

بناام خدا



سازمان بهره‌وری انرژی ایران
(سابا)

بررسی فنی و اقتصادی اولیه

طرح جایگزینی لامپهای هالوژن با لامپهای LED در مراکز و کاربری های تجاری

دفتر مطالعات و بهره‌وری انتقال و توزیع برق

زمستان ۱۳۸۹

۱- مقدمه:

افزایش مصرف انرژی الکتریکی و کمبود منابع انرژی در دنیا از مهمترین دغدغه های کشورها شده و کشور ما نیز از این امر مستثنی نیست. افزایش دو برابری جمعیت ایران از سال ۱۳۵۷ تاکنون در مقابل رشد ۶۰۰ درصدی تعداد مشترکین برق شاهدهی بر این مدعاست. این امر در کنار اهمیت اصلاح الگوی مصرف، لزوم مدیریت صحیح مصرف انرژی را بیش از پیش نمایان می سازد.

با توجه به سهم قابل توجه سیستمهای روشنایی از مصرف توان در شبکه برق کشور، کاهش و صرفه جویی در مصرف این بخش می تواند به میزان زیادی بار شبکه را تعدیل و از بوجود آمدن خاموشی های احتمالی برای مشترکین جلوگیری نماید. بدین منظور، بهبود کیفیت روشنایی و افزایش بازده چراغ های مورد استفاده در شبکه برق کشور به عنوان یکی از راهکارهای مناسب مطرح می باشد.

یکی از انواع چراغهایی که بصورت گسترده در کشور مورد استفاده قرار گرفته است، چراغ هالوژن می- باشد که هم در بخش خانگی و هم جهت ایجاد روشنایی تجاری در ساختمانها و مغازه ها نصب می گردد. با ورود تکنولوژی LED به صنعت روشنایی و آغاز مطالعات امکان سنجی جایگزینی چراغهای مختلف با آن، امکان سنجی جایگزینی چراغهای LED بجای چراغهای هالوژن نیز امری اجتناب ناپذیر خواهد بود.

در این طرح ابتدا به بررسی ساختار و وضعیت موجود لامپ های هالوژن در روشنایی کشور و امکان- سنجی جایگزینی آنها با چراغهای LED بویژه در بخش روشنایی تجاری پرداخته می شود. سپس پیشنهاداتی جهت نحوه جایگزینی ارائه شده و نتایج حاصل بررسی خواهد شد.

۲- ساختار لامپ هالوژن و LED جایگزین آن:

۲-۱. لامپ هالوژن:

برای بسیاری از مصرف کنندگان، لامپ هالوژن MR16 به عنوان یک لامپ دارای رفلکتور شناخته شده است. اندازه کوچک، ساختار بادوام و گستردگی در شدت و زاویه پخش نور آنها، هنوز هم این گونه لامپ ها را به عنوان ابزار مفیدی در طراحی روشنایی مطرح می سازد. این لامپها عموماً برای نمایش اشیاء خاص (مثلاً در موزه ها، گالری ها و خرده فروشی ها) و تأکید بر ویژگی های معماری و مناظر طبیعی بسیار مناسب می باشند.

این لامپ یک منبع نوری فشرده و جهت دار است که شامل یک کپسول فیلامان هالوژن کوارتز یک سر است که داخل یک رفلکتور شیشه ای پرس شده نصب می گردد. پایه های نوعی این گونه لامپ ها GU5.3 یا GU10 است که اولی در ولتاژ پایین (۲۴-۰ ولت) کاربرد دارد و دومی در جاهایی که از ولتاژ تغذیه (۱۲۰ یا ۲۳۰ ولت) استفاده می شود، بکار می رود.

کپسول فیلامان هالوژن کوارتز به گونه ای طراحی شده که در فشاری بالاتر از لامپ های رشته ای استاندارد کار کند. از آنجا که این کپسول ممکن است تحت شرایطی در پایان عمر خود بشکند، به همین دلیل لامپ های هالوژن با رفلکتور MR16 باید دارای پوشش بوده و یا درون محفظه ای قرار گیرند.

بیشتر لامپ های هالوژن با رفلکتور MR16 برای عملکرد فشار ضعیف طراحی شده اند (نوعاً ۱۲ ولت یا ۲۴ ولت). بنابراین فیلامان یک لامپ ولتاژ پایین (مثلاً ۱۲ ولت)، باید جریانی ۱۰ برابر نسبت به فیلامان یک لامپ با ولتاژ تغذیه (مثلاً ۱۲۰ ولت) هم توان با خود را تحمل کند. در نتیجه فیلامان این لامپ کوتاه تر، ضخیم تر و محکم تر از فیلامان لامپ معادل می باشد. ضخامت بیشتر فیلامان، عبور جریان بیشتر در این لامپ ها را ممکن ساخته و آنها را قادر می سازد تا شدت نور بیشتری نسبت به لامپ های با توان مشابه و عملکرد با ولتاژ تغذیه را تولید کند. فیلامان کوچک همراه با طراحی رفلکتور، امکان کنترل دقیق تر و توزیع نور بهتر را فراهم می کند.

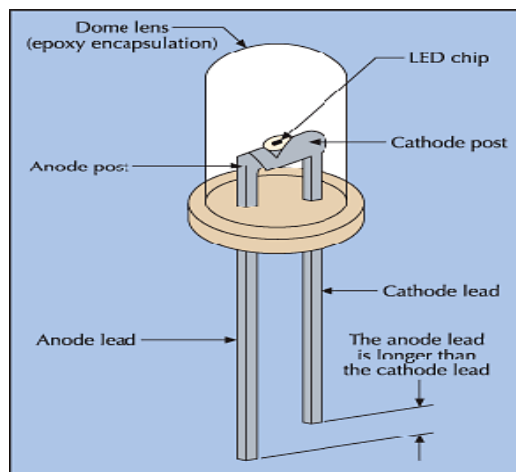
در عملکرد عادی، فشار زیاد داخل کپسول هالوژن کوارتز، دمای عملکرد بالاتر فیلامان را به دنبال دارد که این امر منجر به ایجاد دمای رنگ بالاتر و ظاهر سفیدتر این لامپ ها نسبت به استاندارد لامپ های رشته ای می شود. لامپ های هالوژن با رفلکتور MR16 ولتاژ پایین در توان های ۲۰ تا ۷۵ وات دارای محدوده عمر نامی ۱۰۰۰ تا ۶۰۰۰ ساعت می باشند. لامپ های هالوژن با رفلکتور MR16 که با ولتاژ تغذیه کار می کنند، در توان های ۲۰ تا ۱۰۰ وات موجودند. در کاربردهای معمولی، تقریباً ۹۰٪ توان مصرفی لامپ های رشته ای یا هالوژن به صورت تابش گرمایی از لامپ منتشر می شود. بازده نوری لامپ های هالوژن با رفلکتور MR16 برای لامپ های مادون قرمز با عملکرد بیشتر، از ۲۰ Im/w تجاوز نکرده و این مقدار برای انواع غیرمادون قرمزی ممکن است به کمتر از ۸ Im/w نیز برسد. شایان ذکر است که بازده نوری فیلامان تنگستن با دمای عملکرد آن زیاد می شود اما از سوی دیگر عمر لامپ کوتاه می گردد.

جدول ۱ - چکیده برخی مشخصات لامپ های هالوژن با رفلکتور MR16 ولتاژ پایین

| میانگین مقادیر سازنده | محدوده گزارش شده در مقادیر سازنده | میانگین حاصل از آزمایش های صورت گرفته | محدوده ملاحظه شده در آزمایش ها |
|-----------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------|
| توان ورودی (وات) | ۲۰ | - | ۱۸ - ۲۲ |
| ضریب توان (درصد) | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ |
| نور خروجی (لومن) | ۲۷۸ | ۱۳۰ - ۴۰۰ | ۱۷۲ - ۳۵۲ |
| بازده نوری (Im/w) | ۱۴ | ۷ - ۲۰ | ۸ - ۱۸ |

۲-۲. لامپ های LED جایگزین:

محصولاتی که عموماً (نه همیشه) به عنوان لامپ های LED جایگزین فروخته می شوند، از نظر شکل و اندازه مشابه همتاهای هالوژنی خود هستند. پایه لامپ های هالوژن با رفلکتور MR16 که با ولتاژ تغذیه یا ولتاژ پایین کار می کنند، به لامپ های LED جایگزین این اجازه را می دهند تا در چراغ های طراحی شده برای لامپ های هالوژن با رفلکتور MR16 مورد استفاده قرار گیرند. بیشتر لامپ های LED جایگزین، سفید گرم (3000K) یا سفید سرد (6000K) هستند. از آنجائیکه لامپ های LED جایگزین، رفلکتورهای چندلایه ندارند، زوایای تابش این لامپ ها بوسیله چینش LED ها تعیین می شود که ممکن است رفلکتورها خاص و یا لنزهای خاص داشته باشند.



شکل (۱) - ساختار LED

نور لامپ های LED جایگزین، نسبت به لامپ های هالوژن با رفلکتور MR16، حداقل تشعشعات مادون قرمز را دارد. حرارت LED ها بوسیله گرماگیرهای آلومینیمی یا سوراخ های تعبیه شده در بدنه مشبک اطراف لامپ، به بیرون منتقل می شود.

۳-۲. عملکرد لامپ های LED جایگزین:

مزایای مهم لامپ های LED در مقایسه با سایر منابع نوری را می توان بشرح زیر دانست:

۱. مصرف توان کم: توان مصرفی LED ها بسیار پایین است، بنابراین باعث کاهش هزینه های انرژی و نیز کاهش صورت حساب برق مصرفی می گردند.
۲. طول عمر طولانی: سازندگان LED ادعا می کنند که LED ها دارای طول عمر بیش از ۵۰ هزار ساعت هستند. با توجه به این که LED ها هیچ فیلامانی ندارند، نور خروجی یک LED در طول زمان کاهش می یابد. این اثر که منجر به کاهش شار نوری LED می گردد بدون این که قابل

- توجه باشد در طول هزاران سال اتفاق می‌افتد. در واقع سوختن کامل یک LED (نظیر سایر وسایل روشنایی دیگر) بی‌معناست. بنابراین طول عمر لامپ به صورت «مدت زمان لازم برای رسیدن شارنوری LED به درصد معینی از شار نوری اولیه آن» که معمولاً ۷۰٪ می‌باشد تعریف می‌گردد.
۳. ضریب وضوح رنگ: LEDها در ایجاد نوری که رنگ طبیعی اشیاء را با دقت بسیار زیاد نشان دهد دارای توانایی فوق‌العاده‌ای هستند.
 ۴. اندازه کوچک: اندازه کوچک LEDها، امکان ترکیب رنگ‌های مختلف را در بخش‌های کوچک، برای تأمین نیازمندی‌های روشنایی خاص میسر نموده است.
 ۵. دوام و قابلیت اطمینان بالا: LEDها دارای هیچ فیلامان یا تیوبی برای آسیب دیدن یا شکستن (در صورت افتادن آنها) نیستند.
 ۶. کنترل نوری: LEDها به دلیل دارا بودن اندازه کوچک و حتی انتخاب بسته‌بندی، دارای مزایای کنترل نوری فوق‌العاده‌ای هستند. با توجه به پتانسیل بالای صرفه‌جویی در مصرف انرژی، استفاده از LEDهای با زاویه تابش تعریف شده، مطلوب و منطقی خواهد بود.
 ۷. نوع بسته‌بندی LED امکان تمرکز و قابلیت هدایتگری عالی نور را فراهم می‌کند در حالی که منابع نوری رشته‌ای و فلورسنت به منظور جمع‌آوری نور و هدایت آن در وضعیت دلخواه، به رفلکتور خارجی نیاز دارند.
 ۸. LEDها به دلیل تولید گرمای ناچیز به عنوان منابع نوری سرد مطرح هستند.
 ۹. هنگام استفاده از دایمر، هیچ‌گونه تغییری در رنگ نور LED حاصل نمی‌شود، برخلاف لامپ‌های رشته‌ای که به رنگ زرد گرایش می‌یابد.
 ۱۰. LEDها برای بکارگیری در محل‌هایی که نیاز به دفعات روشن و خاموشی دارد وسایل ایده‌آلی محسوب می‌شوند، در حالی که تعداد دفعات زیاد روشن - خاموش شدن، تأثیر زیادی در سوختن زودهنگام لامپ‌های فلورسنت دارد. در خصوص لامپ‌های HID نیز مدت زمانی طول می‌کشد تا لامپ روشن گردد.
 ۱۱. برخلاف لامپ‌های رشته‌ای و فلورسنت، اعمال شوک‌های خارجی باعث آسیب رساندن به LED نمی‌شود.
 ۱۲. LEDها به سرعت به حداکثر شارنوری خود می‌رسند.
 ۱۳. LEDها برخلاف لامپ‌های فلورسنت فشرده به جیوه نیاز ندارند.
 ۱۴. کاهش انتشار CO₂ که تأثیر بسزایی در تولید گازهای گلخانه‌ای دارد.
 ۱۵. کاهش آلودگی نور
 ۱۶. فراهم نمودن روشنایی با کیفیت بالا

۱۷. عدم تولید اشعه ماوراءبنفش مضر

۳- پیشنهاد:

در طرح جایگزینی چراغ های LED بجای چراغ های هالوژن ۵۰ وات که استفاده بیشتری در کشور دارند، یکی از بهترین راهها، جایگزینی چراغهای روشنایی مورد استفاده در ویتترین اصناف می باشد، زیرا با توجه به تعداد زیاد چراغهای مورد استفاده در روشنایی هر ویتترین و تعداد زیاد واحدهای تجاری در کشور و نیز ساعات زیاد روشن بودن این چراغها در طول شبانه روز، صرفه جویی بیشتری از این روش عاید خواهد شد. ضمن آنکه استفاده از چراغهای هالوژن در مصارف خانگی، بمنظور زیبایی بوده و این چراغها منبع اصلی تامین نور منازل نمی باشند.

در مورد این طرح جایگزینی، با توجه به مطالعات انجام یافته بر روی محصولات موجود در بازار، طرح را در چندین بخش می توان بررسی نمود. با این وجود ذکر این نکته ضروری است که با توجه به بالاتر بودن شار نوری لامپ های هالوژن، جایگزینی یک لامپ LED بجای هر هالوژن موجب کاهش شار نوری کل ویتترین می شود و در نتیجه در مورد هر لامپ هالوژن، بایستی ابتدا تعداد لامپ LED معادل را برای ایجاد شار نوری مشابه محاسبه نمود.

راهکار دیگری که می توان در نظر گرفت، جایگزینی کلیه هالوژن ها با LED بصورت یک به یک می باشد. بدین ترتیب، هزینه های سیم کشی و نصب چراغ جدید حذف می شود ولی نور نهایی جدید کمتر از مقدار نور پیش از اصلاح روشنایی خواهد بود. در مورد مکانهایی که دارای نور اضافی می باشند، این راهکار می تواند هم از لحاظ ایجاد نور استاندارد و هم از لحاظ کاهش مصرف موثر باشد. راهکار سوم، روشی مابین دو روش مذکور بصورت جایگزینی تعدادی از لامپهای LED بجای هالوژنهای موجود در ویتترین اصناف و باقی ماندن بقیه هالوژنها می باشد.

بدین ترتیب سه روش کلی جایگزینی را می توان مورد بررسی قرار داد:

الف) جایگزینی با دیدگاه حفظ شار نوری: در این روش، تعداد لامپ LED بیش از لامپ هالوژن بوده و مشکلاتی از قبیل نیاز به سیم کشی و نصب چراغ جدید در ویتترین ها بوجود خواهد آمد. عیب دیگر این روش، نیاز به سرمایه گذاری اولیه زیاد بمنظور تأمین چراغهای LED می باشد. از مزایای این روش می توان به افزایش روشنایی ویتترین با توجه به قابلیت هدایت نور در لامپهای LED اشاره نمود.

ب) جایگزینی با دیدگاه حفظ تعداد لامپ: در این روش، کلیه لامپهای هالوژن با LED به همان تعداد جایگزین می شوند. مزیت اصلی این روش، عدم نیاز به سرمایه گذاری بمنظور سیم کشی های مربوط به افزایش تعداد چراغ و دوره بازگشت سرمایه کوتاه مدت از دید مصرف کننده می باشد. عیب اصلی آن، کاهش نور کلی ویتترین است که البته بخشی از آن با توجه به نحوه هدایت مستقیم نور در

لامپهای LED جبران خواهد شد، ضمن آنکه سرمایه گذاری اولیه خرید لامپ نیز بسیار کمتر از دیدگاه های دیگر خواهد بود.

ج) جایگزینی با دیدگاه حفظ شدت روشنایی: در این روش، بین ۶۰ تا ۷۰ درصد از لامپهای هالوژن جای خود را به LED می دهند. بدین ترتیب لامپ های LED - با توجه به منحنی پخش نور خاصشان که ناشی از قابلیت هدایت نور در آنها است - در ترکیب با هالوژنهای باقی مانده، نور تقریباً مشابهی با نور اولیه ایجاد می کنند. عیب اصلی این روش، یافتن نحوه چیدمان ترکیبی لامپهای هالوژن و LED است. مزایای این روش نیز عبارتند از عدم نیاز به نصب چراغهای اضافی و دستیابی به سطح نور تقریباً مساوی با حالت اولیه و سرمایه گذاری اولیه کمتر نسبت به دیدگاه اول.

در مورد هر طرح جایگزینی، می توان دو دیدگاه برای سود حاصله متصور شد: بازگشت سرمایه از دید مصرف کننده (خریدار لامپ LED) و مزایای عمومی ناشی از جایگزینی نظیر اجتناب از تولید، کاهش مصرف سوخت و کاهش انتشار آلاینده های زیست محیطی. علاوه بر آن، با توجه به پله ای بودن محاسبه هزینه انرژی مصرفی در اصناف، سه نوع صنف نوع (۱) تا (۳) به ترتیب با تعداد ۱۰، ۲۰ و ۴۰ عدد چراغ هالوژن در نظر گرفته شده است تا هر سه پله مصرف را تحت پوشش قرار دهد.

۳-۱. چراغ LED با ۳ عدد دیود نوری پرتوان:

قیمت کنونی هر لامپ از این نوع در بازار حدود ۸۵۰۰۰ ریال است که در مقایسه با قیمت ۱۵۰۰۰ ریالی لامپهای هالوژن، مانعی بزرگ برای جلب نظر اصناف به استفاده از آن بجای استفاده از لامپ هالوژن است. با این وجود با توجه به جدول ۲ می توان متوجه شد که نتایج استفاده از این لامپ در مصرف کننده های مختلف و دیدگاههای مورد نظر از لحاظ بازگشت سرمایه، قابل قبول می باشد. بررسی سایر آثار جانبی این لامپ در حالت های مختلف در جدول ۳ منعکس می باشد.

جدول ۲ - مقایسه لامپ هالوژن و LED با ۳ دیود نوری پرتوان LED^(۱)

| دیدگاه ۳ | | | دیدگاه ۲ | | | دیدگاه ۱ | | | چراغ هالوژن | | | شرح |
|------------------------|----------------|----------------|-------------------------|----------------|----------------|-----------------|----------------|----------------|-----------------|----------------|----------------|---|
| حفظ تقریبی شدت روشنایی | | | حفظ تعداد و جایگزینی کل | | | حفظ شار نوری | | | | | | |
| مصرف کننده (۳) | مصرف کننده (۲) | مصرف کننده (۱) | مصرف کننده (۳) | مصرف کننده (۲) | مصرف کننده (۱) | مصرف کننده (۳) | مصرف کننده (۲) | مصرف کننده (۱) | مصرف کننده (۳) | مصرف کننده (۲) | مصرف کننده (۱) | |
| ۳ | | | ۳ | | | ۳ | | | ۵۰ | | | توان مصرفی هر لامپ (وات) |
| ۱۲ | ۶ | ۳ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۴۰ | ۲۰ | ۱۰ | هالوژن |
| ۲۸ | ۱۴ | ۷ | ۴۰ | ۲۰ | ۱۰ | ۱۲۰ | ۶۰ | ۳۰ | ۰ | ۰ | ۰ | LED |
| ۶۸۴ | ۳۴۲ | ۱۷۱ | ۱۲۰ | ۶۰ | ۳۰ | ۳۶۰ | ۱۸۰ | ۹۰ | ۲۰۰۰ | ۱۰۰۰ | ۵۰۰ | توان مصرفی ویتترین (وات) |
| ۴۳۲۰ / ۳۶۰ / ۱۲ | | | ۴۳۲۰ / ۳۶۰ / ۱۲ | | | ۴۳۲۰ / ۳۶۰ / ۱۲ | | | ۴۳۲۰ / ۳۶۰ / ۱۲ | | | زمان روشن روزانه / ماهانه / سالانه (ساعت) |
| ۱۵۰۰۰۰ | | | - | | | - | | | ۱۵۰۰۰۰ | | | هالوژن |
| ۸۵۰۰۰۰ | | | ۸۵۰۰۰۰ | | | ۸۵۰۰۰۰ | | | - | | | LED |
| ۱۰۰۰۰ | | | - | | | - | | | ۱۰۰۰۰ | | | هالوژن |
| ۱۵۰۰۰۰ | | | ۱۵۰۰۰۰ | | | ۱۵۰۰۰۰ | | | - | | | LED |
| ۵ | | | - | | | - | | | ۵ | | | هالوژن |
| ۱ | | | ۱ | | | ۱ | | | - | | | LED |
| ۵ | | | - | | | - | | | ۵ | | | هالوژن |
| - | | | - | | | - | | | - | | | LED |
| ۳۲۸۰ | ۱۶۴۰ | ۸۲۰ | ۳۴۰۰ | ۱۷۰۰ | ۸۵۰ | ۱۰۲۰۰ | ۵۱۰۰ | ۲۵۵۰ | ۳۰۰۰ | ۱۵۰۰ | ۷۵۰ | هزینه خرید لامپ در سال اول (هزار ریال) |
| ۹۰۰ | ۴۵۰ | ۲۲۵ | - | - | - | - | - | - | ۳۰۰۰ | ۱۵۰۰ | ۷۵۰ | هزینه خرید لامپ در سال دوم (هزار ریال) |
| ۹۰۰ | ۴۵۰ | ۲۲۵ | - | - | - | - | - | - | ۳۰۰۰ | ۱۵۰۰ | ۷۵۰ | هزینه خرید لامپ در سال سوم (هزار ریال) |
| ۵۰۸۰ | ۲۵۴۰ | ۱۲۷۰ | ۳۴۰۰ | ۱۷۰۰ | ۸۵۰ | ۱۰۲۰۰ | ۵۱۰۰ | ۲۵۵۰ | ۹۰۰۰ | ۴۵۰۰ | ۲۲۵۰ | هزینه کل خرید لامپ (هزار ریال) |
| - | | | - | | | ۵۰۰۰۰ | | | - | | | هزینه سیم کشی و نصب هر چراغ جدید (ریال) |
| - | | | - | | | - | | | - | | | هزینه سیم کشی و نصب کل (هزار ریال) |
| ۲۴۶/۴ ^(۳) | ۱۲۳/۲ | ۶۱/۶ | ۴۳/۲ | ۲۱/۶ | ۱۰/۸ | ۱۲۹/۶ | ۶۴/۸ | ۳۲/۴ | ۷۲۰ | ۳۶۰ | ۱۸۰ | انرژی مصرفی در هر ماه (کیلووات ساعت) |
| ۴۷۳/۶ | ۲۳۶/۸ | ۱۱۸/۴ | ۶۷۶/۸ | ۳۳۸/۴ | ۱۶۹/۲ | ۵۹۰/۴ | ۲۹۵/۲ | ۱۴۷/۶ | - | - | - | صرفه جویی انرژی در ماه (کیلووات ساعت) |
| ۲۶۵ | ۱۲۳/۲ | ۶۱/۶ | ۴۳/۲ | ۲۱/۶ | ۱۰/۸ | ۱۲۹/۶ | ۶۴/۸ | ۳۲/۴ | ۱۰۰۰ | ۴۲۴ | ۱۸۰ | هزینه انرژی در ماه (هزار ریال) ^(۳) |
| ۶۴۶۰ | ۳۱۱۸/۴ | ۱۵۵۹/۲ | ۳۹۱۸/۴ | ۱۹۵۹/۲ | ۹۷۹/۶ | ۱۷۷۵۶ | ۸۸۷۸ | ۴۴۳۹ | ۱۵۰۰۰ | ۶۵۸۸ | ۲۹۱۰ | هزینه کل در سال اول (هزار ریال) |
| ۴۰۸۰ | ۱۹۲۸/۴ | ۹۶۴/۲ | ۵۱۸/۴ | ۲۵۹/۲ | ۱۲۹/۶ | ۱۵۵۶ | ۷۷۸ | ۳۸۹ | ۱۵۰۰۰ | ۶۵۸۸ | ۲۹۱۰ | هزینه کل در سال دوم (هزار ریال) |
| ۴۰۸۰ | ۱۹۲۸/۴ | ۹۶۴/۲ | ۵۱۸/۴ | ۲۵۹/۲ | ۱۲۹/۶ | ۱۵۵۶ | ۷۷۸ | ۳۸۹ | ۱۵۰۰۰ | ۶۵۸۸ | ۲۹۱۰ | هزینه کل در سال سوم (هزار ریال) |
| ۱۴۶۲۰ | ۶۹۷۵/۲ | ۳۴۸۷/۶ | ۴۹۵۵/۲ | ۲۴۷۷/۶ | ۱۲۳۸/۸ | ۲۰۸۶۸ | ۱۰۴۳۴ | ۵۲۱۷ | ۴۵۰۰۰ | ۱۹۷۴۶ | ۸۷۳۰ | هزینه کل در یک دوره ۳ ساله (هزار ریال) |
| ۳۰۳۸۰ | ۱۲۷۷۰/۸ | ۵۲۴۲/۴ | ۴۰۰۴۴/۸ | ۱۷۲۶۸/۴ | ۷۴۹۱/۲ | ۲۴۱۳۲ | ۹۳۱۲ | ۳۵۱۳ | - | - | - | صرفه جویی دوره ۳ ساله (هزار ریال) |
| ۲/۶ | ۳ | ۴ | ۲/۵ | ۳ | ۴ | ۱۴/۵ | ۱۷ | ۲۰ | - | - | - | دوره بازگشت سرمایه واحد صنفی (ماه) |

(۱) مصرف کننده ها بر حسب تعداد لامپ هالوژن ۱۰، ۲۰ یا ۴۰ شعله، به ترتیب به نوع (۱)، نوع (۲) و نوع (۳) تقسیم شده اند.

(۲) هزینه انرژی بر مبنای روش پلکانی برای واحدهای تجاری بصورت ۱۰۰۰ ریال بازاء هر کیلووات ساعت برای مصارف کمتر از ۲۰۰ کیلووات ساعت در ماه، ۱۴۰۰ ریال بازاء هر کیلووات ساعت مصرف مازاد بر ۲۰۰ کیلووات ساعت تا سقف ۶۰۰ کیلووات ساعت در ماه و ۲۰۰۰ ریال بازاء هر کیلووات ساعت مصرف مازاد بر ۶۰۰ کیلووات ساعت محاسبه می گردد.

(۳) در این حالت، میزان مصرف واحد در محدوده پله دوم قرار گرفته و هزینه بیشتری به مصرف کننده تحمیل می شود. با جایگزینی یک LED بجای یکی از هالوژنهای ویتترین می توان مقدار مصرف را به زیر ۲۰۰ کیلو وات ساعت رساند که در محدوده پله دوم قرار دارد.

جدول ۳ - مقایسه لامپ هالوژن و LED با ۳ دیود نوری پرتوان در حالت های مختلف

| کاهش انتشار آلاینده های زیست محیطی (هزار تن CO ₂) ^(۷) | مصرف سوخت ^(۳) | | اجتناب از توسعه بخش تولید ^(۳) | | صرفه جویی انرژی سالانه برای یک میلیون لامپ (GWh) ^(۶) | تعداد مصرف کنندگان برای یک میلیون لامپ (هزار واحد) | کاهش بار یک مصرف برای یک میلیون شعله لامپ (MW) | دوره بازگشت سرمایه از دیدگاه مصرف کننده (ماه) | توضیحات | | | دیدگاه ها و مصرف کننده های مختلف ^(۱) |
|--|--|-----------------------------------|---|--|---|--|--|---|----------------|----------------|-----------------|---|
| | هزینه صرفه جویی شده سوخت (میلیارد ریال) ^(۱) | کاهش سوخت مصرفی (میلیون متر مکعب) | هزینه احداث نیروگاه معادل (میلیارد ریال) ^(۵) | صرفه جویی توان معادل تولید (MW) ^(۴) | | | | | مصرف کننده (۱) | مصرف کننده (۲) | مصرف کننده (۳) | |
| ۵۰/۲ | ۲۲ | ۲۰ | ۱۲۲/۳ | ۱۷/۱ | ۵۹/۲ | ۳۳/۳ | ۱۳/۷ | ۲۰ | مصرف کننده (۱) | دیدگاه (۱) | حفظ شار نوری | |
| | | | | | | | | | مصرف کننده (۲) | مصرف کننده (۲) | | |
| | | | | | | | | | مصرف کننده (۳) | مصرف کننده (۳) | | |
| ۱۷۲ | ۷۵/۵ | ۶۸/۶ | ۴۲۰/۴ | ۵۸/۸ | ۲۰۳ | ۱۰۰ | ۴۷ | ۴ | مصرف کننده (۱) | دیدگاه (۲) | جایگزینی کل | |
| | | | | | | | | ۳ | مصرف کننده (۲) | مصرف کننده (۲) | | |
| | | | | | | | | ۲/۵ | مصرف کننده (۳) | مصرف کننده (۳) | | |
| ۱۷۲ | ۷۵/۵ | ۶۸/۶ | ۴۲۰/۴ | ۵۸/۸ | ۲۰۳ | ۱۴۳ | ۴۷ | ۴ | مصرف کننده (۱) | دیدگاه (۳) | حفظ شدت روشنایی | |
| | | | | | | | | ۳ | مصرف کننده (۲) | مصرف کننده (۲) | | |
| | | | | | | | | ۲/۶ | مصرف کننده (۳) | مصرف کننده (۳) | | |

- (۱) مصرف کننده ها بر حسب تعداد لامپ هالوژن ۱۰، ۲۰ یا ۴۰ شعله، به ترتیب به نوع (۱)، نوع (۲) و نوع (۳) تقسیم شده اند.
 (۲) محاسبات با در نظر گرفتن کارکرد سالانه ۴۳۲۰ ساعت (۱۲ ساعت کارکرد روزانه لامپ) می باشد.
 (۳) محاسبات برای یک میلیون شعله لامپ LED انجام شده است.
 (۴) میزان تلفات انتقال و توزیع، ۲۰٪ در نظر گرفته شده است.
 (۵) هزینه احداث نیروگاه سیکل ترکیبی، ۶۵۰ دلار بر کیلووات و قیمت تقریبی دلار، ۱۱۰۰۰ ریال در نظر گرفته شده است.
 (۶) قیمت گاز طبیعی در محاسبات، ۱۰ سنت (۰/۱ دلار) بازا هر متر مکعب و قیمت تقریبی دلار، ۱۱۰۰۰ ریال در نظر گرفته شده است.
 (۷) میزان آلاینده های دی اکسید کربن برابر ۶۷۷/۸۲۶ گرم بر کیلووات ساعت تولید در نظر گرفته شده است. محاسبات برای استفاده از یک میلیون لامپ LED انجام شده است.

۲-۳. چراغ LED با یک عدد دیود نوری ۵ وات پرتوان:

قیمت هر لامپ از این نوع در بازار حدود ۱۳۰،۰۰۰ ریال است که بسیار بیشتر از قیمت ۱۵۰۰۰ ریالی لامپهای هالوژن می باشد. ضمن آنکه شار نوری هر لامپ هالوژن حدود ۲ برابر شار نوری هر لامپ LED با ۵ دیود نوری پرتوان می باشد بنابراین برای ایجاد شار روشنایی یکسان می توان طرح جایگزینی هر ۲ لامپ LED بجای یک لامپ هالوژن را در نظر گرفت (در این مسئله، عوامل دیگری نظیر منحنی پخش نور و نحوه چیدمان دیودهای LED درون چراغ نیز مطرح می باشند که در محاسبات از آنها صرف نظر شده است). نتایج این طرح در جدول ۴ نشان داده شده است.

جدول ۵ مقایسه کلی سناریوهای مختلف چراغ LED با یک دیود نوری ۵ وات پرتوان را نشان می دهد.

جدول ۴ - مقایسه لامپ هالوژن و LED با یک دیود نوری ۵ وات پرتوان LED^(۱)

| دیدگاه ۳ | | | دیدگاه ۲ | | | دیدگاه ۱ | | | چراغ هالوژن | | | شرح |
|------------------------|----------------|----------------|-------------------------|----------------|----------------|-----------------|----------------|----------------|-----------------|----------------|----------------|---|
| حفظ تقریبی شدت روشنایی | | | حفظ تعداد و جایگزینی کل | | | حفظ شار نوری | | | | | | |
| مصرف کننده (۳) | مصرف کننده (۲) | مصرف کننده (۱) | مصرف کننده (۳) | مصرف کننده (۲) | مصرف کننده (۱) | مصرف کننده (۳) | مصرف کننده (۲) | مصرف کننده (۱) | مصرف کننده (۳) | مصرف کننده (۲) | مصرف کننده (۱) | |
| ۵ | | | ۵ | | | ۵ | | | ۵۰ | | | توان مصرفی هر لامپ (وات) |
| ۱۲ | ۶ | ۳ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۴۰ | ۲۰ | ۱۰ | هالوژن |
| ۲۸ | ۱۴ | ۷ | ۴۰ | ۲۰ | ۱۰ | ۸۰ | ۴۰ | ۲۰ | ۰ | ۰ | ۰ | LED |
| ۷۴۰ | ۳۷۰ | ۱۸۵ | ۲۰۰ | ۱۰۰ | ۵۰ | ۴۰۰ | ۲۰۰ | ۱۰۰ | ۲۰۰۰ | ۱۰۰۰ | ۵۰۰ | توان مصرفی ویتترین (وات) |
| ۴۳۲۰ / ۳۶۰ / ۱۲ | | | ۴۳۲۰ / ۳۶۰ / ۱۲ | | | ۴۳۲۰ / ۳۶۰ / ۱۲ | | | ۴۳۲۰ / ۳۶۰ / ۱۲ | | | زمان روشن روزانه / ماهانه / سالانه (ساعت) |
| ۱۵۰۰۰۰ | | | - | | | - | | | ۱۵۰۰۰۰ | | | هالوژن |
| ۱۳۰۰۰۰۰ | | | ۱۳۰۰۰۰۰ | | | ۱۳۰۰۰۰۰ | | | - | | | LED |
| ۱۰۰۰۰ | | | - | | | - | | | ۱۰۰۰۰ | | | هالوژن |
| ۱۵۰۰۰۰ | | | ۱۵۰۰۰۰ | | | ۱۵۰۰۰۰ | | | - | | | LED |
| ۵ | | | - | | | - | | | ۵ | | | هالوژن |
| ۱ | | | ۱ | | | ۱ | | | - | | | LED |
| ۵ | | | - | | | - | | | ۵ | | | هالوژن |
| - | | | - | | | - | | | - | | | LED |
| ۴۵۴۰ | ۲۲۷۰ | ۱۱۳۵ | ۵۲۰۰ | ۲۶۰۰ | ۱۳۰۰ | ۱۰۴۰۰ | ۵۲۰۰ | ۲۶۰۰ | ۳۰۰۰ | ۱۵۰۰ | ۷۵۰ | هزینه خرید لامپ در سال اول (هزار ریال) |
| ۹۰۰ | ۴۵۰ | ۲۲۵ | - | - | - | - | - | - | ۳۰۰۰ | ۱۵۰۰ | ۷۵۰ | هزینه خرید لامپ در سال دوم (هزار ریال) |
| ۹۰۰ | ۴۵۰ | ۲۲۵ | - | - | - | - | - | - | ۳۰۰۰ | ۱۵۰۰ | ۷۵۰ | هزینه خرید لامپ در سال سوم (هزار ریال) |
| ۶۳۴۰ | ۳۱۷۰ | ۱۵۸۵ | ۵۲۰۰ | ۲۶۰۰ | ۱۳۰۰ | ۱۰۴۰۰ | ۵۲۰۰ | ۲۶۰۰ | ۹۰۰۰ | ۴۵۰۰ | ۲۲۵۰ | هزینه کل خرید لامپ (هزار ریال) |
| - | | | - | | | ۵۰۰۰۰ | | | - | | | هزینه سیم کشی و نصب هر چراغ جدید (ریال) |
| - | | | - | | | - | | | - | | | هزینه سیم کشی و نصب کل (هزار ریال) |
| ۲۶۶/۴ ^(۳) | ۱۳۳/۲ | ۶۶/۶ | ۷۲ | ۳۶ | ۱۸ | ۱۴۴ | ۷۲ | ۳۶ | ۷۲۰ | ۳۶۰ | ۱۸۰ | انرژی مصرفی در هر ماه (کیلووات ساعت) |
| ۴۵۳/۶ | ۲۲۶/۸ | ۱۱۳/۴ | ۶۴۸ | ۳۲۴ | ۱۶۲ | ۵۷۶ | ۲۸۸ | ۱۴۴ | - | - | - | صرفه جویی انرژی در ماه (کیلووات ساعت) |
| ۲۹۳ | ۱۳۳/۲ | ۶۶/۶ | ۷۲ | ۳۶ | ۱۸ | ۱۴۴ | ۷۲ | ۳۶ | ۱۰۰۰ | ۴۲۴ | ۱۸۰ | هزینه انرژی در ماه (هزار ریال) ^(۳) |
| ۸۰۵۶ | ۳۸۶۸/۴ | ۱۹۳۴/۲ | ۶۰۶۴ | ۳۰۳۲ | ۱۵۱۶ | ۱۶۱۲۸ | ۸۰۶۴ | ۴۰۳۲ | ۱۵۰۰۰ | ۶۵۸۸ | ۲۹۱۰ | هزینه کل در سال اول (هزار ریال) |
| ۳۵۱۶ | ۱۵۹۸/۴ | ۷۹۹/۲ | ۸۶۴ | ۴۳۲ | ۲۱۶ | ۱۷۲۸ | ۸۶۴ | ۴۳۲ | ۱۵۰۰۰ | ۶۵۸۸ | ۲۹۱۰ | هزینه کل در سال دوم (هزار ریال) |
| ۳۵۱۶ | ۱۵۹۸/۴ | ۷۹۹/۲ | ۸۶۴ | ۴۳۲ | ۲۱۶ | ۱۷۲۸ | ۸۶۴ | ۴۳۲ | ۱۵۰۰۰ | ۶۵۸۸ | ۲۹۱۰ | هزینه کل در سال سوم (هزار ریال) |
| ۱۵۰۸۸ | ۷۰۶۵/۲ | ۳۵۳۲/۶ | ۷۷۹۲ | ۳۸۹۶ | ۱۹۴۸ | ۱۹۵۸۴ | ۹۷۹۲ | ۴۸۹۶ | ۴۵۰۰۰ | ۱۹۷۴۶ | ۸۷۳۰ | هزینه کل در یک دوره ۳ ساله (هزار ریال) |
| ۲۹۹۱۲ | ۱۲۶۸۰/۸ | ۵۱۹۷/۴ | ۳۷۲۰۸ | ۱۵۸۵۰ | ۶۷۸۲ | ۲۵۴۱۶ | ۹۹۵۴ | ۳۸۳۴ | - | - | - | صرفه جویی دوره ۳ ساله (هزار ریال) |
| ۴ | ۵ | ۶ | ۴/۵ | ۵/۲ | ۵/۷ | ۱۳ | ۱۵ | ۱۷/۵ | - | - | - | دوره بازگشت سرمایه واحد (ماه) |

(۱) مصرف کننده ها بر حسب تعداد لامپ هالوژن ۱۰، ۲۰ یا ۴۰ شعله، به ترتیب به نوع (۱)، نوع (۲) و نوع (۳) تقسیم شده اند.

(۲) هزینه انرژی بر مبنای روش پلکانی برای واحدهای تجاری بصورت ۱۰۰۰ ریال بازاء هر کیلووات ساعت برای مصارف کمتر از ۲۰۰ کیلووات ساعت در ماه، ۱۴۰۰ ریال بازاء هر کیلووات ساعت مصرف مازاد بر ۲۰۰ کیلووات ساعت تا سقف ۶۰۰ کیلووات ساعت در ماه و ۲۰۰۰ ریال بازاء هر کیلووات ساعت مصرف مازاد بر ۶۰۰ کیلووات ساعت محاسبه می گردد.

(۳) در این حالت، میزان مصرف واحد در محدوده پله دوم قرار گرفته و هزینه بیشتری به مصرف کننده تحمیل می شود. با جایگزینی دو LED بجای دو عدد از هالوژنهای ویتترین می توان مقدار مصرف را به زیر ۲۰۰ کیلو وات ساعت رساند که در محدوده پله دوم قرار دارد.

جدول ۵ - مقایسه لامپ هالوژن و LED با یک دیود نوری ۵ وات پرتوان در حالت های مختلف

| کاهش انتشار آلاینده های زیست محیطی (هزار تن CO ₂) ^(۷) | مصرف سوخت ^(۳) | | اجتناب از توسعه بخش تولید ^(۴) | | صرفه جویی انرژی سالانه برای یک میلیون لامپ (kWh) ^(۵) | تعداد مصرف کنندگان برای یک میلیون لامپ LED (هزار واحد) | کاهش بار بیک مصرف برای یک میلیون شعله لامپ (MW) | دوره بازگشت سرمایه از دیدگاه مصرف کننده (ماه) | توضیحات | | | دیدگاه ها و مصرف کننده های مختلف ^(۱) |
|--|--|-----------------------------------|---|--|---|--|---|---|----------------|----------------|-----------------|---|
| | هزینه صرفه جویی شده سوخت (میلیارد ریال) ^(۱) | کاهش سوخت مصرفی (میلیون متر مکعب) | هزینه احداث نیروگاه معادل (میلیارد ریال) ^(۵) | صرفه جویی توان معادل تولید (MW) ^(۶) | | | | | مصرف کننده (۱) | مصرف کننده (۲) | مصرف کننده (۳) | |
| | | | | | | | | | | | | |
| ۷۳/۲ | ۳۲/۱ | ۲۹/۲ | ۱۷۸/۸ | ۲۵ | ۸۶/۴ | ۵۰ | ۲۰ | ۱۷/۵ | مصرف کننده (۱) | دیدگاه (۱) | حفظ شار نوری | |
| | | | | | | | | | ۱۵ | مصرف کننده (۲) | | مصرف کننده (۲) |
| | | | | | | | | | ۱۳ | مصرف کننده (۳) | | مصرف کننده (۳) |
| ۱۶۵ | ۷۲/۲ | ۶۵/۶۷ | ۴۰۲/۵ | ۵۶/۳ | ۱۹۴/۴ | ۱۰۰ | ۴۵ | ۵/۷ | مصرف کننده (۱) | دیدگاه (۲) | جایگزینی کل | |
| | | | | | | | | | ۵/۲ | مصرف کننده (۲) | | مصرف کننده (۲) |
| | | | | | | | | | ۴/۵ | مصرف کننده (۳) | | مصرف کننده (۳) |
| ۱۶۵ | ۷۲/۲ | ۶۵/۶۷ | ۴۰۲/۵ | ۵۶/۳ | ۱۹۴/۴ | ۱۴۳ | ۴۵ | ۶ | مصرف کننده (۱) | دیدگاه (۳) | حفظ شدت روشنایی | |
| | | | | | | | | | ۵ | مصرف کننده (۲) | | مصرف کننده (۲) |
| | | | | | | | | | ۴ | مصرف کننده (۳) | | مصرف کننده (۳) |

(۱) مصرف کننده ها بر حسب تعداد لامپ هالوژن ۱۰، ۲۰ یا ۴۰ شعله، به ترتیب به نوع (۱)، نوع (۲) و نوع (۳) تقسیم شده اند.

(۲) محاسبات با در نظر گرفتن کارکرد سالانه ۴۳۲۰ ساعت (۱۲ ساعت کارکرد روزانه لامپ) می باشد.

(۳) محاسبات برای یک میلیون شعله لامپ LED انجام شده است.

(۴) میزان تلفات انتقال و توزیع، ۲۰٪ در نظر گرفته شده است.

(۵) هزینه احداث نیروگاه سیکل ترکیبی، ۶۵۰ دلار بر کیلووات و قیمت تقریبی دلار، ۱۱۰۰۰ ریال در نظر گرفته شده است.

(۶) قیمت گاز طبیعی در محاسبات، ۱۰ سنت (۰/۱ دلار) بازا هر متر مکعب و قیمت تقریبی دلار، ۱۱۰۰۰ ریال در نظر گرفته شده است.

(۷) میزان آلاینده گی دی اکسید کربن برابر ۲۷۷/۸۲۶ گرم بر کیلووات ساعت تولید در نظر گرفته شده است. محاسبات برای استفاده از یک میلیون لامپ LED انجام شده است.

۴- نتیجه گیری:

متاسفانه آمار دقیقی از تعداد لامپهای هالوژن مورد استفاده در سیستم روشنایی کشور در دست نمی باشد، ولی با توجه به تعداد زیاد مراکز تجاری و واحدهای صنفی - که اکثراً از چراغ هالوژن برای روشنایی ویتترین خود استفاده می کنند - صرفه جویی در مصارف این چراغها با استفاده از تعویض آنها می تواند بر بار پیک شبکه و مقدار مصرف انرژی الکتریکی سالانه کشور تاثیر گذار باشد.

در کنار پیشرفت های قابل توجهی که در وسایل روشنایی متداول امروزی حاصل شده است، نوع جدید لامپ های پربازده تحت عنوان لامپ های LED در حال پیدا کردن جایگاه خود در بخش روشنایی عمومی می باشند. ارزیابی های فنی و اقتصادی صورت گرفته نشان می دهند که LED های کنونی به دلیل دارا بودن پتانسیل بالای صرفه جویی در مصرف انرژی و هزینه های تمام شده، جایگزین مناسبی برای لامپ های هالوژن می باشند. با توجه به روند رو به افزایش استفاده از لامپ هالوژن در بخش خانگی و تجاری، لزوم فرهنگ سازی، آگاه سازی و ترغیب مشتریان نسبت به بکارگیری لامپ LED به جای لامپ هالوژن بیش از پیش نمایان می گردد. اگرچه قیمت خرید اولیه بالای LED ممکن است به عنوان یک عامل بازدارنده مطرح باشد، توجه به مزایای دیگر LEDها نظیر مصرف توان پایین، طول عمر طولانی و به دنبال آن بازگشت سرمایه در زمان کوتاه، در پیشبرد هدف مذکور مثرتر خواهد بود. بدیهی است نمی توان نقش مهم ارگان های مربوطه را در زمینه فرهنگ سازی و ترغیب مشتریان به بکارگیری این لامپ به جای لامپ هالوژن نادیده انگاشت. در کنار این امر، لزوم توجه به استاندارد بودن تجهیزات روشنایی و قابل قبول بودن آنها از دیدگاه فنی و روشنایی، اهمیتی غیر قابل کتمان دارد.