

## بررسی نقش لامپ های کم مصرف در تولید هارمونی و اثرات آن بر شبکه های توزیع

مهدي برادران هروی

mehdibradran@yahoo.com

مجتمع آموزشی و پژوهشی صنعت آب و برق خراسان

علیرضا یزدان پناه

Alireza295@noavar.com

مجتمع آموزشی و پژوهشی صنعت آب و برق خراسان

**چکیده :** در سالهای اخیر استفاده از لامپهای کم مصرف با تبلیغات و توصیه های مختلفی پیشنهاد شده و می شود . [1و2و3] و تا به حال هیچگونه مشکل جدی در رابطه با از دست دادن کیفیت برق رسانی به مصرف کنندگان از بابت استفاده از این لامپها گزارش نشده است که عمده دلیل آن ناشی از استفاده کم این لامپها در حال حاضر ، نسبت به سهم کل روشنایی شبکه و پائین بودن میزان فروش در کشور می باشد . با توجه به راه اندازی کارخانه های جدید در چند سال اخیر استفاده از این نوع لامپها مورد استقبال و اقبال مصرف کنندگان بصورت فراینده ی در حال رشد و توسعه می باشد . لذا بررسی و تحلیل اثرات ناشی از آنها در بدو توسعه امری ضروری می باشد . چنانچه استفاده از این لامپها افزایش یافته و سهم عمده ای از بار روشنایی از کل شبکه را در بر گیرد و با توجه به بالا بودن ضریب کل اعوجاج ناشی از درصد بالای هارمونیکهای تولیدی و تاثیر سوء آن بر روی تجهیزات الکتریکی شبکه احتمال فروپاشی و یا قطع حفاظتی بی مورد سیستم توزیع را بدنبال خواهد داشت . [4]

با دیدی نه چندان امیدوار کننده ممکن است به منظور جلوگیری از مشکلات ذکر شده مجبورند از هم اکنون در فکر طراحی و صرف هزینه های لازم جهت نصب فیلترهای مناسب باشند ، در غیر اینصورت توجیه اقتصادی استفاده از لامپها زیر سؤال خواهد رفت . این مقاله به منظور روشن تر شدن مشکل از یک مجتمع اداری آموزشی که روشنایی آنها با لامپهای مصرفی مجتمع ، ضریب کل اعوجاج هارمونیکی را استخراج و احتمال خطای فاحش در اندازه گیری و ثبت انرژی مصرفی و نیز مورد بررسی قرار داده در خاتمه با استفاده از الگوی فوق و مشابه سازی نتایج آن بر روی شبکه به تحلیل هر چند مختصر پیرامون موضوع پردازد .

واژگان کلیدی : هارمونی - روشنایی - ضریب قدرت - مشخصه های الکتریکی - صرفه جویی انرژی

## مقدمه :

از آنجایی که روشنایی یکی از عوامل مهم مصرف انرژی الکتریکی در ساعات اوج شبکه می باشد و به تنهایی در حدود 35 درصد با پیک را شامل می شود [5]. سعی در تعویض فرهنگ و کاهش مصرف انرژی الکتریکی مربوط به روشنایی کمکی در جهت حمل شبکه و به خصوص مدیریت بار در ساعات اوج مصرف می باشد. با توجه به پیشرفت ساخت تجهیزات الکترونیک صنعتی و در راستای آن لامپهای جدید با مصرف کم که دارای بهره وری قابل ملاحظه می باشد. فکر استفاده از این لامپها و تعویض تدریجی لامپهای موجود در راستای اهداف بیان شده و صرفه جویی انرژی در سالهای اخیر مورد توجه قرار گرفته است. از جمله نکات مورد توجه در این رابطه عبارتند از: [1و2و3]

الف) توجیه اقتصادی کاربرد زیاد لامپهای با مصرف کم در شبکه سراسری در نتیجه کاهش پیک بار اکتیو  
 ب) توجیه استهلاک هزینه نسبتاً گران خرید لامپهای فوق با توجه به مصرف کم انرژی و طول عمر زیاد آن از دید مصرف کننده  
 ج) توجیه کاهش مشکلات مدیریت بار با توجه به استفاده از این نوع لامپها در پیک بار

شرح مقاله: لازمه تبلیغ برای تغییر فرهنگ مصرف لامپهای موجود با لامپهای کم مصرف جدید ضرورتاً نیاز به بررسی و تحلیل کارشناسانه پیرامون اثرات مختلف این موضوع دارد تا با پیش بینی مسائل احتمالی ناشی از این پدیده بتوان تمهیدات لازم را به مورد اجرا گذاشت. در این رابطه سعی شده است به کمک آزمایش تجربی بر روی دو نمونه از این لامپها (ساخت داخل و خارج کشور) به اندازه گیری مشخصه های الکتریکی آنی پرداخته با توجه به نتایج عملی بدست آمده روی اثرات سوء استفاده گان از لامپهای فوق بر روی شبکه و در اولویت اول شبکه های توزیع، بحث و بررسی صورت پذیرد. آزمایشات نشان می دهد که لامپهای مورد نظر دارای ضریب قدرت پائین و ضریب کل اعوجاج هارمونیک بالایی می باشند. بنابراین اگر استفاده از این لامپها افزایش یابد و سهم عمده ای از بار روشنایی کل شبکه را در بر گیرد احتمال زیان دیدن کیفیت و لتاژ شبکه افزایش یافته و در این صورت بر روی دیگر تجهیزات شبکه و مصرف کننده با مشکلات جدید روبرو خواهیم شد. [4و6و7]

بدست آوردن مشخصه های الکتریکی لامپهای کم مصرف :  
 به منظور دستیابی به مشخصه الکتریکی لامپهای کم مصرف دو نوع آنها با مشخصات زیر مورد آزمایش قرار گرفتند:

لامپ فلورسنت کم مصرف به بهره نوری بالا، ساخت کارخانه اسرام و توان مصرفی 23 وات با عمر نزدیک به 8000 ساعت و شدت روشنایی معادل لامپ رشته ای 120 وات

لامپ فلورسنت کم مصرف با بهره نوری بالا، ساخت کارخانه داخلی و توان مصرفی 20 وات، با عمر نزدیک به 8000 ساعت و شدت روشنایی لامپ رشته ای 100 وات

کارآیی لامپهای فوق با توجه به مشخصات زیر مورد تجزیه و تحلیل قرار می گیرد.

1. بهره نوری بالا

2. توان مصرفی پائین

3. ضریب توان ضعیف

4. درصد کل اعوجاج هارمونیکهای تولیدی

بحث و بررسی در سه مورد اول در مقالات مختلف تحلیل شده است [1و2و3] و توجه اصلی بر روی فاکتور چهارم معطوف می باشد.

در صورت آزمایش نتیجه به دست آمده و شکل موج جریان مصرفی لامپها کاملاً غیر سینوسی و پریودیک می باشد و تقریباً به شکل یک مثلث نزدیک تر است . هر دو لامپ دارای شکل موج جریان مصرفی یکسان می باشند .

مشخصه های الکتریکی لامپ با توجه به کاتالوگ و تجزیه شکل موج جریان به هارمونیکی خود عبارتند از :

0/175	جریان ( آمپر )	23	توان مصرفی ( وات )
0/59	ضریب توان	38/5	توان ظاهری مصرفی (ولت آمپر)
---	---	---	هارمونیکیهای جریان به درصد
%41/4	هارمونیکی پنجم	%57/5	هارمونیکی سوم
%20/1	هارمونیکی نهم	%38/5	هارمونیکی هفتم
%20	هارمونیکی سیزدهم	%17/5	هارمونیکی یازدهم
		%88	درصد کل اعوجاج هارمونیکی جریان ( THD )

#### « مشخصه های الکتریکی لامپ »

طبق مشخصات فوق علاوه بر ضریب توان ضعیف ، جریان مصرفی این لامپها دارای درصد کل اعوجاج تولیدی بالایی میباشند . این میزان زمانی که نسبت بار لامپها به کل شبکه کسر کوچکی را شامل شود تاثیر قابل ملاحظه ای را در بر خواهد داشت ولی اگر درصد مصرف لامپهای فوق افزایش یابد جریان هارمونیکی سهم عمده ای از جریان شبکه را به خود اختصاص خواهد داد که این موضوع مشکلات خاص خود را به همراه خواهد داشت. برای نشان دادن تاثیر سو استفاده کلان از این لامپها بر روی کیفیت ولتاژ شبکه جهت سادگی تجزیه و تحلیل از یک مجتمع اداری آموزشی با مشخصات زیر بعنوان نمونه ای از بار های غیر خطی که در نتیجه استفاده از لامپهای کم مصرف فلورسنت بوجود آمده است سود برده و نتایج مطالعه فوق بعنوان معیاری برای کل شبکه تعمیم داده میشود .

کل مصرف در پیک بار 100کیلو ولت در ضریب قدرت پس فاز 85 درصد فرض شده است .

با روشیای مجتمع فوق 50درصد کل بار در نظر گرفته شده است که توسط لامپهای رشته ای با ضریب قدرت یک و بدون هارمونیکی تامین می شود . بقیه مصرف کننده ها فاقد هارمونیکی تولیدی میباشند .

قدرت اتصال کوتاه فاز شینه 400 ولت متصل به بار 5 مگا وات آمپر می باشد .

تحلیل استفاده از لامپ های کم مصرف :

با توجه به قدرت اتصال کوتاه ، راکتانس معادل شبکه 0/032 اهم و نتیجتاً اندوکتانس معادل برابر 0/1 میلی هانری بدست می آید .

محاسبات لازم جهت بدست آوردن ضریب کل اعوجاج ولتاژ شینه مصرف کننده نیاز به حل معادلات مداری در فرم زمانی دارد که نحوه عمل در ضمیمه آورده شده است .

نتایج محاسبات ریاضی ضریب قدرت کل اعوجاج شینه مصرف یا جایگزینی تدریجی لامپهای کم مصرف از 12 تا 100 درصد لامپهای رشته ای در جدول زیر مشخص شده است .

100	48	24	12	درصد جایگزینی لامپهای کم مصرف با لامپهای رشته ای
0/6	0/746	0/803	0/828	ضریب قدرت مصرف کننده
33/9	16/3	8/15	4	درصد کاهش انرژی مصرف کننده
24/26	9/2	4	2	درصد مصرف انرژی لامپهای کم مصرف نسبت به کل بار

از نتایج بدست آمده ملاحظه می شود که با تعویض حدود 48 درصد از لامپهای رشته ای با لامپهای کم مصرف ضریب قدرت بار به 0/744 میرسد و انرژی نیز 16/4 درصد کاهش نشان می دهد و به همین ترتیب اگر کلیه لامپهای رشته ای با لامپهای کم مصرف جایگزین شوند یعنی حدود 24/26 درصد بار مجتمع ، ضریب کل اعوجاج ولتاژ به حد اکثر محدوده مجاز استاندارد تعریف شده از طرف IEEE و IEC نزدیک می شود . [8]

درصد کل اعوجاج ولتاژ زمانی که کلیه لامپهای رشته ای با لامپهای کم مصرف جایگزین شود بالغ بر 3/8 درصد می باشد و این در صورتی است که بنا به مفروضات اولیه سایر مصرف کنندگان فاقد هارمونیک باشند . با فرض تولید هارمونیک توسط ترانسهای افزایشده خانگی ، موتورهای الکتریکی وسایل برقی و غیره مسئله حادث شده و مشکل اعوجاج ولتاژ بیش از حد استاندارد را خواهیم داشت . این درصد بالای هارمونیک ولتاژ تاثیر نامطلوبی بر روی تجهیزات الکتریکی مصرف کننده در پاس و بر روی دیگر تجهیزات الکتریکی شبکه خواهد داشت . اشکالات پیش آمده در این خصوص در مقالات و مراجع متعددی مورد بررسی قرار گرفته است . [4 و 6 و 7]

با توجه به نتایج به دست آمده اگر تمام لامپهای تعویض شوند حدود 34 درصد کاهش مصرف انرژی خواهیم داشت که این مقدار کاهش بهای از دست دادن کیفیت ولتاژ شبکه ناشی از درصد بالای هارمونیک بدست آمده است و صدمات ناشی از این پدیده با توجه به نصب سیستم های فلیترینگ مناسب برای شبکه های توزیع . توجیه اقتصادی استفاده از این لامپها را زیر سؤال خواهد برد . به منظور فراهم آوردن کیفیت بهتری برای لامپهای مورد نظر نیاز به طراحی و ساخت فیلترهای مناسب برای هر لامپ ضروری به نظر می رسد . [8] که در اینصورت بهای اولیه خرید لامپهای افزایش یافته و توجیه استهلاک مبلغ سرمایه گذاری مصرف کننده بابت خرید با تردید مواجه خواهد شد . بنابراین بررسی جامع تغیر الگوی استفاده از لامپهای روشنایی از هم اکنون باید در دستور کار مراکز تحقیقاتی به منظور رسیدن به نتایج مطلوب قرار گیرد تا مشکلات آینده در شبکه با دید وسیع تری آنالیز گردیده و پیشگیرانه لازم بعمل آید .

اثر هارمونیک ها بر روی کنتور و رله های حفاظتی :  
افزایش درصد هارمونیکها در شبکه بر روی تجهیزات مختلف اثرات سوء باقی می گذارد که در این قسمت سعی شده تا اثرات فوق را بر روی دستگاه های اندازه گیری انرژی و رله های حفاظتی به اختصار توضیح داده شود . با تکوین هارمونیک در شبکه مقادیر انرژی اندازه گیری

شده توسط کنتورها از واقعیت فاصله گرفته و از قابلیت اطمینان پائین تري برخوردار خواهند بود .

این شکل زمانی حادثر به نظر می رسد که با توجه به بزرگی درصد هارمونیکهای مختلف در نقاط متمایز شبکه ثبت انرژی توسط کنتورها می تواند دارای خطای مثبت یا منفی باشد . بعنوان نمونه کنتورهای اندوکسیونی مورد آزمایش با جریان و ولتاژ غیر سینوسی تا 20- درصد خطا ( اندازه گیری کمتر از مقدار واقعی ) را نشان می دهند حتی در موردی که فقط جریان دارای اعوجاج بوده و ولتاژ سینوسی باشد خطای اندازه گیری گاهها به 5+ درصد ( اندازه گیری بیشتر از مقدار واقعی ) رسیده است. [4] با توجه به نتایج فوق در صورت استفاده کلی از لامپهای مورد بحث کنتور مصرف کنندگان خطای فاحشی در اندازه گیری خواهد داشت و در این حالت خاص احتمال خطای منفی بیشتر است و در مقیاس وسیع تر حتی احتمال ضرر دیدن درآمد شرکتهای برق نیز پیش بینی می شود .

کنتورهای اندوکسیونی علاوه بر خطای اندازه گیری ، خطای ناشی از پدیده تشدیدهای مکانیکی در محدوده فرکانسی 400 الی 1000 هرتز دارا می باشند که بر مشکلات خطای اندازه گیری افزوده می شود . [4]

بطور کلی استفاده از کنتورهای اندوکسیونی بعلت محدوده وسیع خطای آنها در اندازه گیری انرژی ( از 20- تا 5+ درصد ) در موقعیتهایی که شکل موج ولتاژ جریان دارای اعوجاج باشند پیشنهاد نمی شود از طرف دیگر تعویض کنتورها نیز بار مالی گسترده ای را به همراه خواهد داشت که از بعد اقتصادی سؤال انگیز خواهد بود .

تأثیر اعوجاج شکل موج بر روی کار راه های حفاظتی نیز موجب عملکرد غیر صحیح آنها می شود بعبارتی در مواقعی که لازم است تحریک شوند عمل نکرده و بر عکس در مواردی که هیچگونه خطایی وجود ندارد بصورت کاذب عمل می کنند . این موضوع در حالتی که جریان بار به اتصال کوتاه شبکه نزدیک است بسیار حادثر است . رله های اضافی جریان القایی با توجه به اینکه توسط شکل موج جریان تحریک می شوند .

رله های اضافی جریان القایی با توجه به اینکه توسط شکل موج جریان تحریک می شوند همانند کنتورها عملکرد اشتباه در مواقع غیر ضروری داشته و حتی خطای عملکرد برای رله های دیجیتالی نیز وجود دارد .

زیرا اینگونه رله ها نسبت به ماکزیمم شکل موجود را به  $\sqrt{2}$  بدست می آورند تا میزان موثر را اندازه گیری و با مقدار از پیش تعیین شده مقایسه کنند بطوری که این روش یک اندازه گیری غلط را به همراه دارد و شبکه را با از دست دادن فیدر تغذیه کننده مواجه می سازد . به همین دلیل مقدار موثر جریان واقعی از مقدار موثر جریانی که رله حفاظتی اندازه گیری می کند کمتر است بنابراین احتمال خطای عملکرد افزایش می یابد و این حالت در زمان اوج مصرف بیشتر نمایان می شود . [9]

نتیجه گیری :

اندازه گیری مشخصه لامپهای کم مصرف نشان می دهد که آنها علاوه بر تضعیف ضریب توان . هارمونیک قابل ملاحظه ای را بر شبکه تحمیل می کنند . مدل یک مجتمع اداری نشان می دهد که استفاده انبوه از لامپهای فوق نیاز به پیش بینی های واقع بینانه ای دارد و اگر چه استفاده از این لامپها گاهی عملی به سوی فرهنگ صرفه جویی می باشد ولی این امر مستلزم حرکتی با دید باز می باشد . در خاتمه بیان چند پیشنهاد حرکتی است در راستای کاهش اثرات سوء جایگزینی لامپهای کم مصرف با لامپهای معمولی .

پیشنهاد :

- 1) با توجه به بالا بودن هزینه اولیه خرید ، لامپهای کم مصرف از مقبولیت کمتری برخوردار بوده و کارخانه های سازنده سعی در طراحی چکهای الکتریکی با هزینه پائین دارند بعبارت دیگر از منظور نمودن مدارات تصحیح کننده ضریب توان و هارمونیک صرف نظر می کنند . لذا شرکتهای برق برای جلوگیری از این امر بایستی ضمن استاندارد کردن دامنه هارمونیکهای تولیدی توسط تجهیزات الکتریکی با هماهنگی تولید کنندگان داخلی با مسئله فوق مقابله کنند .
- 2) تولید فیلترهای مناسب برای لامپهای کم مصرف و در اختیار گذاشتن آن در دسترس مشترکین
- 3) با توجه به صرفه جویی در مصرف انرژی و در نهایت سرمایه گذاری بزرگ توسط دولت در این زمینه بررسی امکان پرداخت سوبسید (یارانه) جهت تولید لامپهای کم مصرف دارای فیلتر هارمونیک

مراجع :

- 1) بررسی اقتصادی انتخاب لامپ و اثر آن بر کاهش قله معرف برق - محمدرضا خانیکي - قدرت الله حیدري - چهارمین کنفرانس سراسری برق - 1368
- 2) کاربرد لامپهای پر بهره و کم مصرف - اسد اله امیدواری نیا - سومین کنفرانس سراسری شبکه های توزیع برق - 1372
- 3) مجله نامه توانیر - شماره 29 - مهر ماه 1373
- 4) Effects of harmonic on exupment -V.E.wagner-IEEE TRAS .on power deliery - vol8,no.2-1993
- 5) بررسی بار روشنایی کشر - کوروش فشنگچی - نشریه علمی و فنی برق - شماره 11 - 1372
- 6) منابع تولید هارمونیکها اثر آن بر تجهیزات الکتریکی - سامان مربوط - مجله نامه توانیر - شماره 26 - 1373
- 7) مطالعه هارمونیک های شبکه - حسین فاریابی دوست ، جواد صاعی و همیدرضا قندهاری ، دومین کنفرانس سراسری شبکه های توزیع برق - 1371
- 8) harmoniced from compact floarescent lamps-R.verderber- IEEE TRAS industry application vo (2.9 , no.3-1993)
- 9) middle East electricity- february 1992

ضمیمه : روش محاسبه ولتاژ شنیه در شبکه ای که دارای اعوجاج می باشد نیاز به بخش بار هارمونیک دارد . برای شنیه مصرف کننده ای که تولید کننده هارمونیک هستند مدار معادل تونن شبکه از مصرف کننده بصورت ذیل خواهد بود در حالتی که جریان I دارای مولفه های هارمونیک باشد ولتاژ بار ( VL ) دارای اعوجاج خواهد بود و با توجه به ماهیت سلفی مدار :

$$VC = V_m \sin wt - Ri - L \frac{di}{dt}$$

$$= V_m \sin wt - R [ a \sin(wt - \varnothing_1) + a_3 \sin ( 3 wt + \varnothing_3) + \dots ] - L [ a \omega \cos(wt - \varnothing_1) + 3 a_3 \cos ( wt + \varnothing_3) + \dots ]$$

و در صورتی که از افت ولتاژ اهمی صرف نظر کنیم :

$$VL = C \sin ( wt - \varnothing_1) - C \cos( 3 wt + \varnothing_3) + \dots$$

$\varnothing_1$  : اختلاف فاز بین ولتاژ مصرف کننده و ولتاژ مرجع

$\varnothing_1$  : اختلاف فاز بین جریان و ولتاژ مصرف کننده

C و C : اعداد ثابت