

تأسیسات الکتریکی

مدرس: کاظم وارثی (kzm.varesi@gmail.com)
هم‌نیاز: -

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیش‌نیاز: تحلیل سیستم‌های انرژی الکتریکی ۱

هدف: آشنایی با مهندسی روشنایی و تأسیسات الکتریکی

- روشنایی: تعریف و ماهیت نور، اشعه مادون قرمز و ماوراء بنفش، کمیت‌های نورسنجی، استانداردهای روشنایی، محاسبات روشنایی داخلی و خارجی.
- ساختمان و راه‌اندازی لامپ‌ها: رشته‌ای، فلورسنت، جیوه‌ای، سدیم، کم‌مصرف.
- ایمنی و حفاظت در تأسیسات الکتریکی.
- محاسبات سطح مقطع سیم و کابل و سیم‌کشی هوایی.
- فیوز و محاسبات آن.
- طراحی تابلو.
- برآورد بار و تقاضا برای بارهای صنعتی و تجاری.
- زمین کردن (الکتریکی و حفاظتی)، اندازه‌گیری مقاومت زمین، رله‌های زمین و سایر ادوات و رله‌های مرتبط.
- انواع سیستم‌های توزیع برق.
- سیستم‌های اضطراری.
- آشنایی با آسانسور و پله‌های برقی
- تصحیح ضریب قدرت در کارخانجات.
- سیستم‌های هشدار دهنده.
- سیستم‌های جریان ضعیف شامل آنتن و سیستم تلفن.
- آشنایی با نرم‌افزارهای مربوطه.
- پروژه

تأسیسات الکتریکی

□ مراجع

- [۱] مهندسی تأسیسات الکتریکی، دکتر حسن کلهر، شرکت سهامی انتشار، چاپ بیست و چهارم، ۱۳۹۵.
- [۲] مهندسی روشنایی، دکتر حسن کلهر، شرکت سهامی انتشار، چاپ بیست و هشتم، ۱۳۹۵.
- [۳] لامپ‌ها و محاسبات روشنایی فنی، محمدمهدی موحدی، چاپ چهارم، ۱۳۷۵.
- [۴] روشنایی فنی (شاخه: کاردانش، گروه تحصیلی: برق، زیرگروه: الکتروتکنیک، رشته‌های مهارتی: برق ساختمان)، محمدحسن اسلامی، شهرام خدادادی و علیرضا حجرگشت، ناشر: شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران، چاپ سوم، ۱۳۹۴.

[5] Mechanical and Electrical Equipment for Buildings [12th Edition], by: Walter T. Grondzik & Alison G. Kwok. Wiley, 2014.

[6] Electrical Installations Hand Book, Siemens I, II, III.

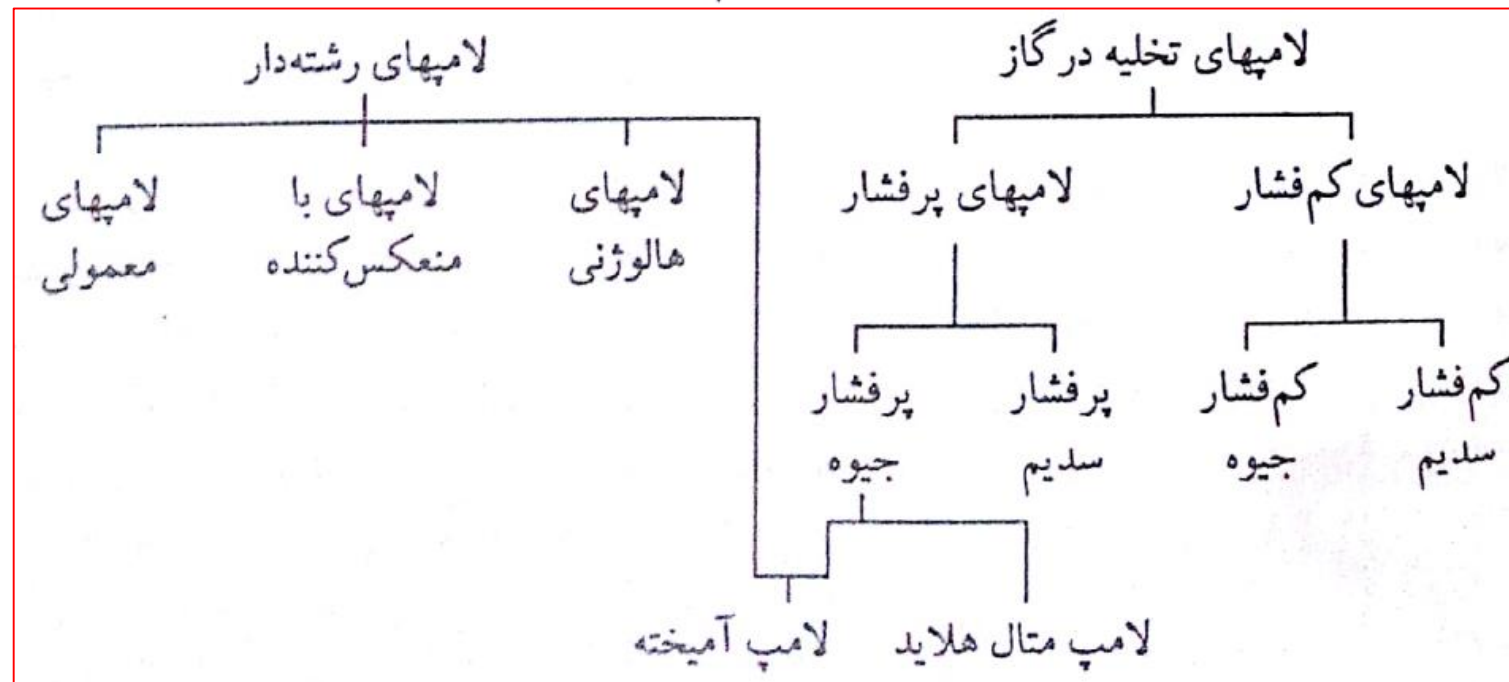
[7] The Lighting Handbook, Zumtobel Lighting GmbH, 5th edition, revised and updated: July 2017.

روشنایی

✓ منابع نور

- ❖ منابع نور را می‌توان به دو دسته لامپ‌های ۱- **التهابی** و ۲- **تخلیه درگاز** تقسیم‌بندی نمود.
- **لامپ التهابی:** در لامپ‌های التهابی، با عبور دادن جریان برق از رشته فلزی درجه حرارت آن را به حد کافی بالا می‌برند تا تشعشع کند.
- **لامپ تخلیه درگاز:** در لامپ‌های تخلیه درگاز، با عبور دادن جریان برق از گاز، آن را تحریک می‌کنند تا نور ساطع کند.
- لامپ‌های التهابی به سه دسته لامپ‌های ۱- **معمولی (رشته‌ای)**، ۲- **منعکس‌کننده**، ۳- **هالوژنی** تقسیم‌بندی می‌شوند.
- لامپ‌های تخلیه درگاز به دو دسته لامپ‌های ۱- **پرفشار**، ۲- **کم‌فشار** تقسیم‌بندی می‌شوند.

جدول ۱-۳: تقسیم‌بندی لامپها



روشنایی

✓ مشخصات اصلی لامپ‌ها

۱. شار نوری (لومن) ۲. بهره نوری (لومن بر وات) ۳. عمر لامپ ۴. درخشندگی لامپ (کاندیدا بر مترمربع) ۵. رنگ‌دهی

عمر لامپ: برحسب ساعات کارکرد قبل از اینکه شار نوری خروجی آن به درصد معینی از شار نوری اولیه برسد، اندازه‌گیری می‌شود. گاهی نیز عمر لامپ را براساس ساعات کارکرد که طی آن درصد معینی از لامپ‌ها (مثلاً ۵۰٪) می‌سوزد، اندازه‌گیری می‌شود.

رنگ‌دهی: عبارت است از نشان دادن رنگ حقیقی اجسام رنگی در نور لامپ. اگر طیف نور لامپ مناسب باشد، رنگ‌ها بطور طبیعی دیده می‌شوند، در غیر اینصورت تغییر می‌کنند. عدد ۱۰۰ معرف رنگ‌دهی کامل است.

جدول (۱) خصوصیات مهم لامپ‌های الکتریکی

ردیف	نوع لامپ	شار نوری (لومن)	افت لومن (درصد از لومن اولیه)	طول عمر لامپ (ساعت)	بازدهی نوری (لومن بر وات)
۱	رشته ای معمولی	۱۰ تا ۵۰۰۰	۱۵ تا ۴۰	۷۵۰ تا ۴۰۰۰	۲۲ تا ۷
۲	رشته ای هالوژن	۳۰۰ تا ۴۰۰۰	۸ تا ۱۵	۲۰۰۰ تا ۶۰۰۰	۲۲ تا ۱۴
۳	فلورسنت معمولی	۹۰۰ تا ۱۲۰۰۰	۸ تا ۲۵	۷۰۰۰ تا ۲۰۰۰۰	۳۰ تا ۹۰
۴	فلورسنت فشرده	۲۵۰ تا ۱۸۰۰	۱۵ تا ۲۰	۱۰۰۰۰	۲۵ تا ۷۰
۵	بخار جیوه	۱۲۰۰ تا ۶۰۰۰	۳۵ تا ۴۵	۲۴۰۰۰	۳۵ تا ۶۵
۶	متال هالید	۴۰۰۰ تا ۱۶۰۰۰	۳۰ تا ۴۵	۵۰۰۰ تا ۲۰۰۰۰	۷۰ تا ۱۳۰
۷	بخار سدیم پرفشار	۲۰۰۰ تا ۵۰۰۰	۲۵ تا ۳۵	۱۰۰۰۰ تا ۲۴۰۰۰	۵۰ تا ۱۵۰
۸	بخار سدیم کم فشار	۱۸۰۰ تا ۳۵۰۰		۱۸۰۰۰	۱۰۰ تا ۱۹۰

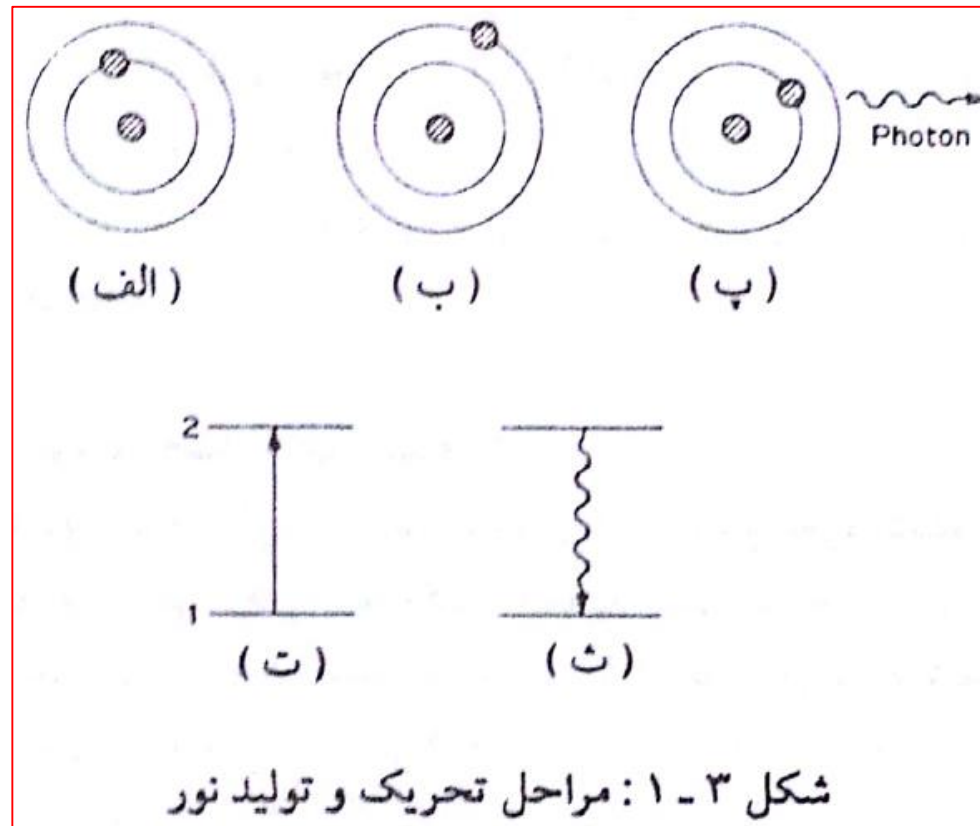
جدول ۲-۳: مشخصات اصلی لامپ‌ها

نوع لامپ	بهره نوری (با احتساب راه انداز)	رنگ‌دهی	درخشندگی	عمر لامپ
رشته دار ۱۰۰ وات، شیشه	۱۴	۱۰۰	۷۰۰	۱۰۰۰
رشته دار ۱۰۰ وات، شیری	۱۳	۱۰۰	۳	۱۰۰۰
رشته دار هالوژنی، شیشه	۳۰	۱۰۰	۱۵۰۰	۳۰۰۰
جیوه پرفشار ۴۰۰ وات، پودر فلورسنت	۵۴	۴۰	۱۲	۲۴۰۰۰
جیوه پرفشار ۴۰۰ وات، شیشه	۴۹	۲۰	۴۶۰	۲۴۰۰۰
سدیم پرفشار ۴۰۰ وات، شیشه	۱۱۰	۲۵	۶۰۰	۲۴۰۰۰
سدیم پرفشار ۴۰۰ وات، پودر فلورسنت	۱۰۷	۲۵	۲۵	۲۴۰۰۰
سدیم کم فشار ۸۰ وات	۱۵۰	۵	۱۰	۲۴۰۰۰
متال هالید ۴۰۰ وات، پودر فلورسنت	۷۵	۶۵	۱۴	۳۴۰۰۰
فلورسنت ۳۶/۸۴ وات	۷۵	۸۶	۱/۲	۹۰۰۰
فلورسنت ۳۶/۳۳ وات	۶۷	۶۶	۱/۱	۶۰۰۰
فلورسنت ۴۰/۳۷ وات	۳۵	۹۶	۰/۴	۶۰۰۰

روشنایی

✓ اصول تبدیل انرژی به انرژی نورانی

انرژی ورودی (به هر شکلی) می‌تواند سبب تحریک اتم‌ها یا مولکول‌های موجود در منبع نور شود و الکترون‌های آن‌ها را به سطوح بالاتر انرژی منتقل کند. این وضعیت جدید پایدار نیست و الکترون‌ها در بازگشت به حالت اولیه، انرژی دریافتی را بصورت نور پس می‌دهند.



روشنایی

✓ لامپ‌های رشته‌دار

- حدود یک قرن پیش ساخته شدند و امروزه با پیشرفت تکنولوژی، به حدکمال رسیده‌اند.
- علی‌رغم بهره نوری بالاتر لامپ‌های جدیدتر (مانند فلورسنت)، هنوز هم در تعداد بالا و در مصارف خانگی/صنعتی مورد استفاده قرار می‌گیرند.
- این لامپ‌ها در اندازه‌های کمتر از یک وات تا ۱ کیلووات برای مصارف عمومی و تا ۱۰ کیلووات برای مصارف مخصوص ساخته می‌شوند.
- مزیت‌های اصلی لامپ‌های رشته‌دار عبارتند از:

۱. رنگ‌دهی عالی

۲. اندازه کوچک

۳. قیمت کم

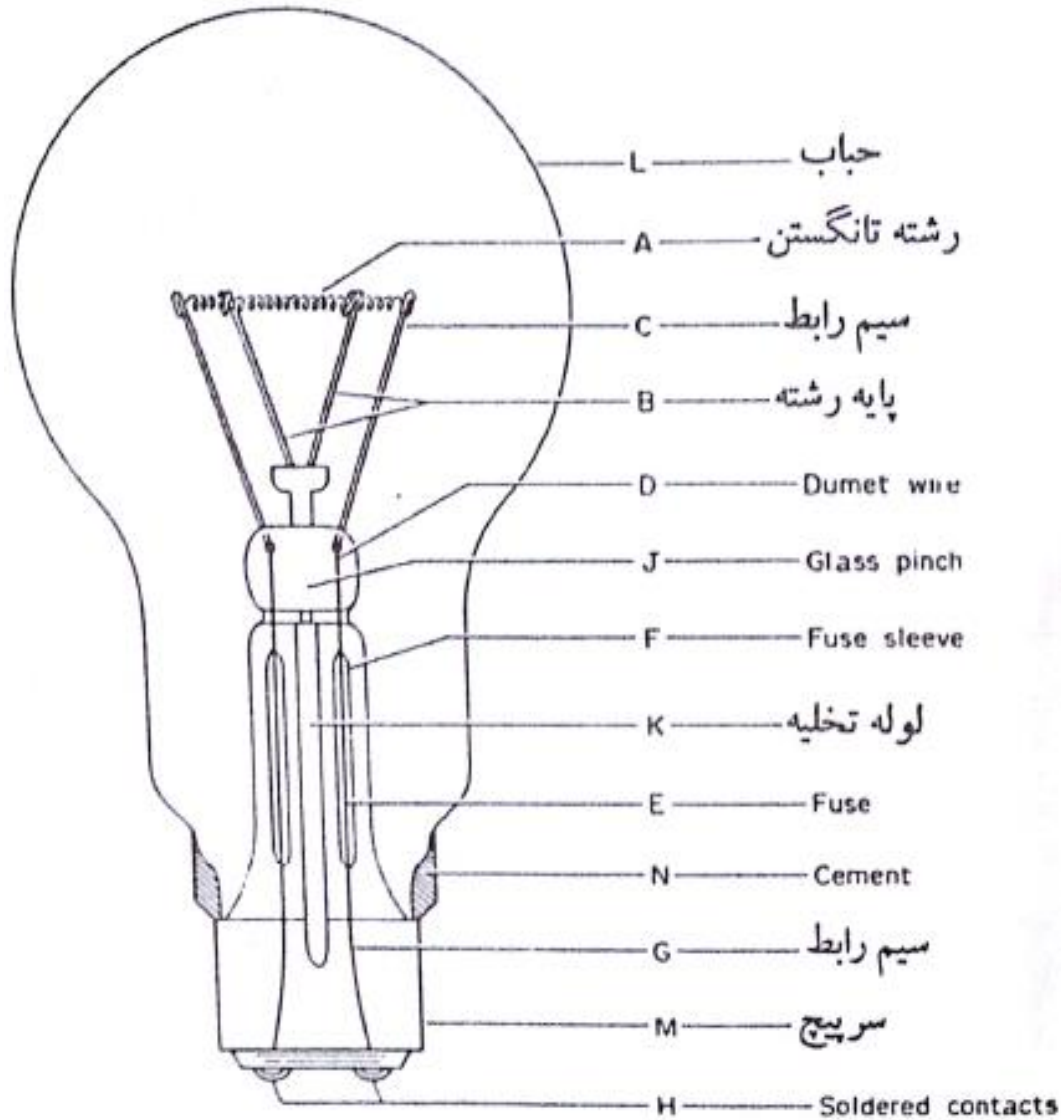
۴. عدم نیاز به راه‌انداز

روشنایی

✓ لامپ‌های رشته‌دار

❖ ساختمان عمومی لامپ‌های رشته‌دار

- رشته معمولاً از جنس تانگستن است
- رشته توسط دو سیم از فلز مولیبدنوم (molybdenum) B نگهداری می‌شود.
- اتصال الکتریکی به رشته از دو انتها توسط دو سیم نیکل C انجام می‌شود.
- سیم‌های C به دو سیم D جوش داده شده‌اند، که از طرف دیگر به دو سیم نازک E که فیوز (آلیاژ مس و نیکل) نامیده می‌شوند، متصل‌اند.
- فیوزهای E از طریق دو سیم G به دو نقطه اتصال H متصل‌اند.
- لوله تخلیه K برای تخلیه هوا از داخل حباب L و پر کردن آن از گاز خنثی مورد استفاده قرار می‌گیرد.
- سرپیچ فلزی M (از جنس برنج یا آلومینیوم) بوسیله سمnt مخصوص N به حباب محکم می‌شود.



شکل ۳-۴: ساختمان لامپ رشته‌دار

روشنایی

✓ لامپ‌های رشته‌دار

❖ ساختمان رشته

- برای تولید نور مرئی با رنگ سفید لازم است تا رشته در درجه حرارت بالا کار کند.
- در لامپ‌های اولیه، زغال، اوسیوم، تانتالوم و بالاخره تانگستن مورد استفاده قرار می‌گرفت.
- تانگستن دارای چند خصوصیت مطلوب است:

۱. دارای نقطه ذوب بالاست (۳۶۵۵ درجه کلوین) که کار رشته در درجات حرارت بالا را ممکن می‌سازد.
۲. دارای قدرت کششی بالاست (می‌توان از مفتول‌های نازک‌تری استفاده کرد).
۳. به علت پایین بودن فشار بخاری تانگستن، میزان تبخیر آن کم است.
۴. دارای ضریب حرارتی مقاومت مثبت است. (هر چه دما بالاتر باشد، مقاومت آن افزایش می‌یابد)

- در شبه‌فلزاتی که با افزایش دما مقاومت‌شان کاهش می‌یابد (ضریب حرارتی مقاومتی منفی)، رشته رفت‌ورفته جریان افزایش (حرارت و دما بیشتر می‌شود) و مقاومت کاهش می‌یابد. این فرایند متناوباً ادامه می‌یابد تا منجر به سوختن لامپ گردد.

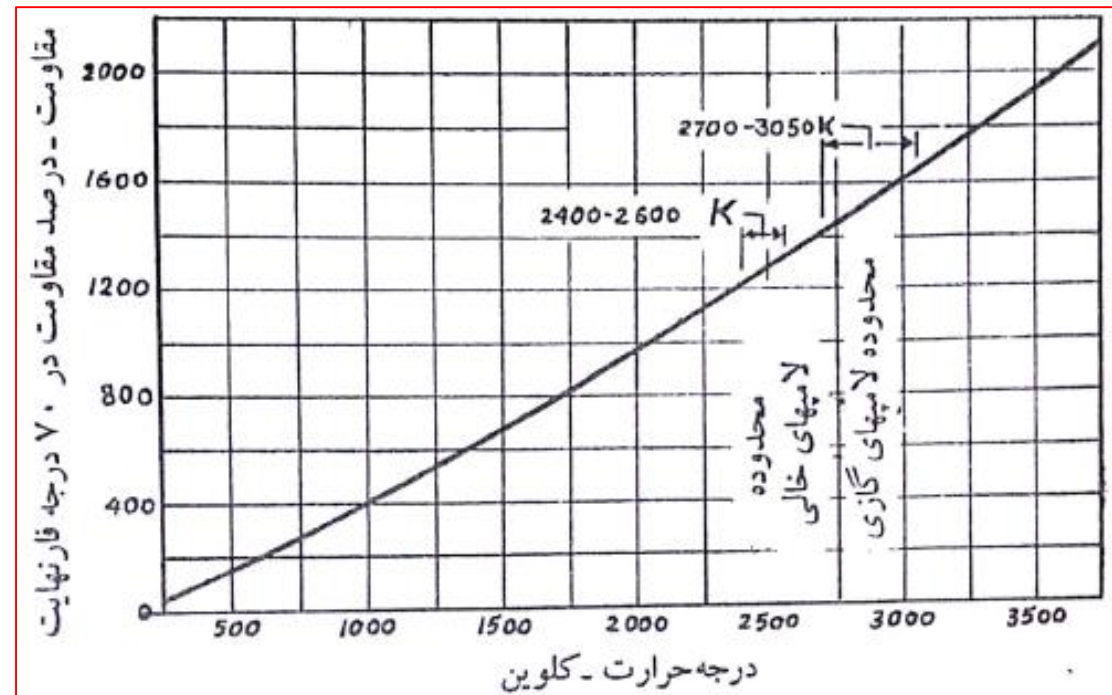
- راه‌حل: اگر از شبه‌فلزات برای ساختن رشته استفاده شود، معمولاً از یک مقاومت سری استفاده می‌شود تا هنگام افزایش درجه حرارت و در نتیجه کاهش مقاومت شبه‌فلز، جریان توسط مقاومت سری محدود و از آسیب رسیدن به لامپ جلوگیری شود. این مقاومت را Ballast یا متعادل‌کننده گویند. مقاومت بالاست، از وابستگی مدار به درجه حرارت می‌کاهد.

روشنایی

✓ لامپ‌های رشته‌دار

❖ ساختمان رشته

- اگر از تانگستن یا هر فلز دیگری استفاده شود، نیازی به استفاده از بالاست وجود ندارد.
- بهره نوری تولیدی تانگستن در درجه حرارت ذوب خود (۳۶۵۵ درجه کلوین)، برابر ۵۳ لومن بر وات است. بنابراین، برای ممانعت از تبخیر سریع و طولانی کردن عمر رشته، لازم است آن را در درجه حرارت کمتری مورد استفاده قرار گیرد، پس باید به بهره نوری کمتر بسنده کرد.
- رشته بصورت سیم مستقیم، سیم مارپیچ و مارپیچ پیچیده یا مارپیچ مضاعف ساخته می‌شود.



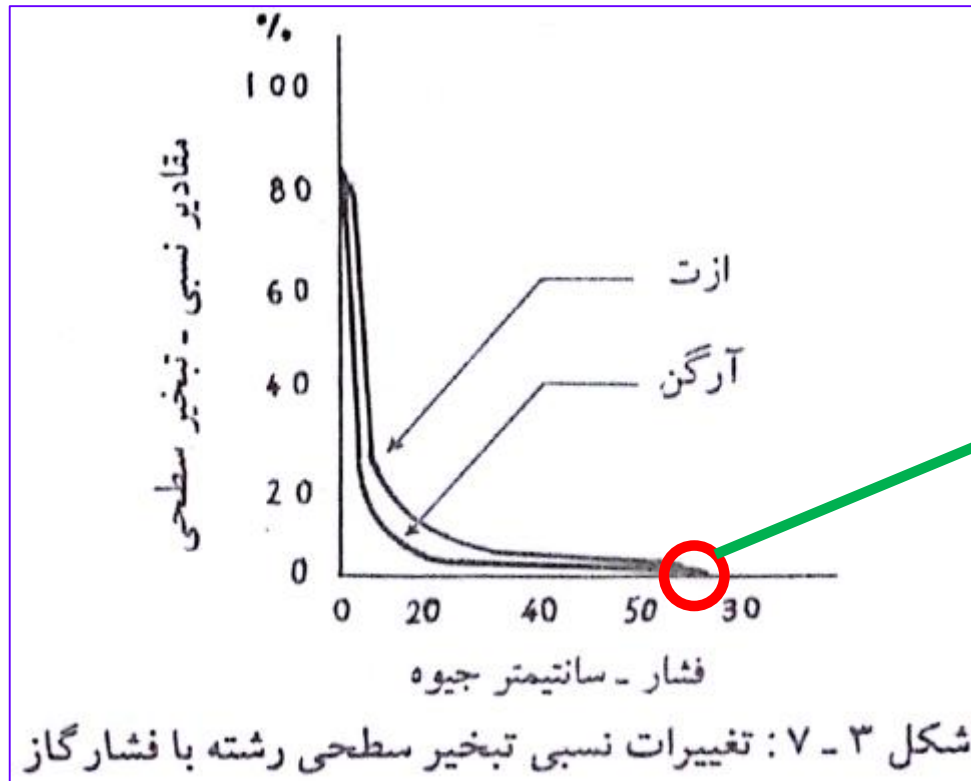
شکل ۳-۵: تغییرات مقاومت نسبی رشته تانگستن با درجه حرارت

روشنایی

✓ لامپ‌های رشته‌دار

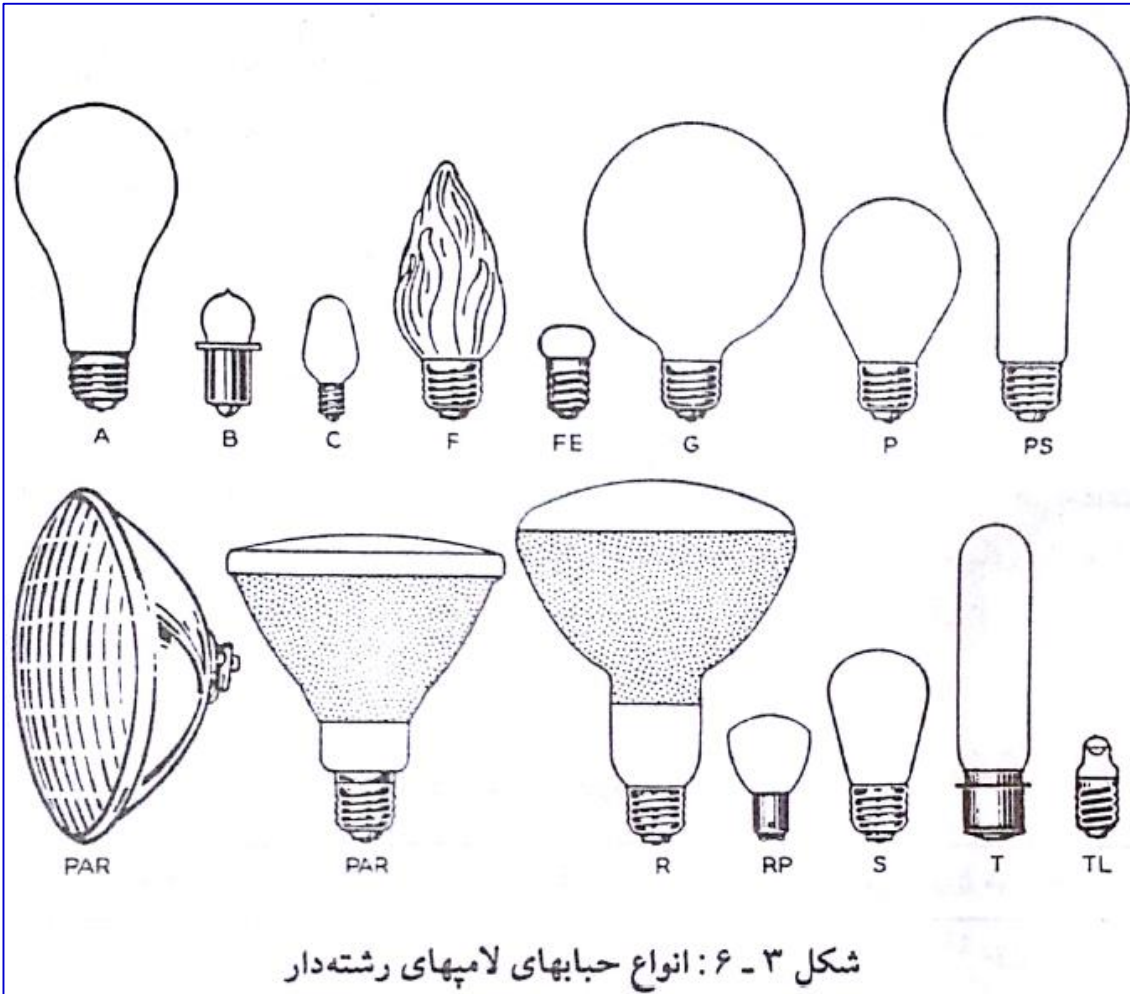
❖ ساختمان رشته

- میزان تبخیر سطحی تانگستن (با یکای کیلوگرم بر مترمربع سطح بر ثانیه)، شدیداً تابع درجه حرارت رشته و فشار گاز داخل حباب است.



در فشارهای ۱ اتمسفر (۷۶ سانتیمتر جیوه)، میزان تبخیر سطحی بسیار کم است. بنابراین، فشار گاز داخل حباب طوری تنظیم می‌گردد تا در حرارت کار لامپ، برابر ۱ اتمسفر باشد.

❖ شیشه یا حباب لامپ



شکل ۳-۶: انواع حبابهای لامپهای رشته‌دار

- شیشه یا حباب لامپ می‌تواند به شکل‌های گوناگون ساخته شود.
- حروف مشخص کننده شکل حباب است. A: نوع ساده، P و PS: گلابی شکل، G: کروی، T: لوله‌ای، R: لامپ با حباب منعکس کننده، PAR: لامپ با حباب منعکس کننده سهمی شکل.
- حباب اکثر لامپ‌ها از جنس شیشه معمولی ساخته می‌شود، ولی شیشه لامپ‌های توان بالا و لامپ‌هایی که در معرض باران و برف قرار دارند از شیشه سخت که مقاومت کافی دارد، ساخته می‌شود.
- داخل شیشه را از سیلیس می‌پوشانند که سبب کاهش چشم‌زدگی (خیره‌گی) شود.
- لامپ‌های رنگی را با رنگ زدن سطح داخلی یا خارجی شیشه می‌سازند.

روشنایی

✓ لامپ‌های رشته‌دار

❖ سرپیچ لامپ‌ها

- سرپیچ لامپ‌ها بصورت پیچی یا میخی ساخته می‌شوند.
- در سرپیچ پیچی که به سرپیچ ادیسون نیز معروف است، لامپ با پیچ دادن به ساکت گیرنده متصل می‌شود.
- لامپ‌ها با سرپیچ میخی با قرار گرفتن دو زائده به شکل پیچ در شیارهای مخصوص به ساکت گیرنده متصل می‌شوند.
- اتصال الکتریکی لامپ به خارج و حمل وزن لامپ توسط سرپیچ صورت می‌پذیرد. سرپیچ‌های پیچی بدلیل استحکام بیشتر و اتصال الکتریکی بهتر، مناسب‌ترند.
- سرپیچ‌های میخی زمانی بکار گرفته می‌شوند که لازم باشد تعویض لامپ‌ها با سرعت انجام شود. سرپیچ لامپ اتومبیل‌ها از این نوع‌اند.



❖ گاز داخل حباب

- برای جلوگیری از اکسید شدن (سوختن و از بین رفتن) رشته، لازم است تا هوای حباب تخلیه گردد. از طرفی، ایجاد خلأ باعث تسریع تبخیر سطحی رشته می‌شود. به همین دلیل، امروزه لامپ‌های تخلیه شده فقط در توان‌های خیلی کم ساخته می‌شوند و درجه حرارت رشته در آن‌ها به حدود ۲۱۰۰ درجه سانتیگراد محدود است.
- برای ممانعت از تبخیر سطحی رشته در درجه حرارت‌های بالاتر از ۲۵۰۰ درجه سانتیگراد، حباب را از گازهای خنثی پر می‌کنند.
- گاز خنثی باید بی‌اثر، سنگین و تا حد امکان ارزان قیمت باشد. گازهای موجود در هوا بدلیل ارزان و در دسترس بودن مورد توجه قرار گرفتند. نیتروژن (گاز ازت) ۷۸٪ هوا را تشکیل می‌دهد، ارزان و بی‌اثر است اما چون سنگین نیست، مورد استفاده قرار نمی‌گیرد.
- در ابتدا از نیتروژن (گاز ازت) به عنوان گاز خنثی استفاده می‌شد، اما بعدها گاز آرگون بدلیل داشتن ضریب انتقال حرارت ویژه کمتر که باعث کاهش تلفات حرارتی می‌شود، مورد استفاده قرار گرفت. حدود ۱٪ از هوا را گاز آرگون تشکیل می‌دهد.
- معمولاً از ترکیب گاز آرگون (بیش از ۹۰٪) و گاز ازت (نیتروژن) (کمتر از ۱۰٪) به عنوان گاز خنثی استفاده می‌شود. گاز ازت وظیفه جلوگیری از جرقه بین حلقه‌های رشته را برعهده دارد. گاز آرگون نیز از تبخیر سطحی رشته ممانعت می‌کند.

روشنایی

✓ لامپ‌های رشته‌دار

❖ گاز داخل حباب

- گاز کریپتون دارای ضریب انتقال حرارت کمتر است و دارای مولکول‌های بزرگ‌تر و سنگین‌تر است که باعث کاهش بیش‌تر تبخیر سطحی می‌شود، اما بدلیل مشکل بودن تهیه آن، این نوع لامپ‌ها گران‌تر تمام می‌شوند. از این لامپ‌ها در کلاه معدن چیان استفاده می‌شوند.
- گاز گزنون نیز بدلیل کمیاب بودن، بندرت مورد استفاده قرار می‌گیرد.

جدول ۳-۳: درصد وزنی گازهای موجود در هوا

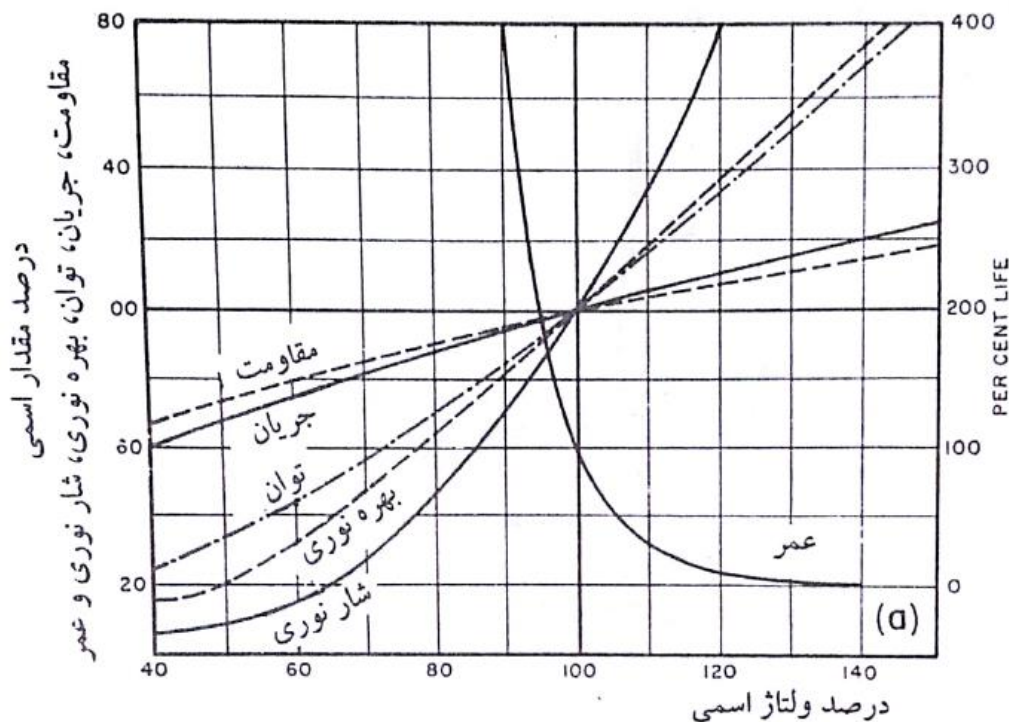
گاز	وزن مولکولی	درصد وزن هوا
ازت	۲۸	۷۸
اکسیژن	۳۲	۲۰/۹۵
آرگون	۳۹/۹	۰/۹۳
نئون	۲۰/۲	۰/۰۰۱۸۲
هلیوم	۴	۰/۰۰۰۵۲
کریپتون	۸۳/۸	۰/۰۰۰۱۱
گزنون	۱۳۱/۳	۰/۰۰۰۰۰۹

روشنایی

✓ لامپ‌های رشته‌دار

❖ اثر تغییر ولتاژ در لامپ‌های رشته‌دار

- در اثر تغییر ولتاژ اعمال شده به لامپ، مقاومت رشته (R)، جریان لامپ، توان لامپ (W)، درجه حرارت رشته (T)، نور خروجی، بهره نوری (Φ) و بالاخره عمر لامپ (L) تغییر می‌کند. این تغییرات مطابق شکل زیر است (عمر اسمی بیشتر لامپ‌های رشته‌دار ۱۰۰۰ ساعت کاری است).



$$\begin{cases} \frac{W}{W_0} = \left(\frac{V}{V_0}\right)^\alpha \Rightarrow \alpha = 1.54, 1.58 \\ \frac{R}{R_0} = \left(\frac{V}{V_0}\right)^\beta \Rightarrow \beta = 0.46, 0.42 \\ \frac{T}{T_0} = \left(\frac{V}{V_0}\right)^\gamma \Rightarrow \gamma = 0.39, 0.35 \\ \frac{\Phi}{\Phi_0} = \left(\frac{V}{V_0}\right)^\eta \Rightarrow \eta = 3.38, 3.51 \\ \frac{L}{L_0} = \left(\frac{V}{V_0}\right)^\xi \Rightarrow \xi = -13.1, -13.5 \end{cases}$$

X_0 = مقدار اسمی

X = مقدار غیر اسمی

توان سمت چپ: لامپ پر شده از گاز

توان سمت راست: لامپ خالی از گاز

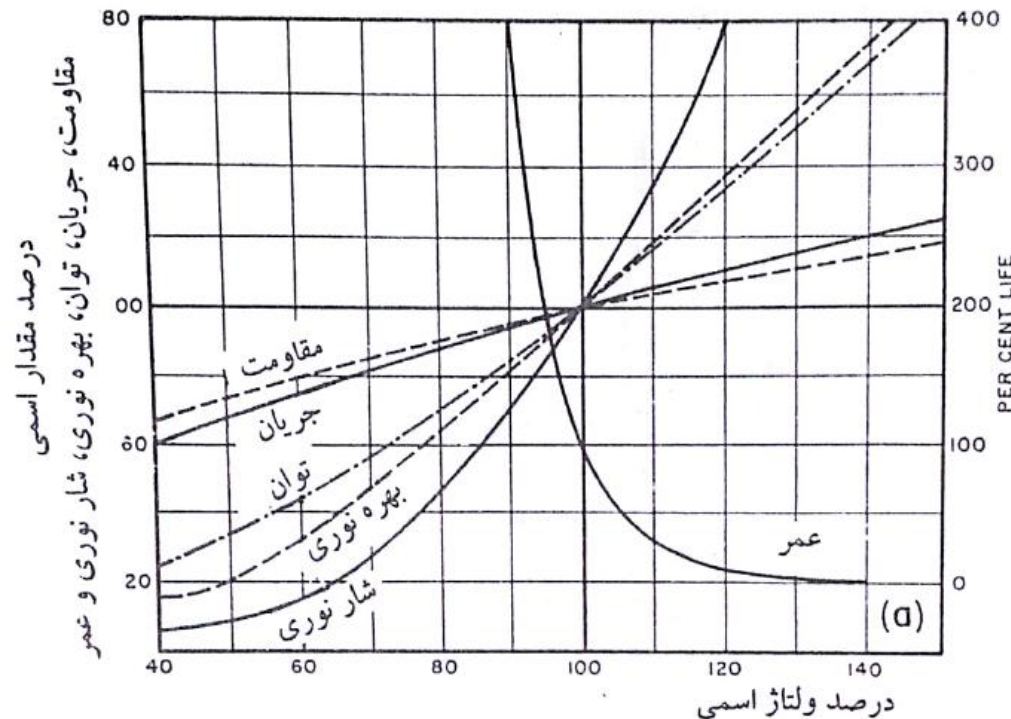
شکل ۳-۸: اثر تغییر ولتاژ در لامپ‌های رشته‌ای

روشنایی

✓ لامپ‌های رشته‌دار

❖ اثر تغییر ولتاژ در لامپ‌های رشته‌دار

- **مثال:** یک لامپ رشته‌دار با حباب تخلیه شده از هوا ۲۵ وات ۲۲۰ ولت ۳۰۰ لومن نور تولید می‌کند و عمر اسمی ۱۰۰۰ ساعت دارد. نور تولیدی و عمر لامپ را برای کار در ولتاژ ۲۵۰ ولت را حساب کنید.



$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\Phi}{\Phi_0} = \left(\frac{V}{V_0} \right)^\eta \Rightarrow \frac{\Phi}{300} = \left(\frac{V}{V_0} \right)^{3.51} \Rightarrow \Phi = 469.3 \text{ لومن} \\ \frac{L}{L_0} = \left(\frac{V}{V_0} \right)^\xi \Rightarrow \frac{L}{1000} = \left(\frac{250}{220} \right)^{-13.5} \Rightarrow L = 178 \text{ ساعت} \end{array} \right.$$

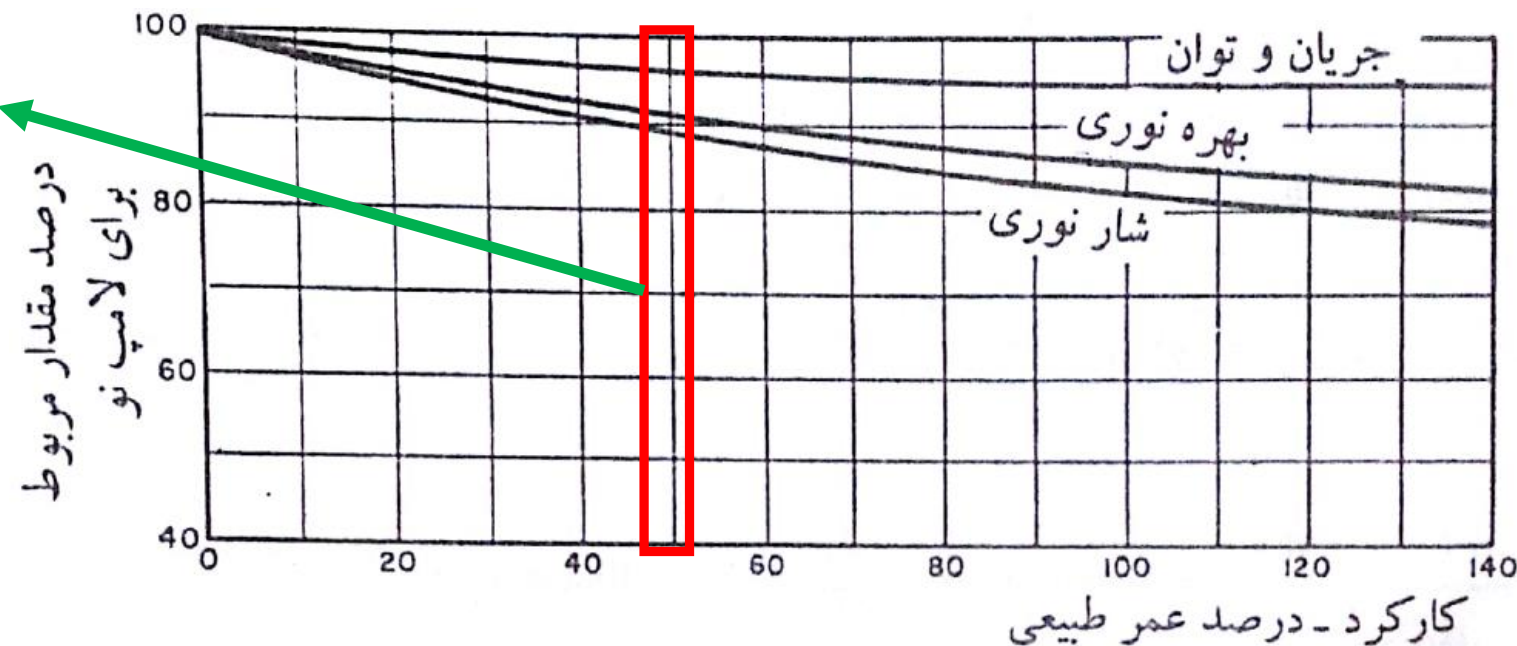
شکل ۳-۸: اثر تغییر ولتاژ در لامپ‌های رشته‌ای

روشنایی

✓ لامپ‌های رشته‌دار

❖ کاهش نور لامپ در اثر کار کردن و فرسودگی

- در اثر کار کردن، مقداری از رشته تبخیر می‌شود و قطر آن کاهش می‌یابد که سبب افزایش مقاومت آن می‌شود. در نتیجه، جریان، توان و نور تولیدی لامپ کاهش می‌یابد.
- همچنین بدلیل ته‌نشین شدن تانگستن تبخیر شده روی حباب، مقداری از نور تولید شده، جذب حباب می‌شود.



نور خروجی در نیمه عمر لامپ
نزدیک ۹۰٪ نور لامپ نو است.

شکل ۳-۹: تغییرات جریان، توان، نور و بهره نوری در اثر فرسودگی

روشنایی

✓ لامپ‌های رشته‌دار

❖ ولتاژ اقتصادی برای لامپ‌های رشته‌دار

- **ولتاژ اقتصادی:** ولتاژی است که هزینه تعویض لامپ‌های سوخته و هزینه جاری برق مصرفی را به ازاء واحد شار نوری تولید شده به حداقل برساند و بسته به هزینه برق و قیمت لامپ، ولتاژ اقتصادی لزوماً برابر ولتاژ اسمی نیست.
- لامپی با ولتاژ اسمی V_0 ، توان اسمی W_0 ، عمر اسمی L_0 ، قیمت یک لامپ با هزینه نصب c ریال و هزینه برق مصرفی b ریال برای هرکیلووات ساعت مفروض است. با اعمال ولتاژ V روی لامپ، توان لامپ W ، شار نوری آن Φ و عمر آن L ساعت خواهد بود. هزینه کل TC برای ۱۰۰۰ ساعت کار چنین می‌شود.

$$TC = c \left(\frac{L_0}{L} \right) + \frac{bW \times 1000}{1000} = c \left(\frac{L_0}{L} \right) + bW = c \left(\frac{V}{V_0} \right)^{13.1} + bW_0 \left(\frac{V}{V_0} \right)^{1.54}$$
$$\frac{TC}{\Phi} = \frac{c \left(\frac{V}{V_0} \right)^{13.1} + bW_0 \left(\frac{V}{V_0} \right)^{1.54}}{\Phi_0 \left(\frac{V}{V_0} \right)^{3.38}} = \frac{1}{\Phi_0} \left[c \left(\frac{V}{V_0} \right)^{9.72} + bW_0 \left(\frac{V}{V_0} \right)^{-1.84} \right]$$

روشنایی

✓ لامپ‌های رشته‌دار

❖ ولتاژ اقتصادی برای لامپ‌های رشته‌دار

- ولتاژ اقتصادی:

$$\frac{d(TC / \Phi)}{d(V / V_0)} = 0 \Rightarrow V = V_0 \left(0.189 \times \frac{bW_0}{c} \right)^{0.087} \quad \text{ولتاژ اقتصادی}$$

مثال: قیمت یک لامپ ۱۰۰ وات ۲۲۰ ولت با عمر ۱۰۰۰ ساعت با هزینه تعویض آن، ۶۰ ریال و ارزش هر کیلووات ساعت برق مصرفی ۵ ریال است. ولتاژ اقتصادی چقدر است؟

$$V = 220 \left(\frac{0.189 \times 5 \times 100}{60} \right)^{0.087} = 228.87 [V]$$

- استفاده از ولتاژ اقتصادی در خانه‌های مسکونی به علت تعداد کم لامپ و نیاز به ترانسفورماتور جهت تغییر ولتاژ، مقرون به صرفه نیست. اما در کارخانه‌ها و تأسیسات بزرگ، تنظیم ولتاژ در اقتصادی‌ترین مقدار با تغییر اتصال متغیر ترانسفورماتور به سهولت ممکن است.

روشنایی

✓ لامپ‌های رشته‌دار

❖ تبدیل توان در لامپ‌های رشته‌دار امروزی

- از توان ورودی مقداری به صورت حرارت بوسیله هدایت از طریق سیم‌های رابط رشته، سرپیچ و حباب تلف می‌شود. در لامپ‌های پر شده از گاز، مقداری حرارت نیز بوسیله جابجایی گاز به محیط خارج منتقل و ضایع می‌شود. مابقی به انرژی تشعشعی تبدیل می‌شود که از آن تنها قسمت کوچکی به نور مرئی تبدیل می‌گردد. این ضایعات بصورت درصدی از توان ورودی در جدول زیر نشان داده شده است. توان نوری تمام طیف نور مرئی را شامل می‌شود و هر طول موج آن ارزش متفاوتی دارد.

جدول ۳-۵: تبدیل توان در لامپ‌های رشته‌دار امروزی

توان اسمی (وات)	گاز حباب	تلفات هدایتی %	تلفات جابه‌جایی %	توان تشعشعی %	توان نوری %
۶	خلأ	۷	—	۹۳	۶
۱۰	خلأ	۶/۵	—	۹۳/۵	۷/۱
۲۵	خلأ	۶	—	۹۴	۸/۷
۴۰	گازی	۸/۷	۲۰	۷۱/۳	۷/۴
۶۰	گازی	۵/۷	۱۳/۵	۸۰/۸	۷/۵
۱۰۰	گازی	۶/۵	۱۱/۵	۸۲	۱۰
۲۰۰	گازی	۸/۹	۱۳/۷	۷۷/۴	۱۰/۲
۳۰۰	گازی	۸/۶	۱۱/۶	۷۹/۸	۱۱/۲
۵۰۰	گازی	۸/۹	۸/۸	۸۲/۳	۱۲
۱۰۰۰	گازی	۶/۶	۶	۸۷/۴	۱۲/۱

روشنایی

✓ لامپ‌های رشته‌دار

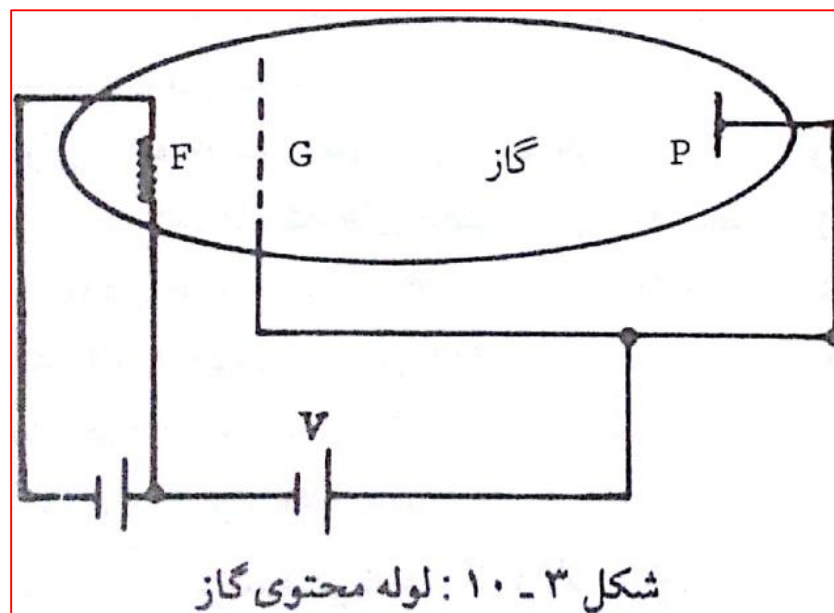
✦ انواع لامپ‌های رشته‌دار

- **لامپ‌های معمولی:** در خانه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند.
- **لامپ‌های با منعکس‌کننده:** به یک منعکس‌کننده داخلی مجهزند که شار را در جهت معینی افزایش می‌دهند.
- **لامپ هالوژنی:** در اثر کار لامپ، تانگستن تبخیر می‌شود که سبب کاهش مقدار نور و عمر لامپ می‌شود. بدین دلیل، ساختن لامپ‌های رشته‌دار برای توان بیشتر از ۱۵۰۰ وات به علت درجه حرارت بالای رشته و تبخیر سریع رشته به سهولت ممکن نیست. در لامپ‌های دارای توان بالا که در نورافکن‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند، مقدار کمی از یکی از گازهای هالوژنی مثل ید یا بروم به گاز داخل حباب اضافه می‌کنند. در مجاورت حباب لامپ که درجه حرارت کمتر (حدود ۲۵۰ درجه سانتیگراد) است، تانگستن تبخیر شده با ید ترکیب می‌شود و یدور تانگستن تولید می‌کند. در حوالی رشته که درجه حرارت بیشتری دارد یدور تانگستن تجزیه می‌شود تانگستن روی رشته می‌نشیند.
- در این لامپ‌ها، بدلیل کمتر بودن نگرانی از تبخیر تانگستن، می‌توان رشته را در درجه حرارت بالاتر به کار گرفت. به این ترتیب، لامپ‌های هالوژنی با توان ۱۰ کیلووات، بهره نوری در حدود ۲۵ لومن بر وات و عمری در حدود دو برابر عمر لامپ‌های رشته‌دار معمولی تولید می‌کنند.
- البته تانگستن تجزیه شده همیشه در قسمت‌هایی از رشته که نازک شده است نمی‌نشیند و بالاخره لامپ به علت تبخیر تانگستن از بین می‌رود. به منظور داشتن حرارت حدود ۲۵۰ درجه در حوالی حباب، این لامپ‌ها را باریک و دراز به شکل لوله می‌سازند.

روشنایی

✓ تولید نور در اثر عبور جریان برق در گازها (تخلیه الکتریکی در گازها)

- گازها در حالت عادی الکترون آزاد ندارند و هادی الکتریسیته نیستند. با عبور دادن الکترون‌های پرنرژی از داخل گاز می‌توان اتم‌های گاز را تحریک نموده و تولید نور کرد. در این فرایند، برخورد الکترون‌های پرنرژی به اتم‌های خنثی گاز سبب تحرک‌شان می‌گردد.
- با عبور دادن جریان برق از فیلمان F، آن را گرم می‌کنیم، که در نتیجه الکترون ساطع می‌کند. الکترون‌های آزاد شده به طرف شبکه G که نسبت به F ولتاژ مثبت‌تری دارد کشیده می‌شوند و کسب انرژی حرکتی می‌کنند.
- این الکترون‌ها فاصله بین آند (P) و شبکه G را با سرعت ثابت طی می‌کنند و به اتم‌های خنثای گاز برخورد می‌کنند. اگر ولتاژ V کم باشد، سرعت الکترون‌ها کم است و در برخورد با اتم‌های گاز، انرژی کافی برای تحریک آن‌ها را ندارد. اگر ولتاژ V را افزایش دهیم، به نقطه‌ای می‌رسیم که الکترون‌ها انرژی کافی برای تحریک اتم‌های گاز را دارند و نور در طول موج معینی از گاز ساطع می‌شود.



شکل ۳- ۱۰: لوله محتوی گاز

روشنایی

✓ تولید نور در اثر عبور جریان برق در گازها (تخلیه الکتریکی در گازها)

- اگر ولتاژ V را بیشتر افزایش دهیم، نور در طول موج‌های دیگر نیز ظاهر می‌شود. افزایش بیشتر ولتاژ باعث یونیزه شدن گاز، یعنی آزاد شدن الکترون‌های مدار خارجی اتم‌ها می‌شود که در حین عبور توسط اتم‌های یونیزه جذب می‌شوند و نور در طول موج‌های متعددی تولید می‌کنند.
- در لامپ‌های عملی، شبکه را حذفی می‌کنند و تنها از دو الکتروود (آند و کاتد) استفاده می‌شود.
- در نوعی از لامپ‌های تخلیه که **لامپ با کاتد گرم** نامیده می‌شود، کاتد در اثر گرم شدن، الکترون ساطع می‌کند که بالاخره به یونیزاسیون گاز می‌انجامد.
- در لامپ‌های نوع دیگر تخلیه که **لامپ با کاتد سرد** نامیده می‌شود، کاتدی که الکترون ساطع کند وجود ندارد و از ولتاژ زیاد برای برقرار نمودن جرقه و ایجاد یونیزاسیون گاز استفاده می‌شود.
- بطور خلاصه: در لامپ‌های تخلیه الکتریکی در گاز، گاز داخل لوله به ترتیبی یونیزه می‌شود و ولتاژ بین دو الکتروود که در دو انتهای لوله قرار دارد جریانی در گاز برقرار می‌کند. الکترون‌ها در عبور از اختلاف پتانسیل انرژی حرکتی به دست می‌آورند که در برخورد به اتم‌های دیگر سبب تحریک و تولید نور می‌شود.
- طیف تشعشع تابع **نوع گاز، فشار و حرارت آن** و **شرایط الکتریکی آن** است.
- گازهایی که تاکنون بکار گرفته شده‌اند: **بخار جیوه، بخار سدیم، کادمیوم، نئون و گاز کربنیک.**
- در صورت پایین بودن فشار گاز، الکترون‌ها به پایین‌ترین سطح انرژی تحریک می‌شوند اما در فشارهای بیشتر، تحریک در سطح انرژی بالاتری صورت می‌پذیرد و فرکانس‌های متعددی تولید می‌گردد.

روشنایی

✓ تولید نور در اثر عبور جریان برق در گازها (تخلیه الکتریکی در گازها)

- لامپ‌های تخلیه در گاز را نمی‌توان بطور مستقیم از منبع برق تغذیه نمود. دلیل: با افزایش یونیزاسیون، مقاومت الکتریکی لامپ کاهش می‌یابد که موجب افزایش بیشتر جریان و یونیزاسیون می‌گردد. اگر از لامپ محافظتی صورت نپذیرد، لامپ در مدت زمان بسیار کوتاهی (کمتر از یک ثانیه) از بین می‌رود.
- در چنین مواردی برای محافظت لامپ‌ها، از یک مقاومت یا امپدانس متوالی که به نام **بالاست** یا **چوک** معروفند، استفاده می‌شود.
- برای لامپ‌های تخلیه که با جریان مستقیم کار می‌کنند، باید از مقاومت استفاده کرد (که دارای تلفاتی است)، اما در لامپ‌هایی که از جریان متناوب استفاده می‌کنند، باید از خود القا (سلف یا چوک) استفاده کرد (که دارای تلفات کمتری است).
- لامپ‌های تخلیه در گاز به دو دسته تقسیم‌بندی می‌شوند:
 ۱. لامپ‌هایی که در اثر عبور جریان مستقیماً نور مرئی تولید می‌کنند، مانند لامپ‌های بخار جیوه یا بخار سدیم.
 ۲. لامپ‌هایی که نور تولیدی آن‌ها در اثر عبور جریان، غیرمرئی است و با تحریک یک جسم فلورسنت، نور مرئی تولید می‌کند، مانند لامپ فلورسنت.

روشنایی

✓ لامپ‌های بخار جیوه

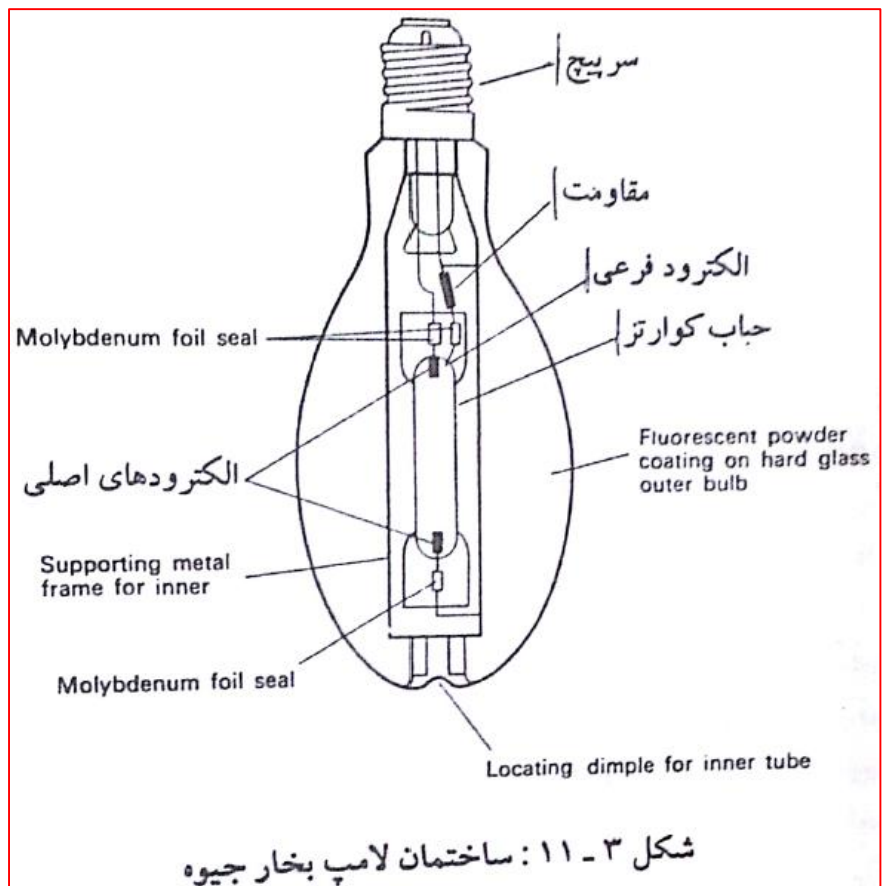
- این نوع از لامپ‌ها در حدود ۴۰ سال پیش ساخته شدند.
- امتیاز اصلی آن‌ها در مقایسه با لامپ‌های رشته‌ای، بهره نوری بالاتر از حدود ۶۵ لومن بر وات است.
- این لامپ‌ها از طریق عبور جریان برق در بخار جیوه و تحریک آن، نور تولید می‌کنند.
- چون جیوه در درجه حرارت عادی بصورت مایع است، مقدار کمی گاز آرگون که به سهولت یونیزه می‌شود، به لامپ اضافه می‌شود، تا راه‌اندازی آسانتر شود.
- با شروع کار لامپ، جیوه به تدریج بخار می‌شود تا فشار داخل حباب به چند اتمسفر می‌رسد. در این فشارهای بالا، الکترون‌های سطوح انرژی بالاتر تحریک می‌شوند که نور مرئی تولید می‌کنند.

روشنایی

✓ لامپ‌های بخار جیوه

❖ ساختمان عمومی لامپ‌های بخار جیوه

- لامپ دارای دو حباب داخلی و خارجی است. حباب داخلی از کوارتز ساخته می‌شود تا بتواند فشارهای تا حدود ۳ اتمسفر و درجه حرارت‌های حدود ۱۰۰۰ کلوین را تحمل کند. این حباب در دو انتها به حباب خارجی متصل است.
- حباب داخلی در ابتدا تخلیه می‌شود و سپس مقداری جیوه و کمی گاز آرگون برای کمک به راه‌اندازی به آن وارد می‌شود.
- الکترودها از رشته مارپیچ تانگستن که روی میله‌ای از مولیبدنوم پیچیده شده، ساخته می‌شود و روی آن از اکسید باریوم یا توریم که به سهولت الکترون صادر می‌کنند پوشیده شده است. در نزدیکی یکی از الکترودهای اصلی، یک الکتروود کمکی وجود دارد که برای راه‌اندازی مورد استفاده قرار می‌گیرد.
- حباب خارجی، استوانه‌ای یا بیضوی شکل است و غالباً سطح داخلی آن از فسفر پوشانده می‌شود که به عنوان صافی برای جذب بعضی از طول موج‌های موجود، عمل می‌کند. این حباب، وظیفه حفاظت حباب داخلی در برابر عوامل جوی مثل تغییر درجه حرارت، باد و غیره را نیز برعهده دارد.
- فاصله بین دو حباب از مقداری گاز خنثی مثل ازت پر می‌شود تا از اکسید شدن قسمت‌های داخلی جلوگیری شود.

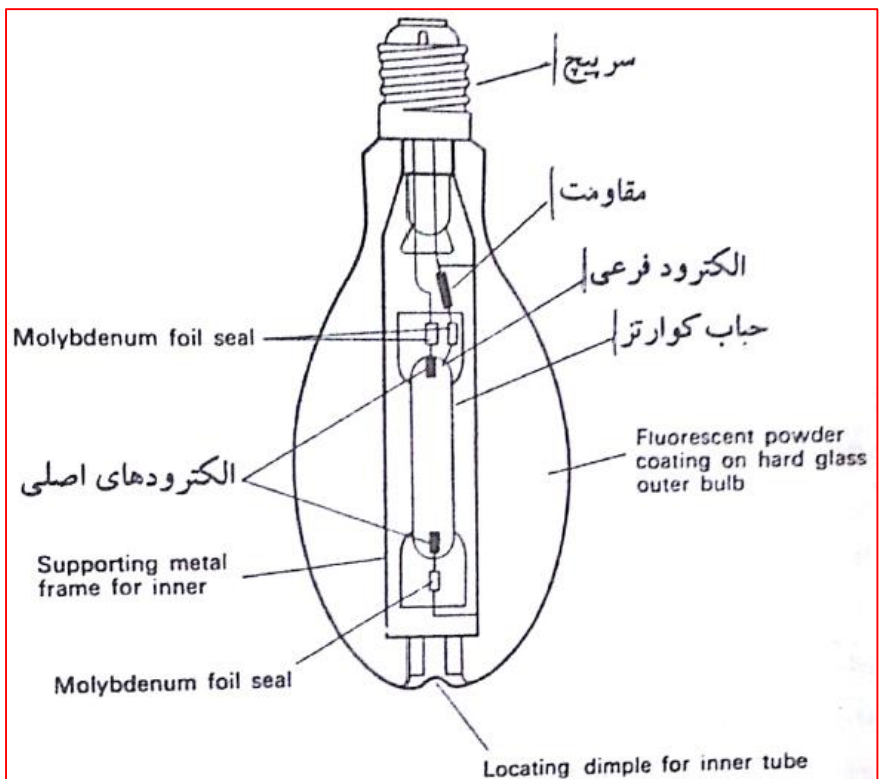


روشنایی

✓ لامپ‌های بخار جیوه

❖ طرز راه‌اندازی و کار لامپ‌های بخار جیوه

- با روشن کردن کلید لامپ، برق ۲۲۰ ولت بین دو الکتروود اصلی و الکتروود فرعی مجاور آن برقرار می‌شود، که برای جرقه‌زنی کافی است.
- حرارت ایجاد شده سبب یونیزه شدن گاز آرگون می‌شود، در نتیجه قوس الکتریکی بین دو الکتروود اصلی برقرار می‌شود. بدلیل مقاومت بزرگ (۱۰ الی ۳۰ کیلو اهم) سری شده با الکتروود فرعی، جریانی از آن نمی‌گذرد.
- در ابتدا بدلیل فشار کم جیوه، نور آبی کم‌رنگ ناشی از آرگون دیده می‌شود. اما، به تدریج نور سبز جیوه ظاهر می‌شود. طی ۳-۵ دقیقه همه جیوه بخار شده و فشار آن افزایش می‌یابد و رنگ نور به حالت طبیعی نزدیک می‌شود.
- در صورت قطع شدن برق، لامپ خاموش می‌شود و بلافاصله با وصل مجدد برق، لامپ روشن نمی‌شود. زیرا فشار بخار جیوه بالاست و امکان برقراری جرقه در آن نیست. معمولاً بین ۵ الی ۷ دقیقه طول می‌کشد تا لامپ به حد کافی خنک شود و فشار داخل آن کاهش یابد تا مجدداً جرقه برقرار شود.



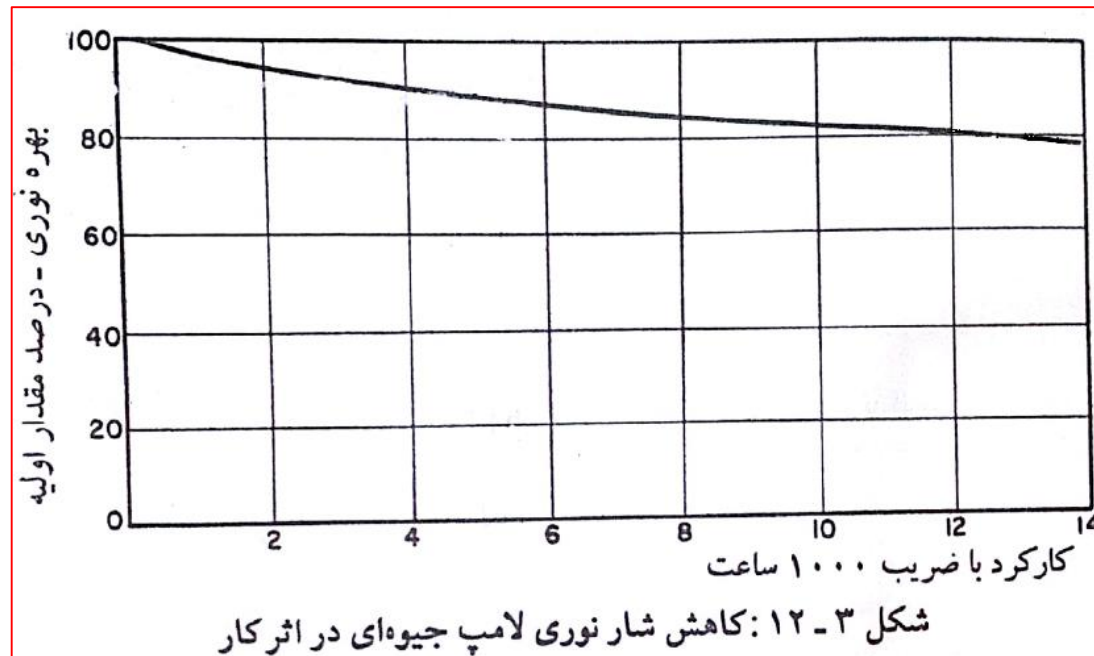
شکل ۳-۱۱: ساختمان لامپ بخار جیوه

روشنایی

✓ لامپ‌های بخار جیوه

❖ عمر، بهره نوری و کاهش نور در اثر فرسودگی در لامپ بخار جیوه

- عمر لامپ‌های جیوه‌ای طولانی و در حدود ۲۴۰۰۰ ساعت است.
- در لامپ‌های قدیمی‌تر که از الکترودهای پوشیده از اکسید باریوم استفاده می‌شد، هر بار روشن شدن لامپ باعث از دست رفتن مقداری از اکسید باریوم می‌شد که به عمر لامپ لطمه می‌زند. در لامپ‌های جدید با الکتروده از جنس توریم، عمر لامپ افزایش یافته است.
- بهره نوری این لامپ‌ها ۵۰ الی ۶۰ لومن بر وات است.
- به مرور زمان و با افزایش ساعات کاری، نور تولیدی لامپ کاهش می‌یابد. کاهش نور لامپ پس از ۵۰۰۰ ساعت کاری، نسبت به لامپ نو در حدود ۱۰٪ است.



روشنایی

✓ لامپ‌های بخار جیوه

❖ طیف نور لامپ بخار جیوه

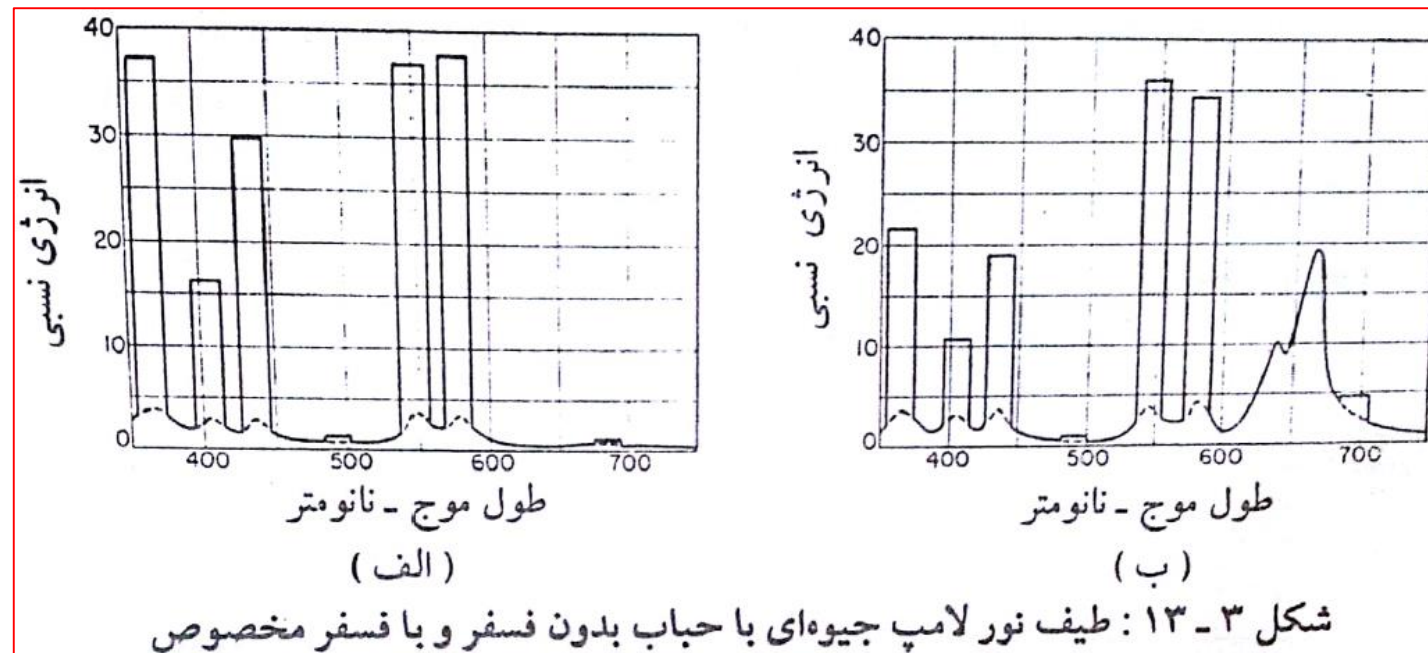
- با افزایش فشار بخار جیوه داخل لامپ، نور تولیدی به سمت طول‌موج‌های بلندتر می‌رود.
- در فشارهای پایین بخار جیوه، نور تولیدی ماوراء بنفش در طول‌موج 0.2537 میکرون است.
- در فشارهای بالاتر، نور لامپ در طول‌موج‌های مرئی 0.4047 الی 0.559 میکرون قرار دارد.
- نور این لامپ‌ها مقدار کافی از نور قرمز ندارد، بدین دلیل تشخیص رنگ صحیح رنگ‌ها در نور این لامپ‌ها ممکن نیست. به همین دلیل و همچنین به دلیل اینکه در اثر قطع لحظه‌ای برق، روشن شدن مجدد این لامپ‌ها با تأخیری حدود ۷ دقیقه انجام می‌شود، در تأسیسات روشنایی معمولاً از تعدادی لامپ رشته‌ای همراه با لامپ‌های جیوه‌ای استفاده می‌شود.
- بیش از نیمی از تشعشعات لامپ بخار جیوه در ناحیه ماوراء بنفش قرار دارد. با استفاده از فسفر مخصوص روی سطح داخلی حباب خارجی، می‌توان مقداری از این نور غیرمرئی را به نور قرمز تبدیل کرد که در نتیجه رنگ نور لامپ به نور سفید نزدیک‌تر می‌شود.

روشنایی

✓ لامپ‌های بخار جیوه

✦ طیف نور لامپ بخار جیوه

- بیش از نیمی از تشعشعات لامپ بخار جیوه در ناحیه ماوراء بنفش قرار دارد. با استفاده از فسفر مخصوص روی سطح داخلی حباب خارجی، می‌توان مقداری از این نور غیرمرئی را به نور قرمز تبدیل کرد که در نتیجه رنگ نور لامپ به نور سفید نزدیک‌تر می‌شود.
- طیف نور لامپ بخار جیوه با حباب شیشه‌ای الف) بدون فسفر ب) با فسفر مخصوص برای بهتر کردن رنگ مطابق شکل زیر است:



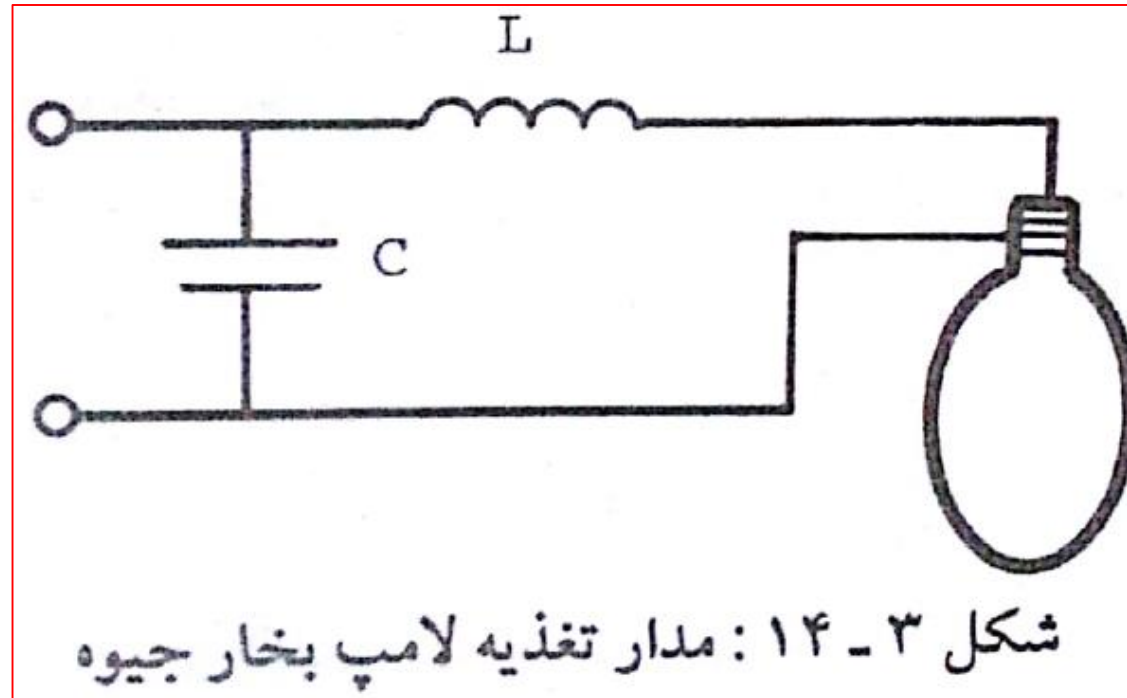
- فسفر سبب تولید نور در طول موج‌های بزرگ‌تر و در نتیجه نزدیک‌تر شدن رنگ نور به نور سفید یا نور خورشید می‌شود.

روشنایی

✓ لامپ‌های بخار جیوه

❖ وسایل کمکی لامپ بخار جیوه

- با توجه به کاهش مقاومت بخار جیوه پس از برقرار شدن قوس الکتریکی، از تجهیز خاصی مطابق شکل زیر برای محدود کردن جریان استفاده می‌شود.



- خودالقای (سلف) L برای محدود کردن جریان و خازن C به منظور تصحیح ضریب توان بکار گرفته می‌شوند.

روشنایی

✓ لامپ‌های بخار جیوه

❖ مشخصات لامپ‌های بخار جیوه استاندارد

جدول ۷-۳: مشخصات برخی لامپهای جیوه‌ای استاندارد

توان مخصوص (وات)	قطر (میلیمتر)	طول (میلیمتر)	مصرف چوک (وات)	شار نوری (لومن)	سریج	درخشندگی (استیلب)
۵۰	۵۵	۱۳۰	۹	۱۹۰۰	E ۲۷	۴
۸۰	۷۰	۱۵۶	۹	۳۵۰۰	E ۲۷	۴
۱۲۵	۷۵	۱۷۰	۱۲	۵۶۰۰	E ۲۷	۶
۲۵۰	۹۰	۲۲۶	۱۶	۱۲۰۰۰	E ۴۰	۹
۴۰۰	۱۲۰	۲۹۲	۲۵	۲۱۰۰۰	E ۴۰	۱۰
۷۰۰	۱۵۰	۳۴۳	۳۵	۳۷۰۰۰	E ۴۰	۱۲
۱۰۰۰	۱۶۵	۳۸۰	۴۵	۵۲۰۰۰	E ۴۰	۱۴
۲۰۰۰	۱۸۵	۴۳۰	۷۰	۱۲۵۰۰۰	E ۴۰	۲۵

روشنایی

✓ لامپ‌های بخار جیوه

❖ لامپ‌های متال هالاید

- از نظر ساختمان مانند لامپ‌های جیوه پرفشار هستند.
- تفاوت اصلی آن‌ها با لامپ‌های جیوه پرفشار: در حباب داخلی آن‌ها علاوه بر جیوه، مقدار کمی از **نمک‌های هالوژنی** نیز وارد می‌کنند.
- نمک‌های معمول **یدور سدیم**، **یدور ایندیوم** و **یدور تالیوم** است.
- وقتی لامپ طی ۵-۷ دقیقه به درجه حرارت کار خود می‌رسد، یدورها تبخیر می‌شوند و فلز مربوطه و ید تجزیه می‌شوند. در نتیجه، هر یک طول موج مخصوص خود را تشعشع می‌کنند. بنابراین، طیف لامپ بهتر می‌شود و بهره نوری آن هم به علت تولید نور زرد که ارزش بینایی بیشتری دارد، افزایش می‌یابد. بهره نوری در لامپ ۴۰۰ وات به حدود ۸۰ لومن بر وات می‌رسد.
- کاربردها: میادین ورزشی، نورتابی به جبهه ساختمان‌های بزرگ، (اخیراً برای) روشنایی داخلی

روشنایی

✓ لامپ‌های بخار جیوه

❖ لامپ‌های بخار سدیم

- از نظر ساختمان مانند لامپ‌های بخار جیوه هستند.
- تفاوت اصلی آن‌ها با لامپ‌های بخار جیوه: در حباب داخلی آن‌ها از **سدیم** بجای **جیوه** و از گاز **نئون** بجای گاز **آرگون** استفاده می‌شود.
- راه افتادن کامل این لامپ‌ها ۱۵ الی ۲۰ دقیقه طول می‌کشد. اما در صورت قطع لحظه‌ای برق، این لامپ بدون تأخیر روشن می‌شود.
- این لامپ‌ها در فشار کم یا زیاد عمل می‌کنند. در لامپ سدیم کم‌فشار، طول‌موج نور 0.5890 و 0.5896 میکرون است که زردرنگ است.
- چون این طول‌موج‌ها خیلی نزدیک به‌شینه منحنی حساسیت است، این لامپ‌ها دارای بهره نوری بالا در حدود ۷۰ لومن بر وات هستند.
- علی‌رغم بالا بودن بهره نوری، این لامپ‌ها بیشتر برای روشن کردن خیابان‌ها و معابر و محل‌های مشابهی که رنگ اهمیت چندانی ندارد مورد استفاده قرار می‌گیرند.
- در لامپ‌های سدیم پرفشار، طیف نور تولیدی وسیع‌تر می‌شود و رنگ‌های غیرزرد رنگ نیز تولید می‌گردد. نور لامپ طلایی رنگ می‌شود.
- فشار گاز این لامپ‌ها در حدود 0.5 اتمسفر و درجه حرارت آن‌ها تا حدود ۱۶۰۰ درجه سانتی‌گراد می‌باشد.

روشنایی

✓ لامپ‌های بخار جیوه

❖ لامپ‌های بخار سدیم

- مشخصات بعضی از لامپ‌های بخار سدیم آلمانی ۲۲۰ ولتی:

جدول ۳-۸: مشخصات بعضی لامپ‌های بخار سدیم

توان مصرفی (وات)	قطر خارجی (میلی‌متر)	طول (میلی‌متر)	مصرف چوک (وات)	شار نوری (لومن)	درخشندگی (استیلب)
۴۵	۵۰	۲۵۷	۲۱	۳۷۰۰	۱۱
۶۰	۵۰	۳۱۰	۲۱	۵۰۰۰	۱۱
۸۵	۵۰	۴۲۴	۲۱	۸۴۰۰	۱۱
۱۴۰	۶۰	۵۲۵	۲۳	۱۴۰۰۰	۱۲
۲۰۰	۶۰	۷۷۵	۴۰	۲۳۰۰۰	۱۳

روشنایی

✓ لامپ‌های فلورسنت

- این لامپ‌ها از یک لوله بلند با قطر کم ساخته می‌شوند، که سطح داخلی آن‌ها از پودر ماده فلورسنت پوشیده است.
- فلورسنت به موادی گفته می‌شود که نور را در طول موجی غالباً غیرمرئی جذب می‌کنند و نور در طول موج دیگری که غالباً مرئی است پس می‌دهند.
- حباب دارای مقدار کمی گاز آرگون و کمی جیوه است.
- در هر انتهای لوله یک الکتروود قرار دارد که از رشته تانگستن درست شده و از اکسیدهای باریوم و استرونتیوم که براحتی الکترون ساطع می‌کنند، پوشیده شده است.
- هر یک از الکتروودها به دو صفحه کوچک در دو انتهای الکتروود متصل است که در نیم سیکلی که الکتروود مربوطه مثبت است، کار آند را انجام می‌دهد و الکترون دریافت می‌کند. در نیم سیکل بعدی الکتروود منفی کار کاتد را انجام می‌دهد، یعنی الکترون ساطع می‌کند.
- مواد فلورسنت معمول در طول موج حدود 0.2537 میکرون، بالاترین راندمان تبدیل نور غیرمرئی به نور مرئی را دارند. این طول موج را می‌توان بوسیله لامپ جیوه‌ای با فشار خیلی کم در حدود 0.004 اتمسفر تولید کرد و علت استفاده از جیوه در لامپ‌های فلورسنت همین حقیقت است.
- برای محدود کردن فشار جیوه به فشار فوق، باید دمای جیوه محدود گردد. لذا طراحی لامپ باید به نحوی باشد تا دمای حباب از حدود 40 الی 45 درجه سانتیگراد متجاوز نشود. بدین دلیل (با توجه به درجه حرارت محیط و توان لامپ) باید سطح جانبی حباب بزرگ انتخاب گردد تا انتقال حرارت به خارج طوری انجام پذیرد که درجه حرارت حباب از این حد متجاوز نشود.

روشنایی

✓ لامپ‌های فلورسنت

- پودرهای فلورسنت مختلفی ساخته شده است که طول‌موج‌های مختلفی تولید می‌کنند و با استفاده از نسبت مناسب این پودرها، می‌توان نور به هر رنگ دلخواه تولید نمود.
- بهره نوری این لامپ‌ها در حدود ۵۰ لومن بر وات و درخشندگی آن‌ها برابر ۹۰۰۰ نیت است.
- در لامپ‌های فلورسنت در اثر عمر و فرسودگی، موادی که در کاتد سبب ساطع شدن الکترون می‌شوند بتدریج از بین می‌روند. مخصوصاً در زمان روشن کردن لامپ، ضایعات بیشتر است و لذا با کمتر خاموش و روشن کردن لامپ‌های فلورسنت می‌توان عمر آن‌ها را بیشتر کرد. عمر متوسط این لامپ‌ها در حدود ۵۰۰۰ ساعت کاری است.
- در تلاش برای جایگزین کردن لامپ‌های فلورسنت بجای لامپ‌های رشته‌دار، لامپ‌های فلورسنتی ساخته شده که مدارهای راه‌انداز و وسایل اضافی آن در داخل حباب قرار می‌گیرد و حباب خارجی و سرپیچ آن‌ها نیز به شکل لامپ‌های رشته‌دار ساخته می‌شود و می‌توان آن‌ها را بجای لامپ‌های رشته‌دار مورد استفاده قرار داد.

روشنایی

✓ لامپ‌های فلورسنت

❖ مدارهای راه‌انداز لامپ‌های فلورسنت

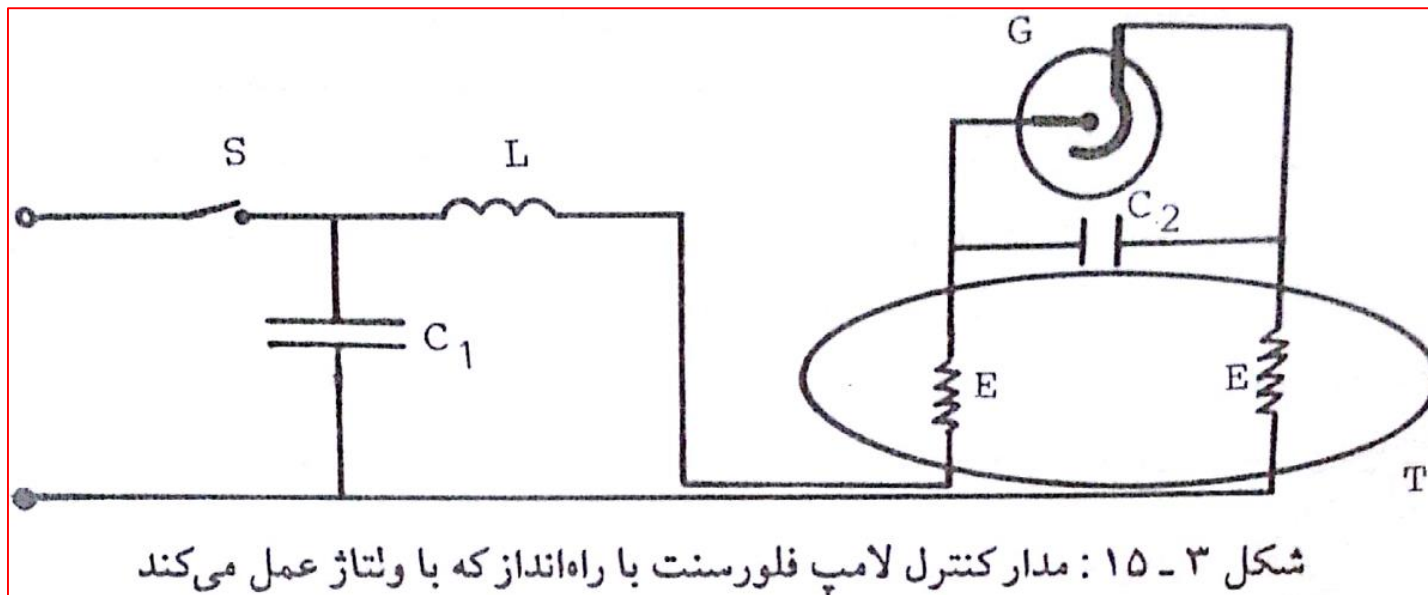
- لامپ‌های فلورسنت برای راه‌اندازی و حفاظت حین کار به کلید راه‌انداز و چوک محدودکننده جریان مجهز هستند. کلیدهای راه‌انداز انواع مختلفی دارند که براساس ولتاژ و کلید دیگری که براساس جریان کار می‌کنند از همه معمول‌ترند. البته برخی از لامپ‌های فلورسنت جدید نیز در بازار موجود است که نیاز به کلید راه‌انداز ندارد.

روشنایی

✓ لامپ‌های فلورسنت

❖ کلید راه‌انداز عمل‌کننده براساس ولتاژ

- E: الکترودها
- T: حباب لامپ
- G: کلید راه‌انداز
- L: چوک
- C₂: جلوگیری از پارازیت‌های رادیویی
- C₁: اصلاح ضریب توان (از ۰/۵ پس فاز به ۰/۹)



❖ کلید راه‌انداز عمل‌کننده براساس ولتاژ

- کلید راه‌انداز مرکب از دو جزء است: ۱- جزء ثابت، ۲- بی‌متال. این دو جزء در کپسول شیشه‌ای پر شده از هلیوم و هیدروژن قرار دارد.
- بی‌متال می‌تواند در اثر گرم شدن تغییر شکل دهد و مدار را وصل کند. در حالتی که کلید S باز است کلید راه‌انداز نیز باز است. با بسته شدن کلید S، ولتاژی حدود ۲۲۰ ولت بین دو الکتروود راه‌انداز برقرار می‌شود که قادر به یونیزه کردن گاز داخل شیشه و برقرار کردن تخلیه الکتریکی در آن است. حرارت ناشی از تخلیه الکتریکی باعث گرم شدن بی‌متال و بسته شدن کلید راه‌انداز می‌شود. بنابراین، مدار برقی از طریق دو رشته تانگستن الکتروودها بسته می‌شود. جریان حاصل از رشته، الکتروودها را به حالت التهاب درمی‌آورد که سبب یونیزه شدن گاز اطراف آن‌ها می‌شود. بعد از یک یا دو ثانیه، بی‌متال کلید G به اندازه کافی سرد می‌شود و مدار را قطع می‌کند. قطع ناگهانی مدار شامل خودالقاء، موجب القای ولتاژ بزرگی در حدود ۸۰۰ الی ۱۰۰۰ ولت می‌شود. این ولتاژ برای برقرار کردن قوس الکتریکی بین دو الکتروود E در داخل لامپ کافی است. حرارت تولید شده در اثر عبور جریان از لامپ سبب تبخیر جیوه می‌شود و با تبخیر کامل جیوه و رسیدن به فشار داخل لوله به حدود ۰/۰۱ میلیمتر جیوه، ولتاژ دو سر لامپ به ۱۰۰ الی ۱۱۰ ولت کاهش می‌یابد. این ولتاژ در دو سر کلید راه‌انداز نیز موجود است، اما برای برقراری تخلیه الکتریکی کافی نیست و این کلید باز باقی می‌ماند.
- مقاومت ظاهری چوک باید طوری باشد که باقیمانده ولتاژ در دو سر آن ظاهر شود، بدون اینکه جریان از بیشینه مجاز برای لامپ تجاوز کند.

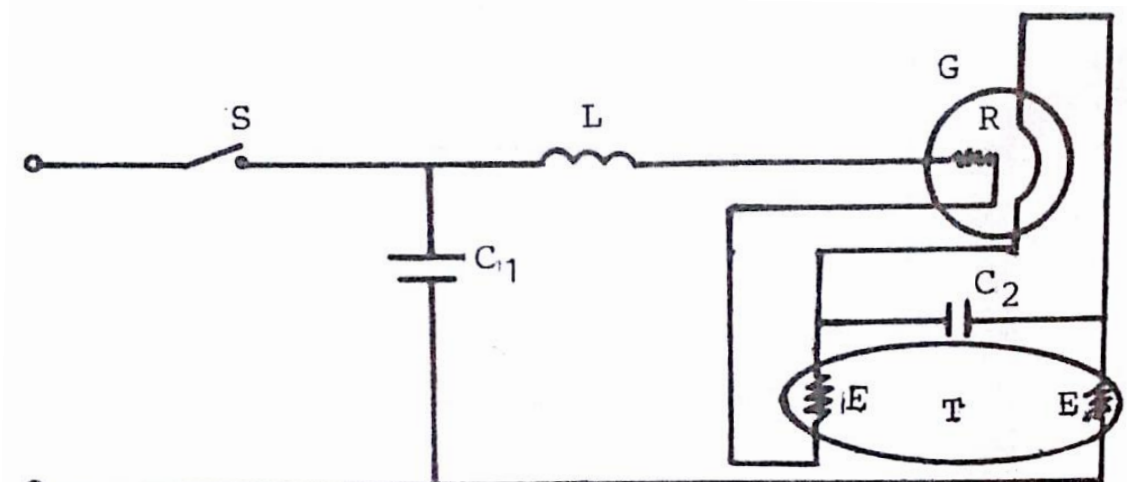
✓ لامپ‌های فلورسنت

❖ کلید راه‌انداز عمل‌کننده براساس جریان

- کلید راه‌انداز دارای یک مقاومت گرم‌کن R است که در مجاورت بی‌متال قرار دارد.

- قبل از بستن کلید S ، بی‌متال سرد و کلید G بسته است. با بستن کلید S ، جریانی در گرم‌کن R از طریق دو رشته الکترودهای E لامپ برقرار می‌شود که موجب گرم شدن R و به ملتهب شدن الکترودها می‌شود. بنابراین، گاز داخل لامپ گرم و یونیزه می‌شود. به علت گرم شدن بی‌متال کلید راه‌انداز، اتصال آن بصورت ناگهانی قطع می‌شود که موجب القای ولتاژ زیاد بین دو الکتروود لامپ و برقراری قوس الکتریکی در لامپ می‌شود. با تبخیر کامل جیوه لامپ بطور عادی به کار خود ادامه می‌دهد.

- در زمان روشن بودن لامپ، گرم‌کن R دارای جریان است و گرمای ناشی از آن کلید G را باز نگه می‌دارد. بدین دلیل می‌گوییم کلید با جریان عمل می‌کند.



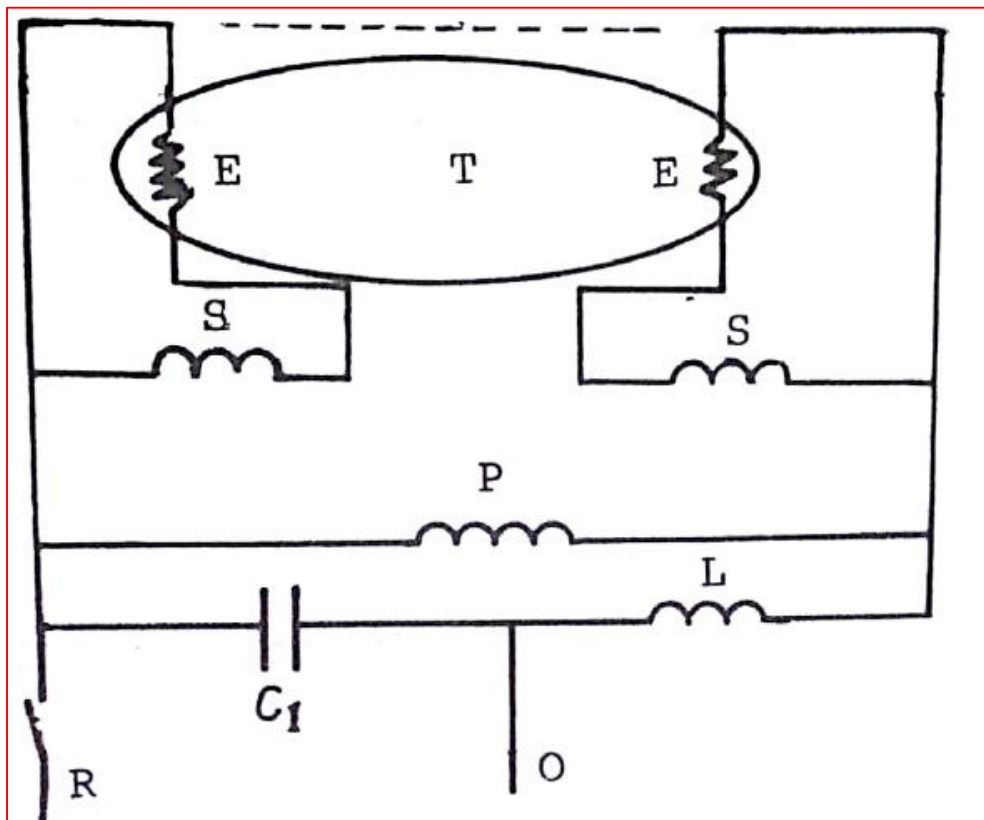
شکل ۳- ۱۶: مدار کنترل لامپ فلورسنت با کلید راه‌انداز که با جریان عمل می‌کند

روشنایی

✓ لامپ‌های فلورسنت

❖ لامپ‌های فلورسنت بدون راه‌انداز

- برخی از لامپ‌های فلورسنت جدید کلید راه‌انداز ندارند که به آن‌ها لامپ فلورسنت بدون راه‌انداز یا با راه‌انداز فوری گفته می‌شود. یک نوار فلزی نازک به سطح خارجی متصل است که در یک انتهای لامپ به سیم زمین متصل می‌شود. لامپ از هر نظر دیگر لامپ فلورسنت معمولی است. برق ورودی به اولیه ترانسفورماتور P متصل می‌شود که بین دو الکترود E ظاهر می‌شود. دو ثانویه ولتاژ ضعیف S هر یک ولتاژی به رشته یک الکترود می‌رسانند که سبب گرم کردن آن‌ها و ساطع شدن الکترون از آن‌ها می‌شوند. وجود میدان الکتریکی نسبتاً قوی بین دو الکترود و زمین باعث برقرار شدن تخلیه الکتریکی در این ناحیه می‌شود که به تندی به همه لامپ سرایت می‌کند.



شکل ۳- ۱۷: مدار کنترل لامپ فلورسنت بدون راه‌انداز

روشنایی

✓ لامپ‌های فلورسنت

❖ لامپ‌های فلورسنت با کاتد سرد

- در این لامپ‌ها، الکترودها از آهن یا نیکل به شکل استوانه ساخته می‌شود و گرم کردن آن‌ها به منظور ساطع نمودن الکترون به کار گرفته نمی‌شود. برای راه‌اندازی آن‌ها به ناچار باید از ولتاژ بیشتری که بتواند در لامپ تخلیه الکتریکی شروع کند استفاده نمود. برای این منظور از ترانسفورماتورهایی که دارای راکتانس نشتی بزرگ هستند استفاده می‌شود که در شروع ولتاژ زیادی برای شروع عمل تخلیه تولید کنند و در حالت کار (برقراری جریان) به علت افت ولتاژ در راکتانس نشتی ولتاژ نسبتاً کم مورد لزوم لامپ را تأمین نمایند.