



## برچسب مصرف انرژی لامپهای الکتریکی در ایران

دکتر سید محمد صادق زاده  
دانشکده فنی و مهندسی  
دانشگاه شاهد  
ایران

حمید رضا نی ساز  
دفتر بهینه سازی مصرف انرژی  
معاونت امور انرژی - وزارت نیرو  
ایران

مهدی علومی بایگی  
دانشکده برق و رباتیک  
دانشگاه صنعتی شاهرود  
ایران

دکتر رضا عفت نژاد  
دانشکده فنی و مهندسی  
دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج  
ایران

واژه‌های کلیدی: شدت روشنایی، بازدهی نوری لامپ، بازدهی نوری مبنا، شاخص عملکرد، شار نوری

### چکیده

عملکرد انواع لامپهای الکتریکی شامل لامپها رشته‌ای، فلورسنت و تخلیه گازی جهت کاهش مصرف انرژی الکتریکی در کشور اجتناب ناپذیر است. در این راستا لازم است که یک شاخص مصرف انرژی معتبر تعیین و بر اساس آن تجهیزات روشنایی دارای برچسب مصرف شوند. در این مقاله بدنبال شاخصی معتبر جهت تعیین مصرف انرژی لامپهای و مقاسه آنها با یکدیگر می‌باشیم. بکمک شاخص تعیین شده به تقسیم‌بندی لامپها پرداخته و آنها را رده‌بندی می‌نمائیم. قبل از بررسی این شاخصها و رده‌بندی لامپها لازم است لزوم استفاده از برچسبها بررسی شود که در ادامه به این مهم می‌پردازیم.

لامپهای الکتریکی جزء تجهیزاتی است که مصرف زیادی در بخش خانگی، اداری، تجاری، صنعتی و عمومی کشور دارد. به علت اینکه این وسیله بیشتر در ساعات پیک مورد استفاده قرار می‌گیرد بخش عظمی از انرژی الکتریکی را در ساعات پیک مصرف می‌کند. جهت کاهش مصرف انرژی الکتریکی لامپها در ساعات پیک لازم است که از لامپهای پر بازده بجای لامپهای کم بازده استفاده شود بنابراین لازم است که لامپها دارای برچسب مصرف انرژی باشند. در این مقاله جهت برچسب گذاری لامپها، ابتدا شاخصی تعریف شده و بر اساس آن شاخص لامپها برچسب گذاری شده‌اند.

### مقدمه

#### ضرورت تدوین برچسب مصرف انرژی لامپهای الکتریکی در کشور

جایگزینی لامپهای پر بازده بجای لامپهای کم بازده یکی از مؤثرترین راهکارهای بهبود عملکرد سیستم روشنایی، از دیدگاه مصرف انرژی است. در این بحث به تاثیر استفاده از

سهم مصرف انرژی الکتریکی در بخش روشنایی از پیک بار شبکه در ایران ۴۰٪ می‌باشد بنابراین در راستای برنامه توسعه سوم کشور تعیین شاخصها، تدوین استانداردها، تدوین برچسب مصرف انرژی و ارائه راهکارهای بهبود

$$n \text{ (yr)} = \text{Lifetime (hr)} / \text{Yearly Usage (hr/yr)} \quad (2)$$

۲. محاسبه ضریب ارزش فعلی پرداخت دوره‌ای  $P_a$

$$(3) P_a = (1+i) * ((1+i)^n - 1) / I$$

که  $i$  نرخ تورم سالانه است.

۳. محاسبه  $ALCC$  ها

$$ALCC_{Lamp} = \frac{\text{Initial Cost(Rls)}}{P_a} \text{ (Rls/year)} \quad (4)$$

$$ALCC_{Ballast} = \frac{\text{Initial Cost(Rls)}}{P_a} \text{ (Rls/year)} \quad (5)$$

$$ALCC_{Elec} = (P_l + P_B)CT \text{ (Rls/year)} \quad (6)$$

که  $P_l$  توان مصرفی لامپ،  $P_B$  توان مصرفی بالاست،  $C$  هزینه برق در سال و  $T$  مدت زمان استفاده در سال است. جدول زیر هزینه یک ساعت استفاده از لامپ رشته‌ای ۱۰۰ واتی و یک لامپ CFL ۱۸ واتی را به تفکیک نشان می‌دهد.

جدول (۱): مقایسه قیمت یک ساعت لامپ رشته‌ای ۱۰۰

واتی و یک لامپ CFL ۱۸ واتی

(CFL)	(GLS)	شرح
18	100	توان مصرفی لامپ (W)
5	-	توان مصرفی بالاست (W)
5000	1000	طول عمر لامپ (hr)
5000	-	طول عمر بالاست (hr)
9000	2500	قیمت لامپ (Rls)
18000	-	قیمت بالاست (Rls)
1259	5475	هزینه برق مصرفی سالانه (Rls/yr)
13.7	2.74	طول عمر لامپ (yr)
13.7	-	طول عمر بالاست (yr)
29.6	3.28	ضریب ارزش فعلی لامپ
29.6	-	ضریب ارزش فعلی بالاست
0.8	2.1	هزینه چرخه عمر لامپ (Rls/hr)
1.7	-	هزینه چرخه عمر بالاست (Rls/hr)
3.5	15	هزینه برق مصرفی (Rls/hr)
5.9	17.1	هزینه چرخه عمر کل (Rls/hr)

لامپهای پر بازده به جای لامپهای کم بازده بر مصرف انرژی می‌پردازیم. برای این منظور فرضیات زیر در نظر گرفته شده است.

۱- شار نوری لامپهای فلورسنت فشرده (CFL) ۱۸ وات و لامپهای رشته‌ای ۱۰۰ وات برابر است.

۲- لامپهای CFL برای راه‌اندازی نیاز به بالاست دارند و توان مصرفی بالاست ۵ وات برای CFL ۱۸ وات در نظر گرفته شده است، لذا کل توان مصرفی لامپ و بالاست CFL معادل ۲۳ وات خواهد بود.

۳- میزان ساعت روشن بودن لامپ، بطور متوسط یک ساعت در روز فرض شده است.

۴- طول عمر لامپ رشته‌ای ۱۰۰ واتی شفاف ۱۰۰۰ ساعت و لامپ CFL و بالاست آن ۵۰۰۰ ساعت فرض شده است.

۵- قیمت اولیه لامپ رشته‌ای ۱۰۰ وات شفاف ۲۵۰۰ ریال و یک لامپ CFL همراه با بالاست آن در کل ۲۷۰۰۰ ریال منظور شده است

۶- نرخ تورم سالانه کشور ۱۰ درصد فرض شده است.

با توجه به این فرضیات هزینه یک ساعت روشن بودن لامپ CFL با هزینه یک ساعت روشن بودن لامپ رشته‌ای ۱۰۰ واتی محاسبه شده است.

هزینه سالانه یک ساعت روشن بودن لامپ را می‌توان به سه بخش تقسیم نمود. این سه بخش عبارتند از هزینه یک ساعت برق مصرفی لامپ ( $ALCC_{Elec}$ )<sup>۱</sup>، هزینه یک ساعت استفاده از لامپ یا  $ALCC_{Lamp}$  و هزینه یک ساعت استفاده از بالاست (در مورد لامپهای CFL) یا  $ALCC_{Ballast}$ ، بنابراین خواهیم داشت:

$$ALCC_{Total} = ALCC_{Elec} + ALCC_{Lamp} + ALCC_{Ballast} \quad (1)$$

$ALCC$  ها بصورت زیر محاسبه می‌شوند:

۱. محاسبه طول دوره مورد مطالعه

<sup>1</sup> -  $ALCC$  : Annualized Life-Cycle Cost

این شکل نشان می‌دهد که بازده نوری لامپهای رشته‌ای در توانهای مختلف تفاوت زیادی با هم دارد، بنابراین بازده نوری نمی‌تواند شاخص مناسبی برای مقایسه لامپها باشد چرا که این موضوع باعث می‌شود که لامپهای با توان مصرفی بیشتر در رده بالاتری قرار گرفته و استفاده‌کنندگان را به استفاده از لامپهای پر مصرف ترغیب نماید. یکی از راهکارهای ارائه شده جهت تعیین شاخص جدید، استفاده از شاخص نوری است که بصورت زیر تعریف می‌شود.

$$I = \frac{LPW}{LPW_{Ref}} \quad (7)$$

در این رابطه  $LPW_{Ref}$  بازده نوری مبنا است. سوالی که در اینجا مطرح می‌شود نحوه تعیین بازده نوری مبنا است که پاسخگوی هر دو مشکل ذکر شده باشد. با توجه به توضیحات بیان شده بازده نوری مبنا باید تابع دو پارامتر زیر باشد:

۱. بازده نوری مبنا باید تابع توان مصرفی لامپ باشد.

۲. بازده نوری مبنا باید تابع تکنولوژی لامپ باشد.

بنابراین لامپها با توانهای مختلف و تکنولوژی‌های مختلف باید مورد آزمایش قرار بگیرند و بازده نوری آنها اندازه‌گیری شود. سپس بکمک اندازه‌گیریهای انجام شده بازده نوری مبنا را بصورت تابعی از توان و تکنولوژی بدست آورد. برای این منظور آزمایشهایی بر روی لامپها با تکنولوژی‌های رشته‌ای، فلورسنت، CFL و گازی مختلف انجام گرفته است. با توجه به نتایج بدست آمده از آزمایشهای مختلف  $LPW_{ref}$  از رابطه زیر بدست خواهد آمد:

$$LPW_{ref} = 0.0297W + 9.3466 \quad (8)$$

پس از تعیین شاخص باید آنها را رده‌بندی نمود

### - رده بندی لامپهای

جهت تعیین برچسب مصرف انرژی لامپها لازم است پس از تعیین شاخص، لامپها رده‌بندی شوند. رده‌بندی لامپها باید بگونه‌ای باشد که به تولید کنندگان اجحاف نشود و باعث کاهش مصرف انرژی الکتریکی نیز گردد. برای تعیین این

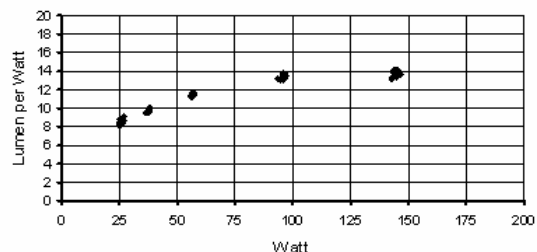
نتایج جدول (۲) نشان می‌دهد که هر لامپ رشته‌ای (کم بازده) حدود ۳ برابر یک لامپ فلورسنت (پر بازده) هزینه دارد و مصرف انرژی الکتریکی لامپ رشته‌ای حدود ۵ برابر یک لامپ فلورسنت است. از آنجایی که روشنایی، بخش بزرگی از مصرف انرژی الکتریکی را بخود اختصاص داده است استفاده از لامپهای کم مصرف باعث صرفه‌جویی زیادی در مصرف انرژی الکتریکی بخصوص در ساعت پیک خواهد شد. این موضوع لزوم تدوین استانداردهای مصرف انرژی لامپهای الکتریکی را به خوبی نشان می‌دهد.

### شاخص مصرف انرژی و رده بندی لامپها

- شاخص مصرف انرژی

شاخص مصرف انرژی معیاری جهت مقایسه لامپها با یکدیگر است و هدف این مقاله تعیین این شاخص است. این شاخص باید بگونه‌ای تعیین گردد که هم توان ورودی و هم شار نوری لامپ را در نظر داشته باشد، بنابراین بهترین گزینه که هر دو پارامتر را در نظر داشته باشد بازدهی نوری ( $LPW$ ) است.

دو مشکل اساسی که در این راه وجود دارد یکی تفاوت بازدهی نور لامپها دارای یک تکنولوژی در توانهای مختلف و دیگری وجود تکنولوژی‌های مختلف لامپهای الکتریکی (رشته‌ای، فلورسنت، CFL و گازی) است که در ادامه به بررسی این مشکلات می‌پردازیم. آزمایشهای انجام شده بر روی لامپهای مختلف نشان می‌دهد که بازده نوری لامپهای در توانهای مختلف متفاوت است. شکل (۱) بازده نوری لامپهای رشته‌ای که با آزمایش بدست آمده را نشان می‌دهد.



شکل (۱). بازده نوری لامپهای رشته‌ای در توانهای مختلف

پس از تعیین رده لامپها می‌توان از برچسب شکل (۲) جهت برچسب‌گذاری لامپها استفاده نمود.



شکل (۲). نمونه برچسب انرژی

#### نتیجه‌گیری:

هدف از برچسب‌گذاری کاهش مصرف انرژی الکتریکی بخصوص در ساعات پیک است. پیش‌بینی می‌شود که طرح برچسب مصرف انرژی مشتری را به خرید محصول بازده بالاتر تشویق نماید. اگر نیمی از خریداران، به برچسب مصرف انرژی لامپ توجه کنند و از لامپی با یک رده استفاده نمایند سالانه به میزان ۷۰۰ مگاوات کاهش در بار پیک خواهیم داشت و این جدا از جایگزینی لامپهای فلورسنت کم مصرف و فلورسنت فشرده بجای لامپهای رشته‌ای بوده که خود تأثیرات چشم‌گیری بر مصرف انرژی الکتریکی و بار پیک دارد.

#### قدر دانی

بدینوسیله از مجریان پروژه جناب آقای مهندس امینی ومهندس کوچاریان و مهندس ناظمی قدردانی می‌گردد.

رده‌ها می‌توان از تعیین  $LPW$  لامپهای مختلف استفاده نمود. شکل‌های (۳)، (۴) و (۵) نتایج آزمایش لامپهای با تکنولوژیها و توانهای مختلف را نشان می‌دهند. کدهای ذکر شده در روی شکلها نشان دهنده کد کارخانه تولید کننده لامپ می‌باشد. با توجه به این شکلها جدول زیر جهت رده‌بندی لامپها بدست می‌آید.

جدول (۲). رده بندی لامپهای غیرگازی براساس

#### محدوده شاخص I

رده	محدوده شاخص I
A	$10 < I$
B	$5 < I \leq 10$
C	$2.5 < I \leq 5$
D	$1.2 < I \leq 2.5$
E	$0.9 < I \leq 1.2$
F	$0.8 < I \leq 0.9$
G	$0.7 < I \leq 0.8$
NO GRADE	$I \leq 0.7$

#### الگوریتم

الگوریتم تعیین رده لامپها بصورت زیر است.

۱. اندازه‌گیری شار نوری و توان مصرفی لامپ براساس استانداردهای مرجع توسط مؤسسه ذیصلاح (موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی)

۲. محاسبه  $LPW_{Ref}$  با توجه به فرمول زیر:

$$LPW_{ref} = 0.0297W + 9.3466 \quad (9)$$

۳. محاسبه شاخص I

$$I = 100 \frac{LPW}{LPW_{ref}} \quad (10)$$

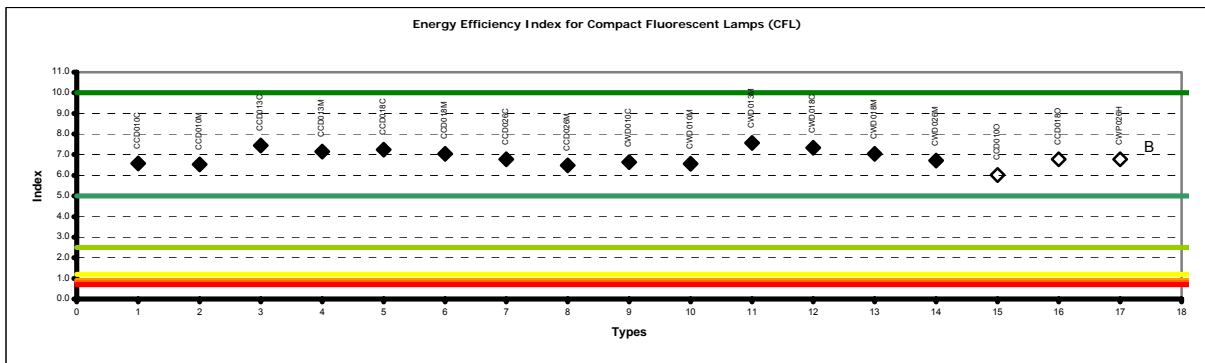
عدد ۱۰۰ جهت بزرگ شدن عدد شاخص استفاده شده است

۴. مشخص کردن رده لامپ

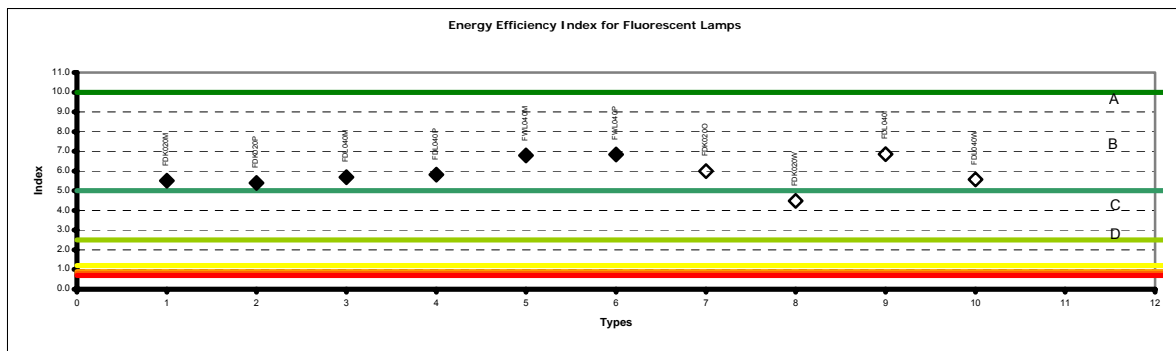
- [5] International Electro technical Commission Standard (1989), IEC 922 + Amendment 1(1990), Ballasts for Discharge Lamps (Excluding tubular fluorescent lamps), General and safety requirements.
- [6] International Electro technical Commission Standard (1989), IEC 262, Ballasts for Mercury Vapor Lamps.
- [7] International Electro technical Commission Standard (1989), IEC 922, Ballasts for Metal Halide Lamps.
- [8] International Electro technical Commission Standard (1989), IEC 459, Ballasts for Sodium Vapor Lamps.

**مراجع:**

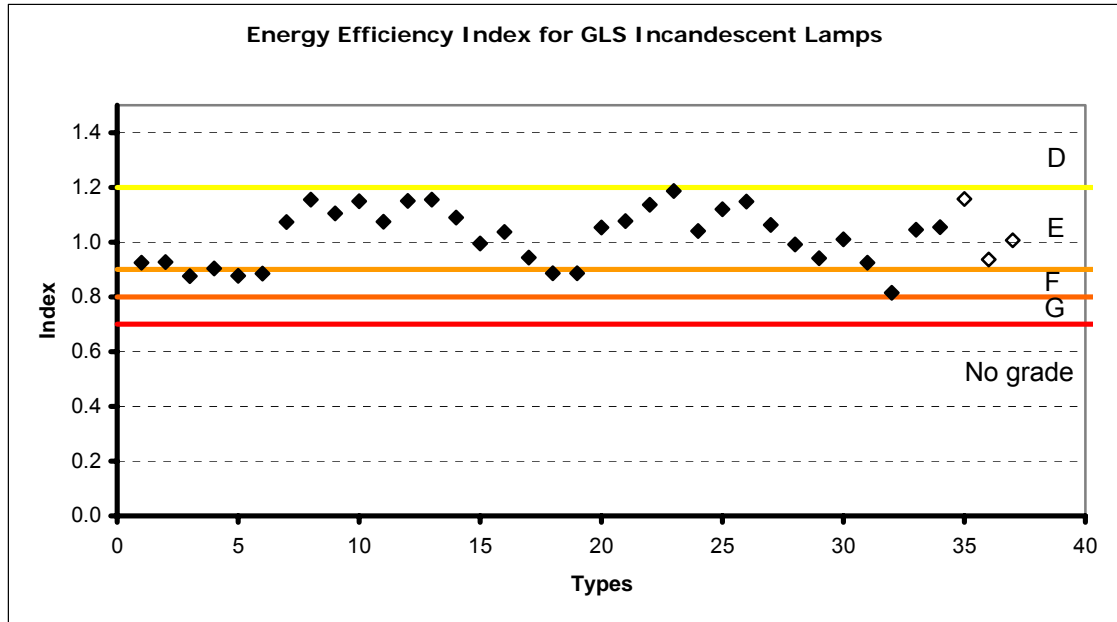
- [۱] تعیین معیار مصرف انرژی لامپهای الکتریکی: دفتر بهینه سازی مصرف انرژی سال ۱۳۸۲
- [۲] مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، استاندارد شماره ۱ - ۷۰۰، مقررات عمومی و ایمنی بالاست لامپهای فلورسنت لوله‌ای، چاپ اول
- [۳] مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، استاندارد شماره ۳۸۲۴، مقررات ایمنی و عمومی بالاست لامپهای تخلیه‌ای (غیر از لامپهای فلورسنت لوله‌ای) چاپ اول
- [4] Interaction Electro technical Commission Standard, (1990), IEC 920 + Amendment 1 (1993), Ballasts for Tubular Fluorescent Lamps, General and safety requirements.



شکل (۳). شاخصهای بدست آمده از آزمایش لامپهای فلورسنت فشرده



شکل (۴). شاخصهای بدست آمده از آزمایش لامپهای فلورسنت



شکل (۵). شاخصهای بدست آمده از آزمایش لامپهای رشته‌ای