PDF Created with deskPDF PDF Writer - Trial :: http://www.docudesk.com

الباب التاسع
حساب تكاليف أعمال الإنارة

1-9 عـــــام

(أ) يمثل استهلاك الطاقة الكهربائية المستخدمة فى إنارة المبانى(سكنية، تجارية، إدارية، صناعية ،الخ.) جزءاً مهماً من إجمالى الطاقة الكهربائية المستهلكة بها، وبناءً عليه فإنه يجب ترشيد ذلك الاستهلاك باتباع الطرق المثلى لتصميم نظم الإنارة. وتقتضي تلك الطرق اختيار مصابيح ومعدات إنارة ذات كفاءة عالية للحصول على مستوى الإضاءة المناسب للمكان بأقل تكلفة ممكنة وهو مايعود بالفائدة على كل من مستهلك ومنتج الطاقة الكهربائية.

(ب)تبلغ تسبة الطاقة المستهلكة فى إنارة المبانى قيمة مرتفعة من إجمالي الطاقة الكهربائية المستهلكة فى كافة القطاعات، ويؤدى خفض هذه النسبة عند اتباع التوصيات الخاصة بترشيد استهلاك الطاقة، إلى خفض ملحوظ في اجمالى الطاقة الكلية المستهلكة. ومن هذه التوصيات: الاستخدام المناسب لضوء النهار (الإضاءة الطبيعية) داخل المبنى – استخدام مصابيح عالية الكفاءة – استخدام كابحات تيار إلكترونية مع المصابيح التي تعمل بالتفريغ الغازي – رفع كفاءة أعمال الصيانة لوحدات الإنارة.

(ت) أدت الاستفادة من التطور الحديث والمضطرد في تكنولوجيا وتصميمات المصابيح الكهربائية ووحدات الإنارة إلى تحقيق وفر كبير في الطاقة المستهلكة في نظم الإنارة. فالمصابيح الجديدة تمتاز بأنها موفرة للطاقة وذات عمر تشغيل أطول، بالإضافة إلى أن كابحات التيار وأجهزة التوقيت والعواكس أصبحت ذات كفاءة عالية، وهذه العوامل جميعها تؤدي إلى تحسين جودة نظم الإنارة ورفع كفاءتها وبالتالي خفض تكاليفها الجارية.

2-9 التكاليف الكلية لنظام الإنارة

تتكون تكاليف الإنارة من جزأين أولهما هو التكاليف الثابتة (Fixed costs) وثانيهما التكاليف الجارية أو المتغيرة (Running costs). ويشتمل الجزء الثابت على التكاليف الإجمالية لتوريد وتركيب نظام الإنارة بما فى ذلك ثمن وحدات الإنارة وشبكات تغذيتها بالتيار الكهربى ووسائل التحكم فيها. أما التكاليف الجارية فتشتمل على تكاليف الطاقة الكهربية المستهلكة وتكاليف التشغيل والصيانة وتكاليف استبدال المكونات التالفة.

وبصفة عامة يمكن القول أنه كلما كانت التكاليف الثابتة منخفضة، كلما كانت تكاليف استهلاك الطاقة مرتفعة.

PDF Created with deskPDF PDF Writer - Trial :: http://www.docudesk.com

1/2-9 **التكاليف السنوية الثابتة (Annual Fixed Charges)**

(أ) هى نسبة من التكلفة الكلية الشاملة اللازمة لتوريد وتركيب نظام إنارة متكامل صالح للتشغيل. وهذه النسبة تغطي الفائدة البنكية على رأس المال المستثمر في إنشاء نظام الإنارة إضافة إلى أقساط استرداد رأس المال. وتتوقف هذه النسبة على العمر الافتراضي لنظام الإنارة والمعدل السنوي لسعر الفائدة البنكية على القروض وقت إنشاء النظام. والمقصود بنظام الإنارة هنا هو كل مايلزم لإنارة المكان بما في ذلك شبكات توزيع الكهرباء (المخصصة لأغراض الإنارة فقط) ووحدات الإنارة ووسائل التحكم فيها. ونظرا لأن الحد الأدنى لمقاسات مكونات شبكات توزيع الكهرباء الخاصة بأعمال الإنارة (الأسلاك والموصلات ووحدات التحكم في الإنارة،الخ.) الذي تسمح بها كودات الأعمال الكهربائية غالبا مايكون كافيا لتغذية وحدات الإنارة مهما كان نوعها، وعليه فإنه عندما يكون الأمر متعلقا بمقارنة نظم الإنارة ببعضها البعض من الناحية الاقتصادية فإن الجزء الخاص بتكاليف شبكات الإنارة يعتبر ثابتا وموحدا لجميع أنظمة الإنارة. ولقد جري العرف على أن تكاليف توريد وتركيب وحدات الإنارة وتكاليف الطاقة التي تستهلكها وتكاليف تشغيلها وصيانتها هي التي تؤخذ في الاعتبار فقط عند مقارنة نظم الإنارة ببعضها البعض من الناحية الاقتصادية.

(ب)تكون ملحقات مصابيح التفريغ الغازي على النحو التالى:

(1) ماسك المصباح (Lamp holder).

(2) كابح التيار (Ballast).

(3) بادئ التشغيل (Starter or Ignitor).

(4) مكثف تحسين معامل القدرة

(Power factor correction capacitor)

(5) العاكس (Reflector)، أو الناشر (Diffuser)، أو العدسة (Lens)، أو مرشح الألوان (Colour filter).

(ت) ويوضح الجدول (9-1) أرقاما استرشادية للتكاليف الثابتة لبعض أنواع المصابيح وملحقاتها، ويمكن الاستفادة بهذه الأرقام فقط لأغراض المقارنة. يراعى عند حساب تكلفة إنارة الشوارع والإنارة الخارجية بصفة عامة أن تشتمل التكلفة الثابتة على تكاليف البنود الآتية:

(1) الشبكات المغذية لوحدات الإنارة بما فيها من كابلات وأسلاك ولوحات توزيع ومعدات تحكم.

(2) الأعمدة أو الأبراج الحاملة لوحدات الإنارة أما إذا تم تثبيت وحدات الإنارة على واجهات المباني، فإن الامر يقتصر فقط على الأذرع الحاملة لهذه الوحدات.

PDF Created with deskPDF PDF Writer - Trial :: http://www.docudesk.com

(3) وحدات الإنارة بكامل مشتملاتها.

2/2-9 التكاليف السنوية الجارية (Annual Running Charges)

(أ) هى مجموع ماينفق سنويا على نظام الإنارة لتغطية تكاليف البنود الآتية:

- الطاقة الكهربية المستهلكة في النظام.
- أعمال صيانة وتشغيل النظام بما في ذلك أعمال النظافة والطلاء والإدارة.
- استبدال المصابيح والمكونات التالفة.

وتتوقف التكاليف السنوية الجارية لنظام الإنارة على كفاءته وطبيعة المكان المستخدم فيه وسعر الطاقة الكهربية المستهلكة ومعدلات التشغيل السنوية للنظام ومتوسط أجور العمال والظروف البيئية والمناخية التي يتعرض لها النظام والالتزامات المالية التي تفرضها القوانين المعمول بها في المكان الموجود به النظام مثل قوانين الضرائب والتأمينات وغيرها.

جدول رقم (9-1): التكاليف الثابتة لبعض أنواع المصابيح (طبقا لأسعار عام 2005)

النـــــوع	القدرة الاسمية (وات)	تكلفة المصباح (جنيه مصرى)	تكلفة ملحقات الوحدة (جنيه مصرى)		
			كابح تيار	بادئ التشغيل + المكثف	بدن الوحدة
المصابيح المتوهجة	100	1.60	--	--	--
	150	2.00			
	200	2.50			
المصابيح الفلورية			تقليدى 11.00 الكترونى لمصباحين 56- 180	1.25 + 5.00	10.00 لكل مصباح
▪ قطر 38مم وطول 120سم	40	5.50			
▪ قطر 26مم وطول 120سم	36	4.30			
▪ قطر 38مم وطول 60سم	20	5.00			
▪ قطر 26مم وطول 60سم	18	3.70			
المصابيح الفلورية المدمجة					
▪ بكابح تيار الكتروني	7، 9،11، 15	70 - 75			
	20	95			
	23	105			
▪ بكابح تيار تقليدي	7، 9	15	11.00	6.00	
	11	18			
	13	20			
	18	25			
مصابيح هالوجين 220 فولت	100	32			

PDF Created with deskPDF PDF Writer - Trial :: http://www.docudesk.com

التكاليف الكلية السنوية (Total Annual Cost - *TAC*)

(أ) التكاليف الكلية السنوية لإنارة مكان ما هي مجموع التكاليف السنوية الثابتة و التكاليف الجارية على مدار عام كامل لنظام إنارة هذا المكان. ونظرا لأن المصابيح ليست من المكونات المعمرة داخل وحدات الإنارة، فإن التكاليف الثابتة لهذه الوحدات تؤخذ عادة بدون المصابيح، وتعتبر تكاليف المصابيح من ضمن بنود التكاليف الجارية.

ويمكن التعبير عن التكاليف الكلية السنوية لنظام الإنارة باستخدام المعادلة التالية:

$$TAC = A \,.\, k + \left(B \frac{T}{b} + S \,.\, P_t \,.\, T \right) \qquad (9-1)$$

حيث:

A = تكاليف توريد وتركيب وحدات الإنارة بكامل مكوناتها فيما عدا المصابيح (جنيه).

k = نسبة الاستهلاك السنوي لنظام الانارة (وتؤخذ عادة 0.15).

B = تكاليف شراء وتركيب المصابيح (جنيه).

b = القيمة المتوسطة للعمر الافتراضى لتشغيل المصابيح (ساعة).

T = إجمالى ساعات التشغيل السنوية لنظام الإنارة.

S = سعر وحدة الطاقة الكهربية المستهلكة (جنيه/كيلووات ساعة).

P_t = القدرة الاجمالية المستهلكة في نظام الإنارة بالكيلووات وتساوي مجموع القدرات المقننة للمصابيح وكابحات التيار.

(ب) يمكن باستخدام المعادلة (9-1) الحصول على العلاقات الموضحة في الشكل (9-1) التى تعطي مقارنة بين التكاليف الكلية السنوية لمصباحين أحدهما من النوع المتوهج والآخر من النوع الفلورى بذات الفيض الضوئي، كما يبين الشكل أيضا مقارنة بين حالتى استخدام مكثفات تحسين معامل القدرة أو عدم استخدامها مع المصباح الفلورى.

(ت) توجد طرق متعددة لحساب تكاليف الطاقة الكهربية المستهلكة فى الإنارة، ومن الطرق البسيطة طريقة حساب تكاليف الإضاءة في الساعة (Hourly operating cost) والتي تعتمد على استخدام القيم الواردة فى الجدول (9-2) للحصول على تكلفة استهلاك الطاقة فى المصباح (جنيه/ساعة). وهذا الجدول يشتمل أيضا على بيانات عن نوع وقدرة المصباح وسعر وحدة الطاقة الكهربية المستهلكة (جنيه/ ك. و. ساعة).

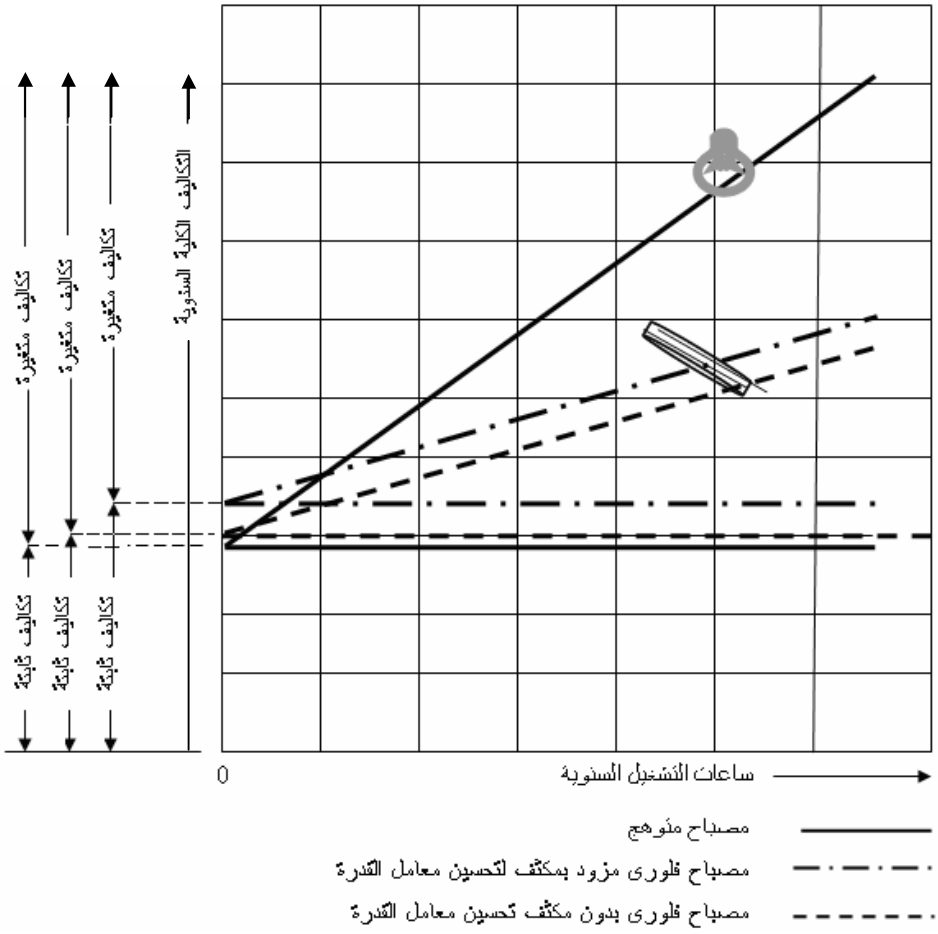
PDF Created with deskPDF PDF Writer - Trial :: http://www.docudesk.com

مثال:

إوجد التكلفة السنوية للطاقة الكهربية المستهلكة في مصباح فلوري عادي قدرته 40 وات ومزود بكابح تيار من النوع التقليدي علما بأن معدل الاستخدام السنوي للمصباح 4000 ساعة وأن سعر الطاقة الكهربية 0.15 جنيه/ك.و.ساعة.

الحل:

بالرجوع للجدول (9–2) نجد أن تكلفة الطاقة المستهلكة في المصباح في الساعة الواحدة = 0.008 جنيها، وبناءً عليه فإن تكلفة الطاقة التي يستهلكها المصباح خلال عام كامل = 0.008 × 4000 = 32 جنيها.



ملحوظة: الخطوط الأفقية تمثل التكاليف الثابتة

شكل (9–1) مقارنة بين التكلفة الكلية السنوية لمصباح متوهج وآخر فلورى

PDF Created with deskPDF PDF Writer - Trial :: http://www.docudesk.com

3-9 تحليل التكاليف لأنظمة الإنارة

لحساب التكاليف الثابتة الأولية والتكاليف الجارية والتكاليف الكلية السنوية لنظم الإنارة المختلفة، فإنه يجب حساب تلك التكاليف في ظل فروض محددة سلفا حتى تكون مقارنة تلك النظم ببعضها البعض عادلة وحقيقية. ومن بين هذه الفروض مايلي:

- يجب أن يكون سعرالفائدة البنكية على الاستثمارات اللازمة لنظم الإنارة المختلفة موحدا.
- يجب أن تكون معدلات الضرائب والتأمينات موحدة بالنسبة لجميع النظم.
- يجب حساب تكاليف الطاقة الكهربية المستهلكة في كل النظم على أساس تعريفة موحدة للجميع.
- يجب أن تكون ساعات التشغيل ومعدلات فصل وتوصيل المصابيح موحدة لجميع نظم الإنارة.
- يجب أن تقدر تكلفة صيانة أي من نظم الإنارة على أساس معدل ثابت لتكلفة العمالة (Uniform labour rate) التي يتطلبها أسلوب وبرنامج الصيانة المناسب له (جنيه/ ساعة).
- يجب أن توفر جميع نظم الإنارة الجارى مقارنتها نفس الحد الأدنى لشدة الإضاءة المناسب للمكان المطلوب إضاءته. ويمكن أن يؤدي التصميم السليم لنظام إنارة ما إلى شدة إضاءة فعلية أكبر من الحد الأدنى المطلوب تحقيقه، وبالتالي تختلف شدة الإضاءة الفعلية من نظام لآخر.

PDF Created with deskPDF PDF Writer - Trial :: http://www.docudesk.com

جدول رقم (9–2): تكاليف الطاقة المستهلكة في الساعة بمصابيح من أنواع مختلفة

نوع وقدرة المصباح	سعر وحدة الطاقة (جنيه/ك.و. ساعة)		
	0.10	0.15	0.20
	تكلفة الطاقة المستهلكة فى المصباح وملحقاته (جنيه/ساعة)		
فلورى 40 وات مزود بكابح تيار تقليدي	0.005	0.008	0.010
متوهج 100 وات	0.010	0.015	0.020
فلورى موفر للطاقة 23 وات	0.0023	0.0035	0.0046
زئبق مخلوط 160 وات	0.016	0.024	0.032
زئبق مخلوط 250 وات	0.025	0.038	0.050
صوديوم عالي الضغط أو بخار زئبق 250 وات	0.029	0.043	0.058

ويمكن تقسيم حساب تكاليف نظم الإنارة إلى أربعة أقسام كما يلي:

(أ) **إعداد البيانات الأساسية (Basic data) اللازمة لحساب التكاليف السنوية الكلية للنظام. وتشتمل تلك البيانات على الآتي:**

(1) الحد الأدني لشدة الإضاءة المطلوبة ($E_{\min}$) باللكس للمكان حسب متطلبات كود الإضاءة.

(2) عدد المصابيح المستخدمة في كل وحدة إنارة (n_{lf}) ونوعها والفيض الضوئي الإسمي لها

(Nominal initial lumens of lamps - *LIL*)

(3) معامل انخفاض الفيض الضوئى للمصباح

(Lamp lumen depreciation Factor – *LDF*)

فى الفترة الأولى من عمر تشغيله.

(4) العمر الافتراضي للمصباح (ساعة).

(5) القدرة الإسمية للمصباح شاملة الفقد في كابح التيار (ك. وات).

PDF Created with deskPDF PDF Writer - Trial :: http://www.docudesk.com

(6) القدرة الكلية لوحدة الإنارة (P_u) وهي عبارة عن مجموع القدرات الإسمية للمصابيح ولكابحات التيار الموجودة في الوحدة.

(7) معامل الانتفاع لوحدات الإنارة (Utilization factor - ***UF***).

(8) معامل الصيانة (Maintenance factor - ***MF***) .

(9) الفيض الضوئي الفعلي الدائم الصادر عن وحدة الإنارة

$$n_{lf} = LIL \times LDF \times UF \times MF .$$

(10) عدد وحدات الإنارة التى تحقق الحد الأدنى المطلوب لشدة الإضاءة وهو يساوي حاصل ضرب المساحة الكلية المطلوب إضاءتها مضروبة في E_{min} ومقسومة على الفيض الضوئي الفعلي الدائم الصادر من وحدة الإنارة.

(11) وإذا اشتمل ناتج الحساب في البند السابق على كسر وحدة إنارة يتم جبره لوحدة صحيحة، وإذا اقتضت ضرورة ترتيب وحدات الإنارة في المكان المطلوب إضاءته بشكل هندسي سليم إضافة وحدات إنارة أخرى يتم إضافتها ويسجل العدد النهائي لوحدات الإنارة المطلوبة تحت المسمى N_f. ويكون هذا هو عدد وحدات الإنارة المحقق للحد الأدنى المطلوب لشدة الإضاءة وطبقا للأصول الهندسية الخاصة بتنسيق وحدات الإنارة في المكان المطلوب إضاءته.

(ب) **حساب التكاليف الكلية السنوية الثابتة**

(Total annual fixed cost – *TAFC*)

تؤخذ التكاليف السنوية الثابتة لنظام الإنارة (*TAFC*) عادة كنسبة من التكاليف الكلية لشراء وتركيب النظام. ولتسهيل حسابات تكاليف نظم الإنارة تؤخذ هذه النسبة كقيمة ثابتة قدرها خمسة عشر في المائة (15%). وكما ورد سابقا، فعند مقارنة تكاليف نظم الإنارة ببعضها البعض، وباعتبار المصابيح من البنود المستهلكة تؤخذ تكاليف توريد وتركيب وحدات الإنارة بدون مصابيح.

(ت) **حساب التكاليف الكلية السنوية الجارية**

(Total annual running cost- *TARC*)

ولحساب تلك التكاليف يلزم معرفة الآتي:

(1) تكلفة شراء وتركيب مصباح واحد (جنيه).

(2) المدة الكلية لتشغيل نظام الإنارة فى السنة (ساعة).

(3) سعر وحدة الطاقة الكهربية (جنيه/ ك.و. ساعة).

(4) تكاليف الطاقة الكهربية المستهلكة سنويا في كل وحدة إنارة وتساوي حاصل ضرب البند (أ–5) × البند (ت–2) × البند (ت–3).

(5) عدد المصابيح التي يتم تغييرها سنويا بكل وحدة إنارة ويساوي

PDF Created with deskPDF PDF Writer - Trial :: http://www.docudesk.com

$$\frac{\text{البند (ت−2)} \times \text{عدد المصابيح بكل وحدة } (N_{lf})}{\text{البند (أ−4)}}$$

وإذا كان الناتج عددا كسريا يجبر إلى اقرب اكبر عدد صحيح .

(6) التكلفة السنوية لتغيير المصابيح لكل وحدة إنارة (جنيه)

=البند (ت−5) × البند (ت−1).

(7) تكاليف تنظيف وحدة الإنارة (تكون معدلات النظافة عادة مرتين في السنة).

(8) التكاليف السنوية الكلية الجارية لكل وحدة إنارة

= البند (ت−4)+ البند (ت−6)+ البند (ت−7).

وبذلك تكون التكاليف السنوية الكلية الجارية لنظام الإنارة

$TARC$ = (ت−8) × N_f.

(ث) حساب التكاليف السنوية الكلية

(Total Annual Cost-*TAC*)

التكاليف السنوية الكلية TAC =

$TAFC$ كما في البند (ب) + $TARC$ كما في البند(ت).

(ج) المقارنة بين التكاليف الكلية لنظم إنارة ذات مصابيح مختلفة الأنواع

كما سبق ذكره فى الفقرة (أ) من البند 2/9 فإن التكاليف الثابتة لشبكات توزيع الكهرباء لغرض الإنارة تعتبر ثابتة وموحدة لنظم الإنارة المختلفة، وبذا تقتصر بنود المقارنة للتكاليف الكلية على التكاليف المتغيرة التى تشمل تكاليف إستهلاك الطاقة وتكاليف توريد وتركيب وحدات الإنارة التى تستهلك طوال فترة المقارنة، بالاضافة إلى تكاليف التشغيل والصيانة0 ولما كان العمر الافتراضى للمصابيح المختلفة الأنواع لا يتساوى للمصابيح كلها، فإنه من اللازم إعتبار هذا العمر كبند مهم فى إجراء المقارنة بين التكاليف الكلية، ولذلك فالمقترح هو المقارنة بين التكاليف المتغيرة للمصابيح كلها طوال فترة تشغيل تعادل العمر الإفتراضى الأطول بالنسبة لأنواع المصابيح المختلفة، وإلا كانت النتيجة تخريد المصابيح ذات العمر الإفتراضى الأطول وإعتبارها عديمة القيمة فى نهاية فترة المقارنة الأقصر من عمرها الإفتراضى، وفى هذه الحالة تكون تكاليف إستبدال تلك الوحدات مبالغا فيها حيث يتم الإستغناء عنها قبل الأوان0

PDF Created with deskPDF PDF Writer - Trial :: http://www.docudesk.com

وبفرض أن الكميات التالية لأنواع المصابيح المختلفة، والتى تتكافأ فى قيمة فيض الإضاءة هـــى كالموجود فى الجدول التالى :

نوع المصباح	عدد المصابيح	قدرة المصباح (وات)	ثمن توريد وتركيب المصباح (جنيه)	عمر المصباح الإفتراضى (ساعة)	الجزء الفعلى فى التكاليف المتغيرة
متوهج	N_1	$P_{1=100}$	$B_1 =_{1.60}$	$T_1 =_{1000}$	TC_1
فلورى	N_2	$P_{2=40}$	$B_2 =_{5.5}$	$T_2 =_{4000}$	TC_2
فلورى مدمج موفر للطاقة	N_3	$P_3 =_{23}$	$B_3 =_{35}$	$T_3 =_{12000}$	TC_3

وبأخذ فترة المقارنة تعادل فترة تشغيل طولها T3 تكون قيم المقارنة بين تكاليف التشغيل لأنواع المصابيح كما يلى :

$TC_1 = N_1 (B_1 T_3/ T_1 + S T_3 P_1 / 1000)$

$TC_2 = N_2 (B_2 T_3/ T_2 + S T_3 P_2 / 1000)$

$TC_3 = N_3 (B_3 + S T_3 P_3 / 1000)$

حيث S هو سعر الطاقة بالجنية / ك و س ، T_3 هى فترة التشغيل الموحدة للمقارنة0 وعلى سبيل المثال إذا فرضنا أن المصباح المتوهج قدرة 100 وات يعطى نفس فيض الإضاءة مثـــل المصباح الفلورى المدمج الموفر للطاقة قدرة 23 وات، وأن كفاءة كل من المصباح الفلورى العـــادى والفلورى المدمج الموفر للطاقة هى 40 ليومن/ وات، 68 ليومن/ وات، يكون عدد المـــصابيح N_1, N_2, N_3 كلها تقريبا متساوية، فى حين أن العمر الإفتراضى للمصابيح هو 1000 ساعة للمتـــوهج ، 4000 ساعة للفلورى ، 12000 ساعة للفلورى المدمج الموفر للطاقـــة، وثمـــن توريـــد وتركيـــب المصابيح هو 1.60 جنيه للمتوهج، 5.5 جنيه للفلورى ، 35 جنيه للفلورى المدمج المـــوفر للطاقـــة، فتكون قيم المقارنة بين التكاليف للمصابيح الثلاثة كما يلى :

$TC_1/ N = 12000 (106/ 1000 + 0.15 X 100 / 1000) = 199.2$ L.E

$TC_2/ N = 12000 (5.5 / 4000 + 0.15 X 40 / 1000) = 88.5$ L.E

$TC_3/ N = 12000 (35 / 12000 + 0.15 X 23 / 1000) = 76.4$ L.E

مما يبين أفضلية المصباح الفلورى المدمج الموفر للطاقة

PDF Created with deskPDF PDF Writer - Trial :: http://www.docudesk.com

4-9 فترة الاسترداد (Payback Period)

(أ) تستخدم فترة الاسترداد عادة عند مقارنة نظام إنارة عالى الكفاءة بآخر قليل الكفـــاءة، و تعرف أحياناً بدورة الاسترداد البسيطة.

(ب) تعتبر دورة الاسترداد بدون حساب الفائدة هي أبسط طرق تحليـــل التكـــاليف الفعليـــة لمشروع ما بالإضافة إلى أنها الأكثر شيوعاً.

(ت) تعرف فترة الاسترداد بأنها الزمن المطلوب لاسترجاع زيادة التكلفة الأولية للاســـتثمار فى النظام الأكفأ عن مثيلتها فى النظام الأقل كفاءة من الوفر السنوي الناتج من زيـــادة كفاءة النظام، ويعبر عنها رياضياً بالمعادلة:

$$\text{فترة الاسترداد البسيطة (سنة)} = \frac{\text{(التكلفة الأولية للمشروع الأكفأ – التكلفة الأولية للمشروع الأقل كفاءة) (جنيه)}}{\text{الوفر السنوى الكلي الناتج عن زيادة كفاءة النظام (جنيه)}}$$

(ث) التكلفة الأولية لأي من المشروعين (الكفؤ أوالأقل كفاءة) هي التكلفة الإجمالية لتوريـــد وتركيب جميع مكونات المشروع (نظام الإنارة).

(ج) الوفر السنوي المحقق نتيجة تحسين كفاءة نظام الإنارة هو مجموع العوامل الآتية كـــل بإشارته (سالبة أو موجبة).

- الخفض السنوي في تكاليف الطاقة المستهلكة في نظام الإنارة نفسه.
- التغير السنوي في تكاليف صيانة النظام.
- الخفض السنوي في تكاليف الطاقة المستهلكة في أجهزة التكييف (إن وجدت) نتيجة لانخفاض كميات الحرارة المنبعثة من وحدات الإنارة.
- الخفض السنوي في تكلفة استهلاك أجهزة التكييف نفسها نتيجة لانخفـــاض الحمـــل الحرارى الناتج عن وحدات الإنارة.
- الخفض السنوي في تكاليف صيانة أجهزة التكييف.

(ح) يفضل استخدام طريقة فترة الاسترداد البسيطة لتقـــدير التكـــاليف الأوليـــة التقريبيـــة للمشروع.

PDF Created with deskPDF PDF Writer - Trial :: http://www.docudesk.com

5-9 معدل عائد الاستثمار (Rate of Return on Investment) أو نسبة الاسترجاع السنوية ويرمز له بالرمز (*ROI*)

تستخدم المعادلة الآتية لحساب نسبة الاسترجاع السنوية للمبالغ المستثمرة في زيادة كفاءة نظام الإنارة:

$$\text{نسبة الاسترجاع السنوية } (ROI\ \%) = \frac{\text{(الوفر الكلى – التكلفة الأولية)}}{\text{التكلفة الأولية} \times \text{الفترة الزمنية}} \times 100$$

حيث:

الوفر الكلي = الوفر السنوي × الفترة الزمنية

الوفر السنوي = الوفر في القدرة الكهربية الكلية المستهلكة في نظام الإنارة نتيجة لتحسين كفاءته × عدد ساعات التشغيل السنوية لنظام الإنارة × سعر وحدة الطاقة الكهربية

الفترة الزمنية = العمر الاقتصادي للنظام بعد تحسين كفاءته (سنة). وللسهولة يمكن أن يؤخذ مساويا لعمر المصباح عالى الكفاءة

التكلفة الأولية = التكلفة الأولية لزيادة كفاءة نظام الإنارة نتيجة لاستبدال النظام الأقل كفاءة بالنظام الأكثر كفاءة

6-9 تأثير نظام الإنارة على تكاليف التهوية وتكييف الهواء في المكان المضاء

تعتمد كمية الحرارة الناتجة عن تشغيل المصباح الكهربائي بشكل مباشر على قدرة المصباح، فمثلا يصدر من المصباح قدرة 40 وات حوالى ضعف الحرارة الصادرة من المصباح قدرة 20 وات، وعلى ذلك فإن استخدام مصابيح ذات قدرات كهربائية عالية فى المبنى يسبب زيادة ملحوظة فى تكاليف الطاقة الكهربائية المستهلكة فى معدات تكييف الهواء الموجودة به وذلك للتخلص من الطاقة الحرارية الناتجة عن نظام الإنارة.

ويمكن خفض تكاليف تكييف الهواء، إذا استخدمت مصابيح ذات كفاءة أعلى لأنها تؤدي إلى انخفاض كمية الحرارة المراد التخلص منها.

PDF Created with deskPDF PDF Writer - Trial :: http://www.docudesk.com

1/6-9 حساب القدرة المستهلكة في معدات التكييف للتخلص من الحرارة المحسوسة لنظام الإنارة (Sensible Heat)

يمكن حساب هذه القدرة الحرارية الكلية المحسوسة الناتجة عن نظام الإنارة (P_{th}) من العلاقة الآتية:

$$P_{th} = \frac{Nif \times Pu \times CLF}{1000} \quad \text{kW} \qquad (9\text{-}2)$$

حيث:

N_{if} = العدد الكلى لوحدات الإنارة المضاءة في المكان.

P_u = القدرة الكلية لوحدة الإنارة (وات) (للمصابيح وكابحات التيار).

CLF = معامل حمل التبريد (Cooling load factor).

2/6-9 معامل حمل التبريد (CLF)

يعرف هذا المعامل بأنه النسبة بين القدرة الحرارية الناتجة عن نظام الإنارة والتى تقوم معدات تكييف الهواء فى المكان بالتخلص منها والقدرة الحرارية الإجمالية الصادرة عن وحدات الإنارة المستخدمة فى المكان.

وتعتمد قيمة هذا المعامل على الآتى:

- نوع وحدات الإنارة.
- توزيع الإضاءة.
- خصائص المكان.
- مدة تشغيل المصابيح.

ويمكن فرض القيم الآتية لمعامل حمل التبريد CLF:

(أ) إذا كان زمن الإضاءة 10 ساعات أو أكثر، أو إذا كان نظام التكييف يعمل فقط أثناء تشغيل نظام الإنارة، تؤخذ قيمة المعامل مساوية للواحد الصحيح.

(ب) إذا كانت الإضاءة تعمل لعدد قليل من الساعات يوميا، فإن قيمة المعامل تقدر ما بين 0.5 و 0.8

يمكن بعد تحديد القدرة الحرارية المنبعثة من نظام الإنارة حساب التكلفة السنوية الإضافية (Annual additional cost -AAC)المطلوبة للتخلص من هذه الحرارة بواسطة نظام التبريد وذلك باستخدام المعادلة الآتية:

$$AAC = \frac{P_{th} \text{ x } T \text{ x } S}{COP} \qquad (9\text{-}3)$$

حيث:

P_{th} = قدرة الحرارة المنبعثة من الإضاءة (ك. وات).

PDF Created with deskPDF PDF Writer - Trial :: http://www.docudesk.com

T = مدة التشغيل خلال السنة (ساعة).

S = سعر وحدة الطاقة الكهربية (جنيه/ ك.و.ساعة).

COP = معامل أداء نظام التبريد

(Coefficient of performance of cooling system)

وتؤخذ قيمة (COP) كالآتي:

- لوحدات التكييف طراز الشباك (Window type) العادية أو الطراز المنفصل (Split type) الذي يكون جزؤه الداخلي واقفا على الأرض(Floor mounted) أو مثبتتا على الجدار(High wall) أو معلقا من السقف Ceiling mounted)(تكون قيمة COP = 2.00
- لوحدات التكييف نظام الشباك عالية الكفاءة تكون COP = 2.50
- لوحدات التكييف من النوع ذى التمدد المباشر لغاز الفريون أو التى تعمل كجزء من نظام مركزى لتكييف الهواء تكون COP = 3.00

9-7 أمثلة على حساب التكاليف

مثال (9-1):

يتكون نظام الإنارة بأحد الأماكن التي تعمل 4000 ساعة في السنة من 200 وحدة إنارة بسيطة بكل منها مصباح تنجستن قدرته 100 وات. إحسب التكلفة الكلية السنوية الجارية ($TARC$) لإضاءة هذا المكان إذا كان سعر الطاقة الكهربية 0.15 جنيها/ك.و.س. ومتوسط عمر المصباح 1000 ساعة تشغيل وتكلفة استبدال المصباح الواحد 1.6 جنيها.

الحل:

بتطبيق المعادلة (9-1) نجد أن:

B = 200 × 1.6 = LE 320

b = 2000 hr

T = 4000 hr

A = 0.0

S = LE 0.15 /kWh

$$P_t = \frac{100\,Watt}{1000} \times 200 = 20\,\text{kW}$$

$$TARC = 320\,\frac{4000}{1000} + (0.15 \times 20 \times 4000)$$

= LE 13280.0

PDF Created with deskPDF PDF Writer - Trial :: http://www.docudesk.com

مثال (9–2)

احسب التكلفة السنوية الكلية (TAC) للإضاءة فى المثال (1) عند استخدام عدد 200 وحدة إنارة فلورية بكل منها مصباح واحد للحصول على نفس مستوى الإضاءة المطلوبة وذلك باعتبار أن قدرة المصباح وكابح التيار 48 وات، ثمن توريد وتركيب وحدة الإنارة كاملة هو 15.35 جنيها، تكلفة استبدال المصباح الواحد 5.5 جنيه، والعمر المتوسط للمصباح الفلوري هو 4000 ساعة تشغيل.

الحل:

باستخدام المعادلة رقم (9–1) نجد أن:

A = 200 (15.35 − 5.5) = 1970 LE

B = 200 x 5.5 = 1100 L.E

b = 4000 hr

T = 4000 hr

S = 0.15 LE/kWh

$$P_t = \frac{48\,Watt}{1000} \times 200 = 9.6\,kW$$

التكلفة الكلية السنوية هي:

$$TAC = 0.15 \text{ x } 1970 + 1100 \text{ x } \frac{4000}{4000} + (0.15 \text{ x } 9.6 \text{ x } 4000)$$

= LE 7155.5

بمقارنة نتائج المثالين السابقين نجد أن:

- التكلفة السنوية لاستبدال المصابيح التنجستن = 1280 جنيها
- تكلفة الطاقة الكهربية المستهلكة فى المصابيح التنجستن عند تشغيلها لمدة 4000 ساعة =12000 جنيها
- تكلفة توريد وتركيب الوحدات الفلورية شاملة المصابيح = 3070 جنيه
- تكلفة الطاقة الكهربية المستهلكة فى المصابيح الفلورية عند تشغيلها لمدة 4000 ساعة = 9.6×4000 × 0.15 = 5760 جنيها

وبالتالى تكون الفترة اللازمة لاسترداد فرق التكلفة إذا ماتقرر اختيار وحدات الإنارة الفلورية بدلا عن المصابيح التنجستن مساوية للآتى:

PDF Created with deskPDF PDF Writer - Trial :: http://www.docudesk.com

$$\frac{1280 - 3070}{7155.5 - 13280} = 0.292 \text{ عاما}$$

أي أنه يمكن استرداد فرق التكلفة بعد 3.51 شهراً من استخدام المصابيح الفلورية بدلا عن المصابيح المتوهجة.

مثال (9–3) :

صالة مضاءة بعدد 200 مصباح فلورى قدرة 40 وات ومطلوب استبدالها بمصابيح فلورية موفرة للطاقة قدرة 23 وات بحيث تعطى نفس الفيض الضوئى. بفرض أن المصابيح الفلورية العادية ستصبح عديمة القيمة بعد فكها لاستبدالها بالمصابيح الموفرة للطاقة، احسب فترة (دورة) الاسترداد وقيمة استرجاع الاستثمارعلماً بأن:

- قدرة المصباح الفلورى وكابح التيار 48 وات.
- عدد المصابيح 200.
- تكلفة المصباح الفلورى العادى هى 5.5 جنيها.
- تكلفة المصباح الفلورى الموفر للطاقة 35 جنيه.
- تعريفة استهلاك الطاقة الكهربائية = 0.15 جنيها/ك.و. ساعة.
- عمر تشغيل المصابيح الفلورية الموفرة للطاقة 12000 ساعة.
- عمر تشغيل المصابيح الفلورية العادية 4000 ساعة.
- عدد ساعات التشغيل السنوية 4000 ساعة.
- متوسط كفاءة المصباح الفلورى العادي 40 لومن/وات.
- متوسط كفاءة المصباح الفلورى الموفر للطاقة 68 لومن/وات.

الحل:

- الفيض الضوئى المنبعث من 200 مصباح فلوري عادي

$$= 200 \times (40 \times 40) = 32 \times 10^4 \text{ لومن}$$

- عدد المصابيح الفلورية الموفرة للطاقة التى تعطى نفس كمية الفيض الضوئي

$$= \frac{32 \times 10^4}{23 \times 65} = 214 \text{ مصباحا}$$

- فترة استخدام المصباح الفلورى العادى = (4000÷4000)

$$= 1 \text{ سنة}$$

- فترة استخدام المصباح الموفر للطاقة = (12000 ÷ 4000) = 3 أعوام
- التكلفة السنوية لاستبدال المصابيح الفلورية العادية

$$= (200 \times 5.5) \div 1 = 1100 \text{ جنيه}$$

PDF Created with deskPDF PDF Writer - Trial :: http://www.docudesk.com

- التكلفة السنوية لإستبدال المصابيح الفلورية الموفرة للطاقة

= (214 × 35) ÷ 3 = 1783.3 جنيه

- المدخر السنوي = (الوفر في قدرة المصابيح × ساعات التشغيل السنوية × سعر وحدة الطاقة الكهربية).
- الوفر فى قدرة المصابيح = (200 × 48 − 214 × 23) 10^{-3}

= 4.678 كيلو وات.

- المدخر السنوى = 4.678× 4000 × 0.15+ (1783.3 – 1100)

= 2123.5 جنيه.

- التكلفة الأولية للاستبدال = 214 × 35 = 7490 جنيه
- فترة الاسترداد = التكلفة الأولية للاستبدال / المدخر السنوي

= 7490جنيه ÷ (2123.5 جنيه/عام) = 3.52 عاما

- المدخر الكلي = المدخر السنوي × عمر المصابيح الموفرة للطاقة

= 2123.5 × 3 = 6370.5 جنيها

النسبة المئوية للاسترجاع (*ROI* %)

$$= \frac{\text{(المدخر الكلي− التكلفة الأولية لتحسين كفاءة النظام)}}{\text{التكلفة الأولية لتحسين كفاءة النظام × عمر المصابيح الجديدة(سنة)}} \times 100$$

$$= \frac{(7490 - 6370.5)}{3 \times 7490} \times 100 = -4.9$$

وهذه النتيجة تعني أن عملية استبدال المصابيح الفلورية العادية بأخرى مدمجة موفرة للطاقة غير مجدية اقتصاديا في ظل المعطيات السابقة. ويمكن أن يكون الاستبدال ذا جدوى في الحالات الآتية:

- إذا ماكان سعر الطاقة أعلى مما هو معطى في هذه الحالة.
- إذا ماكانت تكلفة المصابيح الموفرة للطاقة أقل مما هو معطى.
- إذا مازادت مدة الاسترداد عن عمر المصباح الموفر للطاقة.
- إذا مازادت ساعات التشغيل السنوية.

PDF Created with deskPDF PDF Writer - Trial :: http://www.docudesk.com

مثال (9–4):

احسب في المثال رقم (2) الوفر السنوي الإضافى (Annual additional saving – *AAS*) الناتج عن خفض الطاقة المستهلكة فى معدات نظام تبريد هواء عالي الكفاءة يعمل مع تشغيل الإضاءة فقط وذلك نتيجة لاستبدال المصابيح المتوهجة بمصابيح فلورية عادية.

الحل:

الوفر فى القدرة الحرارية = (200 × 0.100) – (200 × 0.048)

= 20 – 9.6 = 11.4 ك. وات

باستخدام المعادلة رقم (9–2) فإن:

$$P_{\text{th}} = 11.4 \times CLF$$

$$= 11.4 \times 1 = 11.4 \text{ kW}$$

حيث أن نظام التبريد يعمل عند تشغيل وحدات الإنارة فقط، فإن $CLF = 1$. وبفرض أن جميع المصابيح في المبنى مضاءة في نفس الوقت، يكون الوفر السنوي في تكلفة الطاقة المستهلكة في أجهزة التكييف نتيجة لاستبدال المصابيح المتوهجة بالمصابيح الفلورية كما يلي:

$$AAS = P_{\text{th}} \times \frac{1}{COP} \times T \times S$$

حيث:

COP = 2.5 بالنسبة لنظام تكييف الهواء طراز شباك عالي الكفاءة

T = 4000 ساعة

S = 0.15 جنيها/ ك.و.س.

وبذلك تكون قيمة الوفر السنوي في تكلفة الطاقة المستهلكة في أجهزة تكييف الهواء نتيجة لرفع كفاءة نظام الإنارة كما يلي:

AAS = (0.15 × 4000 × 11.4) ÷ 2.5 = 2736 جنيها

والذى يمثل نسبة 43.35 % من الوفر السنوى في تكاليف الطاقة الكهربية المستهلكة في نظام الإنارة نتيجة لاستبدال المصابيح المتوهجة بالمصابيح الفلورية العادية (غير المدمجة).

PDF Created with deskPDF PDF Writer - Trial :: http://www.docudesk.com

مثال (9–5):

احسب الوفر السنوي وفترة الاسترداد عند استبدال مصباح متوهج عادى قدرته 75 وات بآخر فلوري من النوع المدمج الموفر للطاقة قدرته 23 وات علما بأنهما يعطيان نفس كمية الفيض الضوئي (1200 لومن) وأن:

- مدة التشغيل السنوية 4000 ساعة
- تكاليف استبدال المصباح المتوهج 1.6 جنيه
- تكاليف استبدال المصباح الموفر للطاقة 35 جنيها
- عمر المصباح المتوهج 1000 ساعة تشغيل
- عمر المصباح الموفر للطاقة 10000 ساعة تشغيل
- سعر الطاقة الكهربية 0.15 جنيه/ك.و.س.

الحل:

- تكلفة الطاقة المستهلكة في المصباح المتوهج سنويا

= 0.075 × 4000 ×0.15 = 45 جنيها

- تكلفة الطاقة المستهلكة في المصباح الموفر للطاقة سنويا

= 0.023 × 4000 × 0.15 = 13.8جنيها

- المدخر السنوي = الوفر السنوي في تكلفة الطاقة المستهلكة

= 45 – 13.8 = 31.2 جنيها

- تكلفة استبدال المصباح المتوهج بالمصباح الموفر للطاقة = 35 جنيها
- فترة الاسترداد = تكلفة الاستبدال ÷ المدخر السنوي

= 35 ÷ 31.2 = 1.12 سنة = 13.46 شهرا

PDF Created with deskPDF PDF Writer - Trial :: http://www.docudesk.com

مثال (9–6):

إستخدم البيانات الواردة في المثال رقم (9–5) لحساب الوفر السنوى الناتج عن استبدال المصباح المتوهج بالمصباح الفلوري المدمج إذا ماتغيرت مدة التشغيل السنوية من 1000 ساعة إلى 8760 ساعة ووضح النتائج بيانيا.

الحل:

الجداول التالية تتضمن حسابات التكلفة السنوية لاستخدام نوعي المصابيح المطلوب مقارنتهما.

1– ساعات التشغيل السنوية = 1000 ساعة

عناصر المقارنة	مصباح عادي متوهج	مصباح فلورسنت مدمج
الطاقة المستهلكة سنويا (ك.و. س.)	75 = 1000×0.075	23 = 1000×0.023
التكلفة السنوية للطاقة المستهلكة (جنيه)	11.25 = 0.15 × 75	3.45 = 0.15 × 23
عدد المصابيح المستهلكة سنويا	1	1
التكلفة السنوية لاستبدال المصباح (جنيه)	1.6	35
التكلفة الكلية السنوية (جنيه)	= 1.6+11.25 12.85	= 35 + 3.45 38.45
الوفر السنوى الناتج عن استخدام المصباح الموفر للطاقة بدلا عن المصباح المتوهج (جنيه)	25.6 – = 38.45 – 12.85	

2– ساعات التشغيل السنوية = 2000 ساعة

عناصر المقارنة	مصباح عادي متوهج	مصباح فلورسنت مدمج
الطاقة المستهلكة سنويا (ك.و. س.)	= 2000×0.075 150	46 = 2000×0.023
التكلفة السنوية للطاقة المستهلكة (جنيه)	22.5 = 0.15 × 150	6.9 = 0.15 × 46
عدد المصابيح المستهلكة سنويا	2	1
التكلفة السنوية لاستبدال المصباح (جنيه)	3.2	35
التكلفة الكلية السنوية (جنيه)	25.7 = 3.2+22.5	41.9 = 35 + 6.9
الوفر السنوى الناتج عن استخدام المصباح الموفر للطاقة بدلا عن المصباح المتوهج (جنيه)	16.2 – = 41.9 – 25.7	

وهكذا...

PDF Created with deskPDF PDF Writer - Trial :: http://www.docudesk.com

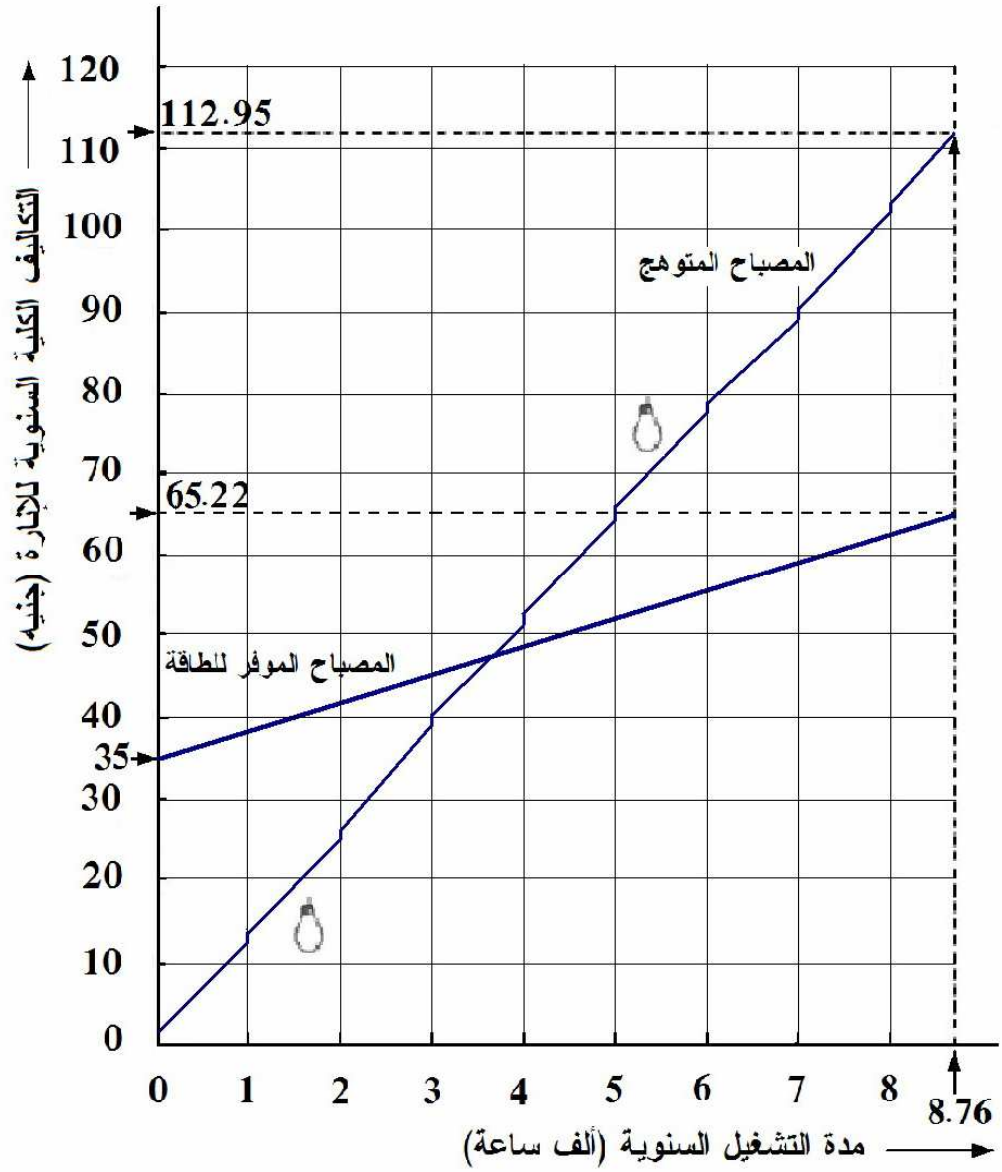
ويمكن بتكرار الخطوات السابقة لباقي ساعات التشغيل السنوية الحصول على النتائج المدونة في الجدول التالي:

ساعات التشغيل السنوية	التكلفة السنوية الكلية لاستخدام		الوفر السنوي الناتج عن استخدام المصباح الموفر للطاقة (جنيه)
	مصباح عادي متوهج (جنيه)	مصباح موفر للطاقة (جنيه)	
1000	12.85	38.45	25.60
2000	25.70	41.90	16.20
3000	38.55	45.35	6.80
4000	51.40	48.80	2.60
5000	64.25	52.25	12.00
6000	77.10	55.70	21.40
7000	89.95	38.45	30.80
8000	102.80	62.60	40.20
8760	112.95	65.22	47.73

ويوضح هذا الجدول أنه على ضوء البيانات الواردة في المثال أن ليس من المجدى اقتصاديا استبدال المصباح المتوهج العادي بالمصباح الموفر للطاقة إذا كانت مدة التشغيل السنوية أقل من 4000 ساعة. ويوضح الجدول أيضا أن الجدوي الاقتصادية لعملية الاستبدال تزداد كلما زادت مدة التشغيل السنوية. ويمكن تمثيل النتائج الواردة في هذا الجدول بيانيا كما هو موضح في الشكل رقم (9–2).

وبصفة عامة يمكن الاسترشاد بالجدول (9–3) عند استبدال المصابيح المتوهجة العادية أو مصابيح الضوء المخلوط أو مصابيح بخار الزئبق بأخرى فلورية أو ذات الصوديوم عالي الضغط أو الصوديوم منخفض الضغط، حيث يوضح الجدول القدرة الموفرة عند الاستبدال (مضافاً إليها الفقد في كابح التيار) وكذلك النسبة بين عدد المصابيح المستخدمة إلى عدد المصابيح البديلة، بالإضافة إلى توضيح نسبة الفيض الضوئى (باللومن) الناتج من المصباح والمقننات الفنية للمصابيح المستخدمة.

PDF Created with deskPDF PDF Writer - Trial :: http://www.docudesk.com



شكل (9–2) العلاقة بين عدد ساعات التشغيل السنوية وتكاليف التشغيل فى المثال (9–6)

PDF Created with deskPDF PDF Writer - Trial :: http://www.docudesk.com

جدول (9-3): جدول استرشادي للمصابيح البديلة

المصباح المستخدم		المصباح البديل		نسبة عدد المصابيح (*)	المدخر من القدرة (وات)	النسبة المئوية للفيض الضوئي (**)
نوعه	قدرته (وات)	نوعه	قدرته (وات)			
مصباح متوهج	40	صوديوم عالي الضغط	9	1:1	27	96
	60	صوديوم عالي الضغط	13	1:1	43	96
	60	فلورى	36	1:3	136	119
	75	فلورى	18	1:1	52	96
	75	فلورى	36	1:3	181	90
	100	فلورى	24	1:1	71	103
	100	فلورى	36	1:2	156	96
	100	صوديوم عالي الضغط	70	1:4	315	96
	150	صوديوم عالي الضغط	70	1:3	365	81
	150	صوديوم منخفض الضغط	35	1:2	257	98
	150	صوديوم منخفض الضغط	90	1:5	644	110
	200	صوديوم عالي الضغط	70	1:2	315	87
	200	صوديوم منخفض الضغط	35	1:1	157	136
	200	صوديوم منخفض الضغط	90	1:4	694	98
مصباح ضوء مخلوط	160	فلورى	36	1:1	116	97
	160	صوديوم عالي الضغط	70	1:2	235	97
	160	صوديوم عالي الضغط	150	1:4	465	109
	160	صوديوم منخفض الضغط	35	1:1	117	154
	160	صوديوم منخفض الضغط	90	1:4	534	109
	250	فلورى	36	2:1	162	109
	250	صوديوم عالي الضغط	150	1:2	325	123
	250	صوديوم عالي الضغط	250	1:4	713	114
	250	صوديوم منخفض الضغط	35	1:1	207	87
	250	صوديوم منخفض الضغط	90	1:2	394	123
مصباح بخار الزئبق	125	فلورى	36	2:1	56	102
	125	صوديوم عالي الضغط	150	1:2	125	114
	125	صوديوم منخفض الضغط	90	1:2	194	114
	250	صوديوم عالي الضغط	150	1:1	325	115
	250	صوديوم عالي الضغط	250	1:2	288	106
	250	صوديوم منخفض الضغط	90	1:1	182	115
	250	صوديوم منخفض الضغط	135	1:2	418	96
	400	صوديوم عالي الضغط	250	1:1	162	119
	400	صوديوم عالي الضغط	400	1:2	450	112
	400	صوديوم منخفض الضغط	135	1:1	292	107

(*) نسبة عدد المصابيح = عدد المصابيح المستخدمة ÷ عدد المصابيح البديلة

(**) النسبة المئوية للفيض الضوئي هي نسبة الفيض الضوئي للمصابيح البديلة للفيض الضوئي للمصباح المستخدم

PDF Created with deskPDF PDF Writer - Trial :: http://www.docudesk.com