تأسیسات الکتریکی

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیش‌نیاز: تحلیل سیستم‌های انرژی الکتریکی ۱

هدف: آشنایی با مهندسی روشنایی و تأسیسات الکتریکی

مدرس: کاظم وارثی (kzm.varesi@gmail.com)

هم‌نیاز: -

- روشنایی: تعریف و ماهیت نور، اشعه مادون قرمز و ماوراء بنفش، کمیت‌های نورسنجی، استانداردهای روشنایی، محاسبات روشنایی داخلی و خارجی.
- ساختمان و راه‌اندازی لامپ‌ها: رشته‌ای، فلورسنت، جیوه‌ای، سدیم، کم‌مصرف.
- ایمنی و حفاظت در تأسیسات الکتریکی.
- محاسبات سطح مقطع سیم و کابل و سیم‌کشی هوایی.
- فیوز و محاسبات آن.
- طراحی تابلو.
- برآورد بار و تقاضا برای بارهای صنعتی و تجاری.
- زمین کردن (الکتریکی و حفاظتی)، اندازه‌گیری مقاومت زمین، رله‌های زمین و سایر ادوات و رله‌های مرتبط.
- انواع سیستم‌های توزیع برق.
- سیستم‌های اضطراری.
- آشنایی با آسانسور و پله‌های برقی
- تصحیح ضریب قدرت در کارخانجات.
- سیستم‌های هشدار دهنده.
- سیستم‌های جریان ضعیف شامل آنتن و سیستم تلفن.
- آشنایی با نرم‌افزارهای مربوطه.
- پروژه

تأسیسات الکتریکی

❑ مراجع

[۱] مهندسی تأسیسات الکتریکی، دکتر حسن کلهر، شرکت سهامی انتشار، چاپ بیست و چهارم، ۱۳۹۵.
[۲] مهندسی روشنایی، دکتر حسن کلهر، شرکت سهامی انتشار، چاپ بیست و هشتم، ۱۳۹۵.
[۳] لامپ‌ها و محاسبات روشنایی فنی، محمدمهدی موحدی، چاپ چهارم، ۱۳۷۵.
[۴] روشنایی فنی (شاخهٔ: کاردانش، گروه تحصیلی: برق، زیرگروه: الکتروتکنیک، رشته‌های مهارتی: برق ساختمان)، محمدحسن اسلامی، شهرام خدادادی و علیرضا حجرگشت، ناشر: شرکت چاپ ونشر کتاب‌های درسی ایران، چاپ سوم، ۱۳۹۴.

[5] Mechanical and Electrical Equipment for Buildings [12th Edition], by: Walter T. Grondzik & Alison G. Kwok. Wiley, 2014.
[6] Electrical Installations Hand Book, Siemens I, II, III.
[7] The Lighting Handbook, Zumtobel Lighting GmbH, 5th edition, revised and updated: July 2017.

تأسیسات الکتریکی

اصلاح یا تصحیح ضریب توان

تأسیسات الکتریکی

✓ اصلاح (تصحیح) ضریب توان

❖ لزوم اصلاح ضریب توان

در این فصل لزوم اصلاح ضریب قدرت و استفاده از خازن برای بهبود آن به منظور کاهش دادن هزینه های برق مصرفی در رابطه با تعرفه های موجود را مورد بررسی قرار می دهیم.

۳-۱- لزوم اصلاح ضریب توان

ظرفیت آلترناتورها، ترانسفورماتورها و وسایل برق رسانی توسط تلفات حرارتی آنها که تنها تابع مقدار جریان است و بستگی به ضریب توان ندارد تعیین می شود. به طوری که در فصل قبل دیده ایم توان مصرفی بارهای الکتریکی بستگی به ضریب توان آنها دارد و بنابراین برای استفاده موثر از ظرفیت باشد. برای روشن کردن این حقیقت به ذکر مثالی مبادرت می کنیم.

تأسیسات الکتریکی

✓ اصلاح (تصحیح) ضریب توان

❖ لزوم اصلاح ضریب توان

مثال ۳-۱

یک مولد تک فاز کوچک به ولتاژ ۲۲۰ ولت و جریان ۱۰ آمپر (۲/۲ کیلو وات آمپر) ۵۰ سیکل باری به امپدانس ۲۲ اهم را تغذیه می کند. توان خروجی مولد یا توان بار را برای ضرایب توان یک، نیم تاخیری و صفر تاخیری محاسبه کنید.

برای بار با ضریب قدرت یک (مقاومت خالص)

$$I = \frac{220}{22} = 10$$

$$W = 220 \times 10 \times 1 = 2200$$

تأسیسات الکتریکی

✓ اصلاح (تصحیح) ضریب توان

❖ لزوم اصلاح ضریب توان

مثال ۳-۱

یک مولد تک فاز کوچک به ولتاژ ۲۲۰ ولت و جریان ۱۰ آمپر (۲/۲ کیلو وات آمپر) ۵۰ سیکل باری به امپدانس ۲۲ اهم را تغذیه می کند. توان خروجی مولد یا توان بار را برای ضرایب توان یک، نیم تاخیری و صفر تاخیری محاسبه کنید.

برای بار با ضریب توان نیم تاخیری (مقاومت و خود القاء)

$$I = \frac{220}{22} = 10$$

$$W = 220 \times 10 \times 0.5 = 1100$$

✓ اصلاح (تصحیح) ضریب توان

❖ لزوم اصلاح ضریب توان

مثال ۳-۱

یک مولد تک فاز کوچک به ولتاژ ۲۲۰ ولت و جریان ۱۰ آمپر (۲/۲ کیلو وات آمپر) ۵۰ سیکل باری به امپدانس ۲۲ اهم را تغذیه می کند. توان خروجی مولد یا توان بار را برای ضرایب توان یک، نیم تاخیری و صفر تاخیری محاسبه کنید.

برای بار با ضریب توان صفر تاخیری (خود القای خالص)

$$I = \frac{220}{22} = 10$$

$$W = 220 \times 10 \times 0 = 0$$

تأسیسات الکتریکی

✓ اصلاح (تصحیح) ضریب توان

❖ لزوم اصلاح ضریب توان

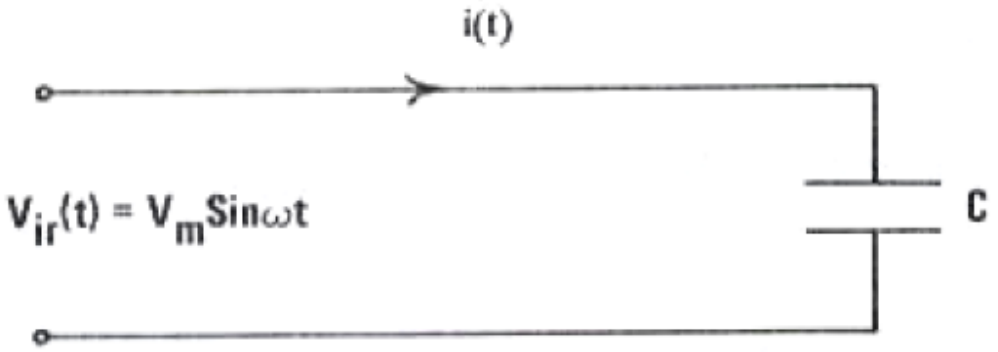
به طوری که ملاحظه می کنید با اینکه در هر سه حالت از جریان مجاز مولد استفاده می شود و افزایش جریان بیش از این مقدار سبب سوختن مولد می گردد تنها در حالت اول یعنی بار مقاومت خالص از کل توان مولد استفاده می شود. در حالت دوم تنها از نصف توان مولد استفاده می شود و در حالت سوم یعنی بار خود القای خالص ابداً از توان مولد استفاده نمی شود. بارهای داری ضریب قدرت کوچک با اینکه جریان می گیرند و ظرفیت مولدها، ترانسفورماتورها و خطوط توزیع را اشغال می کنند حداکثر توان ممکنه را جذب نمی کنند و بهای برق مصرفی ماهیانه آنها نیز بالطبع کم خواهد بود. شرکتهای برق منطقه ای این گونه مشترکان را مجبور به اصلاح ضریب توان خود می کنند و در غیر اینصورت برای آنان جرائمی وضع می نمایند. لامپهای فلورسنت موتورهای القایی بخصوص با بار کم و ماشینهای جوشکاری،ترکیبی از مقاومت و خود القاء هستند و ضریب قدرت کوچک دارند و برای اصلاح آنها می توان از خازن استفاده کرد.

✓ اصلاح (تصحیح) ضریب توان

❖ جریان در خازن متصل به مدار برق متناوب

۳-۲- جریان در خازن متصل به مدار برق متناوب

برای تعیین جریان خازن در مدار برق متناوب خازنی به ظرفیت C فاراد را متصل به منبع تغذیه با ولتاژ سینوسی مطابق ۳-۱ در نظر بگیرید.



شکل ۳ ـ ۱ : خازن متصل به منبع تغذیه با ولتاژ سینوسی

ولتاژ دو سر خازن پیوسته و انتگرال جریان نسبت مستقیم و با ظرفیت خازن C نسبت معکوس دارد.

تأسیسات الکتریکی

✓ اصلاح (تصحیح) ضریب توان

❖ جریان در خازن متصل به مدار برق متناوب

ولتاژ دو سر خازن پیوسته و انتگرال جریان نسبت مستقیم و با ظرفیت خازن C نسبت معکوس دارد.

$$V_m \sin \omega t = \frac{1}{C}\int idt$$

پس از حل معادله بالا جریان به صورت زیر در می آید:

$$i(t) = V_m C\omega \sin(\omega t + 90)$$

ملاحظه می کنید که جریان نسبت به ولتاژ ۹۰ درجه تقدم فاز دارد و لذا ظرفیت توان آن صفر است و خازن مثل خود القای خالص هیچگونه توان حقیقی از منبع تغذیه دریافت نمی کند. با توجه به معادله بالا رابطه جریان، ولتاژ و امپدانس یا راکتانس در مدار خازن از این قرار است

$$X_C = \frac{V_m}{I_m} = \frac{V_e}{I_e} = \frac{1}{C\omega} \qquad (۱-۳)$$

بنابراین خازن امپدانس یا راکتانسی برابر $\frac{1}{C\omega}$ از خود نشان می دهد.

✓ اصلاح (تصحیح) ضریب توان

❖ تصحیح ضریب توان با استفاده از خازن

۳-۳- تصحیح ضریب توان با استفاده از خازن

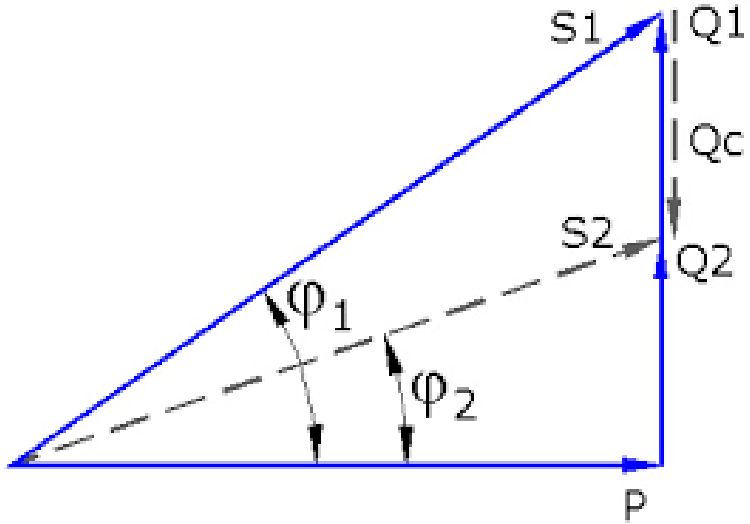
به طوری که در بالا دیدیم خازن جریانی از مدار می گیرد که بر خلاف خود القاء نسبت به ولتاژ تقدم فاز دارد. لذا با نصب خازین موازی با بار می توان مولفه جریان آن را نسبت به ولتاژ ۹۰ درجه تاخیر فاز دارد خنثی نمود و به این ترتیبب ضریب توان را به یک رساند و یا با حذف قسمتی از آن ضریب توان را به میزان دلخواه بهبود می بخشد. محاسبات لازم را با حل مثالی روشن می کنیم.

تأسیسات الکتریکی

✓ اصلاح (تصحیح) ضریب توان

❖ تصحیح ضریب توان با استفاده از خازن

در سیستم‌های تکفاز، رابطه تصحیح ضریب توان بصورت زیر است:



V: ولتاژ فاز
P: توان حقیقی (اکتیو)
Q: توان موهومی (راکتیو)
S: توان ظاهری
ϕ: زاویه ضریب توان
$Cos(\phi)$: ضریب توان
C: ظرفیت خازن تصحیح

$$\omega = 2\pi f$$

$$\begin{cases} \tan\varphi_1 = \dfrac{Q_1}{P} \\ \tan\varphi_2 = \dfrac{Q_2}{P} \end{cases} \Rightarrow Q_C = Q_1 - Q_2 = P\left(\tan\varphi_1 - \tan\varphi_2\right)$$

$$Q_C = \frac{V^2}{Z_C} = \frac{V^2}{\frac{1}{C\omega}} = CV^2\omega$$

$$C = \frac{P\left(\tan\varphi_1 - \tan\varphi_2\right)}{V^2\omega}$$

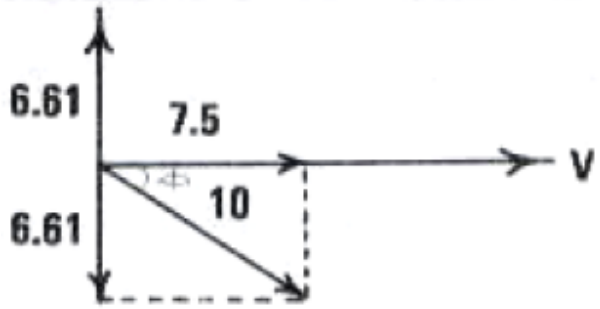
تأسیسات الکتریکی

✓ اصلاح (تصحیح) ضریب توان

❖ تصحیح ضریب توان با استفاده از خازن

مثال ۳-۲

بار تک فازی به امپدانس ۲۲اهم با ضریب توان ۰/۷۵ به شبکه توزیع ۲۲۰ ولت ۵۰ سیکل متصل است. ظرفیت خازنی را که ضریب توان را به یک افزایش می دهد حساب کنید.



$$I = \frac{220}{22} = 10$$

$$\cos\Phi = 0.75 \Rightarrow \Phi = 41.41^{\circ}$$

رابطه فیزوری ولتاژ و جریان به صورت زیر است:

$$\cos\varphi_1 = 0.75 \Rightarrow \varphi_1 = \cos^{-1}(0.75) = 41.409^{\circ} \Rightarrow \tan\varphi_1 = 0.88$$

$$\cos\varphi_2 = 1 \Rightarrow \varphi_2 = \cos^{-1}(1) = 0^{\circ} \Rightarrow \tan\varphi_2 = 0$$

$$P = VI\cos\varphi_1 = 1650$$

$$V = 220$$

$$\omega = 2\pi f \approx 314$$

$$C = \frac{P\left(\tan\varphi_1 - \tan\varphi_2\right)}{V^2\omega} \approx 95\mu F$$

تأسیسات الکتریکی

✓ اصلاح (تصحیح) ضریب توان

❖ تصحیح ضریب توان با استفاده از خازن

جریان داری دو مولفه است. مولفه هم فاز با ولتاژ ۷/۵ آمپر و مولفه عمود بر ولتاژ ۶/۶۱ آمپر است. برای افزایش ضریب توان به یک لازم است مولفه عمود بر ولتاژ را با استفاده از خازن مناسب حذف کنیم.

با استفاده از معادله (۳-۱)

$$\frac{1}{C\omega} = \frac{220}{6.61} = 33.26$$

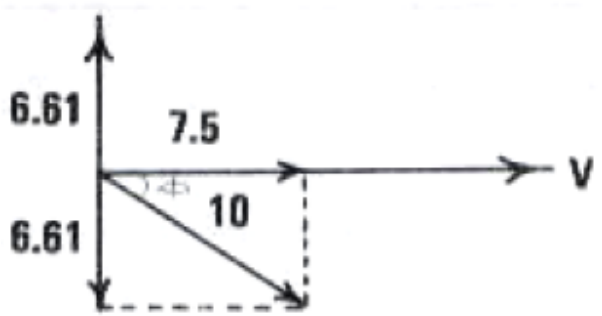
ویا

$$C\omega = 0.03007 \;,\; \omega = 2\pi f$$

ویا

$$C = 95uf$$

برای اصلاح ضریب قدرت درموردبارهای سه فاز از سه خازن که معمولاً به صورت مثلث متصل می‌شوند استفاده می کنیم.



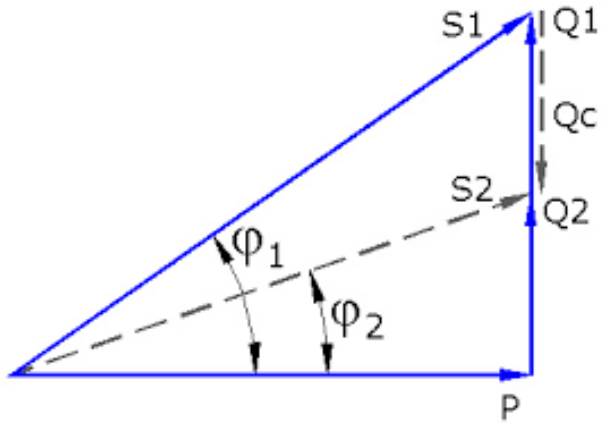
$$\cos\Phi = 0.75 \Rightarrow \Phi = 41.41^{\circ}$$

تأسیسات الکتریکی

✓ اصلاح (تصحیح) ضریب توان

❖ تصحیح ضریب توان با استفاده از خازن

در سیستم‌های سه‌فاز با اتصال ستاره (Y)، رابطه تصحیح ضریب توان بصورت زیر است:



V_L: ولتاژ خط

P: توان حقیقی (اکتیو)

Q: توان موهومی (راکتیو)

S: توان ظاهری

ϕ: زاویه ضریب توان

$Cos(\phi)$: ضریب توان

C: ظرفیت خازن تصحیح

$$\omega = 2\pi f$$

$$\begin{cases} \tan\varphi_1 = \dfrac{Q_1}{P} \\ \tan\varphi_2 = \dfrac{Q_2}{P} \end{cases} \Rightarrow \quad Q_C = Q_1 - Q_2 = P\left(\tan\varphi_1 - \tan\varphi_2\right)$$

$$\begin{cases} Q_C = 3V_{ph} I_{ph} \sin(90°) \\ I_{ph} = \dfrac{V_{ph}}{Z_C} = \dfrac{V_{ph}}{\dfrac{1}{C\omega}} = CV_{ph}\omega \end{cases} \Rightarrow Q_C = 3V_{ph} I_{ph} = V_L^2 C\omega$$

$$C_Y = \frac{P\left(\tan\varphi_1 - \tan\varphi_2\right)}{V_L^2 \omega}$$

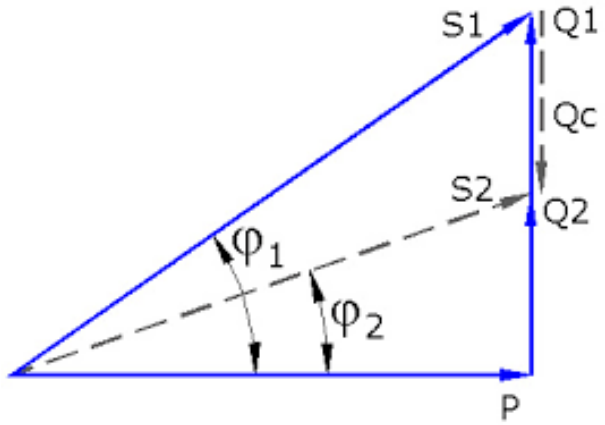
تأسیسات الکتریکی

✓ اصلاح (تصحیح) ضریب توان

❖ تصحیح ضریب توان با استفاده از خازن

در سیستم‌های سه‌فاز با اتصال مثلث(Δ)، رابطه تصحیح ضریب توان بصورت زیر است:

V_L: ولتاژ خط
P: توان حقیقی (اکتیو)
Q: توان موهومی (راکتیو)
S: توان ظاهری
ϕ: زاویه ضریب توان
$Cos(\phi)$: ضریب توان
C: ظرفیت خازن تصحیح



$$\omega = 2\pi f$$

$$\begin{cases} \tan\varphi_1 = \dfrac{Q_1}{P} \\ \tan\varphi_2 = \dfrac{Q_2}{P} \end{cases} \Rightarrow \quad Q_C = Q_1 - Q_2 = P\left(\tan\varphi_1 - \tan\varphi_2\right)$$

$$\begin{cases} Q_C = 3V_{ph} I_{ph} \sin(90°) \\ I_{ph} = \dfrac{V_{ph}}{Z_C} = \dfrac{V_{ph}}{\dfrac{1}{C\omega}} = CV_{ph}\omega \end{cases} \Rightarrow Q_C = 3V_{ph} I_{ph} = 3V_L^2 C\omega$$

$$C_\Delta = \frac{P\left(\tan\varphi_1 - \tan\varphi_2\right)}{3V_L^2\omega}$$

✓ اصلاح (تصحیح) ضریب توان

❖ تصحیح ضریب توان با استفاده از خازن

مثال ۳-۳

بار سه فازی از منبع ۳۸۰ ولت ۵۰ سیکل ۶۰ کیلو ولت آمپر با ضریب توان ۰/۷۵ تاخیری اخذ می کند. به منظور افزایش ضریب توان به ۰/۹۰ تاخیری از سه خازن برابر که به صورت مثلث متصل هستند استفاده می کنیم. ظرفیت هر خازن چقدر باید انتخاب شود؟ توان حقیقی و راکتیو بار به ترتیب از این قرارند:

$$P = S\cos\phi_1 = \quad 60\times\cos\Phi = 60\times 0.75 = 45\,KW$$

$$Q_1 = S\sin\phi_1 = \quad 60\times\sin\Phi = 60\times 0.66 = 39.6\,KVAr$$

ضریب قدرت بهبود یافته برابر ۰/۹ است بنابراین:

$$\cos\phi_2 = 0.9 \quad \Rightarrow \quad \phi_2 = \cos^{-1} 0.9 = 25.84^\circ$$

$$\tan\phi_2 = 0.484,\ \tan\phi_1 = 0.882$$

$$C_\Delta = \frac{P\left(\tan\varphi_1 - \tan\varphi_2\right)}{3V_L^{\,2}\omega} \approx 1.3166\times 10^{-4} F = 131.66\mu F$$

✓ اصلاح (تصحیح) ضریب توان

❖ تعرفه‌های برقی

۳-۴- تعرفه های برقی

هزینه برق مصرفی مشترکان را تعرفه ها یا نرخ بندی های برقی معین می کنند که انواع مختلف دارند. دو نوع تعرفه معروف به تعرفه یک قسمتی و دو قسمتی در ایران معمول می باشند که در زیر تشریح می شوند.

۳-۴-۱- تعرفه یک قسمتی

در این تعرفه که ساده ترین تعرفه موجود در ایران است مشترک بدون توجه به ضریب قدرت برای هر کیلو وات ساعت مصرفی مبلغ معینی پرداخت می کند. در برخی کشورهای صنعتی برای تشویق مشترکان به مصرف بیشتر نرخهای ثابت مختلفی مورد استفاده قرار می گیرد؛ به این معنی که برای ۱۰۰ کیلو وات ساعت اول نرخ بالاتر و برای ۱۰۰ کیلو وات دوم نرخ کمتری منظور می شود. گاهی هم در هنگام شب که مصرف پایین می آید برای تشویق مصرف کنندگان نرخ کمتری منظور می نمایند. البته اعمال این روشها مستلزم داشتن کنتورهای مخصوص می باشد. محاسبه هزینه ماهیانه برق براساس نرخ ثابت به سهولت قابل انجام است به این معنی که میزان مصرف انرژی را در ماه محاسبه کرده و در نرخ ثابت ضرب می کنیم. این روش در مثال زیر روشن شده است.

✓ اصلاح (تصحیح) ضریب توان

❖ تعرفه‌های برقی

مثال ۳-۴

یک خانه مسکونی دارای بارهای زیر است. هزینه ماهیانه برق آن از قرار کیلو وات ساعتی ۵ ریال چقدر است؟

۱- ۱۰ لامپ ۱۰۰ واتی که هر یک به طور متوسط ۲ ساعت در شبانه روز داشتن است.

۲- یخچال و یخزن به قدرت ۱ کیلو وات که با توجه به قطع و وصل اتوماتیک به طور متوسط ۱۰ ساعت در شبانه روز کار می کند.

۳- ماشین لباسشویی به قدرت ۲ کیلو وات که هر دو روز یک بار به مدت ۲ ساعت کار می کند.

مصرف ماهیانه لامپها به کیلو وات ساعت برابر است با:

$$\frac{10\times100\times2\times30}{1000}=60$$

مصرف ماهیانه یخچال و یخزن به کیلو وات ساعت برابر است با :

$$1\times10\times30=300$$

مصرف ماهیانه ماشین لباسشویی به کیلو وات ساعت برابر است با :

$$2\times2\times\frac{30}{2}=60$$

بنابراین هزینه ماهیانه مشترک چنین است:

$$5\times(60+300+60)=2100$$

✓ اصلاح (تصحیح) ضریب توان

❖ تعرفه‌های برقی

۳-۴-۲ تعرفه دو قسمتی

بدون شک از نظر شرکت برق منطقه ای،مشترکی که در تمام ساعات شبانه روز مصرف یکنواختی داشته باشد از مصرف کننده ای که فقط در ساعاتی که بار شبکه زیاد است دارای مصرف زیاد است و در ساعات دیگر مصرفی ندارد جالبتر است. برای فرق گذاشتن بین این دو مشترک در مورد مصرف کنندگان صنعتی از تعرفه دو قسمتی استفاده می کنند. به این معنی که به کمک کنتور مخصوصی حداکثر توان ظاهری مشترک را در طی ماه اندازه می گیرند. همچنین مصرف انرژی به وسیله یک کنتور معمولی اندازه گیری می شود. هزینه مصرف ماهیانه مشترک بر اساس مبلغی برای هر کیلو ولت آمپر حداکثر توان ظاهری و مبلغی برای هر کیلو وات ساعت مصرفی محاسبه می شود. به طوری که می خواهیم دید این روش مشترک را تشویق به اصلاح ضریب توان خود به منظور کاهش دادن حداکثر توان ظاهری می نماید.

✓ اصلاح (تصحیح) ضریب توان

❖ تعرفه‌های برقی

۳-۴-۳-تعرفه های نرخ برق ایران

در تعرفه های فعلی ایران به منظور تشویق مشترکین به مصرف کمتر از نرخهای تصاعدی استفاده می کنند. تعرفه ۱ مخصوص مشترکین خانگی و تعرفه ۲ مخصوص مشترکین کوچک تجاری است.

جدول ۳-۱ : تعرفه یک مخصوص مشترکین خانگی

مصرف ماهیانه (کیلو وات ساعت)	بهای هر کیلووات ساعت (ریال)
۲۵۰ کیلو وات ساعت اول	۳
۱۵۰ کیلو وات ساعت بعدی	۶
۱۰۰ کیلو وات ساعت بعدی	۱۰
مازاد بر ۵۰۰ کیلو وات ساعت	۲۰

تأسیسات الکتریکی

✓ اصلاح (تصحیح) ضریب توان

❖ تعرفه‌های برقی

جدول ۳-۱ : تعرفه دو مخصوص مشترکین تجاری کوچک

مصرف ماهیانه (کیلو وات ساعت)	بهای هر کیلووات ساعت (ریال)
۴۰۰ کیلو وات ساعت اول	۴
۱۱۶۰۰ کیلو وات ساعت بعدی	۶/۵
مازاد بر ۲۰۰۰ کیلو وات ساعت	۵

در تعرفه های بالا برای مشترکین مناطق جنگی و گرمسیر تخفیف هایی در نظر گرفته شده است.

برای مصرف کنندگان صنعتی بزرگ و کوچک که از ولتاژ ضعیف استفاده می کنند، تعرفه های دو قسمتی ۳ و ۳- الف به کار گرفته می شود که این گونه مشترکین را تشویق به استفاده بیشتر از برق در ساعات غیر پیک می کند.

تأسیسات الکتریکی

✓ اصلاح (تصحیح) ضریب توان

❖ تعرفه‌های برقی

جدول ۳-۳ : تعرفه ۳ برای مشترکین صنعتی بزرگ (ولتاژ ضعیف)

مصرف ماهیانه	بها (ریال)
۱- بهای دیماند :	
۵۰ کیلووات اول یا کمتر	۱۰۰۰۰
هر کیلووات مازاد بر ۵۰	۱۳۰
۲-بهای انرژی :	
الف : ساعات غیر پیک	
هر کیلو وات ساعت	۲
ب : ساعات پیک	
هر کیلو وات ساعت	۳

تأسیسات الکتریکی

✓ اصلاح (تصحیح) ضریب توان

❖ تعرفه‌های برقی

جدول ۳-۴ : تعرفه ۳-الف برای مشترکین صنعتی کوچک (ولتاژ ضعیف)

مصرف ماهیانه	بها (ریال)
۱- بهای دیماند :	
۵۰ کیلووات اول یا کمتر	۶۰۰
هر کیلووات مازاد بر ۵۰	۱۰۰
۲-بهای انرژی :	
الف : ساعات غیر پیک	
(دیماند × ۹۰) کیلو وات ساعت اول هر کیلووات ساعت	۲/۱۰
(دیماند × ۹۰) کیلو وات ساعت بعدی برای هر کیلووات ساعت	۱/۷۰
(دیماند × ۱۸۰) کیلو وات ساعت بعدی برای هر کیلووات ساعت	۱/۳۰
مازاد هر کیلووات ساعت	۱

تأسیسات الکتریکی

✓ اصلاح (تصحیح) ضریب توان

❖ تعرفه‌های برقی

جدول ۳-۵ : تعرفه ۴ برای مشترکین صنعتی بزرگ (ولتاژ قوی)

مصرف ماهیانه	بها (ریال)
۱- بهای دیماند :	
۳۰۰ کیلووات اول یا کمتر	۴۳۰۰۰
هر کیلووات مازاد بر ۳۰۰	۸۰
۲-بهای انرژی :	
الف : ساعات غیر پیک	
(دیماند × ۳۰۰) کیلو وات ساعت اول هر کیلووات ساعت	۱/۰۵
مازاد هر کیلووات ساعت	۰/۸۶
الف : ساعات پیک	
هر کیلووات ساعت	۲/۶

✓ اصلاح (تصحیح) ضریب توان

❖ تعرفه‌های برقی

مثال ۳-۵

هزینه برق یک مصرف کننده صنعتی بر اساس ۲۰۰ ریال برای هر کیلو ولت آمپر حداکثر توان ظاهری در ماه به اضافه ۱ ریال برای هر کیلو وات ساعت مصرفی می باشد. حداکثر توان ظاهری مصرف کننده ۹۰۰ کیلو ولت آمپر و مصرف ماهیانه او $۱/۵\times۱۰^{۵}$ کیلو وات ساعت و ضریب توان او ۰/۸ است.

الف- هزینه ماهیانه برق مشترک را حساب کنید.

ب- در صورتی که این مشترک با نصب خازن، ضریب توان خود را به یک برساند هزینه ماهیانه او چقدر خواهد بود؟

الف-

$$900\times200+1.5\times10^{5}\times1=330,000$$

ب – در صورتی که ضریب توان مشترک به یک برسد حداکثر توان ظاهری او ۷۲۰ کیلو وات آمپر تقلیل می یابد و لذا هزینه ماهیانه او این چنین می شود :

$$720\times200+1.5\times10^{5}\times1=294,000$$

✓ اصلاح (تصحیح) ضریب توان

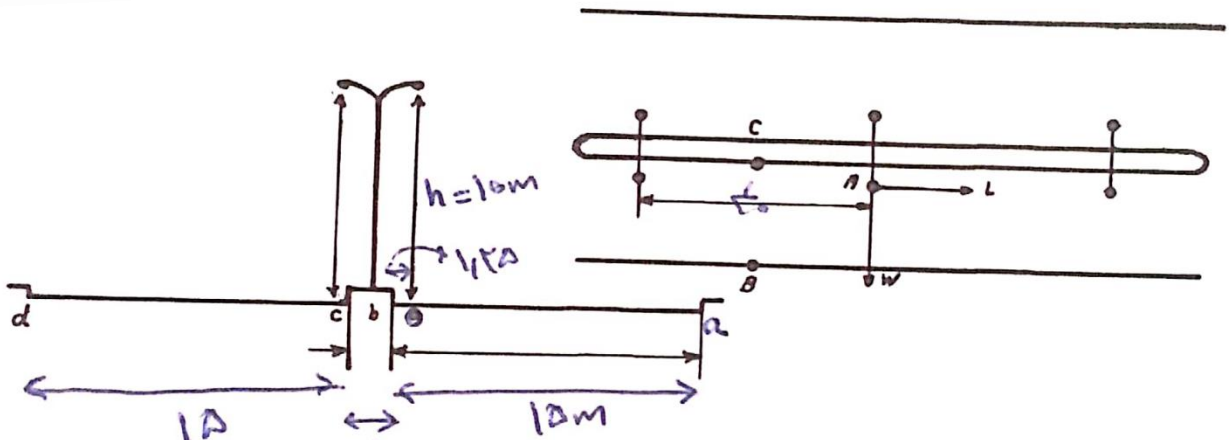
❖ تعرفه‌های برقی

ملاحظه می کنید که با اصلاح ضریب توان هزینه ماهیانه مشترک در حدود ۱۱ درصد کاهش می یابد. در یک نوع تعرفه دوقسمتی معمول درایران به منظور تشویق مصرف کنندگان صنعتی به کاهش بیشتر حداکثر توان ظاهری و افزایش مصرف، نرخ هر کیلو ولت آمپر توان ظاهری رابه طور تصاعدی افزایش می دهند و نرخ هر کیلو وات ساعت مصرفی را برای مصارف بالاتر کاهش می دهند.

✓ روشنایی معابر

❖ طراحی روشنایی معابر

مثال ۶ـ۳ سیستم روشنایی بلواری در شکل ۶ ـ ۱۲ ترسیم شده است. در صورتی که از چراغ مدل شرکت میتسویی ژاپن و لامپ ۲۵۰ وات جیوه‌ای با شار نوری ۱۳۷۰۰ لومن استفاده شده باشد، مطلوب است بررسی سیستم. مشخصات نوری چراغ در شکل ۶ـ۱۳ نشان داده شده است. خیابان ازنظر حجم ترافیک متوسط، عبور و مرور عابرین سبک، ازنظر گرد و غبار چسبنده تمیز، طبقه‌بندی می‌شود. چراغها هر ۵ سال یکبار گردگیری می‌شوند.



شکل ۶ ـ ۱۲ : بلوار مثال ۶ ـ ۳

روشنایی

✓ روشنایی معابر

❖ طراحی روشنایی معابر

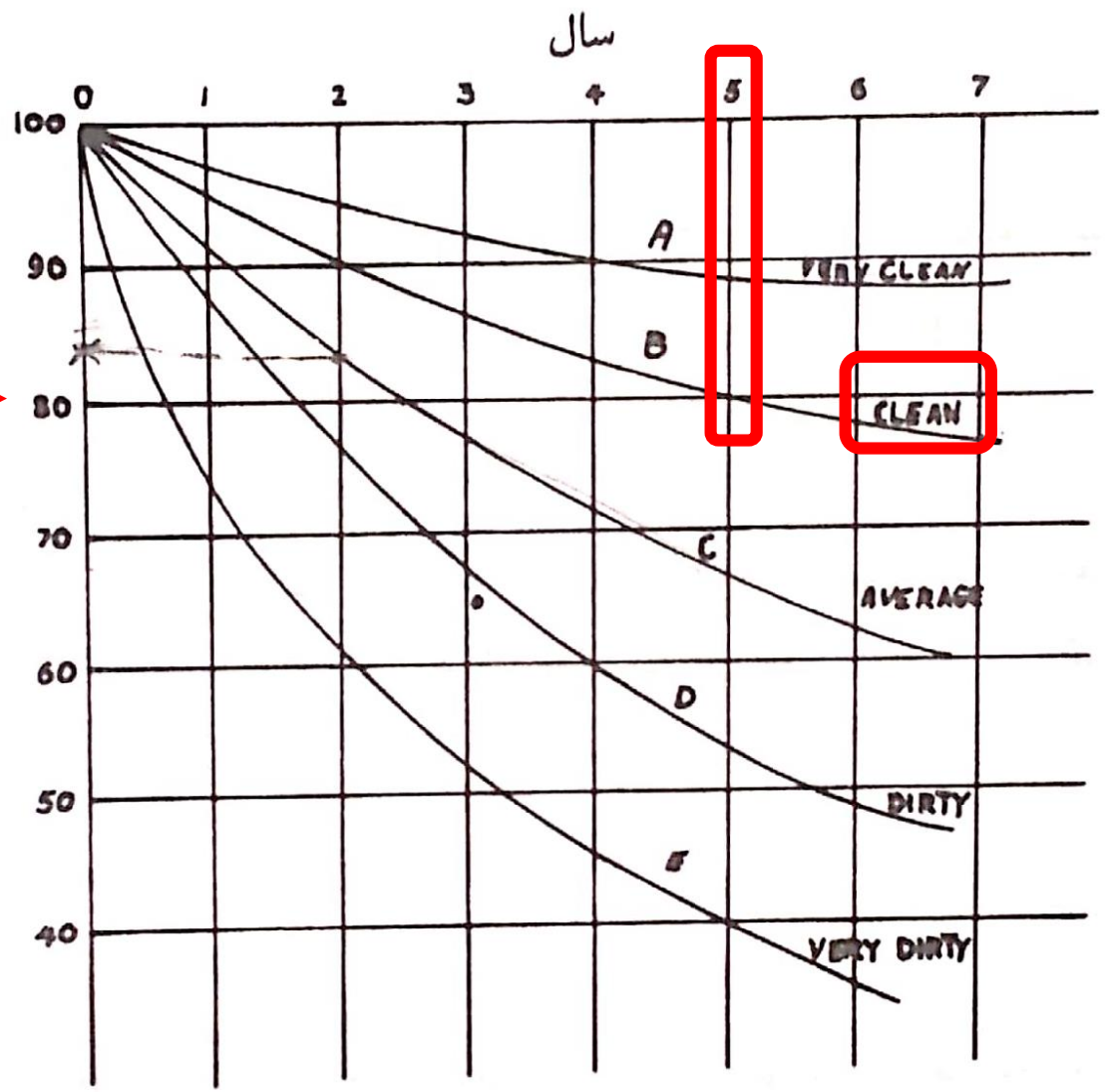
جدول ۶ـ۲ : شدت روشنایی متوسط خیابان براساس حجم عابرین و ترافیک
(توصیه انجمن مهندسان روشنایی آمریکا)

حجم عبور و مرور عابرین پیاده	حجم ترافیک تعداد وسایل نقلیه عبوری از دو طرف در ساعت در هنگام شب			
	خیلی سبک (زیر ۱۵۰)	سبک (۱۵۰ـ۵۰۰)	متوسط (۵۰۰ـ۱۲۰۰)	سنگین (بالاتر از ۱۲۰۰)
	شدت روشنایی (لوکس)	شدت روشنایی (لوکس)	شدت روشنایی (لوکس)	شدت روشنایی (لوکس)
سنگین	۶	۹	۱۱	۱۳
متوسط	۴	۶	۹	۱۱
سبک	۲	۴	۶	۹

روشنایی

✓ روشنایی معابر

LDDF



شکل ۶ ـ ۱۰ : منحنی ضریب کاهش نور بر اثر کثیف شدن سطح چراغ

✓ روشنایی معابر

❖ طراحی روشنایی معابر

با توجه به جدول ۶ـ ۲ مقدار شدت روشنایی متوسط لازم برابر ۶ لوکس به‌دست می‌آید. از روی منحنی شکل (۶ـ ۱۰) ضریب LDDF را برابر ۰/۸ می‌خوانیم.

ضریب LLDF را برابر ۰/۹ فرض کرده و خواهیم داشت:

$$LLF = LLDF \times LDDF = 0.9 \times 0.8 = 0.72$$

از منحنی طرف خیابان $\frac{oa}{h} = \frac{15 - 1.25}{10} = 1.375$ $CU_{oa} = 0.27$

از منحنی طرف پیاده‌رو $\frac{ob}{h} = \frac{1.25}{10} = 0.125$ $CU_{ob} = 0.04$

از منحنی طرف پیاده‌رو $\frac{oc}{h} = \frac{3.25}{10} = 0.325$ $CU_{oc} = 0.01$

از منحنی طرف پیاده‌رو $\frac{od}{h} = \frac{18.25}{10} = 1.825$ $CU_{od} = 0.26$

دانشگاه صنعتی سهند/دانشکده مهندسی برق/گروه قدرت/درس تأسیسات الکتریکی/کاظم وارثی

روشنایی

✓ روشنایی معابر

❖ طراحی روشنایی معابر

$$CU_{cd} = CU_{od} - CU_{oc} = 0.26 - 0.01 = 0.25$$

$$CU = CU_{oa} + CU_{ob} + CU_{od} = 0.27 + 0.04 + 0.25 = 0.56$$

شدت روشنایی متوسط در سطح خیابان برابر است با:

$$E = \frac{2 \times 13700 \times 0.56 \times 0.72}{30 \times 40} = 9.2 \text{ لوکس} \quad > 6 \text{ لوکس}$$

✓ روشنایی معابر

❖ طراحی روشنایی معابر

ارتفاع نصب با توجه به شار نوری لامپ و جدول (۶ـ۶) ازنظر چشم‌زدگی مناسب است.

جدول ۶ـ۶: ارتفاع نصب چراغ براساس شار نوری

شار نوری لامپ (لومن)	ارتفاع نصب (متر)
۲۰۰۰۰	۱۰/۵
۲۰۰۰۰ تا ۴۵۰۰۰	۱۰/۵ تا ۱۳/۵
۴۵۰۰۰ تا ۹۰۰۰۰	۱۳/۵ تا ۱۸

لامپ جیوه ۲۳۰وات ۱۲۰۰۰ تا ۱۳۵۰۰ ۹ متر

دانشگاه صنعتی سهند/دانشکده مهندسی برق/گروه قدرت/درس تأسیسات الکتریکی/کاظم وارثی