

# مطالعات چگونگی جایگزینی لامپ‌های بخار سدیم بجای لامپ‌های بخار جیوه در روشنایی معابر

محمد علی عباسی ورده

ایران

لامپ‌های بخار سدیم با فشار زیاد، لامپ‌های بخار جیوه با فشار زیاد، جایگزینی

## خلاصه مقاله

نمی‌گردد، لذا از لحاظ فنی و اقتصادی دارای توجیه نمی‌باشد. این مقاله پس از انجام مطالعات مذکور تهیه و تنظیم گردیده است.

## ۱- مقدمه

روشنایی معابر امروزه یکی از اجزای مهم شبکه‌های توزیع محسوب می‌شود. با توجه به کاربرد وسیع لامپ‌های بخار جیوه با فشار زیاد جهت تأمین روشنایی معابر کشور و اقدام برخی شرکت‌های توزیع به جایگزینی این لامپ‌ها با لامپ‌های بخار سدیم با فشار زیاد بررسی دقیق و علمی این جایگزینی ضروری به نظر می‌رسد که در ابتدا به منظور آشنایی با لامپ‌های تخلیه گازی مطالبی به اختصار ارائه می‌گردد و در ادامه با توجه به اندازه‌گیری‌های صورت گرفته به بیان نتایج بررسی‌های عملی و نتیجه‌گیری نهایی پرداخته می‌شود.

## ۲- لامپ‌های تخلیه گازی

در لامپ‌های تخلیه گازی جریان الکتریکی تحت شرایط مناسبی از میان گازها یا بخارها عبور می‌کند و انرژی الکتریکی به انرژی تابشی تبدیل می‌گردد. طول موج تابش به نوع گاز یا بخار و فشار آن بستگی

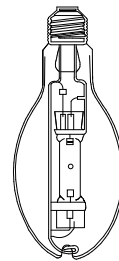
در بخش عظیمی از شبکه روشنایی معابر در کشور از چراغ‌های با لامپ بخار جیوه استفاده شده است. انتخاب این لامپ‌ها با توجه به بازده نوری پایین و طول عمر کمتر نسبت به لامپ‌های بخار سدیم مناسب به نظر نمی‌رسد. از طرفی در سال‌های اخیر در کشورهای پیشرفته نیز این لامپ‌ها به دلایل زیست محیطی و آثار سوء آن بر روی انسان و محیط زیست و بازده نوری پایین در حال از رده خارج شدن است. با توجه به مزایای لامپ‌های بخار سدیم نسبت به لامپ‌های بخار جیوه، گرایش به سمت تعویض لامپ‌های بخار جیوه با لامپ‌های بخار سدیم رو به افزونی است. اما بر اساس مشاهدات تعدادی از شرکت‌های توزیع، تنها لامپ بخار سدیم را با لامپ بخار جیوه بدون تغییر بالاست جایگزین نموده‌اند و این امر با اضافه کردن جرقه‌زن منجر به روشن شدن لامپ در مدت زمان قابل توجهی شده است. اکنون این سؤال مطرح است که آیا این جایگزینی بدون تعویض تجهیزات جانبی اصولی است؟ بر همین اساس شرکت مهندسین مشاور روشنایی نورگستر اقدام به انجام مطالعاتی در مورد جایگزینی لامپ‌های ۱۲۵ وات بخار جیوه با فشار زیاد با لامپ‌های ۷۰ وات بخار سدیم با فشار زیاد در چراغ ۱۲۵ وات بخار جیوه نمود و مشخص گردید که جایگزینی لامپ ۷۰ وات بخار سدیم بدون تعویض بالاست منجر به صرفه‌جویی در مصرف انرژی

دارد. همه لامپ‌های تخلیه گازی نیازمند یک وسیله محدودکننده جریان به صورت سری با محفظه تخلیه می‌باشند. این وسیله معمولاً یک بالاست می‌باشد که در صورت نیاز، یک خازن اصلاح ضریب توان همراه آن به کار می‌رود.

لامپ‌های تخلیه گازی در دو گروه فشار زیاد و فشار کم و براساس فلز اصلی که در صورت بخار شدن، تخلیه در آن صورت می‌گیرد، طبقه‌بندی می‌شوند. این فلزات در اکثر لامپ‌های تخلیه‌ای، جیوه و سدیم هستند. لامپ‌های بخار جیوه در دو نوع با «فشار زیاد» و با «فشار کم» موجود می‌باشند. لامپ‌های فلورسنت، از نوع «لامپ‌های بخار جیوه با فشار کم» و لامپ‌های بخار جیوه معمولی و مثال - هالید، از نوع «لامپ‌های بخار جیوه با فشار زیاد» هستند. لامپ‌های بخار سدیم نیز در دو نوع می‌باشند، «لامپ‌های بخار سدیم با فشار کم» که فقط نور زرد منتشر می‌کنند و عمدتاً برای روشنایی خیابان‌ها از آنها استفاده می‌شود و «لامپ‌های بخار سدیم با فشار زیاد»، که با نور سفید طلایی خود برای روشنایی معابر و روشنایی نورافکنی به کار می‌روند.

## ۱-۲- لامپ‌های بخار جیوه با فشار زیاد

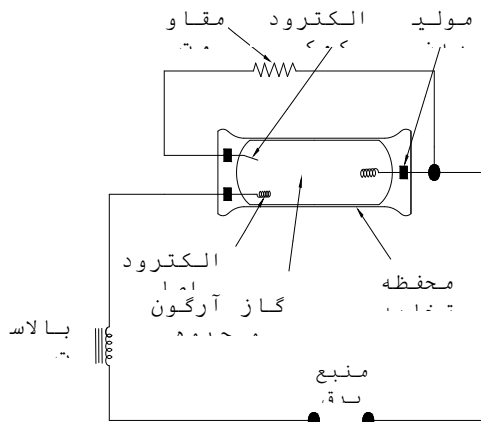
در شکل ۱ ساختمان عمومی لامپ‌های بخار جیوه با فشار زیاد نشان داده شده است. روش راه‌اندازی این لامپ‌ها با روش مورد استفاده در لامپ‌های فلورسنت که در آنها از ایجاد یک ولتاژ ضربه‌ای و پیش‌گرم کردن الکترودها استفاده می‌شود متفاوت است. در لامپ‌های بخار جیوه با فشار زیاد از یک الکتروود «کمکی» یا راه‌انداز استفاده می‌شود. در شکل ۲ طرز قرار گرفتن الکترودها به صورت شماتیک نشان داده شده است. در این شکل مشاهده می‌شود که الکتروود کمکی از طریق یک مقاومت به الکتروود مقابل متصل است.



شکل ۱- لامپ بخار جیوه با فشار زیاد با پوشش فلورسنت

هنگامی که کلید مدار لامپ در وضعیت روشن قرار می‌گیرد، ولتاژ منبع برق مابین دو الکتروود اصلی و همچنین مابین الکتروود کمکی و الکتروود اصلی مجاور آن ظاهر می‌شود. میدان الکتریکی ایجاد شده در فضای کوچک بین الکتروود کمکی و اصلی، گاز آرگون را که

درون محفظه تخلیه قرار دارد یونیزه می‌کند. این امر باعث یونیزاسیون گاز در سایر قسمت‌های محفظه تخلیه شده و تخلیه گازی ما بین دو الکتروود اصلی آغاز می‌شود. گرمای ناشی از تخلیه گازی فوق، جیوه موجود در لوله را بخار کرده و سپس تخلیه به وسیله بخار جیوه ادامه می‌یابد. برای رسیدن این فرایند به حالت پایدار و در نتیجه نوردهی کامل، حدود ده دقیقه زمان لازم است. در صورت خاموش و روشن کردن سریع لامپ، به علت بالا بودن بیش از حد فشار داخل لامپ برای راه‌اندازی در ولتاژ منبع برق، لامپ روشن نخواهد شد. در این حالت لامپ نیاز به خنک شدن دارد تا با پایین آمدن فشار، عمل یونیزاسیون بتواند انجام گیرد. در لامپ‌های بخار جیوه با فشار زیاد نیز همانند همه لامپ‌های تخلیه گازی نیاز به یک وسیله محدودکننده جریان به صورت سری با محفظه تخلیه می‌باشد. برای این منظور معمولاً از یک بالاست استفاده می‌شود. این لامپ‌ها برای راه‌اندازی نیازی به جرقه‌زن ندارند.



شکل ۲- محفظه تخلیه لامپ بخار جیوه با فشار زیاد

مشخصات فنی لامپ‌های بخار جیوه تحت ولتاژ ۲۲۰ ولت در جدول ۱ آورده شده است.

توان (W)	ولتاژ لامپ (V)	جریان لامپ (A)	خازن استاندارد (μF)
125	125±15	1.15	10
250	130±15	2.13	18
400	135±15	3.25	25

جدول ۱- مشخصات فنی لامپ‌های بخار جیوه

## ۲-۲- لامپ‌های بخار سدیم با فشار زیاد

توان (W)	ولتاژ لامپ (V)	جریان لامپ (A)	خازن استاندارد ( $\mu F$ )
70	90±15	0.98	12
150	100±15	1.8	20
250	100±15	3	32

جدول ۲- مشخصات فنی لامپ‌های بخار سدیم

### ۳- نتایج آزمون‌ها

به منظور دستیابی به اهداف پروژه، مطالعات بر روی لامپ‌های ۷۰ وات بخار سدیم و ۱۲۵ وات بخار جیوه که از نظر الکتریکی با یکدیگر قابل قیاس می‌باشند صورت پذیرفته است.

آزمون‌ها با اندازه‌گیری پارامترهای الکتریکی نظیر جریان لامپ، ولتاژ لامپ، توان مصرفی لامپ و ... بر روی لامپ‌های بخار جیوه ۱۲۵ وات همراه با بالاست‌های ۱۲۵ وات بخار جیوه، لامپ‌های بخار سدیم ۷۰ وات همراه با بالاست‌های ۷۰ وات بخار سدیم و لامپ‌های ۷۰ وات بخار سدیم به همراه بالاست‌های ۱۲۵ وات بخار جیوه انجام گرفته و نتایج مربوطه در جداول ۳، ۵ و ۷ منعکس شده است. در این مطالعات از لامپ‌های دو شرکت سازنده لامپ و بالاست‌های سه شرکت مختلف استفاده شده است.

ذکر این نکته ضروری است که استفاده از خازن در مدار لامپ به منظور جبران جریان سلفی ناشی از بالاست باعث کاهش قابل توجه جریان ورودی خواهد گردید. بنابراین در بررسی‌های انجام شده از خازن ۹ میکروفارادی به صورت موازی با منبع ولتاژ استفاده گردیده است.

#### ۳-۱- لامپ ۱۲۵ وات بخار جیوه به همراه بالاست ۱۲۵ وات بخار جیوه

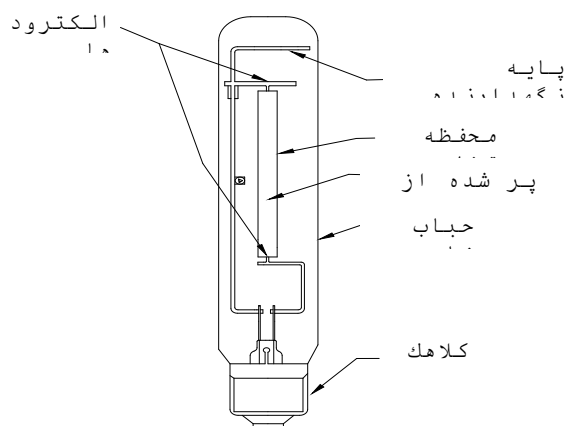
نتایج حاصل از انجام آزمون‌های الکتریکی تحت ولتاژ کاری ۲۲۰ ولت در جدول ۳ درج گردیده است.

سازنده لامپ	سازنده بالاست	جریان ورودی (A)	جریان لامپ (A)	ولتاژ لامپ (V)	توان (W)
1	1	0.691	1.165	119	131
1	2	0.677	1.174	117.1	129
1	3	0.64	1.12	117.2	125
2	1	0.692	1.156	121.9	134
2	2	0.645	1.103	122.5	128
2	3	0.646	1.12	117.8	127

محفظه تخلیه لامپ‌های بخار سدیم با فشار زیاد از اکسید آلومینیوم زینتر شده، که در برابر فعالیت شیمیایی بخار سدیم با فشار زیاد و دمای بالا مقاوم می‌باشد، ساخته می‌شود. مواد فوق را نمی‌توان همانند شیشه یا کوارتز شکل داد، بنابراین الکترودها به میله‌های مولیبدنی که در هر یک از دو انتهای محفظه تخلیه از طریق ذوب شدن جوش خورده است متصل می‌شوند (ساختمان این نوع لامپ در شکل ۳ نشان داده شده است).

محفظه تخلیه محتوی گاز کریپتون برای راه‌اندازی و ملقمه‌ای از سدیم و جیوه می‌باشد. جیوه باعث تغییر مشخصه‌های الکتریکی محفظه تخلیه می‌شود، به طوری که اندازه بالاست بتواند مشابه اندازه بالاست‌های مورد استفاده در لامپ‌های بخار جیوه گردد.

لامپ‌های بخار سدیم پرفشار با توجه به بهره‌نوری و طول عمر بالا و رنگ نور مناسب، بهترین گزینه برای تأمین روشنایی بیرونی نظیر خیابان‌های فرعی، جاده‌های فرعی، پیاده‌روها، خیابان‌های اصلی، میادین و پل‌ها، تونل‌ها و راه‌های زیر زمینی، تقاطع‌ها و راه‌های انحرافی می‌باشند.



شکل ۳- ساختمان یک لامپ بخار سدیم با فشار زیاد

برای راه‌اندازی لامپ‌های بخار سدیم پر فشار وجود جرقه‌زن (Ignitor) الزامی است. وظیفه جرقه‌زن ایجاد و اعمال یک جریان با ولتاژ بالا، بین ۲/۵ الی ۵ کیلو ولت در مدت زمان بسیار کوتاه بر روی لامپ است. این ولتاژ باعث خواهد شد گاز موجود در کپسول لامپ‌های گازی سریعاً یونیزه شده و جریان الکتریکی را به راحتی از خود عبور دهد تا لامپ روشن شود. جرقه‌زن بلافاصله پس از روشن شدن لامپ از مدار خارج و تولید ولتاژ زیاد متوقف می‌گردد. در لامپ‌های بخار سدیم با فشار بالا نیز بالاست وظیفه کنترل جریان را بر عهده دارد.

جدول ۲ مشخصات فنی لامپ‌های بخار سدیم با فشار بالا را نشان می‌دهد.

نتایج آزمون‌ها بر روی لامپ‌های ۷۰ وات بخار سدیم که از بالاست ۷۰ وات بخار سدیم در ولتاژ کاری ۲۲۰ ولت بهره می‌گیرد مطابق جدول ۵ می‌باشد.

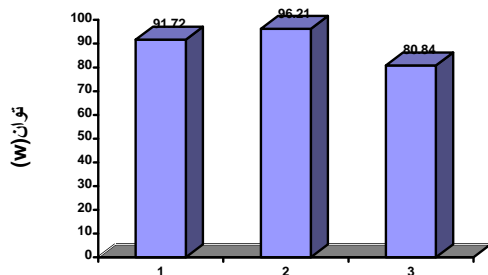
جدول ۵- نتایج آزمون‌های الکتریکی بر روی لامپ‌های بخار سدیم با بالاست‌های بخار سدیم

ضمن این که کاتالوگ سازنده لامپ (شرکت نورافشان) حاوی اطلاعات زیر در خصوص لامپ ۷۰ وات بخار سدیم در ولتاژ کاری ۲۲۰ ولت می‌باشد:

نوع لامپ	توان (W)	ولتاژ لامپ (V)	شدت جریان (A)
بخار سدیم	70	90±15	0.98

جدول ۶- مشخصات لامپ‌های بخار سدیم شرکت نورافشان

نمودار حاصل از متوسط توان مصرفی هر دو نوع لامپ بخار سدیم با سه نوع بالاست به ترتیبی است که در نمودار ۲ آمده است:



نمودار 2- نمودار توان مصرفی متوسط لامپ‌های 70 وات بخار سدیم با سه نوع بالاست 70 وات سدیم

در این بررسی متوسط توان مصرفی لامپ‌های ۷۰ وات بخار سدیم همراه با سه نوع بالاست ۷۰ وات بخار سدیم ۸۹/۶۲ وات با تیرانس ۹/۸ می‌باشد. جریان لامپ‌ها نیز دارای مقدار متوسط ۱/۰۰۶ آمپر با تیرانس ۶/۷۶ می‌باشد. همچنین مشاهده می‌شود که بالاست راما ۷۰ وات سدیم، کمترین توان مصرفی کل را در بین سه بالاست مورد آزمون دارا می‌باشد. مصرف توان این بالاست حدود ۱۰ کمتر از مورد دیگر بوده است.

۳-۳- لامپ ۷۰ وات بخار سدیم به همراه بالاست ۱۲۵ وات بخار سدیم

سازنده لامپ	سازنده بالاست	جریان ورودی (A)	جریان لامپ (A)	ولتاژ لامپ (V)	توان (W)
1	1	0.509	1.018	94	92
1	2	0.508	1.041	94.8	95
1	3	0.44	0.978	84	79
2	1	0.508	1.022	93.3	92
2	2	0.516	1.035	95.8	98
2	3	0.43	0.943	92.9	82

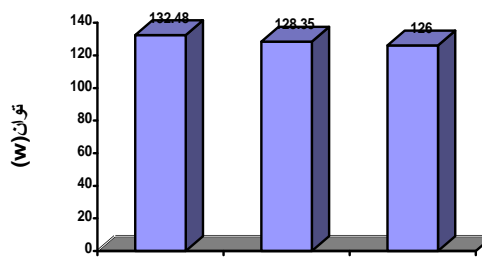
جدول ۳- نتایج آزمون‌های الکتریکی بر روی لامپ‌های بخار جیوه با بالاست‌های بخار جیوه

ضمن این که اطلاعات بدست آمده از کاتالوگ لامپ نورافشان در ولتاژ کاری ۲۲۰ ولت بدین قرار است:

نوع لامپ	توان (W)	ولتاژ لامپ (V)	شدت جریان (A)
بخار جیوه	125	125±15	1.15

جدول ۴- مشخصات لامپ‌های بخار جیوه شرکت نورافشان

نمودار متوسط توان مصرفی هر دو نوع لامپ بخار جیوه با سه نوع بالاست در نمودار ۱ آورده شده است.

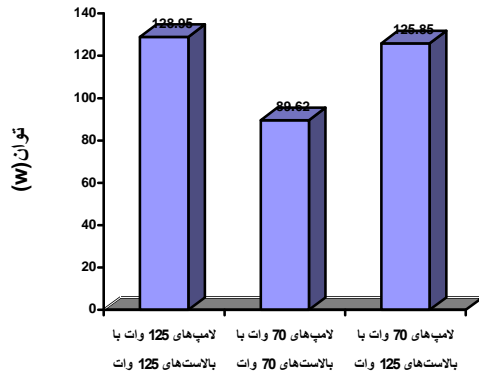


نمودار 1- نمودار توان مصرفی متوسط لامپ‌های 125 وات بخار جیوه با سه نوع بالاست 125 وات جیوه

در این بررسی متوسط توان مصرفی لامپ‌های ۱۲۵ وات بخار جیوه همراه با سه نوع بالاست ۱۲۵ وات بخار جیوه ۱۲۸/۹۵ وات با تیرانس ۳/۸۳ می‌باشد. همچنین جریان لامپ‌ها دارای مقدار متوسط ۱/۱۴ آمپر با تیرانس ۳/۲۴ است.

۳-۲- لامپ ۷۰ وات بخار سدیم به همراه بالاست ۷۰ وات بخار سدیم

استفاده از لامپ‌های ۷۰ وات بخار سدیم همراه با بالاست‌های ۱۲۵ وات بخار جیوه نتایج موجود در جدول ۷ را به دنبال داشته است:



نمودار 4- نمودار توان متوسط مصرفی سه نوع لامپ با سه نوع بالاست

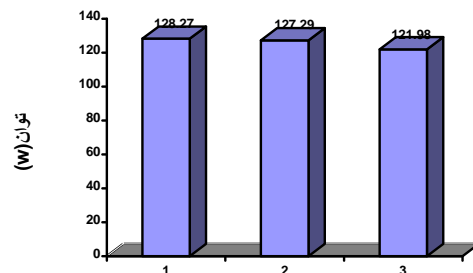
همانطور که ملاحظه می‌شود استفاده از لامپ ۷۰ وات بخار سدیم بجای لامپ ۱۲۵ وات بخار جیوه در چراغ ۱۲۵ وات بخار جیوه باعث صرفه‌جویی چندانی در مصرف توان نمی‌گردد، برخلاف انتظار که تصور می‌شود لامپ ۷۰ وات در این جایگزینی توان بسیار کمتری نسبت به لامپ ۱۲۵ وات مصرف می‌کند. بنابراین جایگزین نمودن لامپ‌های ۱۲۵ وات بخار جیوه با لامپ‌های ۷۰ وات بخار سدیم بدون جایگزینی بالاست از نظر مصرف انرژی مقرون به صرفه نمی‌باشد.

به منظور بررسی جریان متوسط لامپ‌ها در هر یک از حالات به نمودار ۵ رجوع می‌گردد. با توجه به این نمودار ملاحظه می‌شود که هنگام استفاده از لامپ ۷۰ وات بخار سدیم به همراه بالاست ۱۲۵ وات بخار جیوه، جریان لامپ نسبت به حالت لامپ و بالاست ۷۰ وات بخار سدیم به میزان ۲۳/۷۶ افزایش یافته که رقم نسبتاً زیادی است. این اضافه جریان موجب افزایش احتمال صدمه به لامپ و کاهش طول عمر آن می‌گردد. این تحلیل به سایر توان‌ها نیز قابل تعمیم می‌باشد، بدین معنی که در سایر توان‌ها که امکان جایگزینی لامپ بخار جیوه با لامپ بخار سدیم وجود دارد افزایش جریان لامپ، کاهش طول عمر مفید لامپ دربر خواهد داشت

توان لامپ	سازنده بالاست	جریان ورودی (A)	جریان لامپ (A)	ولتاژ لامپ (V)	توان (W)
1	1	0.769	1.288	107.2	127
1	2	0.723	1.255	101.4	122
1	3	0.757	1.277	105.4	127
2	1	0.746	1.247	114.5	130
2	2	0.693	1.205	109.1	122
2	3	0.732	1.231	112	128

جدول ۷- نتایج آزمون‌های الکتریکی بر روی لامپ‌های بخار سدیم با بالاست بخار جیوه

نمودار ۳ بیانگر توان مصرفی متوسط لامپ‌های بخار سدیم با سه نوع بالاست بخار جیوه می‌باشد.



نمودار 3- نمودار توان مصرفی متوسط لامپ‌های 70 وات بخار سدیم با سه نوع بالاست 125 وات بخار جیوه

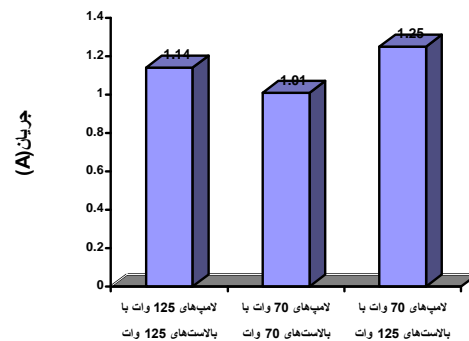
## ۴- تحلیل و بررسی

### ۴-۱- تحلیل فنی

اکنون می‌توان به مقایسه توان‌های مصرفی در هر سه حالت ذکر شده پرداخت. بدین منظور از مقادیر متوسط بدست آمده در هر یک از حالات مذکور استفاده می‌شود (نمودار ۴).

حالت مورد آزمون	هزینه‌های تعویض تجهیزات (ریال)	صرفه‌جویی در هزینه انرژی مصرفی در طول یک سال (ریال)
تعویض لامپ و بالاست وات جیوه با لامپ و بالاست 70 وات سدیم	262,000.00	101,378.19
تعویض لامپ 125 وات بخار جیوه با لامپ 70 وات بخار سدیم	173,700.00	7,990.65

جدول ۸- هزینه‌های هر یک از حالات مورد بررسی



مقدار 5- نمودار جریان‌های متوسط در حالات مورد آزمون

همانطور که جدول ۸ نشان می‌دهد بازگشت سرمایه در صورت جایگزینی لامپ و بالاست ۱۲۵ وات جیوه با لامپ و بالاست ۷۰ وات سدیم حدود ۲/۵ سال می‌باشد. چنانچه بالاست تعویض نشود بازگشت سرمایه در حدود ۲۱/۵ سال خواهد بود. بنابراین مشخص می‌شود که جایگزینی لامپ به تنهایی و بدون جایگزینی بالاست از لحاظ اقتصادی توجیه‌پذیر نمی‌باشد.

لازم به ذکر است که بهای یک چراغ خیابانی بخار سدیم دایکاست ۷۰ وات در فهرست بهاء معادل ۳۵۰,۰۰۰ ریال و با احتساب هزینه‌های سهم ماشین آلات و دستمزد نصب ۴۲۱,۶۰۰ ریال می‌باشد که این هزینه در مقایسه با هزینه ۲۶۲,۰۰۰ ریالی تعویض لامپ و بالاست و نصب جرقه‌زن رقم نسبتاً بالایی است.

بنابراین بهینه‌سازی چراغ‌های ۱۲۵ وات بخار جیوه از طریق تعویض تجهیزات آن با لامپ ۷۰ وات بخار سدیم و ملحقات مربوطه از جمله تعویض یا نصب لاستیک‌های سیلیکونی مخصوص درجه حفاظت، اقتصادی‌تر به نظر می‌رسد.

## ۵- نتیجه‌گیری

از نتایج مطالعات انجام شده در مورد جایگزینی لامپ‌های بخار سدیم ۷۰ وات با لامپ‌های بخار جیوه ۱۲۵ وات بدون تغییر بالاست اینگونه استنباط می‌گردد که این جایگزینی با صرفه‌جویی در مصرف توان همراه نیست و دارای توجیه اقتصادی و فنی نمی‌باشد. همچنین تعویض چراغ ۱۲۵ وات بخار جیوه با چراغ ۷۰ وات بخار سدیم از نظر فنی مزیتی بر تعویض لامپ و بالاست و اضافه نمودن جرقه‌زن ندارد. ضمن اینکه از نظر اقتصادی توجیه نمی‌گردد. درحالی که جایگزینی لامپ و بالاست ۱۲۵ وات جیوه با لامپ و بالاست ۷۰ وات سدیم همراه با ملحقات مربوطه ضمن کاهش تلفات توان مصرفی، بازگشت سرمایه ۲/۵ ساله را در پی دارد.

بنابراین تعویض لامپ و بالاست ۱۲۵ وات جیوه در چراغ ۱۲۵ وات بخار جیوه با لامپ و بالاست ۷۰ وات سدیم و اضافه نمودن جرقه‌زن و

## ۴-۲- تحلیل اقتصادی

از نظر اقتصادی جایگزینی لامپ ۱۲۵ وات بخار جیوه با لامپ ۷۰ وات بخار سدیم بدون جایگزینی بالاست با توجه به کاهش ۲/۴ درصدی توان مصرفی و با در نظر گرفتن نرخ ۶۴۲ ریالی هر کیلو وات ساعت مصرف انرژی مصوب وزارت نیرو و با احتساب ۱۱ ساعت کارکرد چراغ در شبانه‌روز در طول یک سال، به رقم ۷,۹۹۰/۶۵۳ ریال کاهش هزینه برق مصرفی برای هر چراغ می‌انجامد. این در حالی است که استفاده از لامپ بخار سدیم ۷۰ وات همراه با بالاست سدیم ۷۰ وات موجب کاهش ۳۰/۵ درصدی توان مصرفی برای هر چراغ می‌گردد که صرفه‌جویی سالیانه ۱۰۱,۳۷۸/۱۹ ریال را برای هر چراغ در پی خواهد داشت که در قیاس با لامپ ۷۰ وات بخار سدیم همراه با بالاست ۱۲۵ وات جیوه رقم قابل ملاحظه‌ای بشمار می‌رود.

بر اساس فهرست بهاء تجهیزات توزیع نیروی برق منطقه‌ای تهران در سال ۱۳۸۶، هزینه هر بالاست ۷۰ وات سدیم معادل ۴۰,۷۰۰ ریال می‌باشد که با احتساب سهم ماشین آلات و دستمزد نصب به ۸۸,۳۰۰ ریال می‌رسد. همچنین به منظور استفاده از لامپ بخار سدیم همراه با هر یک از بالاست‌های ذکر شده، نیاز به استفاده از جرقه‌زن در مدار لامپ خواهد بود. بهای هر جرقه‌زن طبق فهرست بها ۲۴,۰۰۰ ریال و با اضافه کردن هزینه ماشین‌آلات و دستمزد نصب ۷۰,۲۰۰ ریال می‌باشد.

با توجه به این که قیمت هر لامپ ۷۰ وات بخار سدیم مطابق فهرست بهاء ۷۳,۰۰۰ ریال و با هزینه‌های ماشین آلات و دستمزد نصب ۱۰۳,۵۰۰ ریال است، بنابراین جمع هزینه‌های تعویض هر لامپ ۱۲۵ وات بخار جیوه با لامپ ۷۰ وات بخار سدیم ۱۷۳,۷۰۰ ریال و در صورت تعویض بالاست جیوه ۱۲۵ وات با بالاست سدیم ۷۰ وات به ۲۶۲,۰۰۰ ریال می‌رسد (جدول ۸).

تعویض یا نصب لاستیک‌های سیلیکونی مخصوص درجه حفاظت عمل قابل قبولی می‌باشد. همچنین توصیه می‌شود با توجه به تفرانس‌های موجود در توان مصرفی بالاست‌های ۷۰ وات بخار سدیم و تأثیر بسیار زیاد آن بر کاهش توان کل چراغ از بالاست‌های مناسب با کمترین تلفات توان استفاده شود.

## مراجع :

- ۱- لامپ‌های روشنایی - هوسپ سرکیسیان
- ۲- مقایسه فنی انواع لامپ‌ها و تکنولوژی‌های موجود - سمینار آشنایی با انواع لامپ‌ها (برق منطقه‌ای خراسان) - محمد فرید حنیفی
- ۳- کاتالوگ شرکت نورافشان
- ۴- مشخصات فنی انواع چراغ‌های خیابانی و روشنایی بر اساس استانداردهای بین‌المللی - جلد ۲ - شرکت برق منطقه ای تهران
- ۵- فهرست بهاء تجهیزات توزیع نیروی برق منطقه‌ای تهران در سال ۱۳۸۶
- ۶- نتایج اندازه‌گیری‌های لامپ‌ها و بالاست‌های ۷۰ و ۱۲۵ وات