساختمان‌ها باید منطبق بر ردیف‌ها و بندهای مبحث سیزدهم مقررات ملی باشد.

ب) رده‌بندی کلی ترانسفورماتورها (رده اول تا رده سوم) و همچنین گروه‌بندی‌های متناظر انواع مختلف ترانسفورماتورهای روغنی (OIT1، OIT2 و OIT3) و خشک (CRT1، CRT2 و CRT3) از نظر تلفات بار در توان‌های نامی مختلف در جدول ۱۹-۵-۲۹ ارائه شده‌است.

شرایط استفاده از انواع مختلف ترانسفورماتورهای فشار متوسط

جدول ۱۹-۵-۲۹ رده‌بندی کلی و گروه‌بندی‌های متناظر انواع مختلف ترانسفورماتورهای روغنی و خشک

رده ترانسفورماتور	تلفات بار در توان نامی	نوع ترانسفورماتور	
		روغنی	خشک
اول	کمترین مقدار	OIT1	CRT1
دوم	مقدار متوسط	OIT2	CRT2
سوم	مقدار متعارف	OIT3	CRT3

ضریب بار ترانسفورماتورهای روغنی و خشک فشار متوسط

- **برای دستیابی به بازدهی بالا، یا بایستی بازده کلی ترانسفورمر بالاتر باشد (اندیس کوچکتر) یا بارگذاری آن به بارگذاری بهینه نزدیکتر باشد.**

جدول ۱۹-۵-۳۰ ضریب بار حداکثر ترانسفورماتورهای روغنی و خشک

رتبه انرژی ساختمان	گروه‌بندی ترانسفورماتورها					
	روغنی			خشک		
	OIT1 (رده اول)	OIT2 (رده دوم)	OIT3 (رده سوم)	CRT1 (رده اول)	CRT2 (رده دوم)	CRT3 (رده سوم)
ساختمان منطبق با مبحث ۱۹ (EC)	٪۷۰	٪۶۰	٪۵۰	۶۵٪	٪۶۰	٪۵۰
ساختمان کم‌انرژی (EC+)	٪۶۰	٪۵۰	غیر مجاز	٪۶۰	۵۵٪	غیر مجاز
ساختمان بسیار کم‌انرژی (EC++)	٪۵۰	غیر مجاز	غیر مجاز	٪۵۰	غیر مجاز	غیر مجاز

الزامات روش تجویزی (و موازنه ای و نیاز انرژی) در موتورهای برقی

۱۹-۵-۴-۲ موتورهای برقی

انتخاب موتورهای برقی مورد استفاده در سیستم‌های تأسیسات مکانیکی و برقی ساختمان، از جمله سیستم‌های سرمایی، گرمایی، تهویه، آسانسور، پلکان‌های برقی، پیاده‌روهای متحرک باید با در نظر گرفتن عوامل زیر صورت گیرد:

الف) داشتن برچسب انرژی تعیین‌شده برای موتورهای تک‌فاز و سه‌فاز، با رده انرژی منطبق با در جدول ۱۹-۴-۶ و متناسب با رده ساختمان،

جدول ۱۹-۴-۶ حداقل رده برچسب انرژی برای تجهیزات برقی *

محصول	شماره استاندارد ملی	ساختمان منطبق با مبحث ۱۹ (EC)	ساختمان کم‌انرژی (EC+)	ساختمان بسیار کم‌انرژی (EC++)
الکتروموتور (تک‌فاز و سه‌فاز)	۳۷۷۲-۳۰-۱-۱ ۳۷۷۲-۳۰-۱-۲ ۳۷۷۲-۳۰-۱-۳	C	B	A

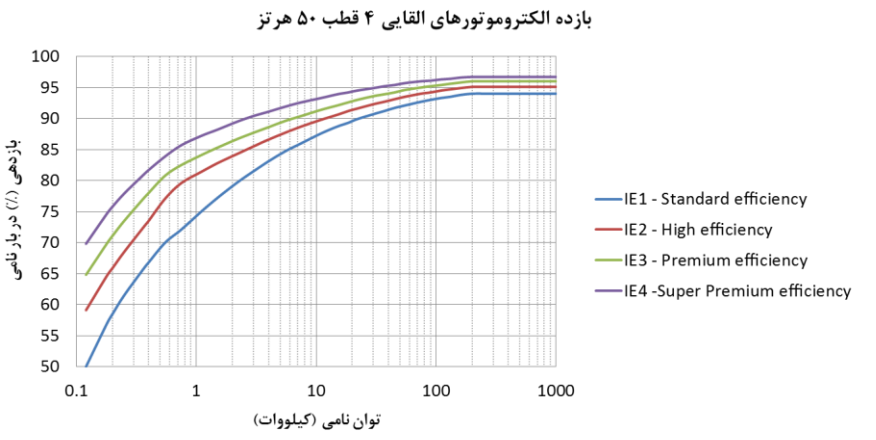
الزامات روش تجویزی (و موازنه ای و نیاز انرژی) در موتورهای برقی

- **معادل بازدهی انرژی IE با برچسب انرژی بر اساس استاندارد ۱-۱-۳۷۷۲**

جدول ۲ - رده‌بندی بازدهی برای موتورهای معمولی

رده انرژی	معادل کد IE	موتورهای معمولی
A^{+}	IE5	برای ویرایش آینده این استاندارد ملی در نظر گرفته شده است. به پیوست الف مراجعه شود.
A	IE4	موتورهای الکتریکی که در بارکامل (خروجی اسمی) بازدهی اسمی برابر با یا بیشتر از گستره داده شده در جدول ۴ دارند.
B	IE3	موتورهای الکتریکی که در بارکامل (خروجی اسمی) بازدهی اسمی برابر با یا بیشتر از گستره داده شده در جدول ۵ دارند.
C	IE2	موتورهای الکتریکی که در بارکامل (خروجی اسمی) بازدهی اسمی برابر با یا بیشتر از گستره داده شده در جدول ۶ دارند
D	IE1	موتورهای الکتریکی که در بارکامل (خروجی اسمی) بازدهی اسمی برابر با یا بیشتر از گستره داده شده در جدول ۷ دارند.
E	-	موتورهای الکتریکی که در بارکامل (خروجی اسمی) بازدهی اسمی برابر با یا بیشتر از گستره داده شده در جدول ۸ دارند.

استانداردهای IEC بازدهی الکتروموتورها (سال ۲۰۱۴)



الزامات روش تجویزی (و موازنه ای و نیاز انرژی) در موتورهای برقی

ب) هماهنگی مشخصات فنی، قدرت نامی، ولتاژ و راندمان کارکرد، برای عملکرد مورد نظر،

پ) کاهش مقدار جریان مورد نیاز برای راه اندازی موتور، با استفاده از فناوری‌های مناسب،

ت) انتخاب سیستم کنترل کارآمد برای تنظیم دور و نقطه کار مناسب برای موتور،

ث) محدود نگه‌داشتن میزان عدم تعادل ولتاژ در فازها، در دوره بهره برداری از موتور، به کمتر از ۱%، برای جلوگیری از کاهش راندمان موتور.

ج) توصیه می‌شود حتی‌الامکان برای تمامی موتور الکتریکی مورد استفاده در تجهیزات با بار متغیر، از جمله برج خنک‌کن، سیستم تغییر دور در نظر گرفته‌شود، تا در زمانهایی که بار ساختمان کم است، با استفاده از سیستم کنترلی، امکان تغییر وضعیت و کاهش دور موتور به میزان حداقل یا قرار دادن آن در حالت خاموش فراهم باشد.

چ) استفاده از راه اندازه نرم (Soft Starter)، به‌منظور کاهش مقدار جریان راه اندازی موتورها، به‌جای سیستم متعارف راه اندازی ستاره-مثلث، برای موتورهای با توان بالا، خصوصاً موتورهای با توان نامی ۱۱ کیلووات (kW) و به بالا، توصیه می‌شود.

الزامات روش تجویزی (و موازنه ای و نیاز انرژی) در موتورهای برقی

۱۹-۵-۴-۲ موتورهای برقی

انتخاب موتورهای برقی مورد استفاده در سیستم‌های تأسیسات مکانیکی و برقی ساختمان، از جمله سیستم‌های سرمایی، گرمایی، تهویه، آسانسور، پلکان‌های برقی، پیاده‌روهای متحرک باید با در نظر گرفتن عوامل زیر صورت گیرد:

الف) داشتن برچسب انرژی تعیین‌شده برای موتورهای تک‌فاز و سه‌فاز، با رده انرژی منطبق با در جدول ۱۹-۴-۶ و متناسب با رده ساختمان،

ب) هماهنگی مشخصات فنی، قدرت نامی، ولتاژ و راندمان کارکرد، برای عملکرد مورد نظر،

پ) کاهش مقدار جریان مورد نیاز برای راه‌اندازی موتور، با استفاده از فناوری‌های مناسب،

ت) انتخاب سیستم کنترل کارآمد برای تنظیم دور و نقطه کار مناسب برای موتور،

ث) محدود نگه‌داشتن میزان عدم تعادل ولتاژ در فازها، در دوره بهره‌برداری از موتور، به کمتر از ۵٪ برای جلوگیری از کاهش راندمان موتور.

چ) توصیه می‌شود حتی‌الامکان برای تمامی موتور الکتریکی مورد استفاده در تجهیزات با بار متغیر، از جمله برج خنک‌کن، سیستم تغییر دور در نظر گرفته‌شود، تا در زمان‌هایی که بار ساختمان کم است، با استفاده از سیستم کنترلی، امکان تغییر وضعیت و کاهش دور موتور به میزان حداقل یا قرار دادن آن در حالت خاموش فراهم باشد.

ج) استفاده از راه اندازه نرم (Soft Starter)، به‌منظور 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.

الزامات روش تجویزی (و موازنه ای و نیاز انرژی) در پمپها

۱۹-۵-۴-۲-۱ پمپ‌ها

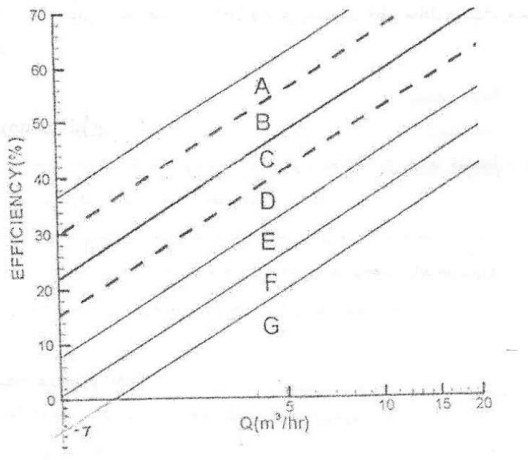
الف) تمامی پمپ‌های مورد استفاده در تأسیسات الکتریکی و مکانیکی، بسته به رده ساختمان، باید دارای برچسب انرژی تعیین‌شده در جدول ۱۹-۴-۶ باشند.

جدول ۱۹-۴-۶ حداقل رده برچسب انرژی برای تجهیزات برقی *

محصول	شماره استاندارد ملی	ساختمان منطبق با مبحث ۱۹ (EC)	ساختمان کم‌انرژی (EC+)	ساختمان بسیار کم‌انرژی (EC++)
پمپ (گریز از مرکز، مختلط، محوری)	۷۸۱۷-۲	B	A	A

برچسب انرژی بر اساس بازه های راندمان پمپها

- آخرین ویرایش این استاندارد ۲-۷۸۱۷ مربوط به سال ۱۳۸٤ است که به نظر می رسد نیاز به بازنگری دارد.



ارزیابی عملکرد پمپ

چگونه می توان عملکرد پمپ را بررسی نمود؟

توان داده شده به شفت $L_m = \tau \times \omega$

توان داده شده به سیال $L_{p(out)} = Q \times H / 367$

$L_p(KW)$ $H(m)$ $Q(m^3/hr)$

....

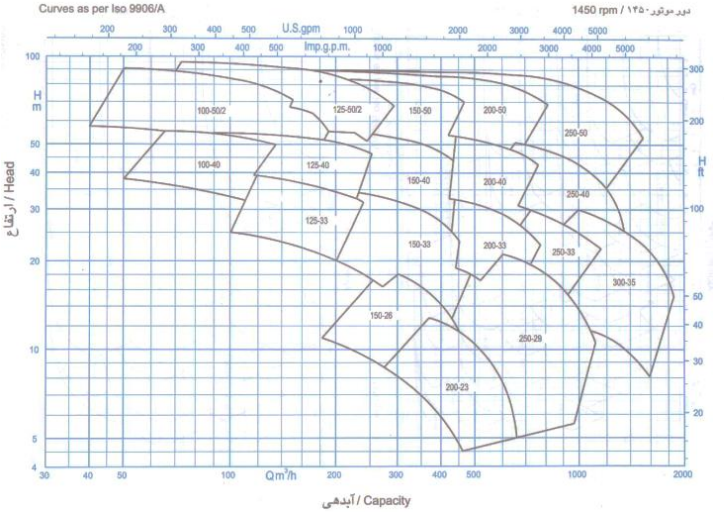
ارزیابی عملکرد پمپ

توان مصرفی الکتروموتور

$$\frac{Q \times H}{367 \times \eta_p \times \eta_m \times \eta_t}$$

مرکز ملی آموزش مدیریت انرژی NRI
مهندس علی فارسی
سازمان نظام مهندسی استان آذربایجان شرقی

انتخاب پمپ با استفاده از نمودار راهنما



انتخاب صحیح پمپ

الزامات روش تجویزی (و موازنه ای و نیاز انرژی) در فن ها

۱۹-۵-۴-۲-۲ فن‌ها و سیستم‌های کنترل سرعت

الف) تمامی فن‌های مورد استفاده در تأسیسات الکتریکی و مکانیکی، بسته به رده ساختمان، باید دارای برچسب انرژی تعیین‌شده در جدول ۱۹-۴-۶ باشند.

جدول ۱۹-۴-۶ حداقل رده برچسب انرژی برای تجهیزات برقی *

محصول	شماره استاندارد ملی	ساختمان منطبق با مبحث ۱۹ (EC)	ساختمان کم‌انرژی (EC+)	ساختمان بسیار کم‌انرژی (EC++)
فن (دمنده و مکنده)	۱۰۶۳۴	C	B	A
کولر آبی	۴۹۱۰-۲	F	D	A
فن کویل (زمینی، سقفی، کانالی)	۱۰۶۳۶	B	A	A

الزامات روش تجویزی (و موازنه ای و نیاز انرژی) در فن ها

ب) در فن‌ها، بازده کل در نقطه طراحی کارکردی باید در فاصله حداکثر ۱۵ درصد از نقطه حداکثر کارایی کل فن باشد.

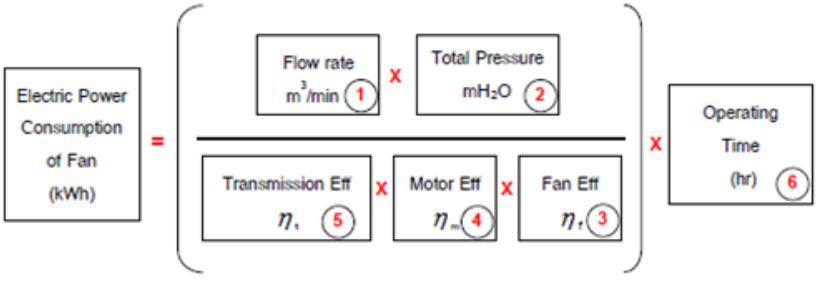
پ) ویژگی‌های لازم برای موتور و سیستم کنترل سرعت فن‌کویل زمینی، سقفی و یا داکتی در رتبه‌بندی‌های مختلف ساختمان در جدول ۱۹-۵-۳۱ ارائه شده‌است.

جدول ۱۹-۵-۳۱ ویژگی‌های لازم برای نوع موتور و سیستم کنترل فن‌کویل، در رتبه‌بندی مختلف

رتبه انرژی ساختمان	ویژگی‌های لازم برای فن‌کویل	
	موتور	سیستم کنترل سرعت
ساختمان منطبق با مبحث ۱۹ (EC)	حداقل سه سرعته	سیستم کنترل سرعت متعارف سه‌سرعته
ساختمان کم‌انرژی (EC+)	حداقل چهارسرعته	سیستم کنترل سرعت متعارف چهارسرعته
ساختمان بسیار کم‌انرژی (EC++)	تک‌سرعته	سیستم کنترل سرعت از نوع سرعت‌متغیر (VSD)

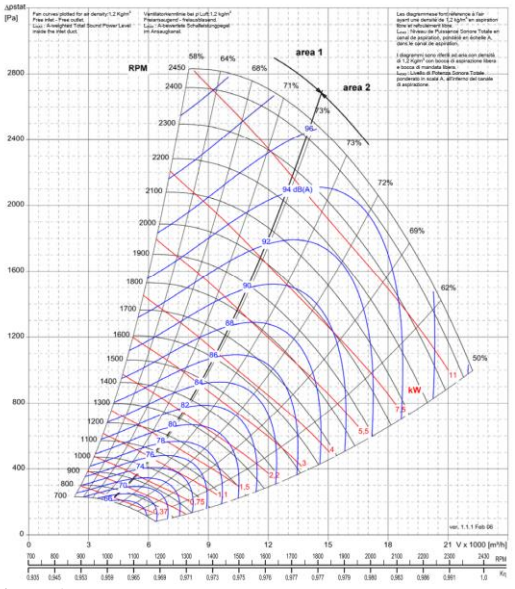
تبصره ۱: استفاده از شیر برقی نیز برای فن‌کویل توصیه می‌شود.

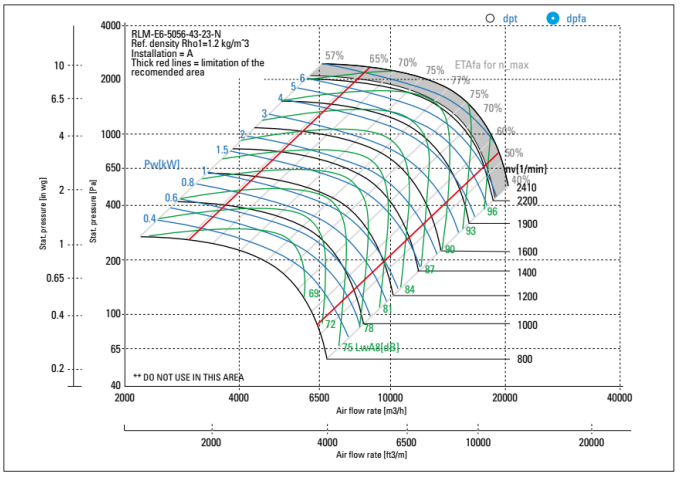
مصرف انرژی الکتریکی فن



جدول ۱ رده بندی بادزن های محوری خانگی

گروه بازده انرژی	شاخص بازده انرژی $(m^3/hr)/W$
A	$E > 5.54\ LnE - 17.22$
B	$5.04\ LnE - 15.84 \leq E < 5.54\ LnE - 17.22$
C	$4.55\ LnE - 14.45 \leq E < 5.04\ LnE - 15.84$
D	$4.05\ LnE - 13.07 \leq E < 4.55\ LnE - 14.45$
E	$3.55\ LnE - 11.68 \leq E < 4.05\ LnE - 13.07$
F	$3.05\ LnE - 10.30 \leq E < 3.55\ LnE - 11.68$
G	$2.55\ LnE - 8.91 \leq E < 3.05\ LnE - 10.30$


area 1
area 2
RPM
kW
94 dB(A)
21 V x 1000 [m³/h]


RLM-E6-5056-43-23-N
Ref. density Rho1=1.2 kg/m^3
Installation = A
Thick red lines = limitation of the recomended area
dpt
dpfa
ETAfa for n_max
Pw[kW]
nv[1/min]
Stat. pressure [Pa]
Stat. pressure [in wg]
** DO NOT USE IN THIS AREA
75 LwA8[dB]
Air flow rate [m3/h]
Air flow rate [ft3/m]

الزامات روش تجویزی (و موازنه ای و نیاز انرژی) در فن ها

ت) در کولرهای آبی، بسته به رتبه انرژی مورد نظر برای ساختمان، لازم است موارد زیر رعایت گردد:

– تأمین انتظارات تعیین‌شده در جدول ۱۹-۴-۵ برای برچسب انرژی کولر آبی،

– استفاده از موتورهای چند سرعته یا تک سرعته دارای برچسب انرژی مطابق جدول ۱۹-۴-۵، و ویژگی‌های تعیین‌شده در جدول ۱۹-۵-۳۲،

–بهره‌گیری از سیستم (دستگاه یا راه‌انداز) تغییر سرعت (VSD) دارای ویژگی‌های تعیین‌شده در جدول ۱۹-۵-۳۲.

جدول ۱۹-۵-۳۲ ویژگی‌های لازم برای موتور و سیستم کنترل سرعت و راه‌اندازی کولر آبی، مربوط به رتبه‌بندی‌های انرژی مختلف

رتبه انرژی ساختمان	ویژگی‌های لازم برای موتور و سیستم کنترل کولر آبی
ساختمان منطبق با مبحث ۱۹ (EC)	موتور دوسرعته، با سیستم کنترل و راه‌اندازی دو سرعته (سرعت کم و زیاد)
ساختمان کم‌انرژی (EC+)	موتور تک‌سرعته با سیستم راه‌اندازی و تغییر سرعت (VSD)
ساختمان بسیار کم‌انرژی (EC++)	موتور تک‌سرعته با سیستم راه‌اندازی و تغییر سرعت (VSD)

مقدار E E R (W/W) کولرهای آبی

ظرفیت هوادهی کولر (مترمکعب در ساعت)

رده انرژی	3500	5500	7000	8500	800
A	46.3	48.1	49.5	50.9	43.8
B	42.3	44.0	45.3	46.6	40.0
C	38.3	39.9	41.0	42.2	36.3
D	34.4	35.7	36.8	37.8	32.5
E	30.4	31.6	32.5	33.4	28.7
F	26.4	27.5	28.3	29.1	25.0
G	22.5	23.4	24.0	24.7	21.2

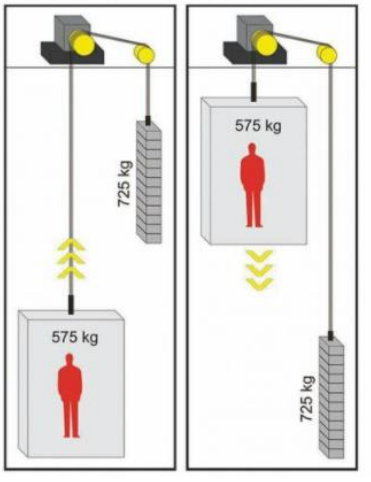
۱۹-۵-۴-۳ آسانسورها و پلکان‌های برقی

موتورهای آسانسورها و پلکان‌های برقی ساختمان‌ها، بسته به رتبه ساختمانی مورد نظر، باید دارای یکی از شرایط زیر باشند:

- برای موتورهای بدون گیربکس: داشتن برچسب انرژی مطابق جدول ۱۹-۴-۶
- برای موتورهای گیربکس‌دار: داشتن بازده معادل برچسب انرژی تعیین‌شده در جدول ۱۹-۴-۶

تبصره: در راندمان کارکرد آسانسور، عمدتاً مقادیر قدرت موتور، نوع سیستم محرکه، ظرفیت، سرعت، نوع سیستم کنترل سرعت و نیز وزن سیستم تعلیق (عمدتاً وزنه تعادل) مؤثر است. بنابراین، برای تعیین مقدار بهینه راندمان لازم است که پارامترهای فوق طبق شرایط و نیاز طرح و نیز مشخصات فنی تولید آسانسور مورد توجه قرار گیرد.

- **تعیین وزن بهینه وزنه تعادل اهمیت زیادی در مصرف انرژی آسانسور دارد.**



۱۹-۵-۴-۴ دستگاه‌های برق بدون وقفه (UPS) نوع استاتیک

حداقل راندمان لازم برای دستگاه‌های برق بدون وقفه (UPS) نوع استاتیک در جـدول ۱۹-۵-۳۳ ارائه گردیده است.

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

توان نامی دستگاه (کیلوولت آمپر) (kVA)	راندمان حداقل
کمتر یا مساوی ۲۰	٪۹۰
بیش از ۲۰ و کمتر یا مساوی ۱۰۰	٪۹۱
بیش از ۱۰۰	٪۹۳