

## تأثیر فناوری های لامپ بر کیفیت نیرو شبکه توزیع برق

اصغر قادری ۱، علی عبدالهی ۲، نیما فروغی ۲

۱ استادیار گروه برق دانشگاه آزاد واحد ايرانشهر،

۲ دانشجوی کارشناسی مهندسی برق، دانشگاه آزاد واحد ايرانشهر

### چکیده

صنعت برق به خاطر نقش زیر بنایی و ارتباط زیادی که با کلیه عوامل موثر بر رشد اقتصادی دارد، صنعتی پویا و تاثیر گذار است. با توجه به فراگیری گسترده انرژی برق می توان آنرا به عنوان یکی از اصلیترین عوامل بستر ساز توسعه اقتصادی کشور محسوب کرد. نورپردازی نقش حیاتی در فعالیت های طبق روال انسان ها ایفا می کند و ممکن است مصنوعی (لامپ) یا طبیعی (نور خورشید) باشد. نورهای مصنوعی یکی از مولفه های سیستم الکتریکی است که بر کیفیت زندگی افراد تاثیر می گذارد. لامپ ها از جمله نورهای مصنوعی معروف می باشد. از آنجایی که لامپ ها بر کیفیت شبکه توزیع برق موثر هستند، در این مقاله به بررسی تأثیر فناوری های لامپ بر کیفیت نیرو شبکه توزیع برق پرداخته شده است. در مرحله اول انواع لامپ های استفاده شده در ایران معرفی و مزایا و معایب آنها بیان گردید. نتایج این تحقیق نشان می دهد که هر کدام از لامپ ها می تواند در شرایطی خاص گزینه برتر باشد.

**واژگان کلیدی:** فناوری های لامپ، هماهنگ، شبکه توزیع، کیفیت نیرو، میزان آلودگی لامپ

**مقدمه**

صنعت برق به خاطر نقش زیر بنایی و ارتباط زیادی که با کلیه عوامل موثر بر رشد اقتصادی دارد، صنعتی پویا و تاثیر گذار است. با توجه به فراگیری گسترده انرژی برق می توان آنرا به عنوان یکی از اصلیتین عوامل بستر ساز توسعه اقتصادی کشور محسوب کرد. صنعت برق به دو بخش تولید و توزیع تقسیم می شود که هر یک به نوبه خود اهمیت اساسی دارند. در این بین بخش توزیع برق به دلیل ارتباط نزدیک با مشترکان از جایگاه و اهمیت خاصی برخوردار است. نورپردازی نقش حیاتی در فعالیت های طبق روال انسان ها ایفا می کند و ممکن است مصنوعی (لامپ) یا طبیعی (نور خورشید) باشد. نورهای مصنوعی یکی از مولفه های سیستم الکتریکی است که بر کیفیت زندگی افراد تاثیر می گذارد. سیستم نورپردازی کافی در امکان کاری، کلاس درس، اداره ها و غیره مورد نیاز است تا فعالیت مد نظر را انجام داد. با این وجود، آن به طور کارکرد برای افرادی مناسب باشد که درون ناحیه کاری مشغول به فعالیت اند. به هر حال، اکثر فناوری های نوری جدید به عنوان بار غیر خطی تقسیم بندی می شوند که ممکن است تأثیر منفی بر کیفیت نیرو شبکه توزیع محیط داشته باشند. به علاوه، نورپردازی ۲۱٪ از مصرف انرژی کل برق را در جهان به خود اختصاص می دهد. لذا کاهش مصرف انرژی الکتریکی با استفاده از لامپ های مقرون به صرفه در کل یکی از مهم ترین راه حل ها برای کاهش مصرف انرژی الکتریکی است. بسیاری از شرکت ها برای فراهم سازی این راه حل، سعی دارند لامپ های مختلف تولید کنند. لذا، فناوری های نورپردازی مختلف به بازار عرضه شده اند. به هر حال ارزیابی ویژگی های عملکرد این فناوری نورپردازی و تأثیرات ممکن آنها بر شبکه نیرو حائز اهمیت است.

**لامپ ها**

فناوری های لامپ متنوع از زمان ابداع لامپ رشته ای پدیدار شده اند که یکی از جدیدترین آنها فناوری ال ای.دی است. فناوری های نورپردازی جدید صرفه جویی در انرژی را به طور جدی مد نظر قرار داده اند. نیاز به لامپ های مقرون به صرفه نه تنها به خاطر مزایای صرفه جویی در انرژی، بلکه قوانین اعمال شده در کشورهای مختلف برای ممنوع کردن لامپ های رشته مد نظر بوده اند. این لامپ ها مزایایی همانند دسترسی به برق ارائه می دهند اما تولید ناکافی برق ممکن است منابع محسوب گردد. یک مزیت دیگر کاهش هزینه برق بوده که آنها را به طور ویژه جذاب ساخته است.

هر چند فناوری های نورپردازی کردن این مزایای عمده را ارائه می دهند، این گرایش وجود دارد که هماهنگی ها و همسوگری ایجاد می کنند چون بار غیر خطی اند. همسوگری در سیستم نیرو پیامدهای منفی راجع به سیستم نیرو ایجاد می کند؛ آن اتلاف را افزایش داده و باعث حرارت مازاد تجهیزات می شود که طول عمر را کاهش می دهد. همسوگری فرعی می تواند باعث چشمک زن گردد که منجر به تاثیر نامطلوب بر بینایی، عدم تعادل و اشباع پذیری اصلی ترانسفورمرها و کاهش استحکام حرارتی موتورهای القا می گردد. لذا ارزیابی تاثیر این فناوری های لامپ مدرن بر سیستم قدرت ضرورت دارد. کارهای قابل ملاحظه ای در زمینه تاثیر چند فناوری نورپردازی بر شبکه توزیع انجام شده است. مسئله پایه ای اساسی کاربرد توده ای سی اف ال و ال ای دی مسئله اختلال در ولتاژ شبکه است که به خاطر جریان کج شکل به وجود آمده که حاوی میزان بالایی از قطعات هماهنگ می باشد. علاوه بر این، کاهش اعوجاج هماهنگی ایجاد شده با سی اف ال ها بسیار دشوار است چرا که به طور گسترده در شبکه سیستم نیرو عمده توزیع می شوند. اعوجاج هماهنگی فزون یافته می تواند باعث اتلاف عمده به سیم پیچ شده و لذا دمای غیرعادی ترانسفوررها افزایش می یابد. لذا هنگامی که بارهای غیرخطی همانند ال ای دی و سی اف ال مصرف کنندگان انرژی عمده در شبکه توزیع اند، کاهش کارایی زود هنگام ترانسفورمر و کاهش طول عمر مفید ترانسفورمر برخی از مسائل مطرح شده اند. در این مقاله سه فناوری مختلف لامپ یعنی لامپ های دیود تشعشع نوری، لامپ های رشته ای و لامپ های شونده نوری تحلیل می شوند تا تاثیر کاربرد آنها بر کیفیت نیرو سیستم توزیع از طریق تجربه آزمایشگاهی بررسی گردد.

پر استفاده ترین لامپ ها در مصارف روشنایی در ایران عبارتند از:

لامپ های رشته ای

لامپ های مهتابی (فلورسنت)

لامپ های کم مصرف (فلورسنت فشرده)

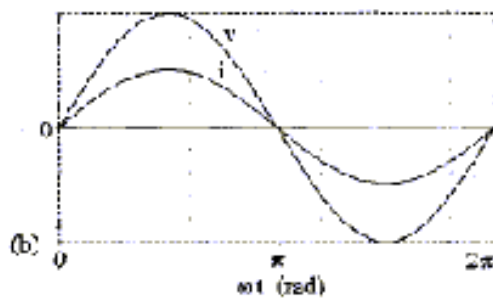
در زیر سعی شده که به صورت خلاصه به معرفی انواع لامپها پرداخته شود.



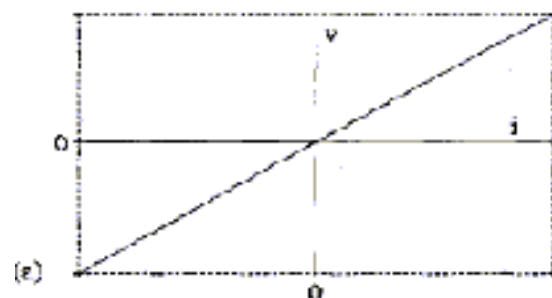
شکل ۱- انواع لامپها

لامپ های رشته ای

به دلیل عدم تولید هارمونیک در این نوع لامپها و هم فاز بودن جریان و ولتاژ این لامپها را می توان با دقت خوبی با یک مقاومت به صورت الکترونیکی و به صورت یک مصرف کننده توان اکتیو در شبکه قدرت مدل کرد.



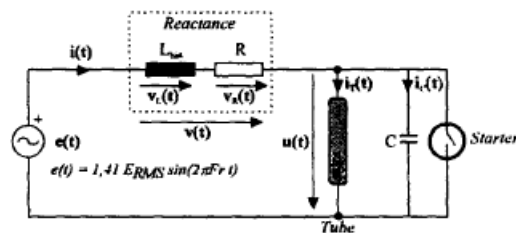
شکل ۳- مشخصه شکل موج جریان و ولتاژ



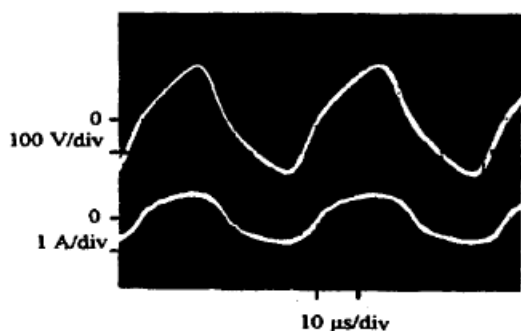
شکل ۲- مشخصه V-i لامپهای رشته ای

مدل سازی لامپ های فلورسنت (مهتابی)

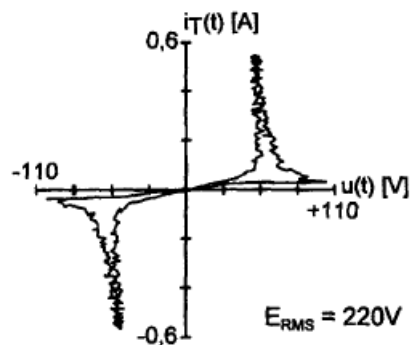
مدار داخلی یک لامپ فلورسنت (مهتابی) مطابق شکل زیر می باشد.



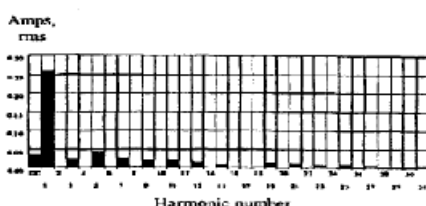
شکل ۴- مدار داخلی لامپهای مهتابی همراه با استارتر



شکل ۶- مشخصه شکل موج جریان و ولتاژ لامپهای مهتابی



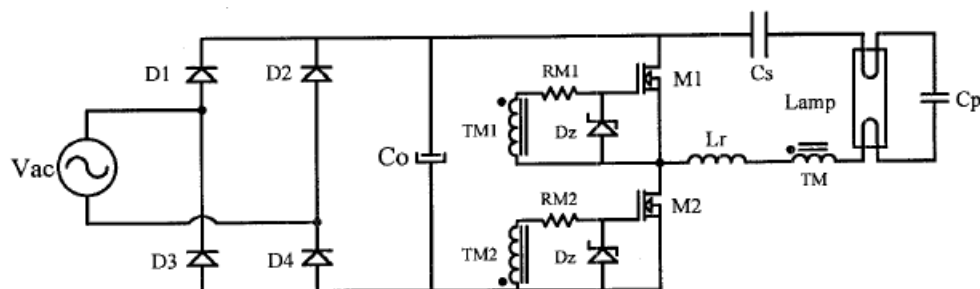
شکل ۵- مشخصه V-I لامپهای مهتابی



شکل ۷- طبق فرکانسی شکل موج جریان لامپهای مهتابی

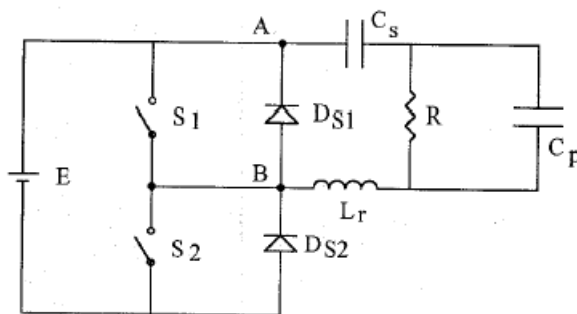
مدل سازی لامپهای کم مصرف

مدار یک لامپ کم مصرف را به صورت شکل زیر می توان نمایش داد:

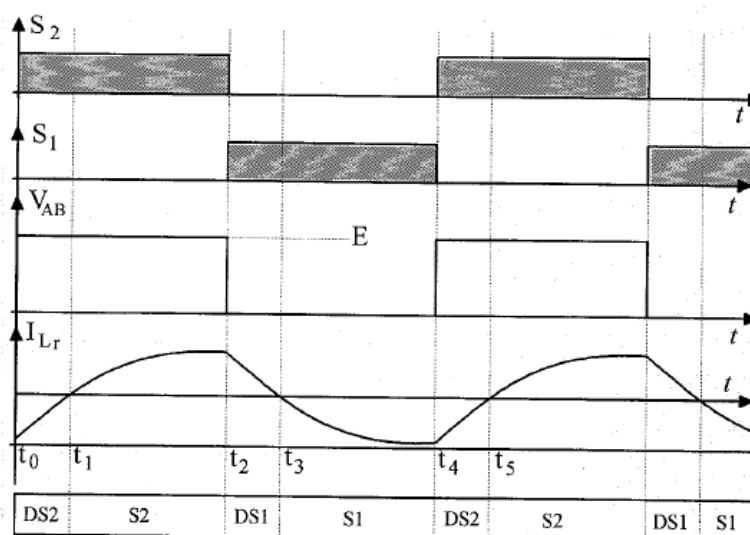


شکل ۸- شکل مدار داخلی لامپهای کم مصرف

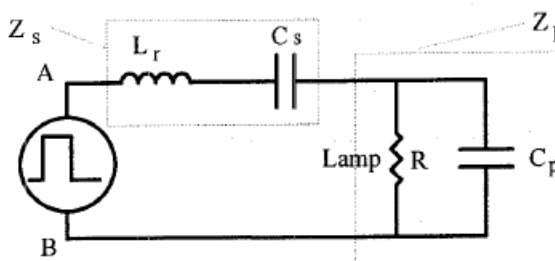
مدار شکل بالا را می توان با ساده سازی به صورت زیر در آورد:



شکل ۹- مدار معادل لامپ کم مصرف



شکل ۱۰- موج جریان سلف و سوئیچینگ



شکل ۱۱- مدار معادل لامپهای کم مصرف

### پیشینه تحقیق:

غفوری و همکاران در تحقیقی با عنوان "تأثیر فناوریهای لامپ بر کیفیت نیرو شبکه توزیع برق" به ارزیابی ویژگیهای عملکردی این فناوریهای نوری و تأثیر ممکن آنها بر شبکه نیرو پرداختهاند. در این مقاله سه فناوری لامپ همانند لامپ های دیود انتشار دهنده نور (ال.ای.دی)، لامپهای رشتهای (آی.سی) و لامپهای فشرده-فلورسانت (سی.اف.ال) تحلیل می‌شوند تا تأثیر کاربرد آنها بر کیفیت نیرو سیستم توزیع از طریق تجربه آزمایشگاهی بررسی گردد. به هر حال آنها (لامپهای ال.ای.دی) بیشترین میزان آلودگی را در مقایسه با دیگر لامپ دارند. در این مقاله، به نظر می‌رسد که هیچ تک لامپی مورد ترجیح نیست هنگامی که به طور همزمان کیفیت نیرو و صرفه جویی در انرژی را در نظر گرفته شود. این انتخاب بستگی به این دارد که کدام یک از متریک‌ها مد نظر است. در مواردی که مسائل کیفیت نیرو اهمیت زیادی دارند، لامپهای رشته‌های سنتی مورد ترجیح‌اند از طرفی دیگر وقتی صرفه جویی در انرژی مد نظر باشد، لامپهای ال ای دی ترجیح داده می‌شوند. سی اف ال‌ها صرفه جویی انرژی متعادل دارند و در مقایسه با لامپهای ال ای دی هم‌هنگی‌های کمتری تولید می‌کنند.

شیخ حسینی تحقیقی با عنوان "اثر روشنایی لامپ و بررسی آن در شبکه برق" انجام داده بود. در این تحقیق به بررسی فناوری سه نوع لامپ شامل لامپ دیودی (ال. ای. دی)، لامپهای رشتهای (آی.سی) و لامپ فشرده فلورسنت (سی. اف. ال) تحیل شده است که تأثیر کاربرد آنها بر کیفیت نیرو سیستم توزیع از طریق تجزیه آزمایشگاهی بررسی گردید. در نتیجه مشابه سایر تحقیقات، بسته به هدف از انتخاب لامپ، هر یک از انواع لامپها می‌تواند ترجیح داده شوند. به عنوان مثال این تحقیق نشان داد که لامپهای ال.ای.دی ترجیح داده می‌شود در صورتی که صرفه‌جویی در انرژی مدنظر باشد.

اخلاقی و همکاران در مقاله‌ی "بررسی تأثیر استفاده گسترده از لامپ‌های کم مصرف بر کیفیت برق در شبکه‌های توزیع" به بررسی استفاده از لامپ‌های کم مصرف پرداخته‌اند. این لامپ‌ها به دلیل دارا بودن بالاست‌های الکترونیکی موجب ایجاد اختلالات هارمونیکی و تأثیر نامناسب بر روی کیفیت برق در شبکه‌های توزیع می‌شوند. برای در این تحلیل از نرم‌افزار Matlab استفاده شده است.

### هماهنگی و تأثیر آن بر سیستم توزیع برق

کاربرد فزینده بارهای غیر خطی همانند لامپ‌های کم مصرف در سال‌های اخیر مسئله هماهنگی را در شبکه توزیع بدتر نموده است. هماهنگی موج سینوسی اعوجاج به خاطر فرکانس‌های ولتاژ یا جریان بوده که فراتر از حد فرکانس پایه‌ای (۵۰۰ هرتز) است. کج شکلی پدید آمده با هماهنگی بالا ممکن است به شکل سری‌های فوریه و بسط آن طبق روابط ۵-۱- مطرح گردد. (شیخ حسینی)

$$f(t) = \frac{a_0}{2} + \sum_{h=1}^{\infty} a_h \cos h\omega t + \sum_{h=1}^{\infty} b_h \sin h\omega t \quad (1)$$

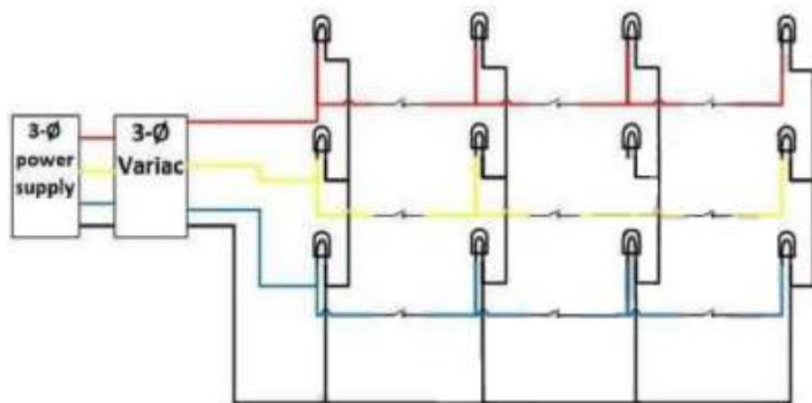
$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$

$$a_h = \frac{2}{T} \int_0^T f(t) \cos h\omega t dt \quad (2)$$

$$b_h = \frac{2}{T} \int_0^T f(t) \sin h\omega t dt \quad (3)$$

$$C_h = \sqrt{a_h^2 + b_h^2} \quad (4)$$

$$\varphi_h = \tan^{-1} \frac{a_h}{b_h} \quad (5)$$



شکل ۱۲- نمودار طرح‌وار ساختار تجربی و مقایسه فناوری‌های لامپ مختلف (شیخ حسینی)

## نتیجه گیری

صنعت برق به خاطر نقش زیر بنایی و ارتباط زیادی که با کلیه عوامل موثر بر رشد اقتصادی دارد، صنعتی پویا و تاثیر گذار است. با توجه به فراگیری گسترده انرژی برق می توان آنرا به عنوان یکی از اصلیتین عوامل بستر ساز توسعه اقتصادی کشور محسوب کرد. صنعت برق به دو بخش تولید و توزیع تقسیم می شود که هر یک به نوبه خود اهمیت اساسی دارند. در این بین بخش توزیع برق به دلیل ارتباط نزدیک با مشترکان از جایگاه و اهمیت خاصی برخوردار است.

نورپردازی نقش حیاتی در فعالیت های طبق روال انسان ها ایفا می کند و ممکن است مصنوعی (لامپ) یا طبیعی (نور خورشید) باشد. انواع لامپ های رشته ای، لامپ های مهتابی (فلورسنت)، لامپ های کم مصرف جز لامپ های پر کاربرد در ایران می باشد. با بررسی ویژگی های این لامپ ها می توان تاثیر آنها را در صنعت برق مشخص می گردد.

سه فناوری لامپ، لامپ های دیود انتشار دهنده نور (ال.ای.دی)، لامپ های رشته ای (آی.سی) و لامپ های فسرده-فلورسانت (سی.اف.ال) تحلیل می شوند تا تاثیر کاربرد آنها بر کیفیت نیرو سیستم توزیع از طریق تجربه آزمایشگاهی بررسی گردد. به هر حال آنها (لامپ های ال.ای.دی) بیشترین میزان آلودگی را در مقایسه با دیگر لامپ دارند. نتایج بیانگر آن است که هیچ تک لامپی مورد ترجیح نیست هنگامی که به طور همزمان کیفیت نیرو و صرفه جویی در انرژی را در نظر گرفته شود. این انتخاب بستگی به این دارد که کدام یک از متریک ها مد نظر است. در مواردی که مسائل کیفیت نیرو اهمیت زیادی دارند، لامپ های رشته ای سنتی مورد ترجیح اند از طرفی دیگر وقتی صرفه جویی در انرژی مد نظر باشد، لامپ های ال ای دی ترجیح داده می شوند. سی اف ال ها صرفه جویی انرژی متعادل دارند و در مقایسه با لامپ های ال ای دی همահنگی های کمتری تولید می کنند.

## منابع

۱. اخلاقی، اسماعیل و پارسامقدم، محسن و یزدیان، علی، ۱۳۸۴، بررسی تاثیر استفاده گسترده از لامپ های کم مصرف بر کیفیت برق در شبکه های توزیع، پنجمین همایش ملی انرژی، تهران.
۲. شیخ حسینی، حجت، ۱۴۰۰، اثر روشنایی لامپ و بررسی آن در شبکه برق، دوازدهمین کنفرانس ملی مهندسی برق، کامپیوتر و مکانیک، شیروان.
۳. غفوری، امیر و بهارستان تفتی، محمد حسین، ۱۳۹۷، تاثیر فناوری های لامپ بر کیفیت نیرو شبکه توزیع برق، چهارمین کنفرانس ملی نوآوری و تحقیق در مهندسی برق و کامپیوتر و مکانیک ایران، تهران.
۴. فلاح جلودار، مهدی، ۱۳۹۵، ارزیابی کارایی شرکت های توزیع نیروی برق ایران با استفاده از مدل ترکیبی شبکه های عصبی و تحلیل پوششی داده ها، مجله تحقیق در عملیات در کاربردهای آن، سال سیزدهم، شماره چهارم (پیاپی ۵۱).