# زمان بهینه تعویض لامپ روشنائی معابر

اسماعیل بیرمیان
شرکت برق منطقه‌ای تهران

چکیده :

مردم صنعت برق را از دو طریق می شناسند اول مصرف برق ، دوم روشنائی معابر. اهمیت مورد اول توسط مصرف کننده و مورد دوم بوسیله جامعه تعیین میگردد.

از بخش مصارف صنعتی و کشاورزی که بگذریم روشنائی معابر شهرها بخصوص شهرهای بزرگ به لحاظ احساس امنیت وآرامش و پوشش زیبائی که به نقائص معماری شهری میدهد ، محیط مساعدی را برای فعالیت‌های مختلف ایجاد می نماید که اهمیت اقتصادی و اجتماعی آن اگر از سایر مصارف بیشتر نباشد کمتر نیست. به علت این ارتباط روحی قوی جامعه با روشنائی معابر است که شدیدا" به کمبود و تغییرات آن حساسیت نشان میدهد. به عبارت دیگر تامین برق سایر مصارف ، قسمتی از جسم جامعه ، و روشنائی معابر قسمتی از روح آنرا تغذیه میکند. از این رو لازمست که متخصصین صنعت برق این شاخه را بیشتر مورد توجه قرار داده و روشهای بهینه را برای طراحی ، نوسازی و بهره‌برداری آن تدوین و اجرا نمایند.

دراین مقاله زمان تعویض لامپ مورد بررسی قرار گرفته و حالت بهینه آن به طرز جدید در قالب فرمولهای ریاضی که قابل تبدیل به برنامه‌های کامپیوتری است ارائه میگردد.

**شرح مقاله :**

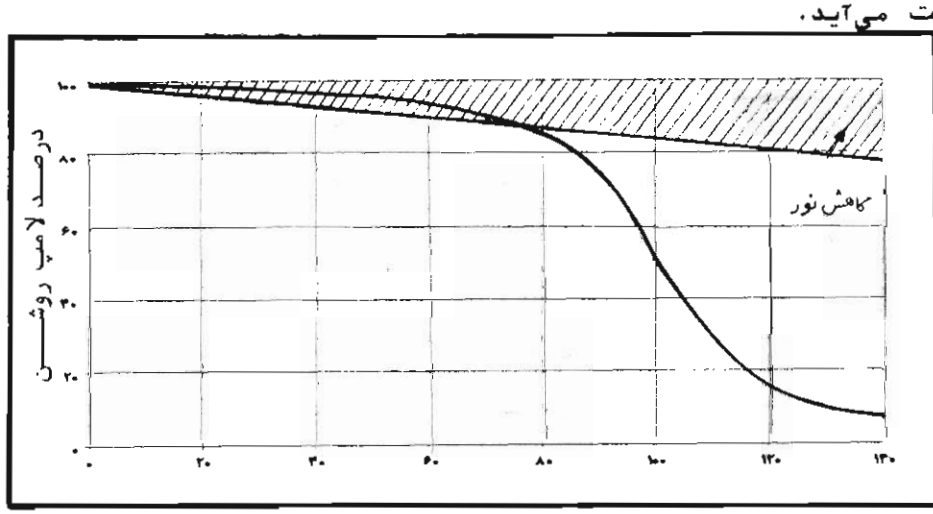
به علت وجود عوامل مختلف تولید حتی عمر یک نوع لامپ از یک کارخانه بخصوص ، همواره با هم مساوی نیست. لذا تعویض لامپهای بکار رفته به یکی از دو صورت زیر انجام میگیرد.

الف - پس از سوختن (تعویض تکی لامپ)

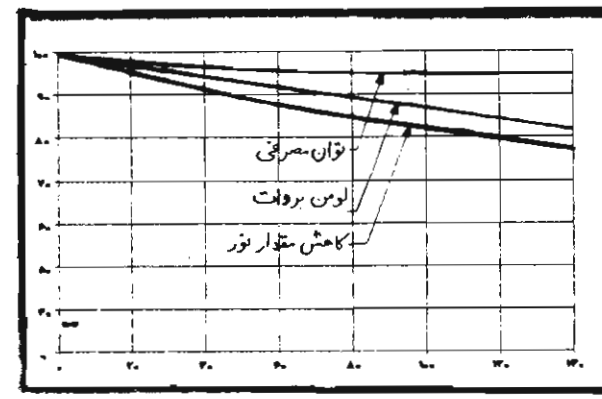
ب - قبل از سوختن (تعویض گروهی لامپ)

برحسب اهداف ، محیط و شرائط باید هر یک از دو حالت فوق را بررسی و مناسب ترین آنها را انتخاب نمود. در مورد روشنائی معابر با توجه به گسترش محیط ، شرائط جوی ، ترافیک ، هزینه بالای نیروی انسانی و لزوم رعایت استانداردهای روشنائی ، انتخاب بهینه در چارچوب محاسبات اقتصاد مهندسی و در جهت رضایت مشترکین خواهد بود. برای ساده کردن محاسبات ، شرائط فیزیکی و الکتریکی را برای دو حالت مساوی فرض کرده و در این محاسبات فقط آن قسمت از هزینه‌های سرمایه‌گذاری و جاری را که در این مقایسه مورد نیاز است در نظر میگیریم.

در هزینه‌های سرمایه‌گذاری ، تاسیسات و شبکه روشنائی از پست توزیع فشار ضعیف تا لامپ برحسب استاندارد روشنائی ، و در هزینه‌های جاری ، تعویض لامپ و نظافت دستگاه چراغ منظور میگردد. با این مفروضات کل تفاوت هزینه‌ها برابر است با " هزینه تعویض لامپ + هزینه نظافت چراغ + هزینه‌های ناشی از سرمایه‌گذاری (بهره ، استهلاک و...) " که از منحنی‌های تجربی شکلهای (۱) و (۲) و (۳) برای لامپهای رشته‌ای ، فلوئورسنت ، بخار جیوه و سدیم (قدیم و جدید) بدست می‌آید.

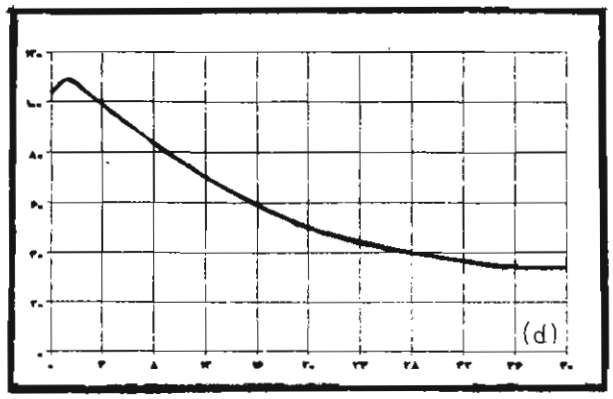



شکل ۱ - منحنی درصد خاموشی به درصد عمر لامپ برای محاسبه هزینه تعویض




درصد عمرلامپ رشته‌ای

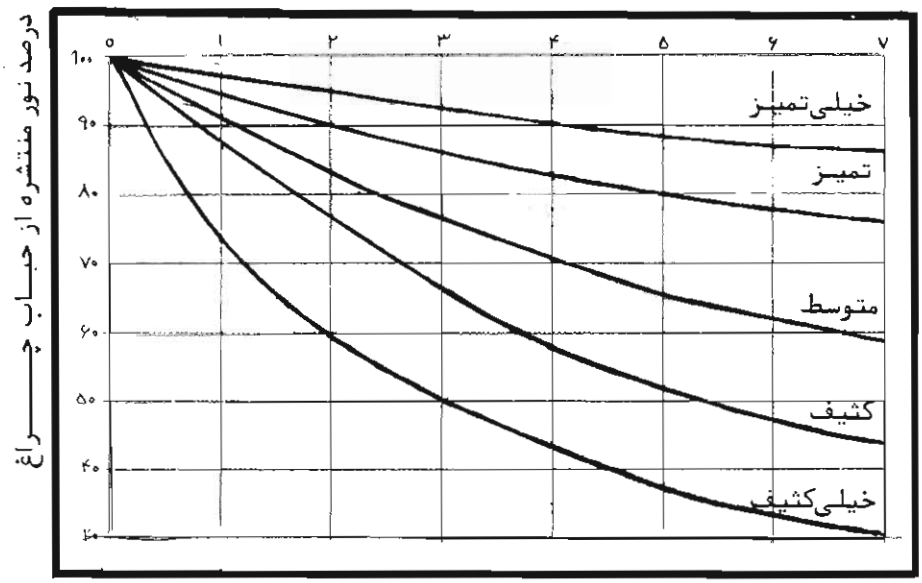
(الف)




عمرلامپ بخار جیوه به ماه

(ب)

شکل ۲ - منحنی درصد کاهش نور و قدرت برحسب درصد عمر لامپ برای محاسبه روشنائی مورد نیاز




شکل ۳ - منحنی درصد کاهش نور برحسب زمان و آلودگی ناشی از ترافیک برای محاسبه هزینه نظافت

برای سهولت ابتدا محاسبات را در مورد لامپهای رشته‌ای و بدون رعایت استاندارد مقدار نور روی سطح کار در دو حالت انجام داده ، سپس هزینه ناشی از رعایت استاندارد را به آن افزوده و نتیجه را به انواع دیگر لامپ تعمیم میدهیم .

## ۱- محاسبه هزینه تعویض لامپ :

### ۱-۱- حالت تعویض تکی :

فرضا" یکصد عدد لامپ رشته‌ای سالم و جدید را نصب و روشن می کنیم. اگر معادله منحنی سوختن آنها برحسب زمان (شکل ۱) را بصورت :

$$Y = f(x) \qquad (1)$$

نشان داده و عمر لامپ را به S مرحله تقسیم کنیم (دراین محاسبات S =۱۵ است) تعداد لامپهای سوخته در مرحله m برابر با :

$$\Delta Y = Y_m - Y_{m-1}$$

خواهد بود با استفاده از این رابطه تعداد لامپ های رشته‌ای سوخته در هر مرحله از عمر لامپ مطابق با جدول (۱) بدست می آید.

| درصدعمرلامپ | ۱۰ | ۲۰ | ۳۰ | ۴۰ | ۵۰ | ۶۰ | ۷۰ | ۸۰ | ۹۰ | ۱۰۰ | ۱۱۰ | ۱۲۰ | ۱۳۰ | ۱۴۰ | ۱۵۰ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| درصد لامپ سوخته ($L_i$) | ۰ | ۰ | ۰ | ۰/۵ | ۱ | ۳ | ۷ | ۱۲ | ۱۶ | ۲۱/۵ | ۱۶ | ۱۲ | ۷ | ۳ | ۱ |

جدول ۱ - درصد لامپ سوخته در هر مرحله از درصد عمر لامپ

برای روشن نگهداشتن سیستم باید لامپهای سوخته در هر مرحله را تعویض نمود. عمر این لامپها از شکل (۱) و درصد خاموشی آنها در هر مرحله از جدول (۱) پیروی می کند. به عبارت دیگر تا انتهای دوره اول عمر لامپ ، در هر مرحله تعداد لامپهای سوخته مطابق با معادله زیر است.

$$N[s_{p-1} + m] = \Delta Y + \sum_{1}^{S} L_i . N(s_{p-1} + m - i) \qquad (2)$$

N: تعداد لامپ سوخته

S: تعداد مرحله تقسیم عمرلامپ

$S_{p-1}$ : تعداد مرحله تقسیم عمرلامپ در دوره P

m: مرحله مورد نظر

i: متغیر تغییر مراحل بین ۱ تا S

$L_i$ : نسبت لامپ سوخته به لامپهای اولیه (درمرحله i طبق جدول شماره ۱)

پس از پایان دوره نخست ۱۰۰ عدد لامپ اولیه کلا" سوخته و تعویض شده‌اند (از این به بعد $\Delta Y = 0$) لذا معادله (۲) بصورت زیر خلاصه میشود.

$$N[s_{p-1} + m] = \sum_{1}^{S} L_i . N(s_{p-1} + m - i) \qquad (۳)$$

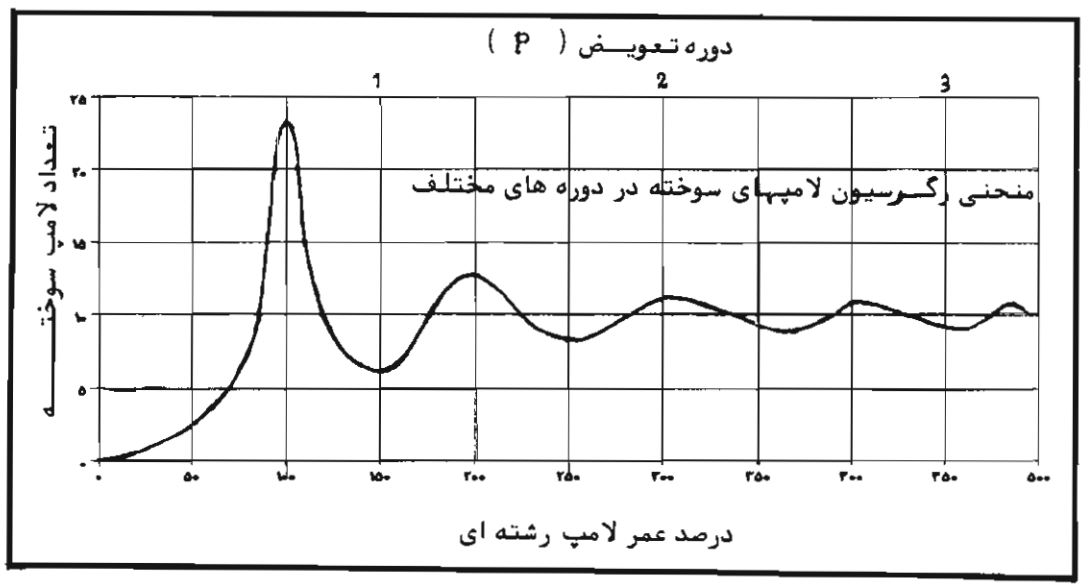
نتیجه محاسبات برای ۵ دوره متوالی در جدول (۲) خلاصه شده است.

| درصد عمر لامپ | ۱۰ | ۲۰ | ۳۰ | ۴۰ | ۵۰ | ۶۰ | ۷۰ | ۸۰ | ۹۰ | ۱۰۰ | ۱۱۰ | ۱۲۰ | ۱۳۰ | ۱۴۰ | ۱۵۰ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| درصد لامپ سوخته | | | | | | | | | | | | | | | |
| در دوره اول | ۰ | ۰ | ۰ | ۰/۵ | ۱ | ۳ | ۷ | ۱۲ | ۱۶ | ۲۱/۵ | ۱۶/۱ | ۱۲/۴ | ۷/۸ | ۳/۸ | ۴/۳ |
| در دوره دوم | ۵/۵ | ۱۰/۹ | ۱۳ | ۱۴ | ۱۳/۴ | ۱۱/۱ | ۹/۷ | ۸ | ۷/۴ | ۶/۶ | ۸/۶ | ۱۰/۱ | ۱۱/۲ | ۱۱/۸ | ۱۱/۷ |
| در دوره سوم | ۱۱/۳ | ۱۰/۴ | ۹/۶ | ۹/۱ | ۹/۱ | ۹/۵ | ۱۰ | ۱۰/۸ | ۱۱/۱ | ۱۱/۲ | ۱۱ | ۱۰/۶ | ۱۰/۱ | ۹/۹ | ۹/۸ |
| در دوره چهارم | ۹/۲ | ۱۰/۲ | ۱۰/۵ | ۱۰/۷ | ۱۰/۸ | ۱۰/۸ | ۱۰/۶ | ۱۰/۴ | ۱۰/۳ | ۱۰/۲ | ۱۰/۳ | ۱۰/۴ | ۱۰/۵ | ۱۰/۶ | ۱۰/۷ |
| در دوره پنجم | ۱۰/۸ | ۱۰/۷ | ۱۰/۶ | ۱۰/۶ | ۱۰/۵ | ۱۰/۵ | ۱۰/۶ | ۱۰/۶ | ۱۰/۸ | ۱۰/۷ | ۱۰/۸ | ۱۰/۸ | ۱۰/۸ | ۱۰/۷ | ۱۰/۷ |

جدول ۲ - درصد عمر لامپ سوخته در هر مرحله از عمر لامپ در دوره‌های مختلف ( طبق معادلات ۲ و ۳ )

بطوریکه در جدول ملاحظه میشود بعد از ۵ دوره متوالی تعداد لامپ سوخته در مراحل مختلف از نوسانات بسیار کمی برخوردار بوده و حدودا" به یک مقدار ثابتی مانند K میرسد که در مورد لامپ رشته‌ای در حد ۱۰/۷ لامپ سوخته تثبیت میشود.

با استفاده از فرمولهای فوق و قرار دادن منحنی (ب) شکل (۲) به جای منحنی شکل (۱) میتوان جدول (۲) و منحنی (۴) را برای لامپ های بخار جیوه ارائه نمود.




شکل ۴

در این حالت :هزینه تعویض تکی لامپ برابر است با
قیمت لامپ + هزینه تعویض لامپ + هزینه رفت و برگشت مأمور

اگر قیمت لامپ را با A و هزینه تعویض لامپ و هزینه رفت و برگشت مأمور به محل را به ترتیب با مضارب a و b از قیمت لامپ نمایش دهیم با استفاده از معادله (۲) یا (۳) هزینه تعویض تکی لامپهای سوخته در مرحله m برابر است با :

$$C_i = A.(1 + a + b).[N(s_{P-1} + m)] \qquad (۴)$$

این هزینه از ابتدا تا مرحله m از هر دوره معادل است با :

$$Ct_1 = \sum_{1}^{m} C_i$$

ولی از آنجائیکه پس از چند دوره تعویض تعداد لامپهای سوخته در هر مرحله به یک حد ثابت (K) میرسد لذا فرمول فوق بصورت زیر ساده میشود.

$$Ct_1 = m \cdot Ci = m \cdot A \cdot (1 + a + b).K$$

بدیهی است که هر چه ضرایب a و b بزرگتر باشند هزینه تعویض لامپ $Ci$ و $Ct_1$ بیشتر میشود. در لامپ رشته‌ای از دوره پنجم به بعد هزینه تعویض لامپ در هر مرحله تقریبا" ثابت و برابر است با :

$$Ct_1 = 10.7m.A .(1 + a + b)$$

<u>۲-۱- حالت تعویض گروهی :</u>

در این روش قبل از به پایان رسیدن عمر لامپ ، در یکی از مراحل زمانی آنها را بصورت گروهی تعویض و از بقیه ارزش لامپ صرفنظر نموده و در فاصله دوبار تعویض گروهی ، لامپهای سوخته را بصورت تکی تعویض می کنند. بنابراین هزینه تعویض لامپ در این حالت برابر است با :

قیمت تمام لامپها + هزینه تعویض تمام لامپها
+ هزینه یکبار رفت و برگشت مأمور + هزینه تعویض
تکی لامپهای سوخته در فاصله دو تعویض گروهی تا
قبل از مرحله تعویض گروهی

که آنرا با $Cg_1$ نشان میدهیم. با استفاده از فرضیات گذشته و اینکه در تعویض گروهی همواره در دوره اول (P = 1) بوده و لامپهای سوخته در تعویض تکی در این دوره از معادله (۲) تبعیت میکند ، خواهیم داشت :

$$Cg_1 = A[Yo + aYo + b + (\sum_{1}^{m-1} \Delta Y + \sum_{1}^{m-1} \sum_{1}^{S} Li.N(s_{P-1} + m-i))(1 + a + b)]$$

$$Cg_1 = A[Yo + aYo + b + (\sum_{1}^{m-1} \Delta Y + \sum_{1}^{m-1} \sum_{1}^{S} Li.N(m-i))(1 + a + b)] \qquad m \geqslant 2$$

با توجه به تعداد لامپهای سوخته دوره اول در جدول (۲) می توان فرمول فوق را با استفاده از جدول (۱) با تقریب قابل قبولی بصورت زیر ساده کرد.

$$C_{g_1} = A[Y_o + aY_o + b + (Y_o - Y_{m-1})(1 + a + b)] \qquad (۵)$$

بنابراین تفاوت دو روش تعویض در این حالت در مرحله m برابر $C_{g_1} - C_{t_1}$ و در طول یک دوره کامل S معادل $S(C_{g_1} - C_{t_1})/m$ خواهد بود.

**۲- رعایت استاندارد مقدار نور روی سطح کار :**

برطبق منحنی‌های شکل (۲) با افزایش عمر لامپ بهره‌نوری کاهش می‌یابد. برای اینکه میزان نور روی سطح کار از حد استاندارد کمتر نباشد ، همواره لازم است مقدار نور تولیدی لامپ در حالت تعویض در حد استاندارد مورد نظر باشد.

**۲-۱- در حالت تعویض تکی :**

در این حالت زمان تعویض لامپ زمان سوختن آن است و از آنجائیکه این زمان متغیر است ، لذا باید بدترین شرائط یعنی کاهش نور تولیدی در حداکثر عمر آن نوع لامپ در نظر گرفته شود. در مورد لامپ رشته‌ای این زمان ۱۵۰ درصد عمر اسمی لامپ و میزان کاهش نور ( $\ell_t$ ) در این زمان برطبق منحنی (الف ) شکل (۲) برابر است با $\ell_t = 0.22$

**۲-۲- در حالت تعویض گروهی :**

بطور کلی این روش تعویض ، قبل از حداکثر عمر لامپ انجام میگیرد و برحسب اینکه در کدام مرحله عمل تعویض صورت پذیرد باید مقدار کاهش نور در آن مرحله را منظور کرد. منحنی (الف ) شکل (۲) نشان میدهد که برای لامپهای رشته‌ای تقریبا " این تغییرات خطی است. بنابراین مقدار کاهش نور در هر مرحله از تعویض گروهی ( $\ell_{g_2}$ ) با استفاده از مفروضات گذشته برابر است با :

$$\ell_{g_2} = ۰/۲۲(i/S)$$

با کاهش نور توان مصرفی لامپ هم به مقدار کمی تقلیل میابد. در مورد لامپ رشته‌ای برطبق منحنی (الف ) شکل (۲) این مقدار حدود ۵٪ توان اسمی لامپ است.

برای رعایت استاندارد لازم است از ابتدا نور تولیدی یعنی تعداد لامپها و در نتیجه توان مصرفی و بتبع آن هزینه سرمایه‌گذاری ، بهره برداری و... شبکه

را به اندازه تفاوت این دو کاهش ، در هر دو حالت تعویض افزایش داد (۱۷% = ۱۵% - ۲۲%). بنابراین اگر اثرات افزایش این سرمایه گذاری را برای یک کیلووات قدرت مصرفی برای حداکثر عمر لامپ رشته‌ای (S = ۱۵) با توان W وات را R در نظر بگیریم ، تفاوت برای دو روش تعویض تکی و گروهی برابر است با :

$$Cg_2 - Ct_2 = 0.17[(m/15) - 1].Y_o\ (W/1000).R$$

## ۳-۲- هزینه نظافت و شستشو :

برطبق شکل (۳) عدم نظافت بخصوص در نقاط پر ترافیک و پر گرد و غبار شدیدا" باعث کاهش نور شده و رعایت استاندارد نور بر سطح کار مانند حالت فوق هزینه سرمایه‌گذاری را افزایش میدهد ، که راه عملی جلوگیری از آن تهیه برنامه منظم نظافت و شستشوی چراغ برحسب میزان آلودگی محیط است. نظافت دستگاه چراغها اغلب گروهی و بندرت بصورت تکی انجام میگیرد. بنابراین اثری در تفاوت هزینه در دو حالت فوق ندارد ، فقط برای پائین آوردن هزینه‌ها در تعویض گروهی بهتر است برنامه دوره‌ای نظافت و شستشو در طول عمر لامپ را طوری تنظیم نمود که در آخرین برنامه نظافت ، تعویض گروهی لامپها هم انجام گیرد. از آنجائیکه معمولا" عمر لامپهای رشته‌ای کمتر از دوره نظافت و شستشوی چراغ است ، اینگونه برنامه‌ریزی برای لامپهای رشته‌ای به راحتی امکان پذیر است. بنابراین تفاوت هزینه در دو حالت تعویض تکی و گروهی برای یک دوره کامل عمر لامپ (S مرحله) برابراست با :

$$C = [S(Cg_1 - Ct_1)/m] + Cg_2 - Ct_2 \qquad (۶)$$

و در مورد لامپ رشته‌ای روشنائی معابر با توجه به مفروضات قبلی عبارت است از :

$$C = (15/m).A\{2Y_o.(1 + a) + b(1 + Y_o) - (1 + a + b)(Y_{m-i} + 10.7m) + 0.17(m/15A)[(m/15)-1](Y_o.W/1000).R\}$$

با توجه به قیمت لامپ ، هزینه تعویض ، هزینه رفت و برگشت مأمور به محل و هزینه اثرات اضافی سرمایه‌گذاری میتوان تفاوت هزینه را برای دو حالت فوق با تغییر مراحل مختلف m از ۱ تا ۱۵ تعیین و بهترین روش و زمان بهینه را برای تعویض لامپ انتخاب نمود.

**مثال :**

بعنوان یک مثال عددی به بعضی از پارامترهای فوق مقادیر عددی نزدیک به واقعیت نسبت میدهیم و معادله (۶) را برای لامپ رشته‌ای روشنائی معابر در نقطه سربه‌سر دو روش تعویض (یعنی C = 0) محاسبه و ضریب b را برحسب a برای حالت بهینه محاسبه میکنیم.

W (قدرت لامپ رشته‌ای) = ۱۰۰ وات

$Y_o$ (تعداد لامپ) = ۱۰۰ عدد

A (قیمت یک لامپ) = ۳۰۰ ریال

R برای سهولت محاسبه این پارامتر فقط بهره هزینه سرمایه‌گذاری را در نظر میگیریم و از بقیه هزینه‌ها صرفنظر میکنیم.

از آنجائیکه ساعاتی از زمان مصرف روشنائی معابر در پیک بار شبکه و ضریب همزمانی آن یک است ، لذا هزینه سرمایه‌گذاری یک کیلووات قدرت مصرفی آن معادل هزینه سرمایه‌گذاری یک کیلووات قدرت در نیروگاه و شبکه‌های انتقال، فوق توزیع و توزیع است ، که اگر آنها را مجموعا" در بهترین شرائط معادل ۱۵۰۰ دلار بر اساس دلاری یکهزار ریال ، با بهره ۵% ، متوسط زمان روشنائی لامپ معادل ۱۲ ساعت در شبانه روز به مدت یک سال و حداکثر عمر لامپ رشته‌ای روشنائی معابر را ۱۵۰۰ ساعت فرض کنیم خواهیم داشت :

$$R = (5 / 100) \times [(1500 \times 1000 / 365 \times 12)] \times 1500 = 25685$$

نتیجه محاسبات برای نقطه سربه‌سر (C = 0) در دو حالت فوق‌الذکر در جدول شماره (۳) خلاصه شده است. همانطور که در این جدول ملاحظه میشود اگر پارامترهای a و b و R صفر باشند ، یعنی تعویض لامپ به راحتی و بدون هزینه رفت و برگشت امکان پذیر باشد و از استاندارد نور روی سطح کار صرفنظر کرده و از حداکثر عمر لامپ استفاده کنیم (در مورد لامپهای فلوئورسنت ، جیوه‌ای یا بخار سدیم مقدار نور لامپ به حدی کاهش می یابد که گاه با رؤیت دستگاه چراغ میتوان روشن بودن لامپ را تشخیص داد) تعویض تکی مقرون بصرفه است ، در غیر اینصورت با توجه به شرائط در صورتیکه ضریب هزینه رفت و برگشت مأمور به محل از یک حدی بیشتر باشد تعویض گروهی در ۸۰ درصد عمرمقرون بصرفه خواهد بود. بنابراین با در دست داشتن منحنی های فوق برای هر نوع لامپ که به غیر از منحنی شکل(۳) بقیه توسط سازنده یا فروشنده لامپ ارائه میگردد،میتوان جدول(۱)

را تنظیم و با تعیین پارامترها نسبت به حل معادله (۶) از طریق یک برنامه ساده کامپیوتری اقدام و زمان مناسب تعویض لامپ را تعیین نمود. البته دراین محاسبات سایر عوامل مؤثر در تغییر طول عمر لامپ نظیر تغییرات ولتاژ ، تعداد دفعات خاموش و روشن کردن لامپ ، درجه حرارت ، لرزش و...در نظر گرفته نشده و برای هر دو حالت تعویض یکسان فرض شده است. عملاً" این تعویض در ۷۰ تا ۱۰۰ درصد عمر لامپ انجام و هزینه‌های واقعی مؤثر تا ۲۰ درصد حالت تعویض تکی کاهش می‌یابد.

| درصد عمر لامپ رشته‌ای | باشرایط زیر | | $C = C_g - C_t = 0$ | |
|---|---|---|---|---|
| | a=b=R=0 | a=R=0 | R= 0 a≠ 0 b≠ 0 | R ≠ 0 a ≠ 0 b ≠ 0 |
| ۱۰ | ۹/۲ | ۹/۲-b | ۹/۲(۱+a)-b | ۹/۲( ۰/۹+a)-b |
| ۲۰ | ۳/۸۵ | ۳/۸۵-b | ۳/۸۵(۱+a)-b | ۳/۸۵( ۰/۷۹+a)-b |
| ۳۰ | ۲/۱۸ | ۲/۱۸-b | ۲/۱۸(۱+a)-b | ۲/۱۸( ۰/۶۶+a)-b |
| ۴۰ | ۱/۳۷ | ۱/۳۷-b | ۱/۳۷(۱+a)-b | ۱/۳۷( ۰/۵+a)-b |
| ۵۰ | ۰/۹ | ۰/۹-b | ۰/۹(۱+a)-b | ۰/۹( ۰/۳۱+a)-b |
| ۶۰ | ۰/۶۱ | ۰/۶۱-b | ۰/۶۱(۱+a)-b | ۰/۶۱( ۰/۰۹+a)-b |
| ۷۰ | ۰/۴۳ | ۰/۴۳-b | ۰/۴۳(۱+a)-b | ۰/۴۳(- ۰/۱۵+a)-b |
| ۸۰ | ۰/۳۵ | ۰/۳۵-b | ۰/۳۵(۱+a)-b | ۰/۳۵(- ۰/۲۳+a)-b |
| ۹۰ | ۰/۳۸ | ۰/۳۸-b | ۰/۳۸(۱+a)-b | ۰/۳۸( ۰/۰۳+a)-b |
| ۱۰۰ | ۰/۴۹ | ۰/۴۹-b | ۰/۴۹(۱+a)-b | ۰/۴۹( ۰/۳۷+a)-b |
| ۱۱۰ | ۰/۷۸ | ۰/۷۸-b | ۰/۷۸(۱+a)-b | ۰/۷۸( ۰/۶۹+a)-b |
| ۱۲۰ | ۰/۹۶ | ۰/۹۶-b | ۰/۹۶(۱+a)-b | ۰/۹۶( ۰/۸+a)-b |
| ۱۳۰ | ۱/۰۲ | ۱/۰۲-b | ۱/۰۲(۱+a)-b | ۱/۰۲( ۰/۸۸+a)-b |
| ۱۴۰ | ۰/۸۸ | ۰/۸۸-b | ۰/۸۸(۱+a)-b | ۰/۸۸( ۰/۹۳+a)-b |
| ۱۵۰ | ۰/۶۴ | ۰/۶۴-b | ۰/۶۴(۱+a)-b | ۰/۶۴(۱+a)-b |
| تعویض تکی مقرون بصرفه‌است | | اگر b > ۰/۳۵ | اگر b> ۰/۳۵(۱+a) | اگر b> ۰/۳۵( ۰/۲۳+a) |
| | | در ۸۰ درصدازعمرلامپ تعویض گروهی مقرون بصرفه است | | |

جدول ۳ - اختلاف هزینه تعویض گروهی با تعویض تکی در مراحل مختلف عمرلامپ

## نتیجه :

اصولا" در تعویض گروهی لامپهای روشنائی معابر ، علاوه بر پائین تر بودن هزینه سرمایه گذاری و بهره‌برداری نسبت به حالت تعویض تکی لامپ مزایای دیگری به شرح زیر وجود دارد که در چارچوب محاسبات نمی گنجد.

۱- تعداد متوسط خاموشی در هر مرحله حدود یک هفتم تعویض تکی است که به همین نسبت از تراکم مراجعات حضوری و تلفنی و اشغال و اتلاف وقت مدیریت کاسته شده و درصد مشترکین ناراضی کاهش میابد.

۲- با توجه به شرائط جوی ، بعد مسافت ، ترافیک ، تعطیلات ، ساعات مختلف روز و نیروی انسانی مورد نیاز میتوان طوری برنامه تعویض لامپها را تنظیم نمود که باعث ایمنی بیشتر محیط کار و رضایت مأمورین روشنائی و سایر مأمورین ارگانهای دیگر مانند راهنمائی و رانندگی شده ، نهایتا" کار با سرعت بیشتری انجام گیرد.

۳- وجود و عملکرد یک برنامه زمان بندی منظم تعویض لامپ و نظافت دستگاه چراغ و پایه آن ، کارکنان و مشترکین را بیشتر به این صنعت معتقد کرده و بتدریج این دو را در جهت حل سایر معضلات صنعت برق به هم و به اهداف شرکت نزدیکتر می کند.

## منابع :


۱ - کتاب استاندارد شبکه‌های توزیع - وزارت نیرو

2- STANDARD HANDBOOK FOR ELECTRICAL ENGINEERS - TENTH EDITION -
DONALD G. FINK - EDITOR IN CHIEF JOHN M. CARROLL- ASSOCIATE EDITOR