

بررسی عملی وضعیت هارمونیک‌های جریان ایجاد شده توسط لامپ‌های کم‌مصرف در هنگام استفاده همزمان با سایر وسایل برقی خانگی

محمد علی عباسی ورده
محمد فرید حنیفی
حمید مصلحی
شرکت مهندسی مشاور روشنایی نورگستر
ایران

واژه‌های کلیدی: هارمونیک، لامپ کم‌مصرف

چکیده

نظیر لامپ معمولی یا وسایل برقی معمول در خانه‌ها استفاده می‌شود تأثیر جریان هارمونیک لامپ‌های کم‌مصرف به دلیل بزرگی مصارف خطی کاهش می‌یابد. (ب) در منازل مسکونی با جایگزینی تقریباً ۶۰٪ از لامپ‌های رشته‌ای فعال ۱ با لامپ‌های کم‌مصرف الکترونیکی بدون فیلتر، THD جریان افزایش چندانی نخواهد داشت و در محدوده قابل قبول خواهد بود، همچنین این جایگزینی تأثیر نامطلوبی بر ضریب توان ندارد.

مقدمه

شتاب‌گیری توسعه در همه ابعاد و ازدیاد جمعیت موجب تسریع رشد کمی مؤلفه‌های مختلف از مصرف انرژی الکتریکی گردیده است. یکی از بخش‌های قابل

استفاده از لامپ‌های کم‌مصرف به عنوان یکی از روش‌های صرفه‌جویی در مصرف انرژی الکتریکی در بخش روشنایی و به عنوان عامل مؤثری در جهت کاهش پیک بار همواره مورد نظر بوده است. در کنار امر گسترش استفاده از لامپ‌های کم‌مصرف توجه به آثار و پیامدهای احتمالی این مصرف‌کننده غیرخطی و هارمونیک‌زا و البته با توان مصرفی بسیار پایین ضروری به نظر می‌رسد. پس از اندازه‌گیری‌های متعدد روی انواع مصرف‌کننده‌های خطی و غیر خطی

در شبکه‌های توزیع و تعمیم آن روی استفاده همزمان چند مصرف‌کننده به جهت دریافت نتایج تأثیر همزمانی، اندازه‌گیری در منازل مسکونی انجام شد که نتایج اندازه‌گیری‌ها به شرح ذیل است:

الف) لامپ کم‌مصرف، کامپیوتر و تلویزیون به تنهایی اعوجاج زیادی را در شکل موج جریان ایجاد می‌کند اما هنگامی که به همراه یک مصرف‌کننده خطی

۱. لامپ فعال به لامپی گفته می‌شود که در ساعات پیک مصرف معمولاً روشن است.

این لامپ‌ها اقدام شده است.
این مقاله شامل بخش‌هایی به شرح زیر است:
اندازه‌گیری هارمونیک‌ها و ضریب توان وسایل
برقی خانگی از جمله لامپ کم‌مصرف،
تأثیرات همزمانی استفاده از وسایل برقی خانگی و
لامپ کم‌مصرف در شرایط آزمایشگاهی،
بررسی کیفیت توان در حالت استفاده از لامپ
کم‌مصرف در سیستم روشنایی خانگی.

۱- اندازه‌گیری هارمونیک‌ها و ضریب توان وسایل برقی خانگی از جمله لامپ کم‌مصرف،

ابتدا جهت کسب اطلاع از وضعیت هارمونیک‌ها،
مشخصات الکتریکی ولتاژ، جریان، توان، ضریب توان
و THD جریان وسایل برقی اندازه‌گیری شد که
خلاصه نتایج آن در نمودار ۱ درج گردیده است.
با توجه به جدول و نمودار ۱ مشخص می‌شود که
مصرف کننده‌های خطی مانند یخچال، جاروبرقی،
ماشین لباسشویی (در هنگام کار عادی بدون المنت^۳)
دارای THD جریان کمتر از ۲۰٪ می‌باشند در حالیکه
مصرف کننده‌های غیر خطی مانند کامپیوتر، تلویزیون و
لامپ کم‌مصرف THD جریان بیشتر از ۱۰۰٪ دارند.

۳. در نظر گرفتن حالت کار ماشین لباسشویی بدون المنت به سه
دلیل صورت پذیرفته است:

الف - در زمان کار المنت به دلیل خطی بودن و مصرف
جریان بسیار زیاد (بیش از ۱۰ آمپر) تقریباً تمام هارمونیک‌های
موجود ختشی می‌شود لذا حالت بحرانی‌تر یعنی عدم وجود
المنت منظور شده است.

ب - معمولاً المنت تنها چند دقیقه برای گرم کردن آب وارد
مدار می‌شود و در ادامه زمان کار ماشین نقشی ندارد،

ج - بعضی از ماشین لباسشویی‌ها دارای ورودی آب گرم
هستند که در نتیجه المنت وارد مدار نمی‌شود.

توجه تقاضای برق از نظر میزان قدرت دریافتی و
مصرف انرژی مخصوصاً در ساعات پیک بار، روشنایی
است. بدین ترتیب افزایش بی‌رویه و نامتناسب مصرف
روشنایی به همراه سایر بارهای شبکه با توجه به مسئله
کمبود ظرفیت‌های تولید و عدم توانایی لازم در تأمین
کامل و مستمر تقاضای انرژی الکتریکی بخصوص در
طی ساعات پیک بار مشکلات صنعت برق را تشدید
می‌کند و بر این اساس استفاده از لامپ‌های کم‌مصرف
به عنوان یکی از مناسبترین راه‌کارهای کاهش پیک بار
مورد توجه قرار گرفته است. از سوی دیگر لامپ
کم‌مصرف الکترونیکی بدون فیلتر^۲ یک مصرف کننده
غیر خطی است و وجود بارهای غیر خطی در
شبکه‌های برق باعث تغییر در شکل سینوسی جریان/
ولتاژ می‌شود که در نتیجه موجب ایجاد هارمونیک‌های
ولتاژ و جریان در شبکه می‌گردد.

علت اصلی بروز هارمونیک‌ها عمدتاً به دلیل وجود
بارهای غیر خطی در شبکه فشار ضعیف می‌باشد.
بنابراین در کنار امر گسترش استفاده از لامپ‌های
کم‌مصرف نیاز به بررسی و تحلیل تأثیر هارمونیک‌های
جریان و ولتاژ و همچنین اثر ضریب توان لامپ‌های
مذکور بر شبکه می‌باشد که نتایج این بررسی می‌تواند
در چگونگی استفاده مناسب از این لامپ‌ها و سیاست
گذاری در صنعت برق مؤثر باشد.

علاوه بر اندازه‌گیری مقادیر الکتریکی جهت اهداف
مذکور با انجام آزمون‌های اضافی دیگر، نسبت به ثبت
نتایج مورد نیاز جهت تحلیل و بررسی تأثیرات استفاده
از لامپ‌های کم‌مصرف در شیوه‌های مختلف استفاده از

۲. در این مقاله به منظور سهولت در نگارش بجای عبارت "لامپ
کم‌مصرف با بالاست الکترونیکی بدون فیلتر" از عبارت "لامپ
کم‌مصرف" استفاده شده است و در غیر این صورت نوع لامپ
مشخص شده است مانند لامپ کم‌مصرف الکترونیکی فیلتردار
و ...

باعث بازنگری در استاندارد بین‌المللی IEC 61000-3-2 با موضوع "سازگاری الکترو مغناطیسی حدود برای انتشار هارمونیک‌های جریان (برای جریان ورودی کمتر از ۱۶ آمپر برای هر فاز)" در سال ۱۹۹۸ شده است، طوری که تا قبل از این تاریخ تنها لامپ‌های کم‌مصرفی با این استاندارد مطابقت داشتند که شکل موج جریان آنها کاملاً سینوسی و یا نزدیک به سینوسی می‌بود ولی در تاریخ مذکور این شرایط به شرایط زیر تغییر کرد:

۳- شکل موج جریان ورودی در کمتر از زاویه ۶۰ درجه شروع شود، ۴- آخرین پیک شکل موج جریان در کمتر از ۶۵ درجه شکل گیرد، شکل موج جریان تا بعد از ۹۰ درجه ادامه داشته باشد.

۱- هارمونیک سوم جریان کمتر یا مساوی ۸۶٪ باشد، ۲- هارمونیک پنجم جریان کمتر یا مساوی ۶۱٪ باشد،

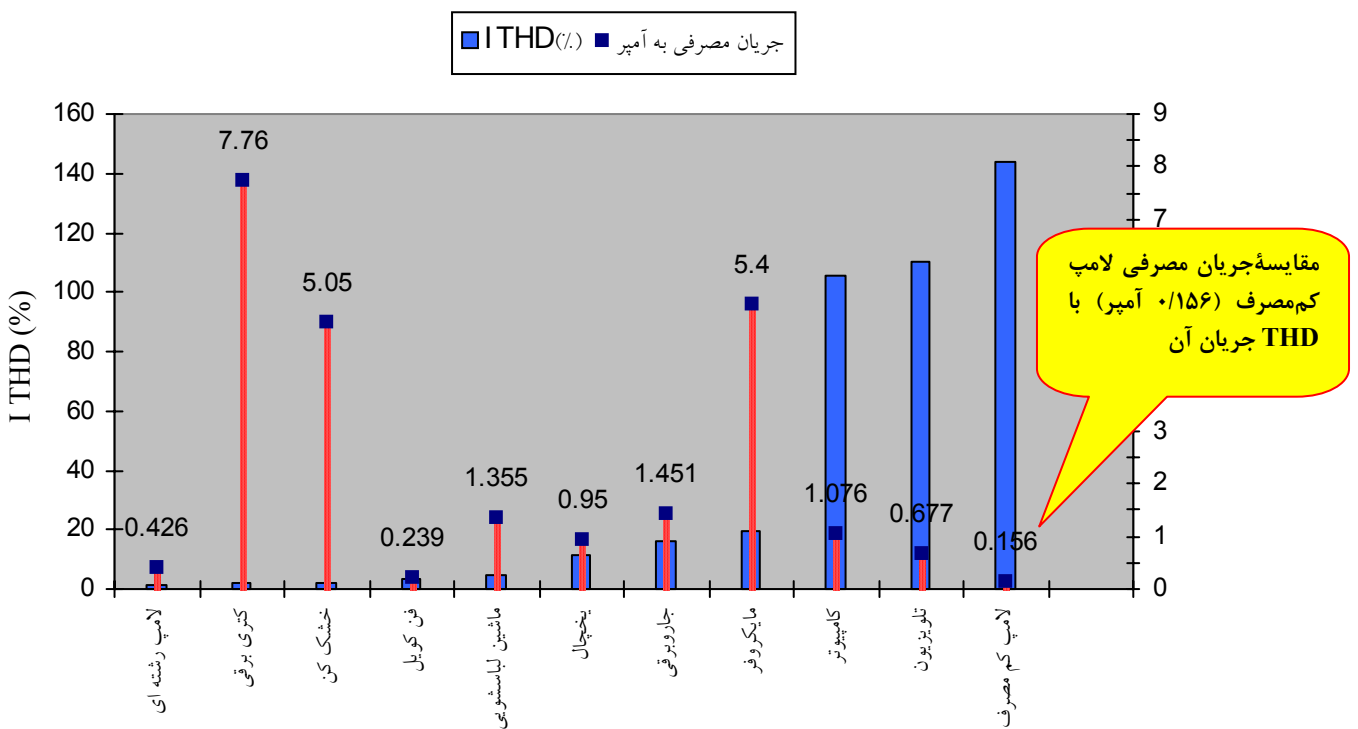
البته مقایسه جریان این سه مصرف‌کننده غیر خطی با هم قابل توجه می‌باشد: جریان مصرفی تلویزیون بیش از ۴ برابر و جریان مصرفی کامپیوتر بیش از ۶ برابر جریان لامپ کم‌مصرف می‌باشد. که این نکته خود نشانگر این مطلب است که در بررسی کیفیت توان، مقدار THD جریان

و ضریب توان یک وسیله برقی به تنهایی عوامل تعیین کننده نمی‌باشند بلکه توجه به توان مصرفی هر وسیله و درصد آن نسبت به کل مصرف و همچنین اثر همزمانی در استفاده از وسایل برقی در مجموع تأثیرگذار است که در ادامه مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

نکته دیگری که در خصوص هارمونیک‌های لامپ‌های کم‌مصرف مطرح می‌باشد این است که صرفه جویی بالایی که توسعه استفاده از لامپ کم‌مصرف ایجاد می‌کند در مقابل با هارمونیک‌های ناچیزی که در شبکه تولید می‌کند دارای چنان اهمیتی بوده است که

جدول ۱ - مشخصه‌های الکتریکی چند مصرف کننده خانگی

ردیف	شرح	ولتاژ (V)	جریان (A)	توان (W)	P.F.	THD جریان (%)
۱	لامپ رشته‌ای	۲۱۹/۹	۰/۴۲۶	۹۴/۴	۱/۰۰	۱/۳
۲	کتری برقی	۲۱۹/۵	۷/۷۶۰	۱۷۱۰	۱/۰۰	۱/۷
۳	خشک کن (سشوار)	۲۲۲/۹	۵/۰۵۰	۱۱۳۰	۱/۰۰	۲/۳
۴	فن کویل	۲۲۱/۴	۰/۲۳۹	۴۹/۳	۰/۹۳	۳/۴
۵	ماشین لباسشویی	۲۲۴/۱	۱/۳۵۵	۳۰۰	۰/۹۸	۴/۹
۶	یخچال	۲۱۸/۹	۰/۹۵۰	۱۴۶	۰/۷۱	۱۱/۱
۷	جاروبرقی	۲۲۴/۸	۳/۴۵۱	۷۵۵	۰/۹۸	۱۶/۴
۸	مایکروفر	۲۲۱/۲	۵/۴۰۰	۱۱۴۰	۰/۹۷	۱۹/۴
۹	کامپیوتر	۲۱۸/۸	۱/۰۷۶	۱۵۸	۰/۶۷	۱۰۵/۴
۱۰	تلویزیون	۲۲۶/۸	۰/۶۷۷	۱۰۱	۰/۶۶	۱۱۰/۲
۱۱	لامپ کم‌مصرف	۲۲۰/۰	۰/۱۵۶	۱۹	۰/۵۴	۱۴۳/۶



نمودار ۱- مقایسه جریان مصرفی و مقدار THD جریان هر مصرف کننده به تنهایی

۲- بررسی تأثیرات همزمانی استفاده از وسایل برقی خانگی و لامپ کم‌مصرف در شرایط آزمایشگاهی

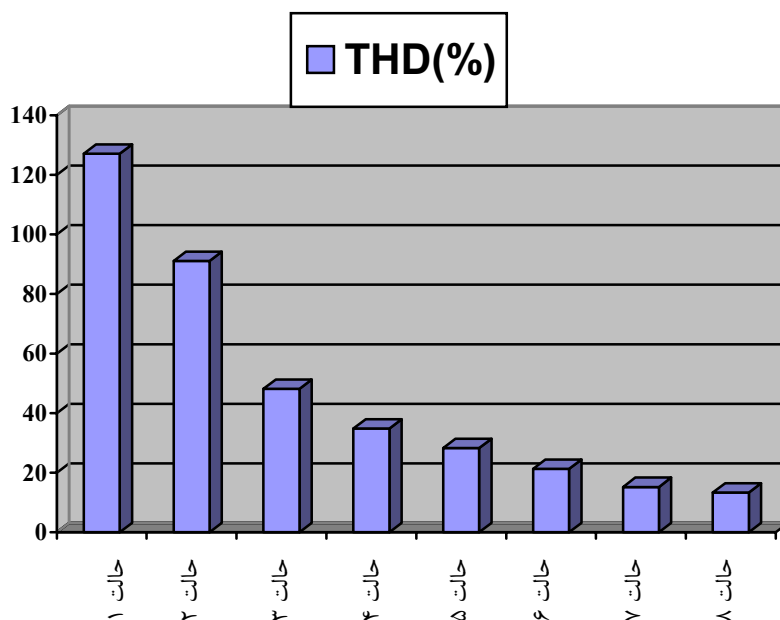
در این قسمت برای رسیدن به نتایجی در خصوص چگونگی آثار جمع شونده یا خستگی کنندگی هارمونیک‌های جریان ناشی از استفاده همزمان چند اندازه‌گیرهایی انجام شده است که خلاصه آنها در جدول ۲ آورده شده است.

بنابراین بیشتر لامپ‌های کم‌مصرف دارای بالاست الکترونیکی و شکل موج سوزنی با این شرایط جدید استاندارد مطابقت دارند. توجه به این نکته ضروری است که با حدود مجاز تعریف شده برای هارمونیک‌های سوم و پنجم، حتی با فرض صفر بودن بقیه هارمونیک‌ها، THD جریان لامپ کم‌مصرف ۱۰۵٪ بدست می‌آید.

جدول ۲- مشخصه‌های الکتریکی در استفاده همزمان چند مصرف کننده

ردیف	شرح	ولتاژ (V)	جریان (A)	توان (W)	P.F.	THD جریان (%)
حالت ۱	۳ لامپ کم‌مصرف	۲۲۲/۴	۰/۴۱۸	۵۳	۰/۵۸	۱۲۷/۱
حالت ۲	۳ لامپ کم‌مصرف و کامپیوتر	۲۱۹	۱/۴۲۳	۲۲۴	۰/۷۲	۹۱/۱
حالت ۳	۳ لامپ کم‌مصرف، ۲ لامپ رشته‌ای و کامپیوتر	۲۲۲/۲	۲/۲۹۸	۴۴۰	۰/۸۷	۴۸/۱
حالت ۴	۳ لامپ کم‌مصرف، ۲ لامپ رشته‌ای، یخچال و کامپیوتر	۲۲۸/۹	۲/۲۶	۴۹۰	۰/۹۴	۳۴/۸
حالت ۵	۳ لامپ کم‌مصرف و یخچال	۲۲۵/۵	۱/۵۵۳	۲۵۵	۰/۷۲	۲۸/۳
حالت ۶	۳ لامپ کم‌مصرف، ۲ لامپ رشته‌ای، و یخچال	۲۲۰/۳	۱/۸۳	۳۹۰	۰/۹۷	۲۱/۳
حالت ۷	۳ لامپ کم‌مصرف، ۲ لامپ رشته‌ای، یخچال، تلویزیون و ماشین لباسشویی	۲۲۳/۷	۳/۹۲۶	۸۱۴	۰/۹۳	۱۵/۲
حالت ۸	۳ لامپ کم‌مصرف، ۲ لامپ رشته‌ای، یخچال، تلویزیون و ماشین لباسشویی، جاروبرقی	۲۲۵/۷	۶/۶۸	۱۳۸۰	۰/۹۵	۱۳/۳

نمودار ۲- وضعیت THD جریان چند مصرف کننده در استفاده همزمان



سیر نزولی THD جریان در نمودار ۲ (ستون آخر جدول ۲) قابل توجه می‌باشد. همانگونه که مشاهده می‌شود با انجام آزمون‌های فوق و یک بررسی اجمالی نتایج قابل ملاحظه‌ای از اثر استفاده همزمان چند وسیله برقی بدست می‌آید بطوریکه در حالت ۱ مشاهده می‌شود THD جریان سه لامپ کم‌مصرف ۱/۱۲۷٪ است که از THD جریان یک لامپ مصرف (۱/۱۴۳٪ - ردیف ۱۱ جدول ۱) کمتر می‌باشد. در حالت ۲ یک کامپیوتر به سه لامپ کم‌مصرف اضافه شده است. کامپیوتر یک بار غیر خطی و هارمونیک‌زا است که THD جریان آن در حدود ۱۰۵٪ است و جریان مصرفی آن در مقایسه با لامپ کم‌مصرف قابل ملاحظه است. مشاهده می‌شود که THD جریان حاصل از استفاده همزمان این دو مصرف‌کننده هارمونیک‌زا از THD جریان هر یک کمتر می‌باشد (۱/۹۱٪) که این پدیده به دلیل خنثی شدن هارمونیک‌های تولید شده توسط یکدیگر می‌باشد.

با اضافه شدن بارهای خطی فرایند کاهش THD جریان با شدت بیشتری شکل می‌گیرد به طوری که در حالت ۳ با اضافه شدن ۲ لامپ رشته‌ای ۱۰۰ وات به ۳ لامپ کم‌مصرف و کامپیوتر مقدار THD جریان تا ۱/۴۸٪ کاهش می‌یابد که البته این مقدار هنوز بالاتر از حد مجاز تعریف شده در استاندارد وزارت نیرو^۴ یعنی ۲۰٪ می‌باشد.

حالت‌های ۶ تا ۸ می‌تواند نمونه‌هایی از یک مشترک خانگی باشد و نکته قابل توجه در این سه ردیف پایین‌تر بودن مقدار THD جریان حالت‌های ۷ و ۸ از حد مجاز ۲۰٪ و قابل قبول بودن مقدار THD جریان حالت ۶ یعنی ۲۱/۳٪ است. برای تعیین درصد جایگزینی به آزمون‌های بیشتری نیاز است ولی با توجه به اندازه‌گیری انجام شده در حالت‌های ۶ تا ۸ این درصد حداقل می‌تواند ۶۰٪ باشد. (می‌توان فرض نمود که ۳ لامپ کم‌مصرف با ۳ لامپ رشته‌ای جایگزین ۴ این استاندارد توسط معاونت تحقیقات و تکنولوژی وزارت نیرو معرفی شده است.

شده است).

به عنوان نتیجه گیری می‌توان گفت لامپ کم‌مصرف به تنهایی اعوجاج زیادی را در شکل موج جریان ایجاد می‌کند اما هنگامی که به همراه یک مصرف‌کننده خطی نظیر لامپ معمولی یا وسایل برقی معمول در خانه‌ها استفاده می‌شود تأثیر جریان هارمونیک لامپ‌های کم‌مصرف به دلیل بزرگی منابع خطی کاهش می‌یابد. این بدین معنی است که در "شرایطی که تعداد و میزان لامپ‌های کم‌مصرف به نسبت مصارف خطی کم باشد، تأثیر زیادی را روی شبکه ایجاد نمی‌کند".

۳- بررسی کیفیت توان در حالت استفاده از لامپ کم‌مصرف در سیستم روشنایی خانگی.

در بحث جایگزینی لامپ‌های کم‌مصرف بجای لامپ‌های رشته‌ای علاوه بر توجه به هارمونیک‌های لامپ کم‌مصرف، مسئله مهم در منازل مسکونی آثار همزمانی استفاده این لامپ‌ها در کنار سایر لوازم برقی با توان‌های مصرفی متفاوت که معمولاً هارمونیک‌زا نیز هستند، می‌باشد. به این معنی که وسایلی مانند تلویزیون، وسایل صوتی، کامپیوتر و ... که معمولاً درصد قابل توجهی از توان مصرفی کل یک مشترک خانگی را دربرمی‌گیرند، موجب ایجاد هارمونیک در شبکه تغذیه می‌شوند. به این ترتیب جایگزینی لامپ‌های کم‌مصرف به این سیستم آیا باعث افزایش بیش از حد مجاز هارمونیک‌ها و کاهش ضریب توان خواهد شد و یا به دلیل توان مصرفی ناچیز نسبت به سایر لوازم منازل تأثیر چندانی نخواهد گذاشت؟

برای پاسخ به سؤال مطرح شده یک آپارتمان مسکونی دو واحدی در نظر گرفته شد و ابتدا قبل از جایگزینی اندازه‌گیری‌ها روی یک واحد و مجموع دو واحد انجام شد و سپس بعد از جایگزینی، مجدداً اندازه‌گیری تکرار شد. جزئیات چگونگی اندازه‌گیری و مقادیر بدست آمده ارائه می‌گردد.

مشخصات کلی واحد مسکونی

شرح	قبل از جایگزینی	بعد از جایگزینی
ولتاژ تغذیه (V)	۲۲۸	۲۲۹
جریان (A)	۴/۵۸	۲/۹۶
توان اکتیو (kW)	۱/۰	۰/۷۳
P.F.	۰/۹۷	۰/۹۳
THD جریان	۱۸	۲۳/۶
THD ولتاژ	۱/۸	۱/۸

جدول ۴- نتایج اندازه‌گیری در واحد مسکونی قبل و بعد از

جایگزینی

به روش مشابهی برای واحد دوم نیز جایگزینی انجام شد و نتایج بدست آمده برای مجموع دو واحد مسکونی در جدول ۵ قابل ملاحظه است:

شرح	قبل از جایگزینی	بعد از جایگزینی
ولتاژ تغذیه (V)	۲۳۰	۲۳۰
جریان (A)	۹/۰۴	۱۰/۳۷
توان اکتیو (kW)	۲/۰۱	۰/۲۲۵
P.F.	۰/۹۷	۰/۹۶
THD جریان	۱۲/۱	۱۸/۴
THD ولتاژ	۱/۹۰	۱/۸۰

جدول ۵- نتایج اندازه‌گیری در دو واحد مسکونی قبل و بعد از

جایگزینی

بنابراین مشاهده می‌شود که با جایگزینی ۷۰٪ از لامپ‌های رشته‌ای با لامپ‌های کم‌مصرف معادل، به دلیل تأثیر بارهای خطی سایر مصارف مقدار THD جریان افزایش اندک و در حد مجاز خواهد داشت.

۴- نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج اندازه‌گیری‌های انجام شده بر روی چندین مصرف‌کننده خطی و غیرخطی و همچنین تأثیر همزمانی آنها و بررسی کیفیت توان در حالت استفاده

۵. دلیل افزایش توان مصرفی بعد از جایگزینی اضافه شدن بعضی از وسایل الکتریکی دیگر مانند موتور خانه بوده است.

واحد مسکونی مورد نظر با سه اتاق خواب دارای ۱۲۰ متر زیر بنا می‌باشد که از نظر مصرف روشنایی در مجموع دارای ۱۰۰۰ وات لامپ رشته‌ای ۱۰۰ و ۶۰ وات و همچنین دارای یک لامپ فلورسنت ۴۰ وات می‌باشد که ۷۰۰ وات از لامپ‌های فوق در ساعات پیک فعال می‌باشد و جایگزینی با لامپ‌های فعال انجام شده است. البته به طور کلی توصیه می‌شود در صورت استفاده از لامپ‌های کم‌مصرف الکترونیکی بدون فیلتر، بار مصرفی لامپ‌ها از ۱۰٪ بار کل مصرفی بیشتر نباشد تا اثرات نامطلوب کاهش ضریب توان و افزایش THD جریان به حداقل برسد.

شرح لوازم برقی مورد استفاده در واحد مسکونی مورد نظر و توان نامی آنها در جدول ۳ خلاصه شده است:

ردیف	شرح تجهیزات الکتریکی موجود در واحد مسکونی	توان مصرفی (kW)
۱	۲ عدد یخچال	۰/۶۰
۲	فریزر	۰/۳۰
۳	توستر	۰/۶۵
۴	تلویزیون	۰/۲۰
۵	دستگاه صوتی	۰/۲۰
۶	ماشین لباسشویی (بدون المنت)	۰/۳۰
۷	۴ عدد لامپ رشته‌ای ۱۰۰ وات	۰/۴۰
۸	۱۰ عدد لامپ رشته‌ای ۶۰ وات	۰/۶۰
۹	یک عدد لامپ فلورسنت ۴۰ وات	۰/۰۴

جدول ۳- شرح لوازم برقی مورد استفاده در واحد مسکونی

نتایج اندازه‌گیری در این واحد مسکونی قبل از جایگزینی و پس از جایگزینی ۷۰۰ وات از لامپ‌های رشته‌ای با ۵ لامپ کم‌مصرف ۲۰ وات و ۳ لامپ کم‌مصرف ۱۱ وات، در جدول ۴ خلاصه می‌گردد.

فهرست مراجع

- استاندارد حدود مجاز هارمونیک‌ها در سیستم ایران
- (۱) گزارش وضعیت هارمونیک‌های جریان در زمان استفاده انبوه از لامپ‌های کم‌مصرف در پنج مکان مختلف - شرکت مهندسين مشاور روشنایی نورگستر
 - (۲) مستندات اندازه‌گیری‌های انجام شده توسط شرکت مهندسين مشاور روشنایی نورگستر

از لامپ کم‌مصرف در سیستم روشنایی خانگی مطالب ذیل حائز اهمیت می‌باشند:

(۱) در مصرف کننده‌های غیر خطی مانند کامپیوتر، تلویزیون، لامپ کم‌مصرف که هر یک به تنهایی دارای THD بیش از ۱۰۰٪ کل کاهش می‌یابد. در حالیکه در یک دید کلی انتظار می‌رود THD کل میانگین THD مصرف کننده‌ها باشد.

(۲) هر مصرف کننده غیر خطی از نظر تولید هارمونیک، بهتر است با استاندارد بین‌المللی IEC 61000-3-2 مطابقت داده شود و چنانچه با این استاندارد سازگار است دیگر نیازی به فیلتر گذاری در مدار الکترونیکی نمی‌باشد. لامپ کم‌مصرف نیز از این مقوله خارج نمی‌باشد. اکثر لامپ‌های کم‌مصرف دارای بالاست الکترونیکی بدون فیلتر با شرایط استاندارد مذکور مطابقت دارد بهمین دلیل نیازی به صرف هزینه جهت فیلتر گذاری و تصحیح شکل موج جریان نمی‌باشد.

(۳) در منازل مسکونی با وجود تجهیزات هارمونیک‌زایی مانند تلویزیون، وسایل صوتی، کامپیوتر، معمولاً THD جریان در حد مجاز می‌باشد و با انجام جایگزینی لامپ‌های فعال با لامپ کم‌مصرف الکترونیکی بدون فیلتر، مقدار THD جریان فقط اندکی افزایش می‌یابد که این افزایش بسیار کم با توجه به کاهش توان مصرفی کل قابل صرفه نظر کردن است.