

راهکار های استفاده بهینه از
لامپ های کم مصرف در شبکه برق کشور
با تکیه بر شبیه سازی
گزارش شماره ۱

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
۱- مقدمه	۱
۱-۱- تاریخچه و مزایای لامپ کم مصرف	۲
۲-۱- ملاحظات فنی لامپ کم مصرف به عنوان بار غیر خطی	۳
۱-۲-۱- اثرات غیر اقتصادی	۴
۱-۲-۱-۱- مطلوبیت نور	۴
۱-۲-۱-۲- اثرات زیست محیطی	۴
۱-۲-۱-۳- اثرات اقتصادی	۶
۱-۲-۱-۴- تأثیرات روی شبکه برق	۷
۲- مدلسازی لامپ کم مصرف	۱۲
۱-۲- ساختار لامپ کم مصرف	۱۳
۱-۱-۲- مفهوم بالاست الکترونیکی (Electronic Ballast)	۱۳
۱-۱-۲-۱- بالاست متعارف	۱۴
۱-۱-۲-۲- بالاست الکترونیکی، کوچک تر، سبک تر، کیفیت بهتر	۱۵
۱-۲-۲- عملکرد لامپ کم مصرف با تکیه بر مدار PR39922 فیلپس	۱۷
۱-۲-۳- سایر راه انداز های لامپ کم مصرف	۲۰
۳-۱-۲- فناوری های جدید تر	۲۲
۳-۲- بررسی نمونه ای، تحلیل یک مدار لامپ کم مصرف در SPICE	۲۳
۴-۲- تحلیل مدار لامپ کم مصرف FLE26HT3/2/SW در SPICE	۲۷
۳- آنالیز هارمونیک شکل موج مدارها در حوزه فرکانس	۳۱
۱-۳- بررسی شکل موج مدار بخش ۲-۲	۳۲
۲-۳- بررسی شکل موج مدار بخش ۳-۲	۳۹
۳-۳- مدل مداری مناسب جایگزین لامپ کم مصرف	۴۶
۴- مدلسازی شکل موج شبکه	۴۸
۱-۴- بررسی تأثیر CFL بر بار ساده مقاومتی	۴۹
۲-۴- بررسی تأثیر CFL بر شبکه شامل بار القایی و مقاومتی	۵۳
۵- نتیجه گیری	۵۷
۶- مراجع	۶۰
ضمیمه ۱- لامپ های کم مصرف تولید داخل کشور	۶۲
ض ۱-۱- لامپ کم مصرف مهتاب خراسان	۶۳
ض ۱-۲- لامپ کم مصرف افروغ	۶۴
ض ۱-۳- لامپ کم مصرف سه‌پند آوا الکتریک	۶۴

- ض-۱-۴- لامپ کم مصرف افرا تاب ۶۵
- ضمیمه ۲- یک نمونه پیاده سازی دیاک ۶۶
- ضمیمه ۳- برنامه پیاده شده در MATLAB ۷۱

فهرست اشکال

عنوان	صفحه
شکل ۱-۱: مقایسه میزان تولید جیوه توسط نیروگاه‌ها در اثر استفاده از لامپ کم مصرف و لامپهای رشته ای	۵
شکل ۲-۱: یک نمونه از شکل موج جریان لامپ کم مصرف	۸
شکل ۳-۱: کاهش قابلیت استفاده از ترانسفورماتور با افزایش بارهای الکترونیکی	۹
شکل ۱-۲: رابطه ولتاژ-جریان تخلیه در محیط گاز	۱۴
شکل ۲-۲: مدار با لامپ فلوروسنت که از بالاست الکترومغناطیسی استفاده می کند	۱۴
شکل ۳-۲: بلوک دیاگرام بالاست الکترونیکی	۱۶
شکل ۴-۲: مشخصه دینامیک ولتاژ-جریان یک لامپ فلوروسنت در ۱۵KHz	۱۶
شکل ۵-۲: راندمان لامپ فلوروسنت در فرکانس بالا	۱۷
شکل ۶-۲: بلوک دیاگرام مدار PR39922	۱۸
شکل ۷-۲: مدار PR39922	۱۹
شکل ۸-۲: رابطه سیم پیچ های ترانسفورمر	۱۹
شکل ۹-۲: Layout مدار PR39922	۲۰
شکل ۱۰-۲: VK05CFL	۲۰
شکل ۱۱-۲: IR2156	۲۱
شکل ۱۲-۲: مدار بالاست طراحی شده با VK05CFL	۲۱
شکل ۱۳-۲: مدار بالاست طراحی شده با IR2156	۲۲
شکل ۱۴-۲: مدار نمونه از منبع [۱۷]	۲۳
شکل ۱۵-۲: مدار تغییر یافته شکل ۱۴-۲	۲۴
شکل ۱۶-۲: شکل موج یکسوساز مدار شکل ۱۵-۲	۲۵
شکل ۱۷-۲: شکل موج نوسانات دو سر تیوب مدار شکل ۱۵-۲	۲۶
شکل ۱۸-۲: شکل موج پیش بینی شده در [۱۷]	۲۶
شکل ۱۹-۲: شکل موج مشاهده شده از مدل	۲۷
شکل ۲۰-۲: مدار لامپ کم مصرف FLE26HT3/2/SW	۲۸
شکل ۲۱-۲: شکل موج یکسوساز مدار شکل ۲۰-۲	۲۸
شکل ۲۲-۲: شکل موج نوسانات دو سر تیوب مدار شکل ۲۰-۲	۲۹
شکل ۲۳-۲: شکل موج مشاهده شده	۳۰
شکل ۱-۳: شکل موج ولتاژ مدار بخش ۲-۲	۳۳
شکل ۲-۳: شکل موج جریان مدار بخش ۲-۲	۳۳
شکل ۳-۳: شکل موج ولتاژ مدار بخش ۲-۲ در حوزه فرکانس	۳۴
شکل ۴-۳: شکل موج جریان مدار بخش ۲-۲ در حوزه فرکانس	۳۴
شکل ۵-۳-الف: هارمونیک اول جریان مدار بخش ۲-۲	۳۵
شکل ۵-۳-ب: هارمونیک سوم جریان مدار بخش ۲-۲	۳۶
شکل ۵-۳-ج: هارمونیک پنجم جریان مدار بخش ۲-۲	۳۶

۳۷	شکل ۳-۵-د: هارمونیک هفتم جریان مدار بخش ۲-۲
۳۷	شکل ۳-۵-ه: هارمونیک نهم جریان مدار بخش ۲-۲
۳۸	جدول ۳-۱: ضریب توان هارمونیک های مدار بخش ۲-۲
۳۹	شکل ۳-۶: جمع هفت هارمونیک فرد اول در مقایسه با سیگنال اصلی
۳۹	شکل ۳-۷: شکل موج ولتاژ مدار بخش ۳-۲
۴۰	شکل ۳-۸: شکل موج جریان مدار بخش ۳-۲
۴۰	شکل ۳-۹: شکل موج ولتاژ مدار بخش ۳-۲ در حوزه فرکانس
۴۱	شکل ۳-۱۰: شکل موج جریان مدار بخش ۳-۲ در حوزه فرکانس
۴۲	شکل ۳-۱۱-الف: هارمونیک اول جریان مدار بخش ۳-۲
۴۳	شکل ۳-۱۱-ب: هارمونیک سوم جریان مدار بخش ۳-۲
۴۳	شکل ۳-۱۱-ج: هارمونیک پنجم جریان مدار بخش ۳-۲
۴۴	شکل ۳-۱۱-د: هارمونیک بیست و پنجم جریان مدار بخش ۳-۲
۴۵	شکل ۳-۱۲: جمع هفت هارمونیک فرد اول در مقایسه با سیگنال اصلی
۴۵	شکل ۳-۱۳: جمع بیست هارمونیک فرد اول در مقایسه با سیگنال اصلی
۴۶	جدول ۳-۲: ضریب توان هارمونیک های مدار بخش ۳-۲
۴۷	شکل ۳-۱۴: شماتیک مدار معادل لامپ کم مصرف
۵۰	شکل ۴-۱: شکل موج جریان ۲۰ لامپ معمولی و ۲۰ لامپ کم مصرف فصل ۲-۲
۵۱	شکل ۴-۲: شکل موج جریان ۲۰ لامپ معمولی و ۲۰ لامپ کم مصرف با فاز تصادفی برای هارمونیک ها.
۵۲	شکل ۴-۳: شکل موج فرکانسی ۲۰ لامپ معمولی و ۲۰ لامپ کم مصرف
۵۲	شکل ۴-۴: شکل موج فرکانسی ۴۰ لامپ کم مصرف.
۵۳	شکل ۴-۵: شماتیک کلی یک موتور ساده القایی
۵۴	شکل ۴-۶: شکل موج موتور ساده القایی
۵۵	شکل ۴-۷: شکل موج شبکه شامل لامپ های کم مصرف و موتور القایی
۵۶	شکل ۴-۸: شکل موج موتور القایی یونیورسال
۶۳	شکل ض-۱-۱: شماتیک مدار لامپ تولید شده توسط شرکت مهتاب خراسان
۶۴	شکل ض-۱-۲: شماتیک مدار لامپ تولید شده توسط شرکت افروغ
۶۴	شکل ض-۱-۳: شماتیک مدار لامپ تولید شده توسط شرکت سهپند آوا الکتریک
۶۵	شکل ض-۱-۴: شماتیک مدار لامپ تولید شده توسط شرکت افراتاب
۶۷	شکل ض-۱-۲: ساختار دیود شاکلی
۶۸	شکل ض-۲-۲: نمایش عملکرد دیود شاکلی
۶۸	شکل ض-۲-۳: ساختار دیاک
۶۹	شکل ض-۲-۴: منحنی مشخصه دیاک
۶۹	شکل ض-۲-۵: یک نمونه پیاده سازی دیاک
۷۰	شکل ض-۲-۶: یک نمونه پیاده سازی دیاک

۱- مقدمه

۱-۱- تاریخچه و مزایای لامپ کم مصرف

لامپ فلورسنت فشرده (Compact Fluorescent Lamp یا CFL) که اصطلاحاً لامپ کم مصرف نامیده می‌شود در اوایل دهه ۸۰ میلادی به عنوان جایگزینی با راندمان بالاتر و طول عمر بیشتر در مقایسه با لامپهای رشته ای متداول ارائه شد. پس از حل مسائل فنی و اقتصادی شدن تولید، استفاده انبوه از CFL در بسیاری از کشورها دستور کار قرار گرفت. مزایای CFL به طور خلاصه عبارتند از: [۱۱]

۱. مصرف توان کمتر (حدود ۸۰٪)

۲. روشنایی بسیار بیشتر (پنج برابر بیشتر)

۳. طول عمر بسیار زیاد (از پنج تا ده بار بیشتر)

با وجود آنکه CFL هنوز گرانتر از لامپ رشته ای ارائه می‌گردد، صرفه جویی در مصرف انرژی و به ویژه کاهش هزینه ناشی از کاهش پیک بار (Peak Shaving)، شرکت‌های سازنده و دولت‌ها را بر آن داشته تا با برنامه‌های مدون و سرمایه گذاری اولیه در صدد جایگزینی لامپ کم مصرف با لامپ معمولی برآیند. در برخی کشورهای از جمله استرالیا و کانادا برنامه‌های جامعی برای جایگزینی کامل لامپ‌ها تدوین شده است. لامپهای کم مصرف معادل انرژی نورانی لامپهای رشته ای را تنها با صرف ۲۰ درصد انرژی الکتریکی تولید می‌کنند. از آنجایی بخش قابل توجهی از مصرف برق در کشورمان مربوط به بخش روشنایی می‌شود کاهش مصرف انرژی در این بخش می‌تواند کاهش قابل توجهی از مصرف کل کشور را موجب گردد. طبق آمارهای موجود ۳۳ درصد از مصرف برق کشور مصارف خانگی و ۳/۱ درصد نیز مربوط به مصارف روشنایی عمومی می‌شود [۱]. با یک حساب سرانگشتی می‌توان مصرف کل روشنایی کشور را در حدود ۲۰ درصد در نظر گرفت [۲]. به عبارت دیگر اگر مصرف کل کشور در زمان پیک حدوداً ۳۷۰۰۰ مگاوات در نظر گرفته شود و با فرض اینکه همه مصرف روشنایی موجود توسط لامپهای رشته ای انجام می‌گیرد، جایگزینی ۵۰ درصدی لامپ کم مصرف موجب صرفه جویی معادل ۳۰۰۰ مگاوات خواهد شد. بدیهی است که این رقم فقط در زمان پیک بار محاسبه شده است و در سایر زمانها این مقدار کمتر خواهد بود. آزاد سازی ظرفیت نیروگاه‌ها و امکان استفاده بهینه از تاسیسات و افزایش عمر آنها، از مزایای دیگر استفاده از لامپ کم مصرف هستند.

استفاده از لامپ کم مصرف علاوه بر مزایای اشاره شده در بخش تولید و انتقال انرژی الکتریکی، مزایایی را نیز برای مصرف کنندگان نیز در بر خواهد داشت. صرفه جویی مالی با توجه به مصرف کمتر برق و طول عمر بالاتر (حدوداً ۸ برابر) لامپهای کم مصرف از جمله مزایای استفاده از این لامپها برای مشترکین است. با توجه به مطالب ذکر شده استفاده از لامپ کم مصرف بی هیچ شکی توسط متخصصین پیشنهاد می‌گردد.

۱-۲- ملاحظات فنی لامپ کم مصرف به عنوان بار غیر خطی

از دهه ۸۰ میلادی و با گسترش استفاده از بارهای الکترونیکی و غیر خطی در شبکه برق مانند رادیو، تلویزیون، رایانه شخصی و وسایل جانبی آن نگرانی هایی در مورد تاثیر استفاده از آنها روی شبکه در بین شرکت های برق به وجود آمد. تحقیقات و مطالعات صورت گرفته در این مورد از همان سالها آغاز گردید و تاکنون نیز ادامه دارد. در بخش مطالعات پیشنهادی IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) موسوم به کتاب قرمز (Red Book)، "بررسی تاثیر بارهای الکترونیکی" به عنوان موضوع پیشنهادی برای محققین مطرح بوده است.

استفاده انبوه لامپهای کم مصرف به عنوان یک بار غیر خطی در شبکه برق که دارای ساختاری نسبتاً قدیمی است مانند هر وسیله دیگری که در نتیجه پیشرفتهای فناوری الکترونیک به وجود آمده است، نیازمند ملاحظات خاصی می باشد. در مورد استفاده از لامپهای کم مصرف و تاثیرات آن روی شبکه بحثهای زیادی در مرکز علمی دنیا در جریان است. علاوه بر این، اثرات غیر اقتصادی استفاده از CFL مدتها مورد بحث محافل علمی، پزشکی و زیست محیطی بوده است. تاثیرات احتمالی استفاده از لامپهای کم مصرف را می‌توان به دو بخش مجزا تقسیم کرد:

۱- اثرات روی مصرف کنندگان (Demand side)

۲- اثرات روی شبکه برق (Supply Side)

جدا نمودن اثرات اقتصادی و غیر اقتصادی استفاده از لامپ های کم مصرف کمی مشکل است. مثلاً اثرات زیست محیطی در دراز مدت اثرات اقتصادی غیر مستقیم را برای مصرف کنندگان در پی خواهد داشت. در مورد اثرات غیر اقتصادی در این بخش مختصراً توضیح داده می شود.

۱-۲-۱- اثرات غیر اقتصادی

در مورد اثرات غیر اقتصادی استفاده از لامپهای کم مصرف درمورد مصرف کنندگان می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

۱-۲-۱-۱- مطلوبیت نور

از نظر مهندسی، روشنایی محیط‌های مختلف باید دارای پارامترهای مطلوبی باشند. نور مورد نیاز از نظر مطلوبیت برای محیط‌های اداری و کاربری‌های مختلف باید دارای ویژگیهای خاصی باشد. استاندارد های IEC برای نور در محیط‌های مختلف اعداد و ارقام مختلفی را پیشنهاد می‌کند. نور لامپهای کم مصرف برای استفاده در اکثر محیط‌های شرایط لازم را داراست، هر چند که در پاره ای از موارد خاص مانند اتاق‌های عمل و... نور این قبیل لامپها به دلیل ایجاد خیرگی مناسب نمی‌باشد. پارامتر دمای نور که بر حسب کلوین بیان می‌شود نیز یکی دیگر از نکاتی است که باید در مورد استفاده از لامپ کم مصرف مد نظر قرار گیرد. نور خورشید که دلپذیرترین و مناسبترین نور برای انسان است دارای دمای بالاتر از ۵۰۰۰ درجه کلوین می‌باشد در حالی که نور لامپهای کم مصرف کمتر از ۳۵۰۰ کلوین است. در کشور امریکا سازندگان لامپهای کم مصرف ملزم به درج دمای نور روی لامپ هستند تا استفاده کنندگان با توجه به نیاز و کارایی مناسب لامپ را انتخاب نمایند [۷]. برای اطمینان از مناسب بودن نور لامپ‌های کم مصرف در همه موارد لازم است که در این زمینه تحقیقات مفصلی صورت گیرد.

۱-۲-۱-۲- اثرات زیست محیطی

اثرات زیست محیطی لامپ کم مصرف را می‌توان به دو بخش تقسیم نمود:

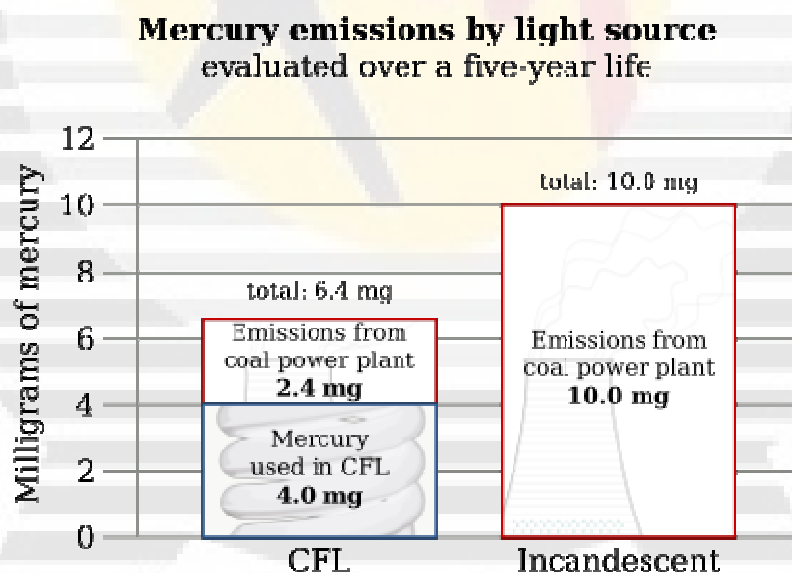
الف- تشعشع ماوراء بنفش

مقدار تشعشع ماوراء بنفش لامپ کم مصرف بیشتر از لامپهای رشته ای است. طیف نوری این لامپها نسبت به لامپهای رشته ای گسترده تر است. طول موج نور متصاعد شده از این لامپها بین ۴۰۰ تا ۷۰۰ نانو متر است که کاملاً در محدوده بینایی قرار دارد. مقدار بسیار کمی از نور با طول موج کمتر از ۴۰۰ نانومتر (ماوراء بنفش) تولید می‌شود که اکثر آن توسط لایه فلورسنت داخلی لامپ جذب می‌گردد. با توجه به فیزیولوژی بدن که قابلیت کار در زیر نور خورشید به مدت ۴ ساعت را دارد مقدار UV ناشی شده از لامپ کم مصرف قابل توجه نیست. [۸] طبق تحقیقات انجام شده ۸ ساعت نشستن در زیر نور لامپ کم مصرف معادل ۱ دقیقه تابش نور مستقیم خورشید است.

در ضمن فاصله ۲ تا ۳ متری از لامپ کم مصرف مقدار اشعه ماوراء بنفش را به شدت کاهش می‌دهد. مدلهایی از لامپهای کم مصرف هستند که مقدار اشعه ماوراء بنفش در آنها صفر است. استاندارد IESNA RP 27.3 مقدار اشعه ماوراء بنفش مجاز را تعیین می‌کند.

ب- جیوه

در ساختمان لامپ کم مصرف مقدار کمی جیوه (در حدود ۴ میلی گرم به طور متوسط) استفاده می‌شود. هرچند که این مقدار ۰/۰۱ مقداری است که در ماده آمالگام (Amalgam) از آن استفاده می‌شود اما جیوه در صورتی که در محیط رها شود می‌تواند باعث اثرات مخرب زیست محیطی از سردرد گرفته تا سرطان گردد. در برخی کشورها از جمله کانادا استانداردهایی برای کاهش مقدار جیوه در لامپهای کم مصرف وجود دارد اما برخی شرکتها مانند PHILIPS توانسته‌اند این مقدار به ۱ میلی گرم برای هر لامپ کاهش دهند. مقدار ۴ میلی گرم برای هر لامپ اگر چه مقدار زیادی است اما در مقایسه با مقدار جیوه تولید شده توسط نیروگاه های برق (به دلیل مابه تفاوت تولید برق) بسیار کمتر است. شکل ۱-۱ این مطلب را نشان می‌دهد.



شکل ۱-۱: مقایسه میزان تولید جیوه توسط نیروگاه‌ها در اثر استفاده از لامپ کم مصرف و لامپهای رشته ای

همانطور که از شکل مشخص است اگر سهم نیروگاه های تولید لامپهای رشته ای را در نظر بگیریم میزان تولید جیوه برای لامپهای رشته ای از لامپهای کم مصرف بیشتر است.

در لحظه شکستن لامپ حدوداً $100,000 \text{ ng/m}^3$ بخار جیوه آزاد می‌شود که حدوداً ۳۰۰ برابر مقدار مجاز است. در کشورهای اروپایی بازیافت لامپهای فلورسنت فشرده با دقت زیادی صورت می‌گیرد. کارخانه های سازنده و فروشندگان موظف هستند لامپهای سوخته را از مصرف کنندگان پس بگیرند و با روشهای مناسب آنها را بازیافت نمایند. با توجه برنامه هایی که در سایر کشورها از جمله استرالیا برای ممنوعیت استفاده از لامپ رشته ای وجود دارد قوانین و مقررات ویژه ای به لحاظ رعایت ملاحظات زیست محیطی هم برای تولید کنندگان و هم برای فروشندگان در این کشورها به اجرا گذاشته شده است. در کشورمان نیز راهکارهای مختلفی پیشنهاد شده است که دریافت لامپ سوخته و تحویل لامپ سالم به جای آن در برق های منطقه ای می تواند مناسب باشد.

۱-۲-۲- اثرات اقتصادی

همانگونه که ذکر گردید استفاده از لامپ کم مصرف با وجود گران قیمت بودن آن به نسبت لامپ رشته در نهایت از نظر مالی به نفع مصرف کنندگان است. هر چند که در این زمینه نیز ملاحظات خاصی وجود دارد. زمان روشن بودن لامپ و تعداد دفعات روشن و خاموش کردن آن تاثیر زیادی روی عمر این لامپها و در نتیجه مقرون به صرفه نبودن آنها دارد. مطالعات زیادی در این زمینه به صورت هزینه-فایده در کشورهای مختلف صورت گرفته است به عنوان مثال در استرالیا استفاده از لامپ کم مصرف ۱۱ واتی به جای لامپ رشته ای ۶۰ واتی در حالتی که لامپ کم مصرف روزانه کمتر از ۲/۳ ساعت روشن باشد مقرون به صرفه نخواهد بود [۳]. لازم به ذکر است که این گونه مطالعات تابعی از شرایط کشور مانند وضعیت اقلیمی و قیمت برق است که مستلزم مطالعه جامعی در این زمینه در کشور ما و با شرایط خاص خود می‌باشد. این مساله وقتی بیشتر اهمیت می‌یابد که طرحهایی برای حذف یارانه‌ها در وزارت نیرو وجود دارد. اما با توجه به نتایج مطالعات صورت گرفته در سایر کشور های می‌توان گفت که استفاده از لامپهای کم مصرف در هر شرایطی و در هر محیطی لزوماً موجب صرفه جویی اقتصادی برای مصرف کننده شد. مساله دیگر در زمینه صرفه اقتصادی استفاده از لامپ کم مصرف برای مصرف کنندگان عمر لامپ است. عمر لامپهای کم مصرف ۶۰۰۰ تا ۱۵۰۰۰ ساعت است که این رقم حدوداً ۸ برابر لامپهای رشته ای است [۴]. عمر لامپ کم مصرف متأثر از عوامل زیادی است که تغییرات ولتاژ، کیفیت تولید، محل مورد استفاده و تعداد دفعات قطع و وصل از جمله مهمترین آنها هستند به عنوان مثال طی یک آزمایش در حالتی که لامپ هر ۵ دقیقه یک بار روشن و خاموش گردید طول عمر آن تا ۸۵ درصد کاهش یافت [۵]. نکته دیگر در این ارتباط این است که لامپ

کم مصرف بین ۱ تا ۲ دقیقه طول می‌کشد که به حداکثر توان نوردهی خود برسد بنابراین استفاده از آن برای راهروها و سرویس های بهداشتی مناسب نیست. لازم به ذکر است که عمده‌ترین مشکل در زمینه استفاده از لامپ کم مصرف در ارتباط با نور کم و سوختن آنها بوده است. ضمن اینکه با توجه به نظر سنجی‌ها استفاده از لامپ با نور زرد (خورشیدی) در روشنایی معابر بیشتر ترجیح داده می‌شود [۶]. بررسی های جامع تر در مورد مطالب فوق الذکر سوالات و ابهامات موجود را برطرف خواهد کرد.

همانطور که قبلا هم اشاره شد حدودا ۳/۱ درصد مصرف برق کشور مربوط به روشنایی معابر می‌شود. بخشی از این روشنایی درون شهری است که متولی آن برق‌های منطقه ای هستند و بخش دیگری نیز مربوط به راهها و اماکن عمومی می‌باشد که متولی آن شهرداری ها یا وزارت راه و ترابری است. در مورد این مصرف کنندگان وضع کمی متفاوت است. مدت زمان روشن بودن لامپ ها بیشتر و تعداد دفعات خاموش و روشن شدن آنها کمتر از مصارف خانگی است. در این مورد مسایلی مانند هزینه سرویس و نگهداری و کیفیت نوردهی (پارامترهایی مانند خیرگی، درخشندگی، دما و...) بسیار مهمتر است. طبق آمار موجود درصد سوختگی لامپهای کم مصرف نصب شده در معابر عمومی ۲/۷۶ برابر سایر لامپها بوده است که این امر می‌تواند ناشی از کیفیت نامطلوب تولید باشد [۶]. این مساله موجب افزایش هزینه های سرویس و نگهداری خواهد شد.

در مورد روشنایی بزرگراه ها و جاده ها نیز پارامترهای شار نوری، ضریب بهره نوری، درخشندگی، خیرگی و درجه حرارت رنگ، حائز اهمیت است که لازم است مقایسه کاملتری بین لامپهای بخارسدیم و جیوه موجود و لامپهای کم مصرف صورت گیرد تا بتوان به تدریج از لامپهای کم مصرف در این حیطه هم استفاده نمود.

۱-۲-۲- تاثیرات روی شبکه برق

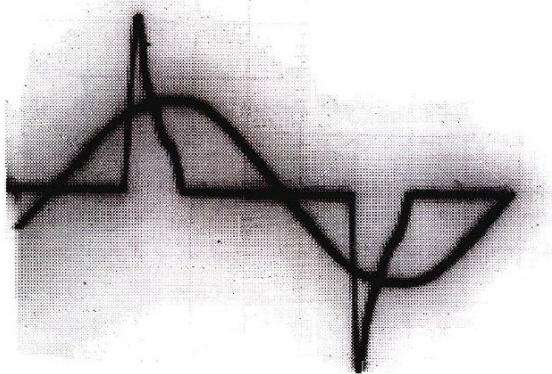
استفاده صحیح و بهینه از لامپهای کم مصرف CFL باعث صرفه جویی زیاد در مصرف انرژی می‌گردد. اما استفاده نابجا و نامناسب از CFL نه تنها باعث بالا رفتن هزینه و حتی اتلاف انرژی می‌شود، بلکه اثرات نامطلوبی در شبکه ایجاد می‌کند که باعث فشار به شبکه، عدم استفاده حداکثری از پست ها و خطوط انتقال و آسیب احتمالی به سیستمهای الکتریکی و مخابراتی می‌گردد. دلیل این عوارض احتمالی در شبکه رفتار پیچیده و غیر خطی CFL در مقایسه با لامپهای معمولی (رشته ای مقاومتی) است.

الف- ضریب قدرت

لامپ کم صرف مانند هر المان الکترونیکی دیگر به علت وجود خازنها و سلفهای متعدد در آن باعث ایجاد ضریب توان (PF) کوچکتر از ۱ می گردد. به علاوه، تولید هارمونیکهای فرد در لامپ کم مصرف باعث فشار به عناصر دیگر شبکه می شود. ضریب قدرت لامپهای کم مصرف ارائه شده بین ۰/۵۵ تا ۰/۹۳ می باشد [۹]، در حالی که ضریب قدرت لامپ رشته ای نزدیک به ۱ است. کم بودن ضریب قدرت شبکه سبب تغییر توان راکتیو شبکه و تلفات خواهد شد. نکته قابل ذکر در این زمینه این است که لامپهای کم مصرف در زمان پیک بیشتر مورد استفاده قرار می گیرند و خاموش بودن سایر تجهیزات که ضریب قدرت بهتری نسبت به لامپ کم مصرف دارند مانند اتو و غیره مشکل ضریب قدرت را تشدید خواهد کرد.

ب- ایجاد هارمونیک در شبکه

لامپهای فلورسنت فشرده با توجه به ساختار و مدارات الکترونیکی به کار رفته در آن دارای شکل موج غیر خطی هستند. شکل ۱-۲ نمونه ای از شکل موج لامپ را نشان می دهد.



شکل ۱-۲: یک نمونه از شکل موج جریان لامپ کم مصرف

این شکل موج نشان دهنده مقدار زیاد هارمونیک‌ها در جریان لامپ است. پارامتر THD (Total Harmonic distortion) یکی از شاخصه‌های کیفیت توان در شبکه است. افزایش THD در

شبکه باعث ایجاد مشکلات زیر می‌شود:

۱- استرس عایقی

۲- ایجاد حرارت در تجهیزات

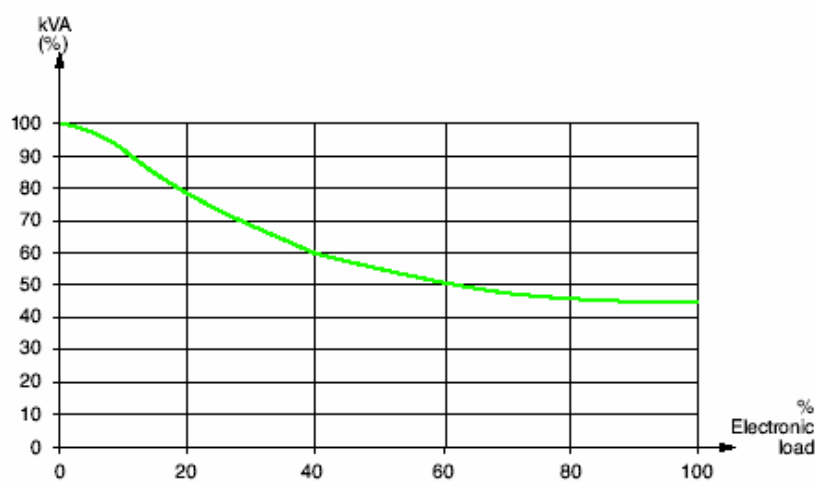
۳- عدم امکان استفاده از ظرفیت تجهیزات اعم از کابلها و ترانسفورماتورها

۴- افزایش تلفات شبکه

۵- ایجاد اختلال در کارکرد برخی تجهیزات مانند رله‌ها

۶- ایجاد اختلال در سیستم‌های مخابراتی و تجهیزات بیمارستانی

شکل ۱-۳ کاهش قابلیت استفاده از ترانسفورماتورها را با افزایش هارمونیک نشان می‌دهد [۱۰]:



شکل ۱-۳: کاهش قابلیت استفاده از ترانسفورماتور با افزایش بارهای الکترونیکی

مجموع THD شبکه از منابع مختلفی ایجاد می‌شود که عمده آنها به شرح زیر هستند:

۱- رایانه شخصی و وسایل جانبی مانند پرینتر و غیره

۲- وسایل الکترونیکی مانند تلویزیون، رادیو و....

۳- بارهای صنعتی مانند یکسوساز و Converters

۴- لامپهای فلورسنت معمولی و فشرده (CFLs)

همانطور که مشاهده می شود لامپ کم مصرف فقط یکی از منبع تولید هارمونیک است در حالی که در بین این منابع ایجاد هارمونیک، لامپهای کم مصرف سوالات بیشتری را ایجاد کرده‌اند. در این زمینه استاندارد IEC591 مقادیر مجاز THD را برای مناطق مختلف بیمارستانی، شهری و صنعتی مشخص کرده است. کاهش اثرات مخرب هارمونیک ها در شبکه نیز توسط راهکارهای زیر امکانپذیر است:

۱- نظارت دقیق و تهیه استانداردهای وسایل برقی از جمله CFL ها

۲- مجتمع سازی بارهای غیر خطی

۳- طراحی ترانسفورماتورهای کاهش دهنده هارمونیک

۴- فیلترهای فعال و غیر فعال و ترکیبی

۵- تغییر آرایش شبکه

۶- تغییر نحوه سربندی ترانسفورماتورها

تا کنون در مجامع علمی، تحقیقاتی و صنعتی داخل و خارج کشور مطالعات فراوانی روی اثرات CFL در شبکه انجام شده است [۱۲ و ۱۳ و ۱۴ و ۱۵]. متأسفانه بیشتر مراجع داخلی و حتی بسیاری از مراجع خارجی تنها بر مبنای تجربیات و مشاهدات حاصل از اندازه گیری ها (چه اندازه گیری روی یک لامپ منفرد یا اندازه گیری ضریب توان روی شبکه قبل و بعد از استفاده از لامپ کم مصرف) استوار گردیده است و ارائه یک مدل علمی با قابلیت پیش بینی رفتار شبکه در صورت روشهای متفاوت توزیع لامپها، ارائه الگوی مناسب مصرف و تامین لامپ از تولید کننده های مختلف کمتر مورد توجه بوده است. حتی مدل ارائه شده برای خود لامپ عموماً بر مبنای تجربیات آزمایشگاهی و نه مدل دقیق مداری استوار است [۱۲]. در این پروژه هدف ارائه یک مدل دقیق علمی برای خود لامپ و بر مبنای مدلسازی و شبیه سازی مداری، همچنین ارائه یک مدل دقیق از شبکه هم بر مبنای مدلسازی عناصر شبکه (مصرف کننده ها) و هم بر مبنای اندازه گیری های عملی است که بتوان با وارد کردن مدل ریاضی (مداری) لامپ در آن رفتار شبکه را با ورود CFL به شبکه پیش بینی کرد. بر اساس این مدل می توان با در دست

داشتن مدار لامپ تولید کننده های مختلف، مدل هارمونیک و فازی آنها را با دقت دلخواه و بر اساس داده های آماری تولید کننده ها در مورد تفرانس پارامترهای مدار، و همچنین داده های آماری مربوط به سهم تولید کننده های مختلف در بازار تعیین نموده و تغییرات رفتار شبکه را به صورت دقیق و کمی پس از اضافه شدن CFL پیش بینی نمود. نتایج کمی حاصله را می توان در ارائه یک رژیم مناسب برای توزیع بهینه لامپ کم مصرف در شبکه و ارائه الگوی مصرف مناسب برای شهروندان مورد استفاده قرار داد. برای مثال در مناطقی که بار راکتیو فعلی شبکه یا میزان هارمونیک آن در حد بالایی قرار دارد اضافه کردن انبوه لامپ کم مصرف در صورتیکه با پیش بینی و افزایش مناسب ظرفیت پست ها و خطوط انتقال همراه نباشد باعث فشار یا آسیب به شبکه خواهد شد، اما اگر حجم بار در یک منطقه جغرافیایی بیشتر به صورت مقاومتی باشد استفاده لامپ کم مصرف صرفه جویی قابل توجهی به دنبال خواهد داشت. در این گزارش مطالب به این صورت دسته بندی شده است. در فصل دوم ابتدا مدار لامپ های مختلف موجود در بازار داخل و دو لامپ استاندارد به عنوان نمونه بررسی شده و با استفاده از تحلیل مداری آنها علاوه بر به دست آوردن شکل موج دقیق این لامپ ها، راهکار بررسی کلیه لامپ های کم مصرف مشخص می گردد. سپس شکل موج های به دست آمده مربوط به دو نمونه لامپ به داده های عددی تبدیل می شوند تا در فصل های بعدی مورد بررسی دقیق تر قرار گیرند. در فصل سوم شکل موج های به دست آمده به کمک نرم افزار MATLAB تحلیل می شوند. به کمک تبدیل فوریه شکل موج هارمونیک های جریان و سهم آنها در توان لامپ و نیز فاز هارمونیک ها تعیین شده و مدار معادل لامپ که شامل تعدادی منبع جریان سینوسی با دامنه، فرکانس و فاز مشخص است به دست می آید. دقت این مدل یا به عبارت دیگر تعداد هارمونیک های مورد استفاده را می توان به دلخواه تعیین نمود. در فصل چهارم مدل به دست آمده در کنار چند عنصر مداری دیگر شامل عناصر مقاومتی و القایی قرار می گیرد و یک مدل اولیه برای شبکه حاصل می گردد. در فصل پنجم به بررسی راهکارهایی برای استفاده بهینه از CFL و همچنین معرفی سایر فعالیت های قابل انجام در مسیر بررسی اثرات لامپ کم مصرف در شبکه توزیع می پردازیم.

۲-مدلسازی لامپ کم مصرف

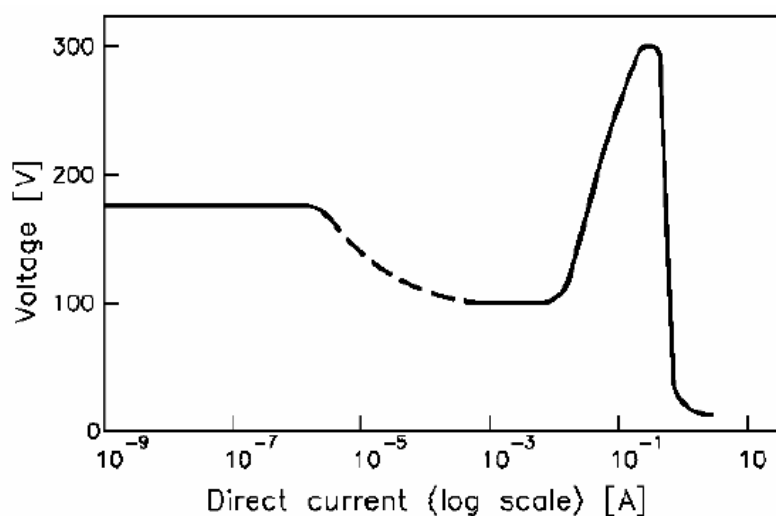
در این فصل ابتدا ساختار مداری لامپ کم مصرف مطالعه و بررسی می گردد و مدار لامپ های موجود در بازار داخل به همراه مدار لامپهای کم مصرف مختلف از سازنده های مختلف بین المللی آورده می شود. در ادامه دو لامپ به عنوان نمونه با جزئیات بیشتر مطالعه شده مدار آنها در نرم افزار SPICE شبیه سازی می گردد. این شبیه سازی از دو جهت حائز اهمیت فراوان است. نخست آنکه بررسی تاثیرات CFL در شبکه جز با قرار دادن یک مدل مداری دقیق امکان پذیر نیست. مدلهای موجود، به ویژه در منابع پژوهشی داخلی، عمدتاً با تکیه بر اندازه گیری و سپس تخمین شکل موج لامپ به دست آمده اند [۱۲]. اینگونه مدلسازی در عمل دقت لازم را ندارد، حال آنکه با در دست داشتن مدل مداری می توان لامپ را با دقت دلخواه مدل کرد. برتری دیگر استفاده از مدل مداری، به دست آوردن یک طرح زیر بنایی (Platform) مناسب تحلیل مدار می باشد که با در دست داشتن آن می توان هر نوع لامپ دیگر را که وارد شبکه می گردد به سادگی در مدلسازی شبکه گنجانید و اثر حاصله را پیش بینی یا مشاهده کرد.

۱-۲- ساختار لامپ کم مصرف

۱-۱-۲- مفهوم بالاست الکترونیکی (Electronic Ballast)

(این بخش عمدتاً از منبع [۱۱] اخذ شده است.)

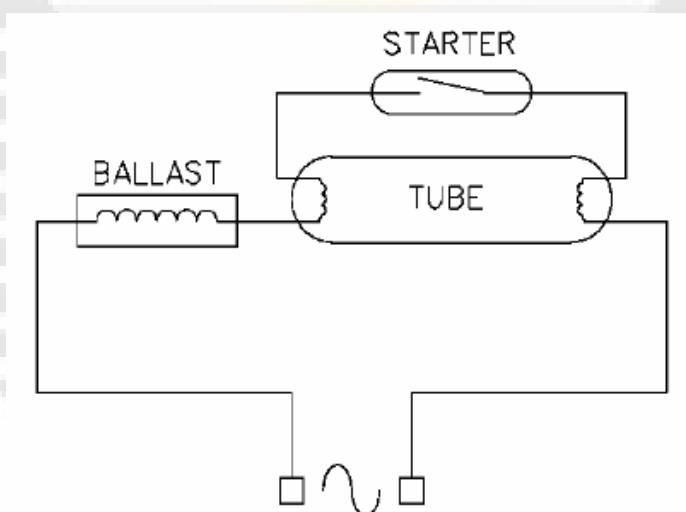
زمانی که کلید یک لامپ فلوروسنت زده می شود، ولتاژ شبکه برای ایجاد یونیزاسیون اولیه کافی نیست. بنابراین نیازمند عنصر مداری خاصی هستیم که این ولتاژ زیاد را برای آغاز فرایند در تیوب تامین کند. شکل ۱-۲ رابطه ولتاژ-جریان را در تخلیه قوسی در لامپ فلوروسنت نشان می دهد. بیشتر لامپهای تخلیه در ناحیه با شیب منفی در منحنی مشخصه فوق کار می کنند. برای جلوگیری از فرار جریان و تضمین رفتار مداری پایدار، شیب منفی باید با یک عنصر مداری با شیب مثبت خنثی گردد. این عنصر اصطلاحاً بالاست نامیده می شود.



شکل ۲-۱: رابطه ولتاژ-جریان تخلیه در محیط گاز

۲-۱-۱-۱- بالاست متعارف

بالاست می باید کارا و ساده بوده، تاثیر منفی بر عمر لامپ نداشته باشد و روشن شدن آن را تضمین کند. بالاست ها انواع مختلفی دارند از جمله بالاست مقاومتی، خازنی، چوک-خازنی و القایی. برای کار لامپ فلوروسنت در ولتاژ ۲۳۰V و فرکانس ۵۰Hz بالاست های القایی استفاده می شوند. در شکل ۲-۲ یک مدار بالاست القایی نشان داده شده است.



شکل ۲-۲: مدار با لامپ فلوروسنت که از بالاست الکترومغناطیسی استفاده می کند.

مدار بالاست متعارف از "استارتر" برای روشن کردن لامپ استفاده می‌کند. استارتر ابتدا در حالت "باز" قرار دارد. وقتی ولتاژ اصلی اعمال می‌شود، گاز اطراف نوار "دوفلزی" (bimetallic) یونیزه شده و جریان برقرار می‌شود. بر اثر گرم شدن خود به خود نوار دوفلزی، اتصال بسته شده و جریان در اتصال فلزی برقرار می‌شود. گاز داخل استارتر دی‌یونیزه می‌شود، جریان کاتد های تیوب را گرم کرده و همزمان گاز داخل استارتر خنک می‌شود. وقتی گاز استارتر خنک شد، اتصال فلزی را مجدداً باز می‌کند و بالاست ولتاژ شدیدی ایجاد می‌کند که تیوب را روشن می‌کند. اگر این ولتاژ به اندازه کافی قوی نباشد استارتر مناسب زده نشده است. این روند آنقدر تکرار می‌شود تا گاز داخل تیوب کاملاً یونیزه شود. این یکی از مشکلات مدار است چون به تعداد استارتر های ناقص، عمر تیوب کاهش می‌یابد.

اثر لرزش و سوسو زدن^۱ در فرکانسهای پایین قابل مشاهده است. لامپ فلئورسنت با جریان صفر خاموش می‌شود. به همین دلیل سوسو زدن ۵۰ هرتز در یک مدار استاندارد مشاهده می‌گردد. این مشکل می‌تواند منجر به مشکلات قابل مشاهده در مونیتور کامپیتر و ماشینهای دوار گردد. به علاوه، تلفات توان در این نوع بالاست، نیز اندازه آن، قابل صرفنظر نیست. تلفات توان ۱۰٪ تا ۲۰٪ است و سایز و وزن بالاست نسبتاً زیاد بوده و با افزایش توان لامپ بیشتر می‌شود.

۲-۱-۱-۲- بالاست الکترونیکی، کوچک تر، سبک تر، کیفیت بهتر

کارایی بالاست را می‌توان با یک مبدل الکترونیکی افزایش داد. مزایای مشخصات بالاست الکترونیکی به این شرح است:

۱- کارایی بیشتر مدار و کاهش تلفات بالاست

۲- کاهش وزن و ابعاد

۳- بهبود تابش

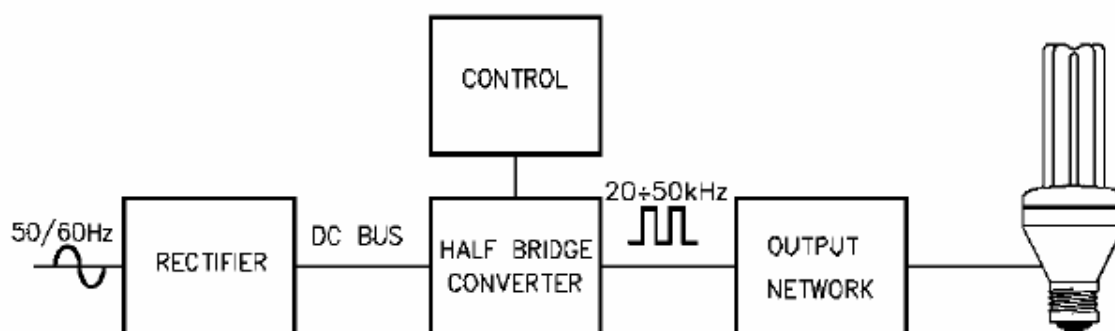
۴- عدم وجود سوسو زدن

۵- امکان کنترل دقیق توان لامپ

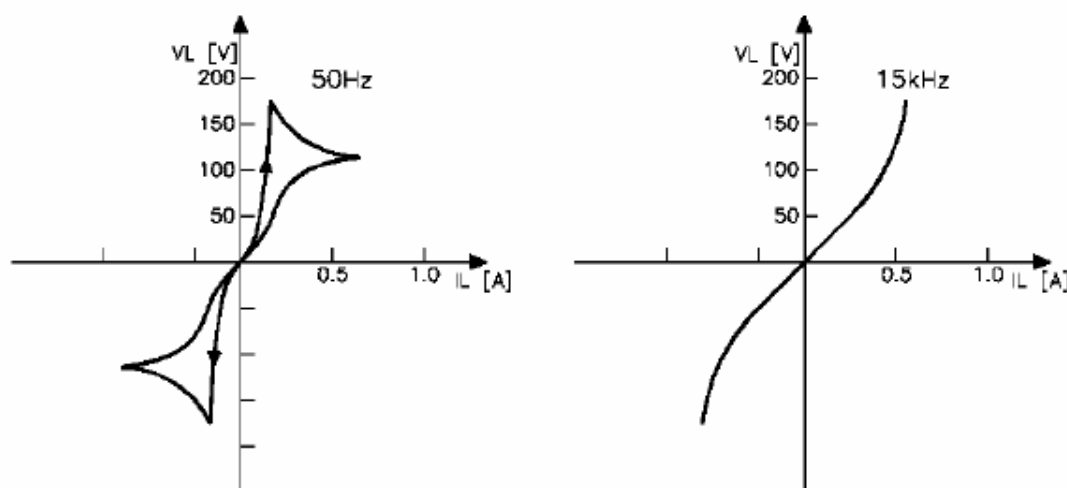
^۱ Flicker

۶- استارت و عمل در شرایط کنترل شده برای افزایش عمر لامپ

بالاست الکترونیکی شامل یک یکسو ساز و یک مبدل DC-AC است. شکل ۲-۳ بلوک دیاگرام یک بالاست الکترونیکی را نشان می‌دهد. این مبدل عموماً در محدوده ۲۰ تا ۵۰ کیلوهرتز کار می‌کند. در لامپ فلئورسنت در فرکانس بالا یونیزاسیون نمی‌تواند تغییرات سریع جریان را دنبال کند. مشخصه دینامیک ولتاژ-جریان لامپ تقریباً خطی شده و اعوجاج شکل موج کاهش می‌یابد. شکل ۲-۴ مشخصه دینامیک معمول ولتاژ-جریان یک لامپ نشان داده شده است.

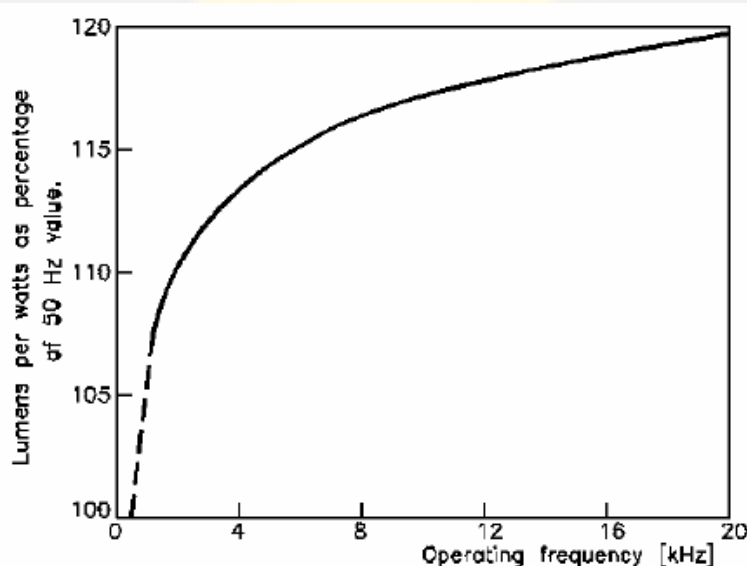


شکل ۲-۳: بلوک دیاگرام بالاست الکترونیکی.



شکل ۲-۴: مشخصه دینامیک ولتاژ-جریان یک لامپ فلئورسنت در ۱۵KHz.

راندمان کلی لامپ بهبود یافته و در فرکانس بالاتر از ۲۰ KHz می‌توان بهره بالای ۲۰٪ به دست آورد. (شکل ۲-۵). اثر سوسو زدن در فرکانسهای بالا دیده نمی‌شود. مدار الکترونیکی درایو باید جریان متناوب ایجاد کند تا از بایاس مستقیم الکترودها و کاهش عمر لامپ جلوگیری شود. در واقع با انتشار یک جریان یکسویه در درون تیوب ماده کاتد به وسیله جریان الکترون‌ها جذب شده و طول لوله شدیداً کاهش می‌یابد. مبدل مستقیم به متناوب معمولاً از ساختار دوسوییچ استفاده می‌کند.

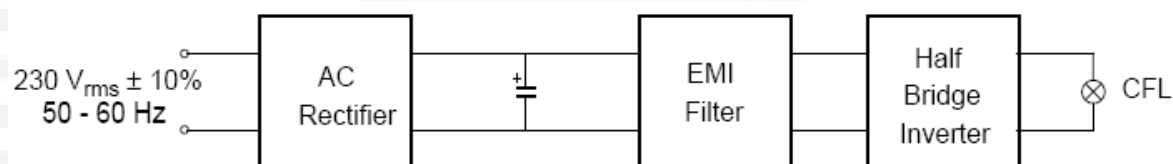


شکل ۲-۵: راندمان لامپ فلوروسنت در فرکانس بالا.

۲-۱-۲- عملکرد لامپ کم مصرف با تکیه بر مدار PR39922 فیلیپس

تا امروز لامپ‌های متنوعی در بازار داخلی و بین‌المللی عرضه شده است. با وجود برخی تفاوت‌ها، ساختار کلی این لامپ‌ها کمابیش یکسان می‌باشد. از این میان، طرح ارائه شده توسط شرکت فیلیپس منبع الگو برداری بسیاری از سازندگان داخلی و خارجی بوده است. در این بخش به بررسی عملکرد مدار PR39922 که شرکت فیلیپس ارائه کرده می‌پردازیم [۱۶]. بررسی این مدار به درک عملکرد لامپهای کم مصرف دیگر کمک می‌کند. در بخش‌های بعدی مدارات لامپ‌های زیادی آورده شده و بعضی از آنها به تفصیل بررسی شده‌اند. این بررسی معیاری در بررسی

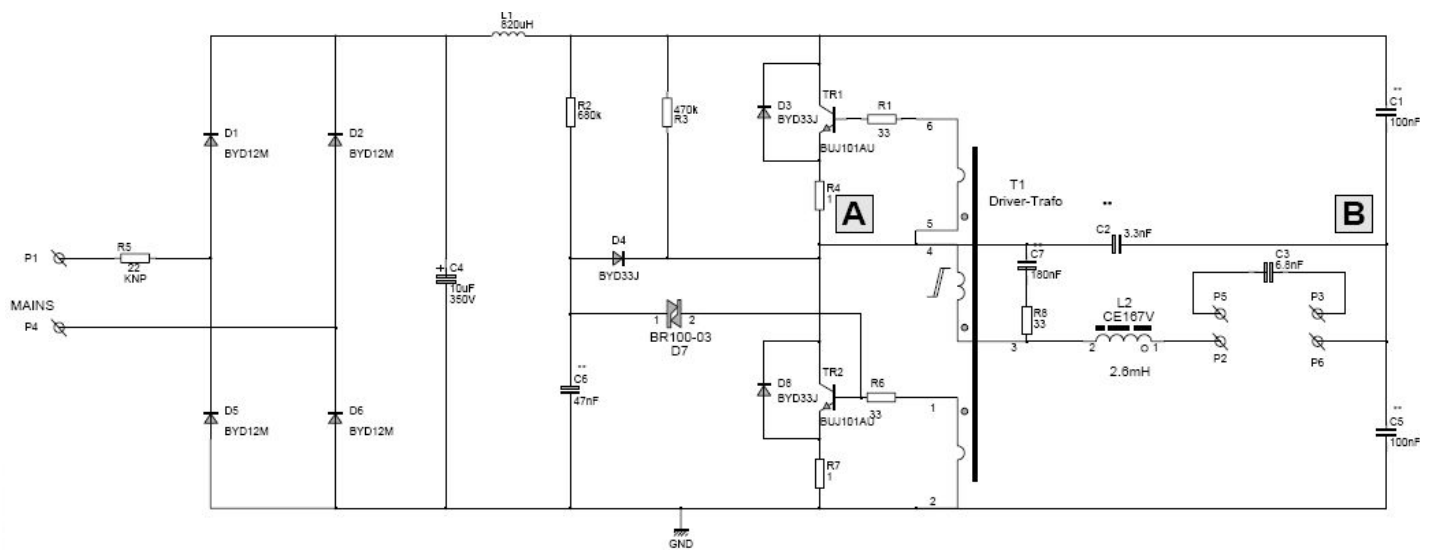
نقاط قوت و ضعف تولید کننده ها، به ویژه در مقایسه تولیدات داخلی و بین المللی به دست می دهد. همچنین، آگاهی از مشخصات و آمار محصولات موجود در بازار، در به دست آوردن مدل واقعی تری از شبکه تاثیر حیاتی دارد. در مدار لامپ PR39922 از دو ترانزیستور سوئیچ BUJ101AU استفاده شده است. از یک ترانسفورمر نیز برای کنترل ترانزیستورها استفاده می شود. ترانسفورمر در جریان معینی اشباع می شود که به نوبه خود باعث کنترل پیک جریان سیم پیچ بالاست می گردد. بلوک دیاگرام این مدار که تقریباً مشابه شکل ۲-۳ است در شکل ۲-۶ ترسیم شده است.



شکل ۲-۶: بلوک دیاگرام مدار PR39922

خازن در اینجا پس از یکسو کننده تمام موج قرار گرفته تا شکل موج تقریباً مستقیم در خروجی بدهد. فیلتر الکترومغناطیسی EMI برای کاهش برگشت اغتشاش به شبکه استفاده شده است. شکل کامل مدار در شکل ۲-۷ آمده است. در مرحله روشن شدن، خازن C6 از طریق R2 شارژ می شود تا به ۳۲۷ می رسد. در این لحظه دیاک روشن شده و TR2 نیز روشن می شود. تغییر ناگهانی ولتاژ نقطه میانی نیم پل موجب اعمال یک ولتاژ مثبت به ثانویه T1-3 ترانسفورمر شده و TR2 را روشن نگه می دارد. سپس D4 خازن C6 را تخلیه می کند. در این لحظه نوسان مدار آغاز شده است.

پس از استارت، L2 و C3 یک مدار رزونانس سری می سازند که می تواند ولتاژ بالایی بیش از ۹۰۰V به C3 اعمال کند. سپس وارد مرحله کار می شویم که در آن لامپ به یک مقاومت اهمی معمولی تبدیل می شود و سیم پیچ بالاست در فرکانس ۲۸KHz و ۲۵W کار می کند.

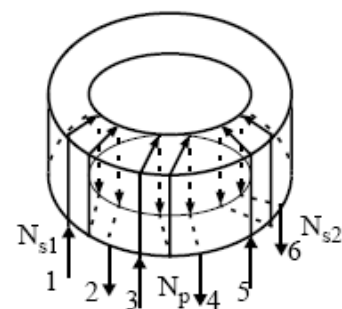
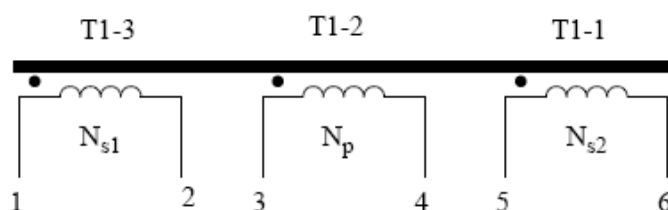


شکل ۲-۷: مدار PR39922

ترانسفورمر درایو از ۳ القاگر کوپل T1-1 تا T1-3 روی هسته مشترک تشکیل شده است. سیم پیچ اولیه T1-2 اشباع شده و به عنوان درایو T1-1 و T1-3 استفاده شده است.

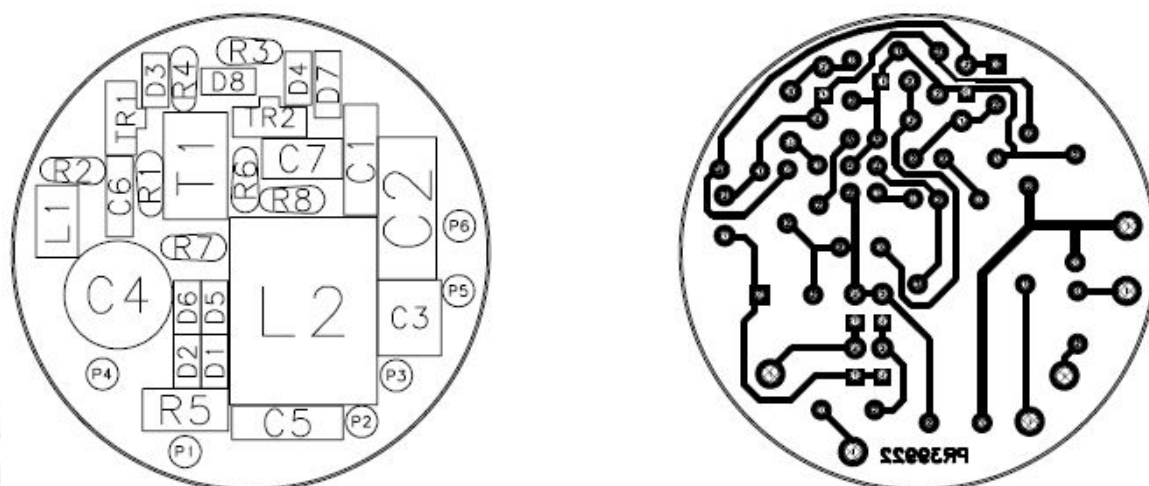
N_{s1}	N_p	N_{s2}
5	6	5

Table 1 Dimensioning of Driver Coil T1



شکل ۲-۸: رابطه سیم پیچ های ترانسفورمر

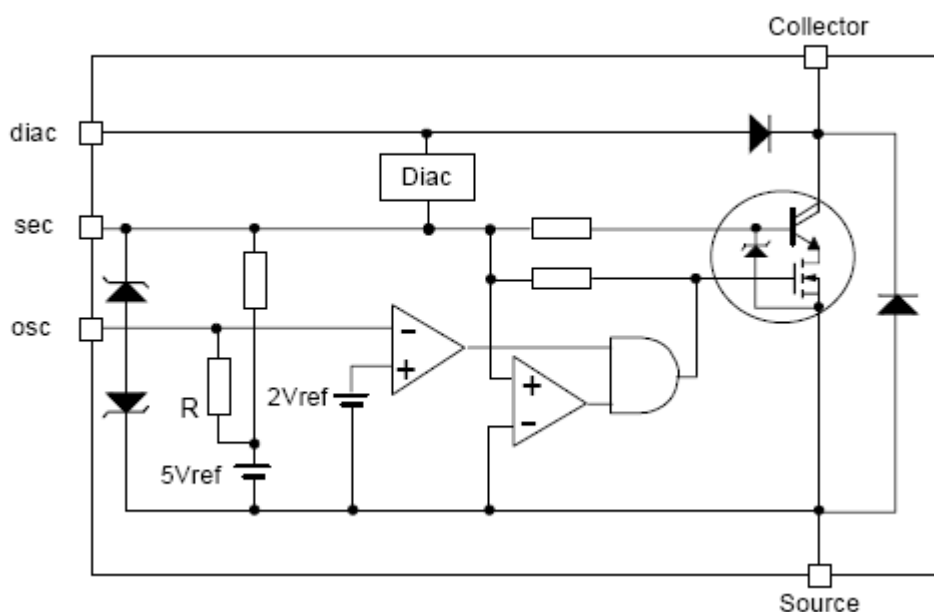
در شکل ۲-۹ می توان Layout این مدار را مشاهده کرد.



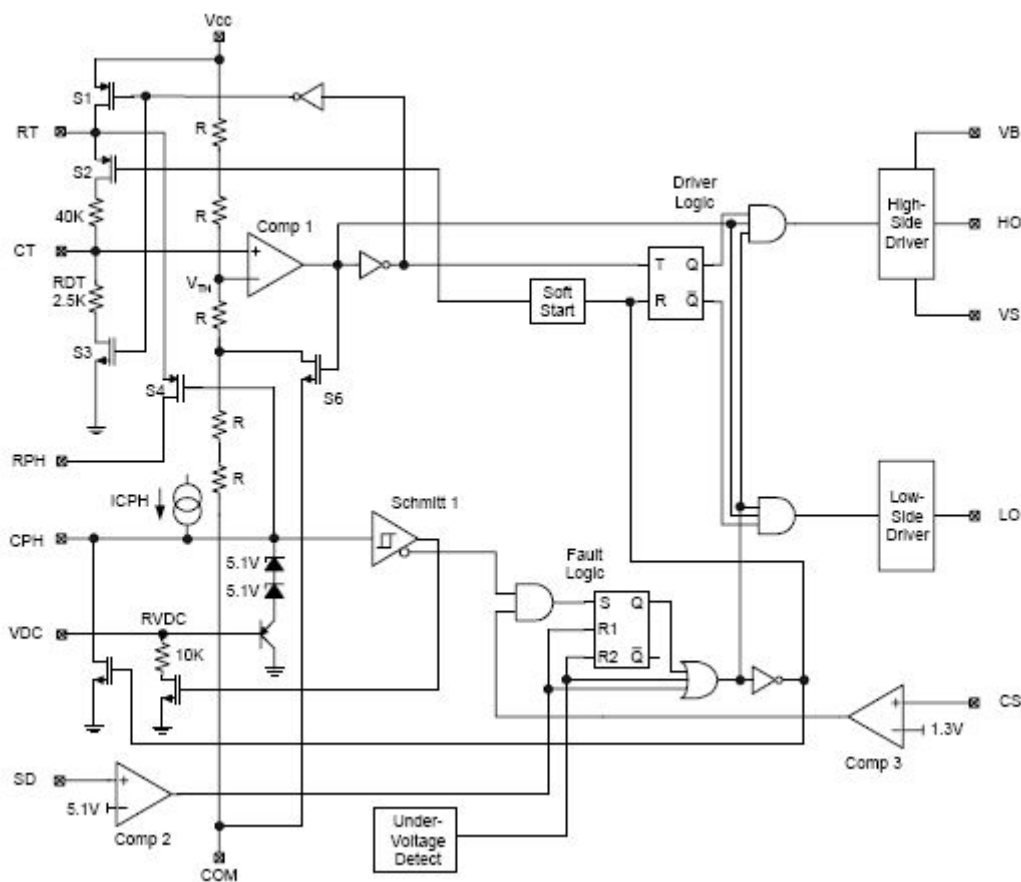
شکل ۲-۹: Layout مدار PR39922

۲-۱-۳- سایر راه انداز های لامپ کم مصرف

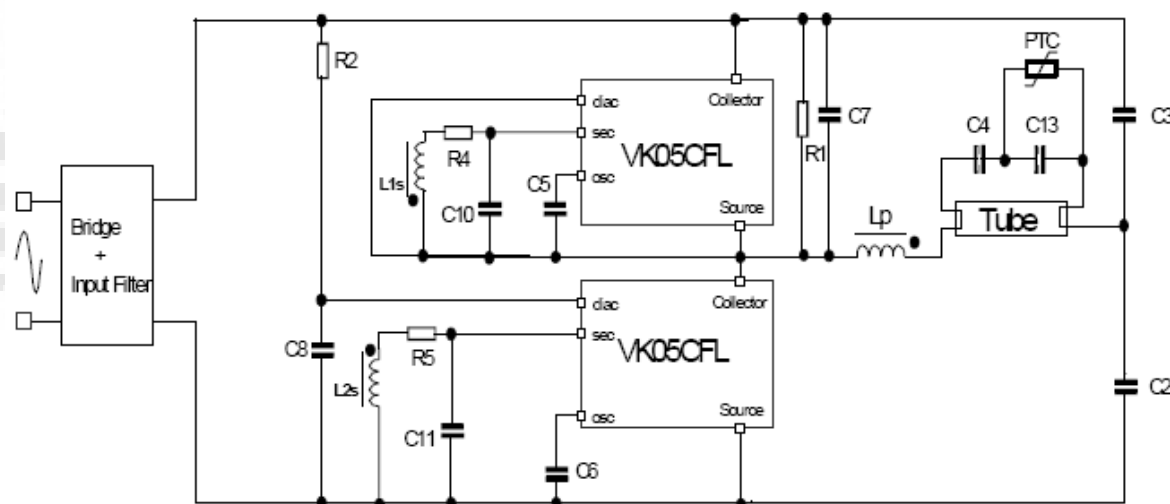
مدارهای درایو مختلفی برای لامپ کم مصرف طراحی شده اند. بعضی از این مدارها به صورت مدار مجتمع (IC) عرضه می شوند مانند VK05CFL شکل ۲-۱۰ یا IR2156 شکل ۲-۱۱. شکل ۲-۱۲ مدار بالاست طراحی شده به کمک VK05CFL ترسیم شده است.



شکل ۲-۱۰: VK05CFL



شکل ۲-۱۱: IR2156



شکل ۲-۱۲: مدار بالاست طراحی شده با VK05CFL

صرف نظر از نوع و شیوه راه اندازی لامپ شکل موج های جریان ورودی لامپها با تغییرات جزئی عینا یکسان هستند. بنابراین بررسی تمام مدارهای راه انداز با جزئیات کامل در زمینه مدلسازی ضروری نیست.

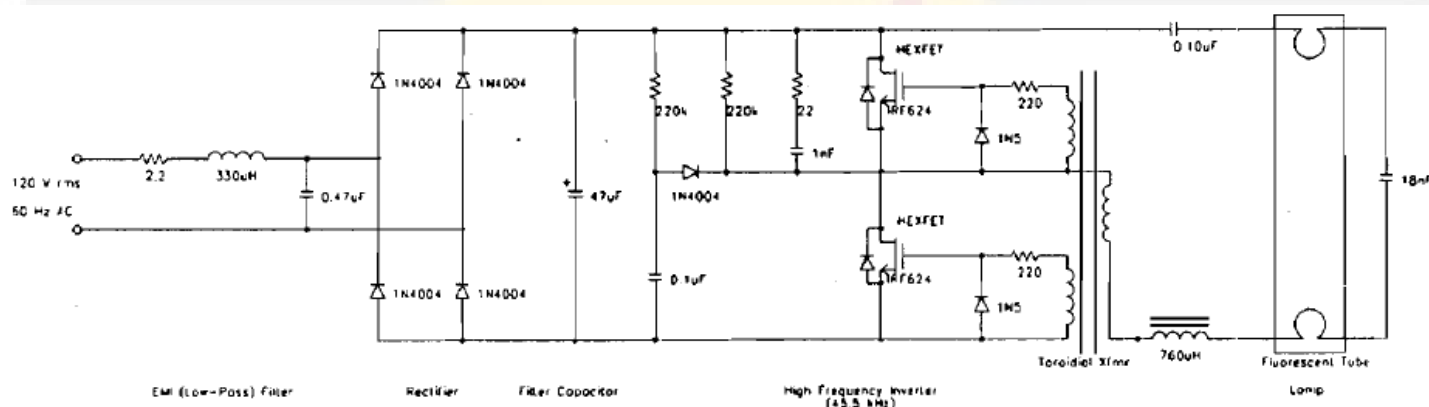
نوع دیگر لامپ فلوئورسنت لامپ بدون الکتروود می باشد که به نام لامپ رادیو-فلوئورسنت یا لامپ القای فلوئورسنت شناخته می شود. این لامپ ها فاقد سیم رسانایی که به درونشان وارد شود بوده و به جای آن بخار جیوه را با یک نوسان ساز فرکانس رادیویی تحریک می کنند. در حال حاضر این لامپ هزینه زیادی دارد و نمونه های چینی آن پایدار نیستند، که این امر موجب راه اندازی یک استاندارد بین المللی برای آن شده است.

لامپ فلوئورسنت کاتد سرد (CCFL) یکی از جدید ترین فناوری های لامپ فلوئورسنت است که از الکترود های بدون فیلامان استفاده می کند. ولتاژ CCFL حدود ۵ برابر ولتاژ CFL و جریان آن ۱۰ برابر کمتر است. قطر CCFL که در ابتدا برای نور پس زمینه مونیتور های LCD استفاده می شد قطری حدود ۳ میلی متر دارد. راندمان

آن از نظر میزان روشنایی بر وات نصف CFL است. مزیت آن روشن شدن فوری همانند لامپ رشته ای، سازگاری با تایمر ها و فوتوسل و عمر زیاد (حدود ۵۰۰۰۰ ساعت) است. در مواردی که تاخیر CFL در روشن شدن مطلوب نباشد یا برای روشنایی در مواردی که نرخ خاموش و روشن شدن زیاد است (مانند دستشویی) می توان از CCFL استفاده نمود.

۳-۲- بررسی نمونه ای، تحلیل یک مدار لامپ کم مصرف در SPICE

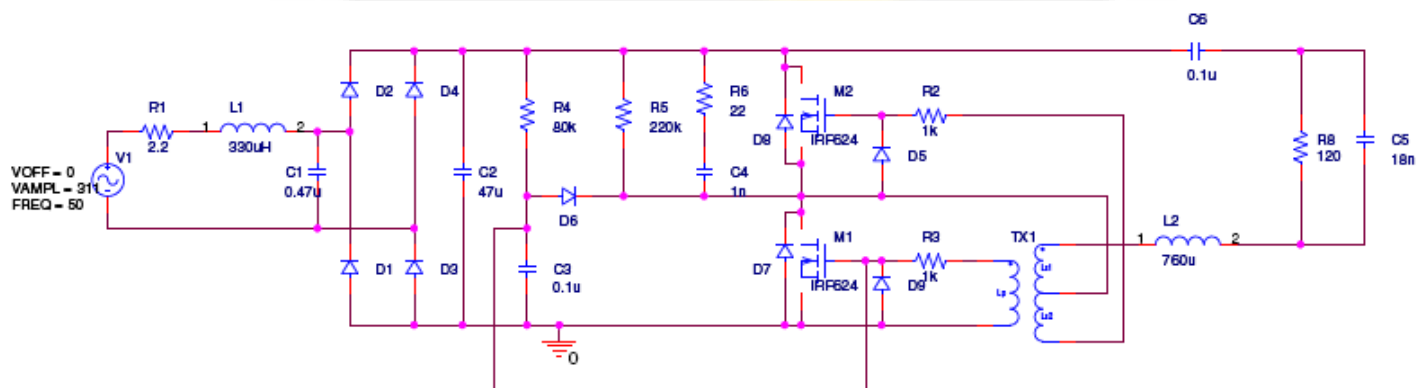
در این بخش به بررسی یک CFL در نرم افزار SPICE می پردازیم. مدار انتخاب شده از منبع [۱۷] برداشت شده که شباهت زیادی به طرح فیلیپس دارد. مدار پیشنهاد شده در شکل ۲-۱۴ آمده است.



شکل ۲-۱۴: مدار نمونه از منبع [۱۷]

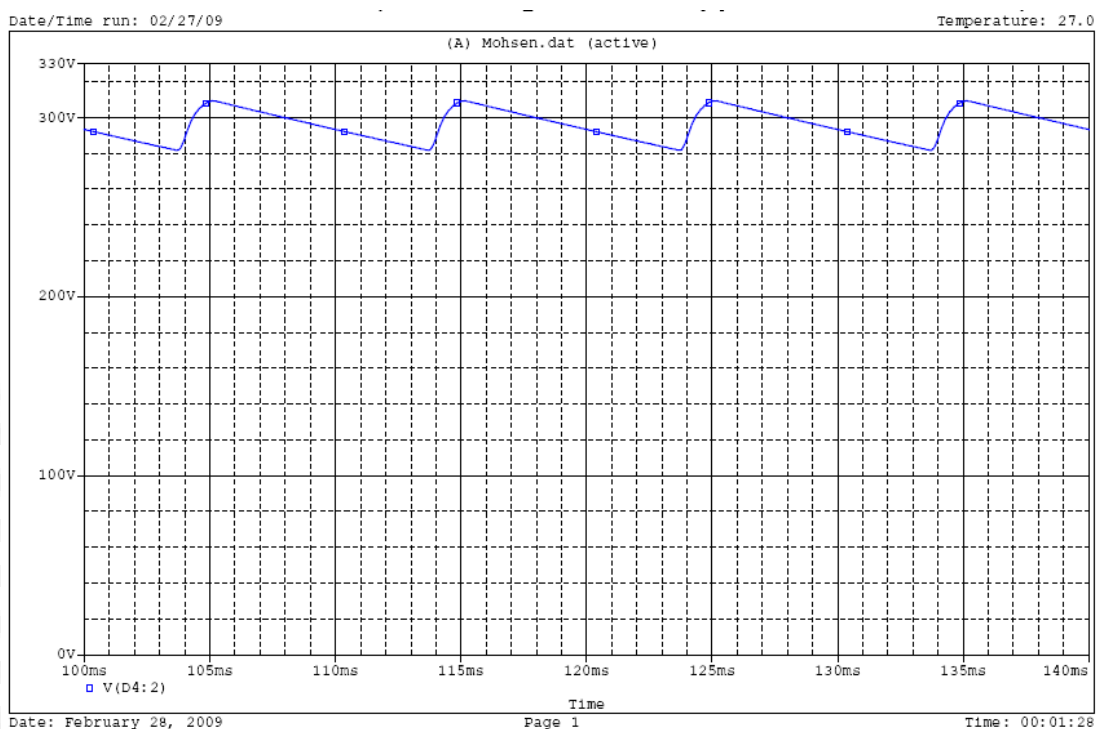
متأسفانه برخلاف پیش بینی این مدار به همین شکل عمل نمی کند. به ویژه بخش نوسان ساز آن شاهد هیچ گونه نوسانی نمی باشد. دلیل این امر پس از بررسی و تحلیل فراوان، نبودن ولتاژ مناسب برای روشن کردن ترانزیستور پایین (M1) تشخیص داده شد. در عمده مدارهای بالاست لامپ کم مصرف، از ولتاژ روی خازن C3 برای روشن نمودن M1 استفاده می شود و شارژ و دشارژ متناوب این خازن نقش کلیدی در ایجاد نوسانات فرکانس بالا دارد. در بسیاری از مدار ها جریان مقاومت R4 از طریق یک دیاک بیس ترانزیستور دوقطبی BJT قدرت را روشن می کند. در ترانزیستور MOS امکان این عمل وجود نداشته مدار با پایین آوردن مقدار R4 روشن می شود. ایراد این مدار

تلفات حرارتی در مقاومت $R4$ است. ولتاژ $C2$ از طریق اتصال کوتاه گیت $M1$ را روشن می کند. تغییر یافته مدار فوق در شکل ۱۵-۲ نشان داده شده است.



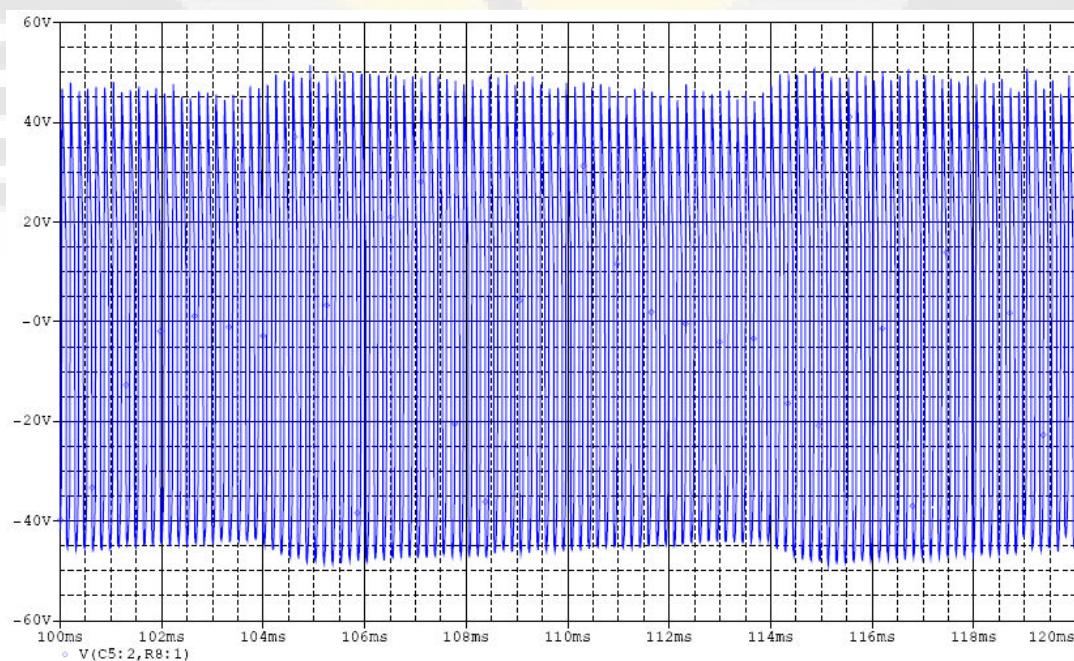
شکل ۱۵-۲: مدار تغییر یافته شکل ۱۴-۲

نتایج شبیه سازی این مدار در شکل های بعدی آمده اند. برای درک بهتر عملکرد مدار تنها به نشان دادن نتیجه نهایی بسنده ننموده و شکل موج طبقات داخلی مدار را نیز رسم کرده ایم. برای مثال، شکل ۱۶-۲ خروجی یکسوساز تمام موج با صافی خازنی را نشان می دهد. ولتاژ پیک ورودی سینوسی در اینجا برابر $311 = 220\sqrt{2}$ ولت انتخاب شده است. میزان ریزل یکسوساز در مقایسه با ولتاژ ورودی قابل صرف نظر می باشد. طبقه بعدی مدار که یک مبدل DC-AC بوده و شامل ترانزیستور ها، ترانسفورمر و مجموعه سلف و خازن است



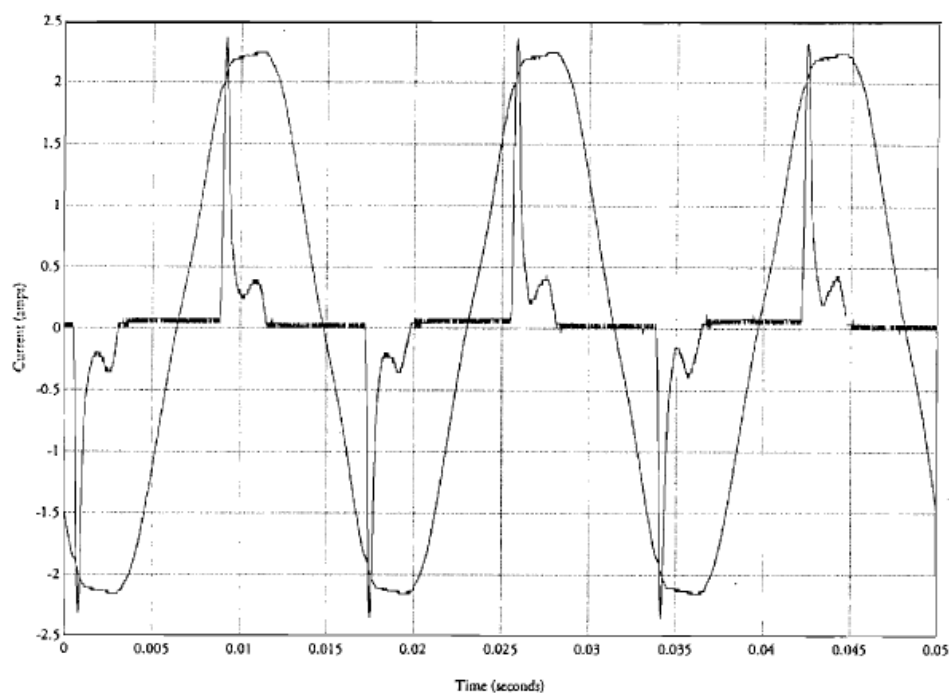
شکل ۲-۱۶: شکل موج یکسوساز مدار شکل ۲-۱۵

لازم به ذکر است که تیوب در ناحیه کار با یک مقاومت ۱۲۰ اهمی مدل شده است. همان گونه که ذکر شد، بالاست الکترونیکی یک شکل موج فرکانس بالا در دو سر تیوب تولید می کند. شکل موج نوسانات دو سر تیوب در شکل ۲-۱۷ نشان داده شده است.

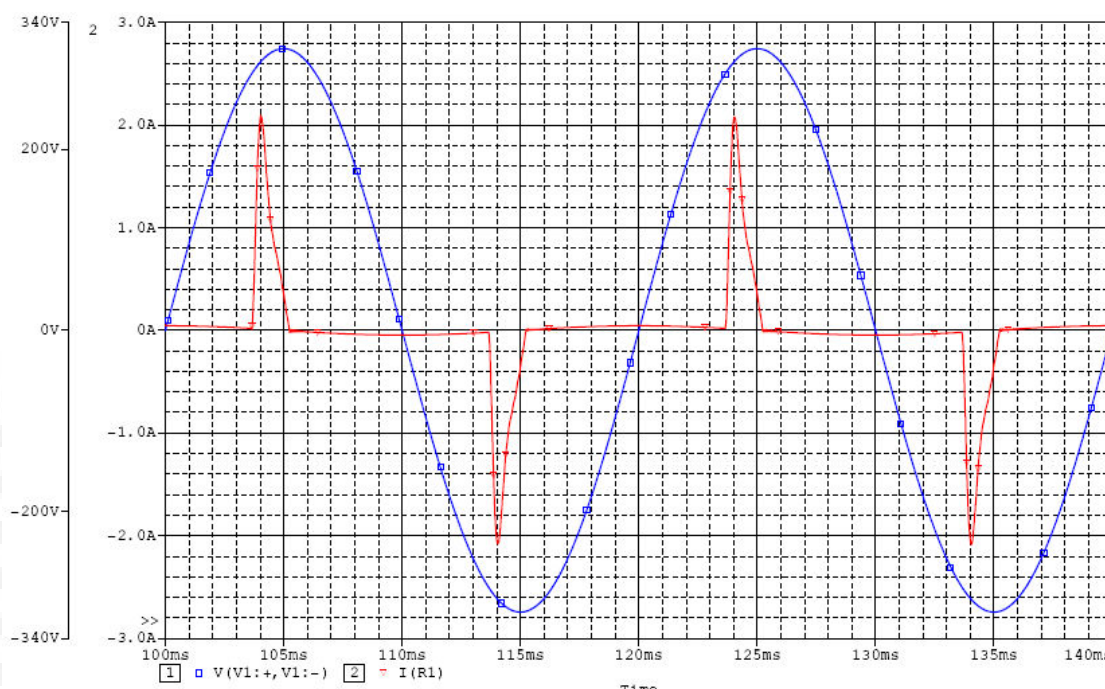


شکل ۲-۱۷: شکل موج نوسانات دو سر تیوب مدار شکل ۲-۱۵

شکل موج پیش بینی شده در [۱۷] در شکل ۲-۱۸ آمده است. همانطور که پیشتر اشاره شد، چنین شکل موجی در شبیه سازی مشاهده نگردید. شکل موجی که در شبیه سازی مشاهده شده به صورت شکل ۲-۱۹ است. در این شکل جریان ورودی لامپ در مقابل ولتاژ سینوسی ورودی مدار ترسیم شده است. اعوجاج و اثرات هارمونیک در این شکل به وضوح قابل مشاهده است. جریان مدار نسبت به ولتاژ آن دارای پیش فاز است. جریان شامل شکل موج های ضربه وار است که باعث ایجاد هارمونیک های فرکانس بالا می گردند. پیک جریان نسبت به لامپ رشته ای مشابه بزرگتر است. بررسی دقیق و کمی شکل موج در حوزه فرکانس در فصلهای بعدی آورده شده است.



شکل ۲-۱۸: شکل موج پیش بینی شده در [۱۷]

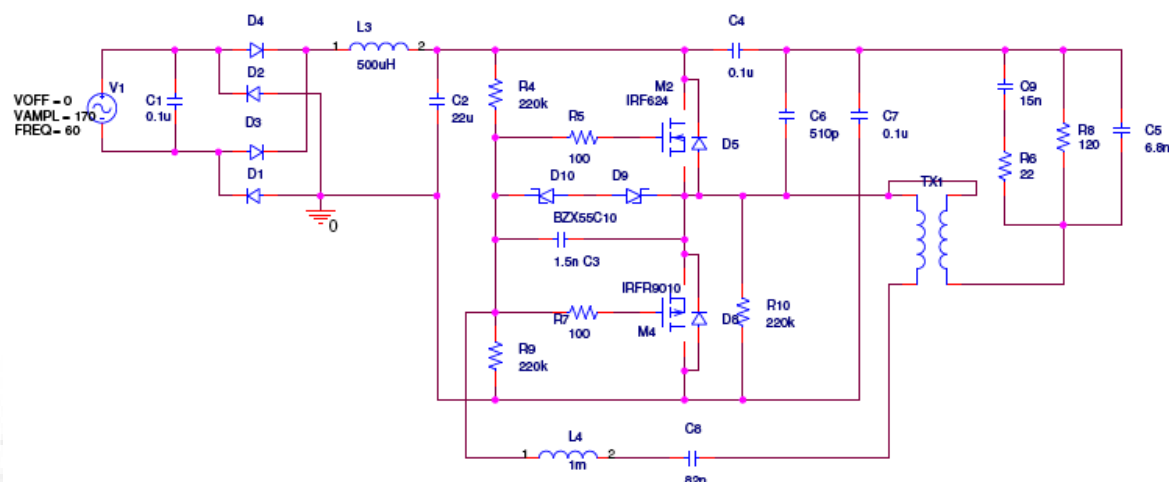


شکل ۲-۱۹: شکل موج مشاهده شده از مدل

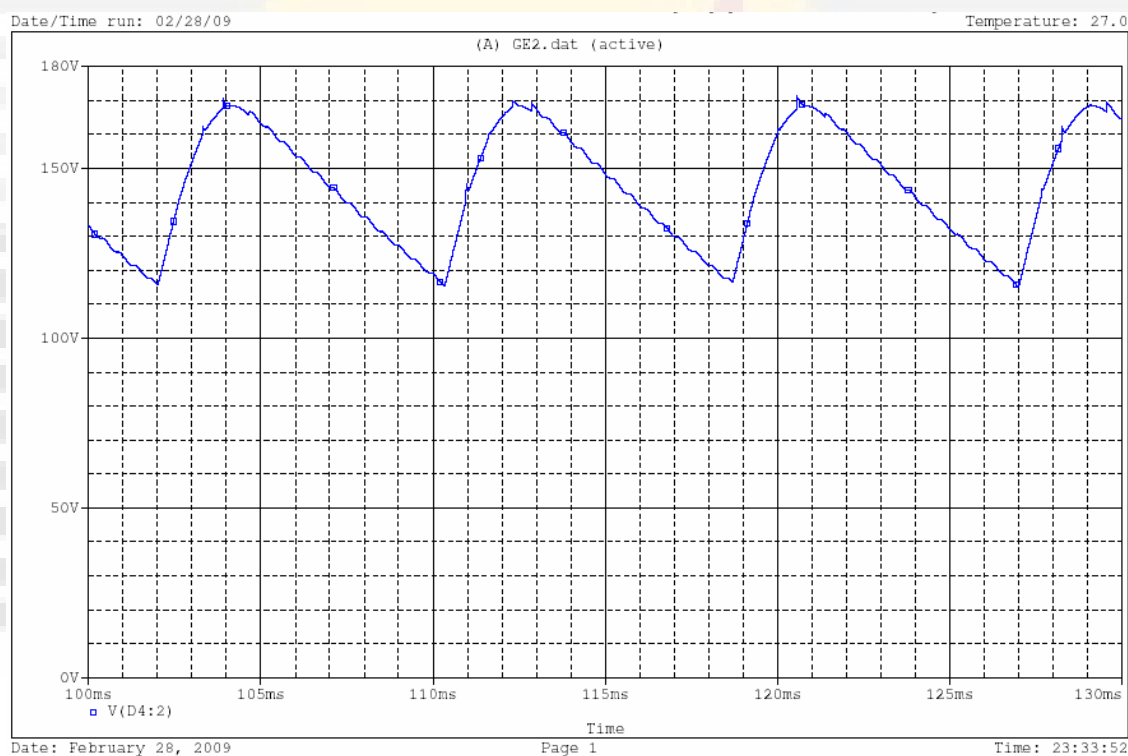
شکل موج فوق تخمین مناسبی برای مدلسازی لامپ کم مصرف در شبکه می باشد.

۲-۴- تحلیل مدار لامپ کم مصرف FLE26HT3/2/SW در SPICE

در این بخش یک نمونه لامپ کم مصرف تجاری از کمپانی General Electric در SPICE شبیه سازی شده است. مدار این لامپ در شکل ۲-۲۰ ترسیم شده است. تنها تفاوت این مدار با مدار اصلی موجود نبودن ترانزیستور MOS SFR9224 در کتابخانه های SPICE است. از آنجا که MOS های قدرت متفاوتی در مدار به کار برده شده و نتایج یکسانی حاصل شده اند، می توان به نتایج به دست آمده از هریک از این ترانزیستور ها نظیر IRFR9010 اعتماد کرد. این مدار برای آمریکای شمالی طراحی شده و در فرکانس 60Hz و ولتاژ 110V کار می کند. ولتاژ پیک ورودی داده شده $170 = 120\sqrt{2}$ ولت است. مقاومت حالت ماندگار تیوب مجدداً 120 اهم فرض شده که در عملیات تحلیل شکل موج تغییری حاصل نمی کند. شکل ۲-۲۱ خروجی یکسوساز تمام موج با صافی خازنی را نشان می دهد. رپیل یکسوساز در مقایسه با مدار بخش ۲-۳ بزرگتر می باشد.

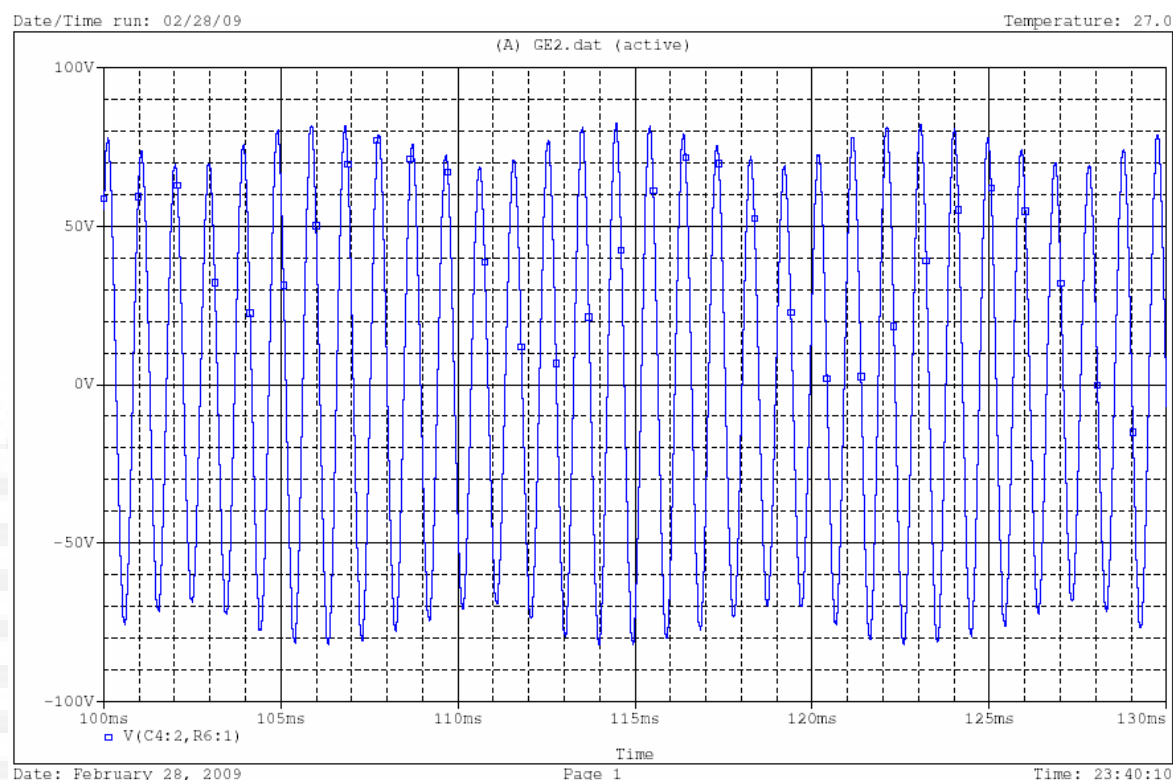


شکل ۲-۲۰: مدار لامپ کم مصرف FLE26HT3/2/SW



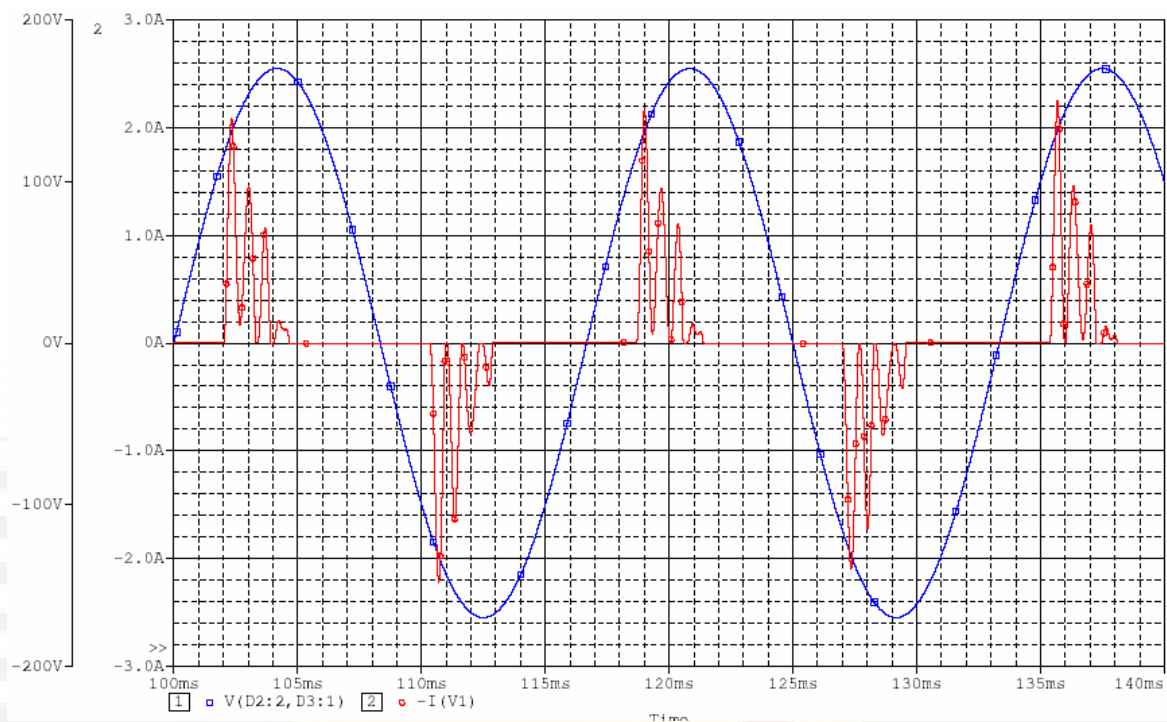
شکل ۲-۲۱: شکل موج یکسوساز مدار شکل ۲-۲۰

شکل موج نوسانات دو سر تیوب در شکل ۲-۲۲ نشان داده شده است. این شکل موج همانند یک شکل موج فرکانس بالا است که با یک موج فرکانس پایین مدوله شده است.



شکل ۲-۲۲: شکل موج نوسانات دو سر تیوب مدار شکل ۲-۲۰

در شکل ۲-۱۹ جریان ورودی لامپ در مقابل ولتاژ سینوسی ورودی مدار ترسیم شده است. اعوجاج و اثرات هارمونیک در این شکل به وضوح قابل مشاهده است. جریان مدار نسبت به ولتاژ آن دارای پیش فاز است. جریان شامل چندین نوسان در هر دوره است که مشکلات فراوانی ایجاد می کند. یکی از مزایای این مدار همانطور که در فصل ۳ بیان شده است کم بودن اثر هارمونیک های نزدیک به هارمونیک اصلی یعنی ۶۰ هرتز است. عیب اصلی آن که وجود مولفه های بزرگ میان باند ۱۰۰۰-۱۵۰۰ هرتز است به کمک یک فیلتر در ورودی نظیر آنچه در مدار بخش ۲-۳ وجود دارد قابل حل است. در فصل ۳ می بینیم که این شکل موج از ترکیب چندین سینوسی که هارمونیک های فرد سیگنال اصلی هستند و با هم اختلاف فاز دارند تشکیل شده است.



شکل ۲-۲۳: شکل موج مشاهده شده

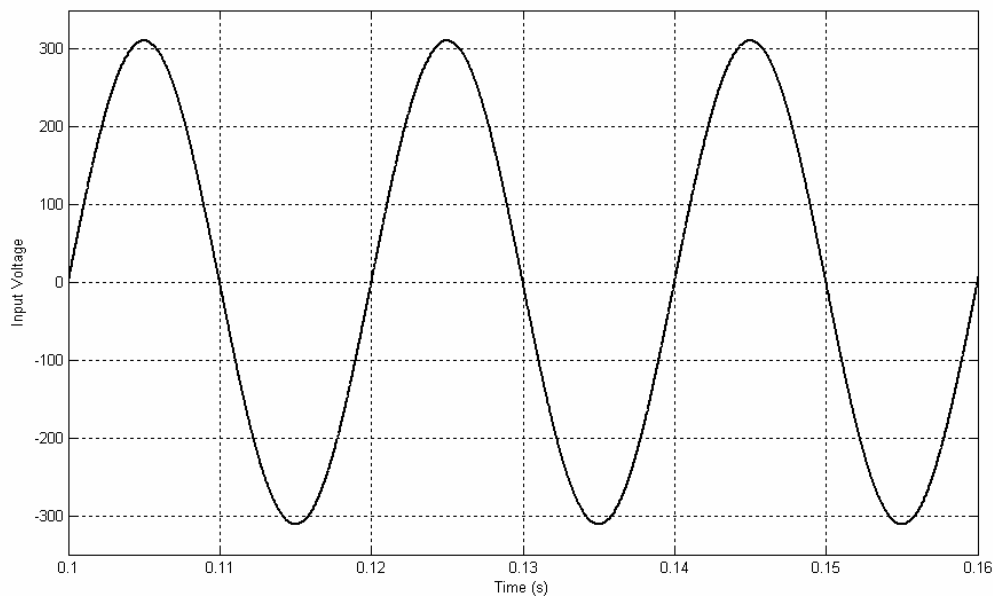
این شکل موج با شکل موجهای مشاهده شده از اندازه گیری های آزمایشگاهی در کشورمان همخوانی بیشتری دارد. مدارات مربوط به لامپ های کم مصرف موجود در بازار کشورمان در ضمیمه ۱ آورده شده است. ضمیمه ۲ توضیحاتی درباره پیاده سازی مدار دیاک در محیط SPICE ارائه می کند که در شبیه سازی لامپ های کم مصرف سودمند است.

۳- آنالیز هارمونیکی شکل موج مدارها در حوزه فرکانس

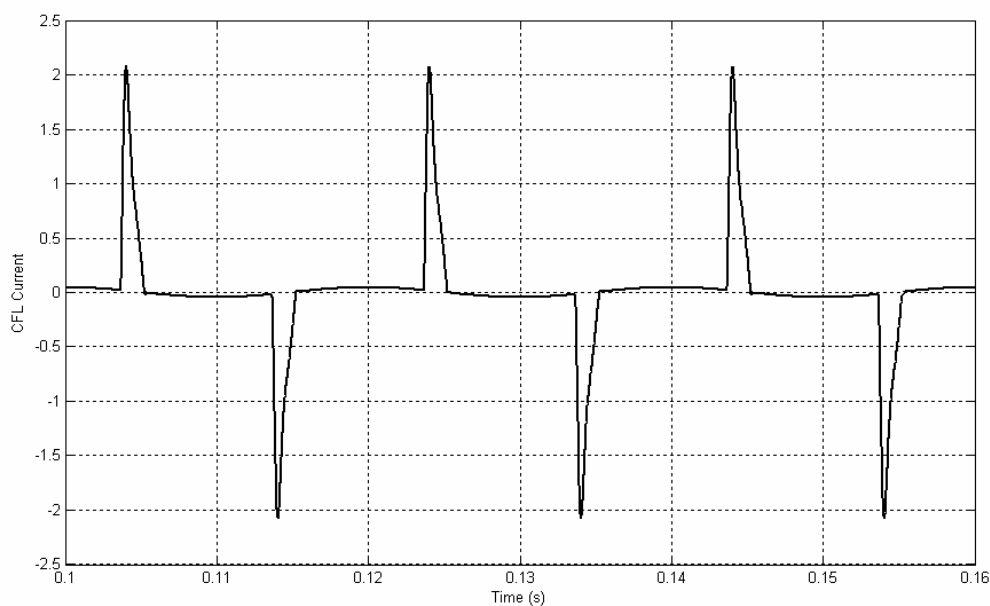
در این فصل شکل موجهای به دست آمده در فصل ۲ آنالیز می گردد. گرچه می توان آنالیز فرکانسی ساده ای در نرم افزار SPICE روی شکل موج های به دست آمده انجام داد، اما برای تحلیل دقیق رفتار مدار، تفکیک هارمونیک ها و امکان بررسی همزمان چندین لامپ و مدلسازی شبکه نیاز به ابزار قدرتمندی نظیر نرم افزار MATLAB داریم. نتایج حاصل از شبیه سازی ابتدا در فایل های ساده متنی load می شوند. برای سادگی کار، عملیات روند کردن نتایج و حذف ارقام اضافه در محیط Excel انجام می گیرد. سپس این نتایج را در MATLAB وارد می کنیم. برنامه جامعی مستقل از نوع مدار، نرخ نمونه گیری و ... طراحی شده که عملیات محاسبه دامنه هارمونیک ها و فاز هر یک را به طور خودکار انجام می دهد. در این برنامه با استفاده از آنالیز فوریه، شکل موج جریان در حوزه فرکانس به هارمونیک های سازنده آن تفکیک شده و این هارمونیک ها نمایش داده می شوند. سپس دامنه و فاز هر یک از هارمونیک ها به طور جداگانه مورد بررسی قرار می گیرد. در ادامه یک مدل مداری برای هر لامپ کم مصرف ارائه می شود که دقت آن را می توان به میزان دلخواه تعیین کرد. در فصلهای بعدی و برای مدلسازی شبکه توزیع، این مدل را به جای CFL قرار می دهیم. برنامه پیاده شده در ضمیمه ۱ آمده است.

۳-۱- بررسی شکل موج مدار بخش ۲-۲

در بخش ۲-۲ یک نمونه مدار لامپ کم مصرف مورد بررسی قرار گرفت. شکل موج ولتاژ و جریان آن که با کمک MATLAB رسم شده برای یادآوری در شکل های ۳-۱ و ۳-۲ آمده است. محور افقی در این شکل ها نمایانگر زمان است. برای آنکه اثرات مربوط به حالت گذرا در شکل مشاهده نشود زمان نمونه گیری در محور افقی از ۱۰۰ میلی ثانیه آغاز می شود. واضح است که حالت گذرای مدار ارائه شده با حالت گذرای لامپ واقعی متفاوت است زیرا تیوب در حالت پایدار مشابه مقاومت ۱۲۰ اهم به کار رفته عمل می کند.



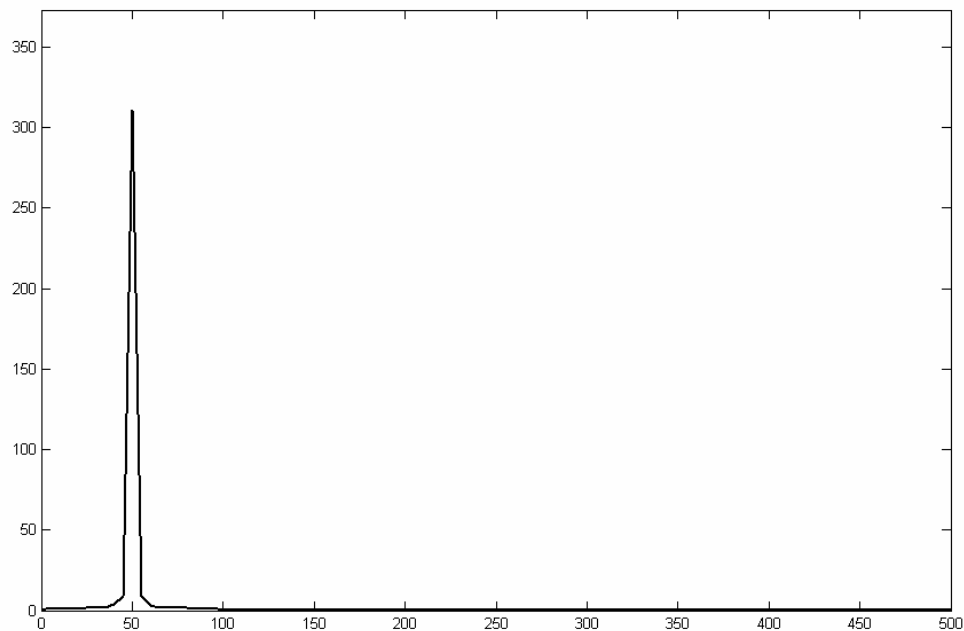
شکل ۱-۳: شکل موج ولتاژ مدار بخش ۲-۲



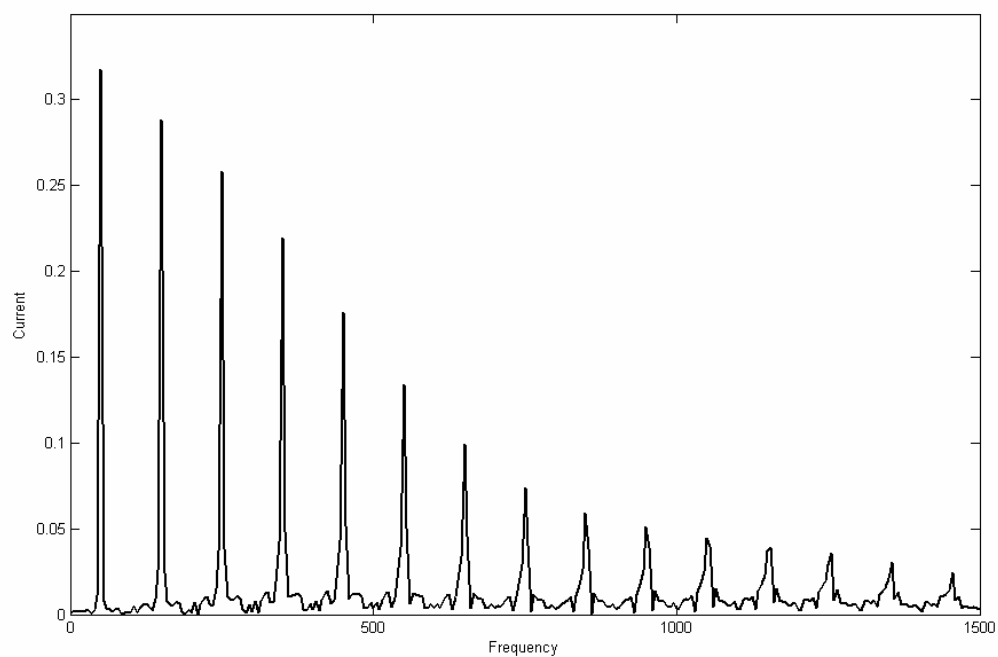
شکل ۲-۳: شکل موج جریان مدار بخش ۲-۲

در شکل های ۳-۳ و ۴-۳ شکل موج های شکل ۱-۳ و ۲-۳ در حوزه فرکانس رسم شده اند. واضح است که شکل موج ولتاژ که فقط شامل یک سینوسی ساده است از یک تابع ضربه تشکیل می شود، حال آنکه شکل موج جریان

شامل تعداد زیادی توابع ضربه روی مضارب فرد فرکانس اصلی (۵۰ هرتز) است که همان هارمونیک های نامطلوب می باشند.

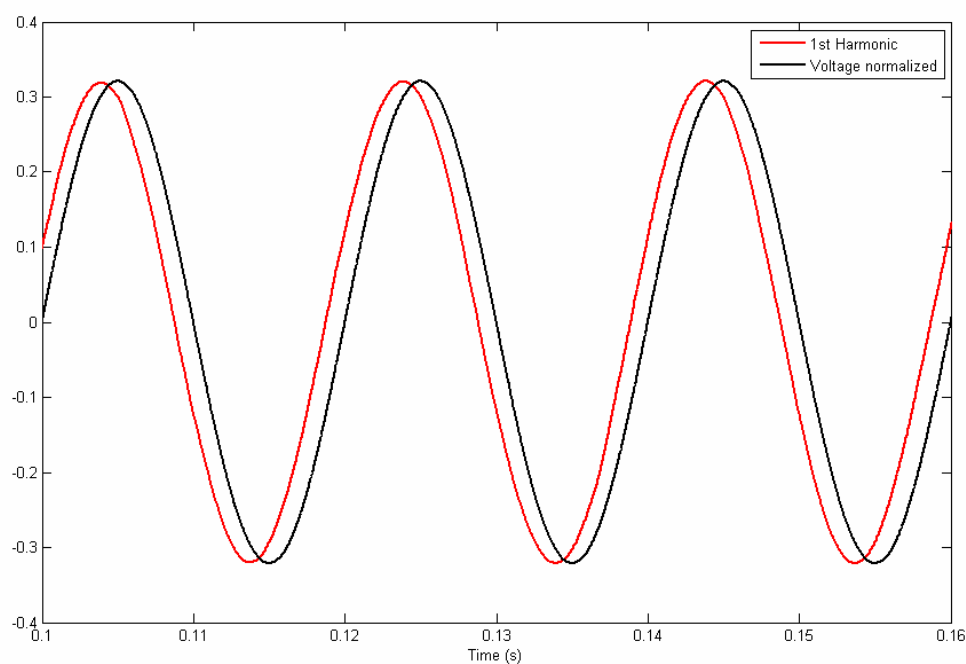


شکل ۳-۳: شکل موج ولتاژ مدار بخش ۲-۲ در حوزه فرکانس

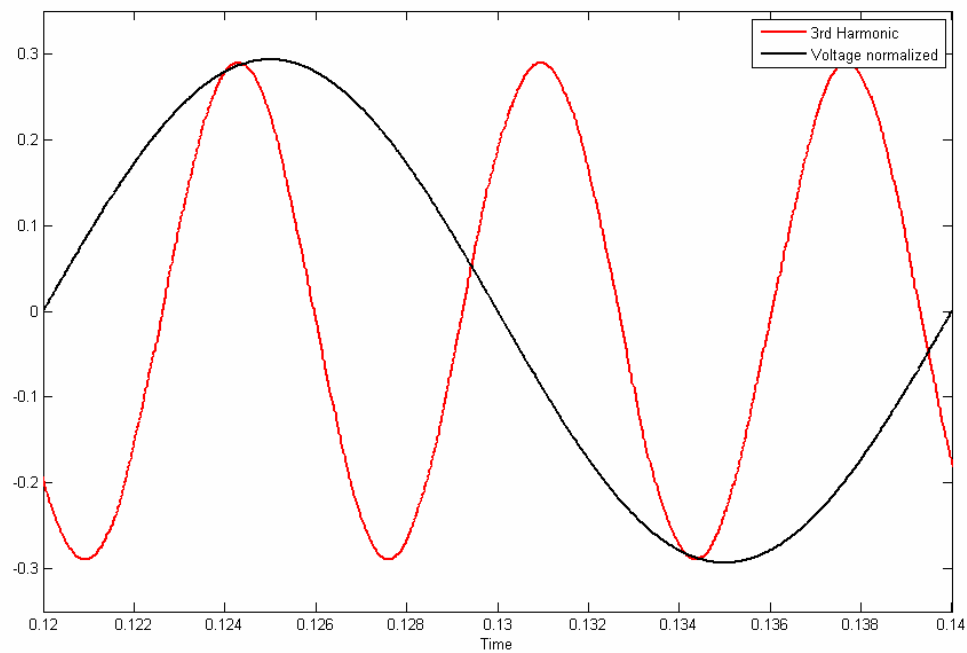


شکل ۴-۳: شکل موج جریان مدار بخش ۲-۲ در حوزه فرکانس

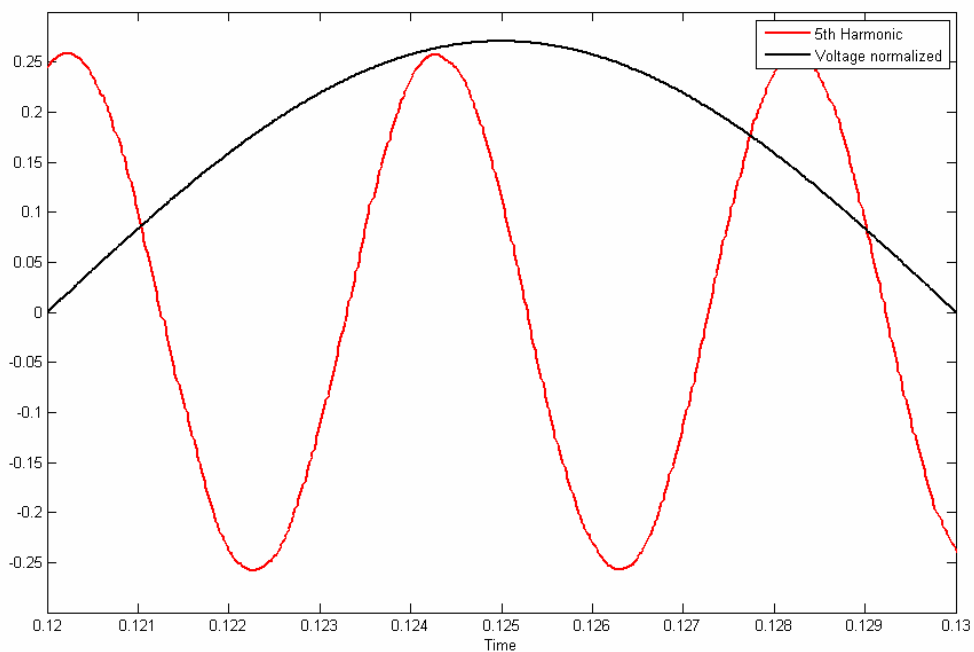
برای تفکیک مولفه های هارمونیک فرکانسی فوق می توان از یک فیلتر میان باند با مشخصات مناسب استفاده نمود. پس از انجام فیلترینگ و عکس تبدیل فوریه این هارمونیک ها به طور جداگانه به دست می آیند. در شکل ۳-۵ این هارمونیک ها در کنار شکل موج ولتاژ ترسیم شده اند. شکل موج ولتاژ در اینجا نرمالیزه شده تا منحنی ها با هم مقایسه شوند. واضح است که دامنه جریان در این شکل ها به تدریج کمتر می شود. مهم ترین مساله ای که در این شکل ها مشهود است تفاوت فوق العاده ضریب توان برای هارمونیک های مختلف می باشد. اختلاف فاز این هارمونیک ها با ولتاژ ورودی گاه بیش از ۹۰ درجه و یا کمتر از ۹۰- درجه است. این یکی از مسائل مهمی است که باید در مدل کردن لامپ کم مصرف در نظر گرفته شود.



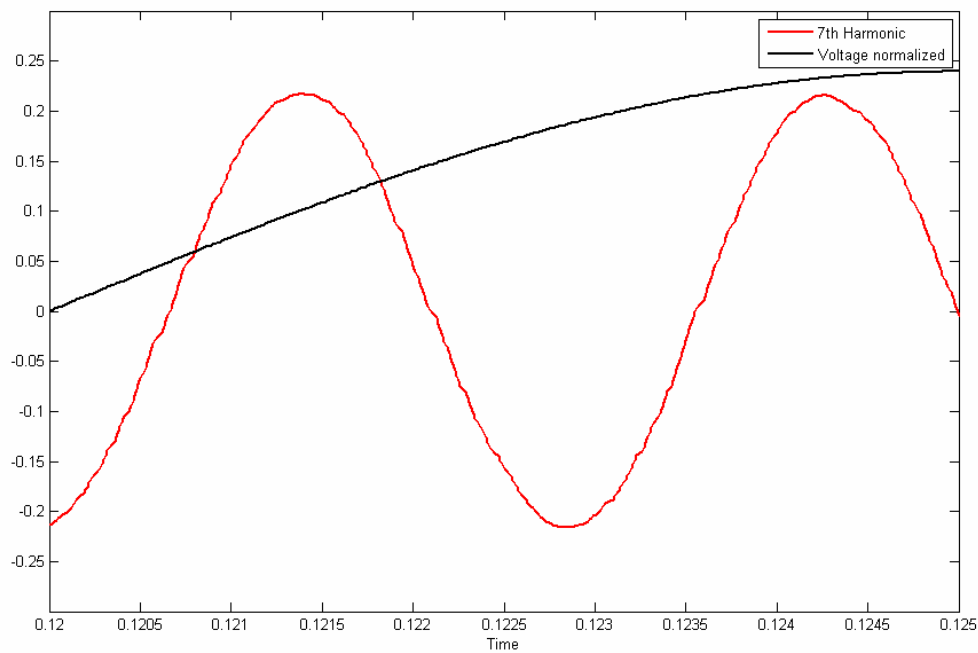
شکل ۳-۵-الف: هارمونیک اول جریان مدار بخش ۲-۲



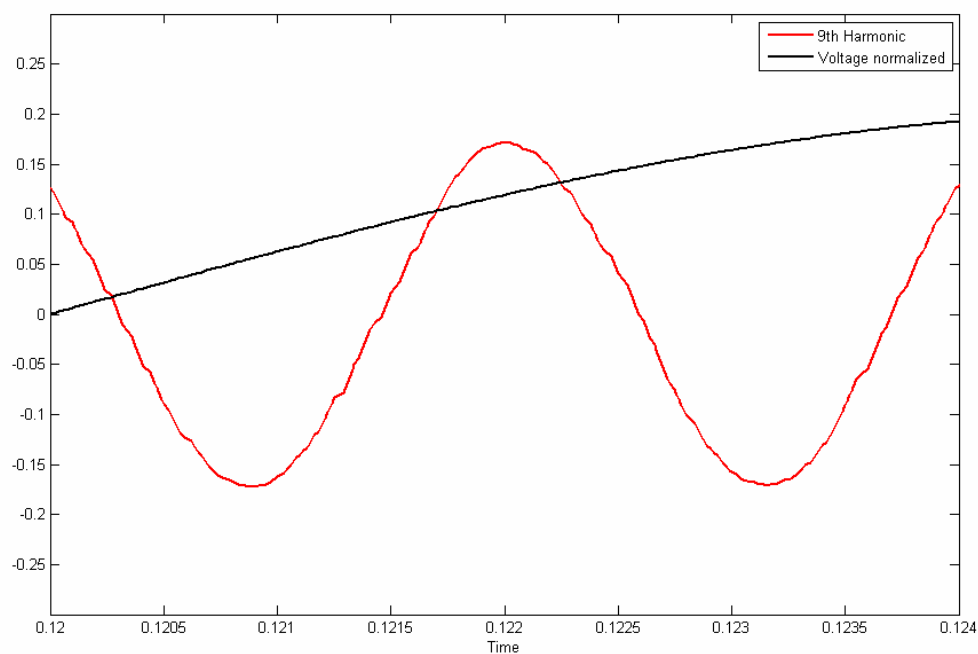
شکل ۳-۵-ب: هارمونیک سوم جریان مدار بخش ۲-۲



شکل ۳-۵-ج: هارمونیک پنجم جریان مدار بخش ۲-۲



شکل ۳-۵-د: هارمونیک هفتم جریان مدار بخش ۲-۲



شکل ۳-۵-ه: هارمونیک نهم جریان مدار بخش ۲-۲

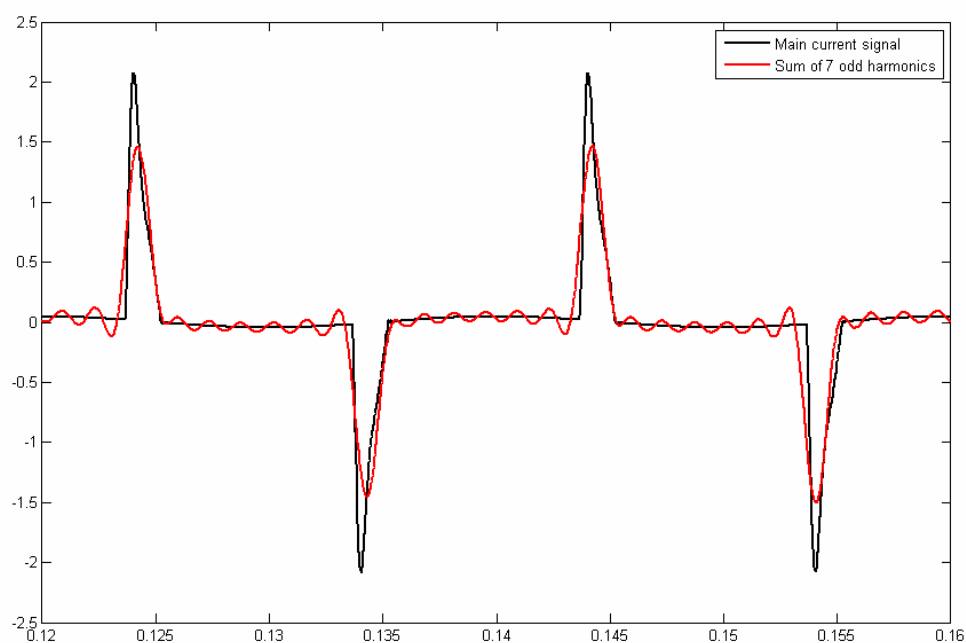
در جدول ۱-۳ میزان ضریب توان کلی و ضریب توان هر یک از هارمونیک های این مدار مشخص شده اند.

جدول ۱-۳: ضریب توان هارمونیک های مدار بخش ۲-۲

شماره هارمونیک	ضریب توان	رفتار هارمونیک
۱	%۹۵	پیش فاز
۳	%۸۸	پس فاز
۵	%۶۷	پیش فاز
۷	%۴۳	پس فاز
۹	%۳۵	پیش فاز
۱۱	%۵۹	پس فاز
۱۳	%۸۸	پیش فاز
کل جریان	%۹۵	پیش فاز

میزان نزدیکی شکل موج حاصل از جمع شکل هارمونیک ها و شکل موج اصلی در شکل ۳-۶ قابل مشاهده است.

در این شکل هفت هارمونیک فرد فوق با هم جمع شده و حاصل جمع در کنار شکل موج اصلی ترسیم شده است.

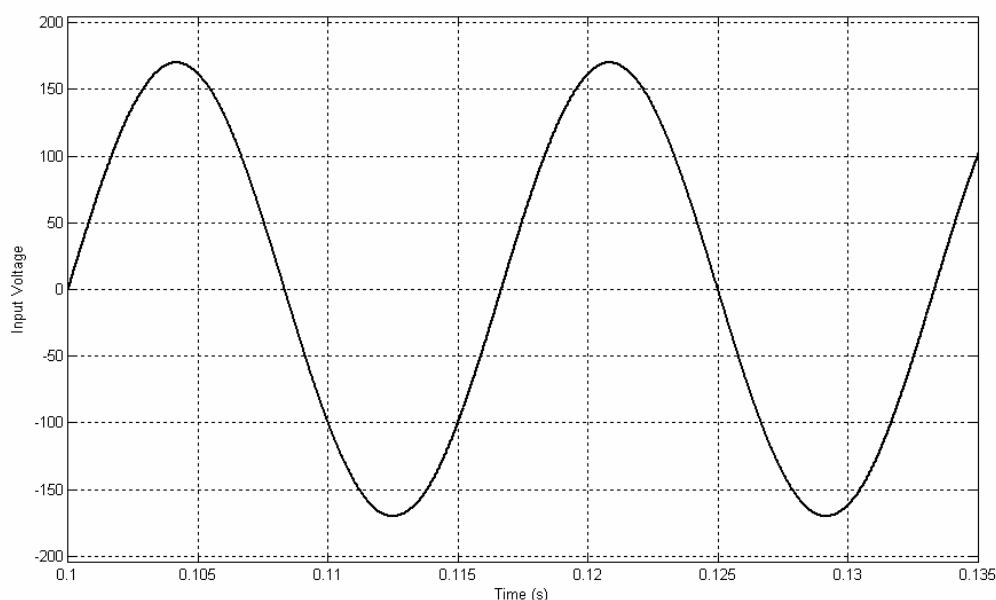


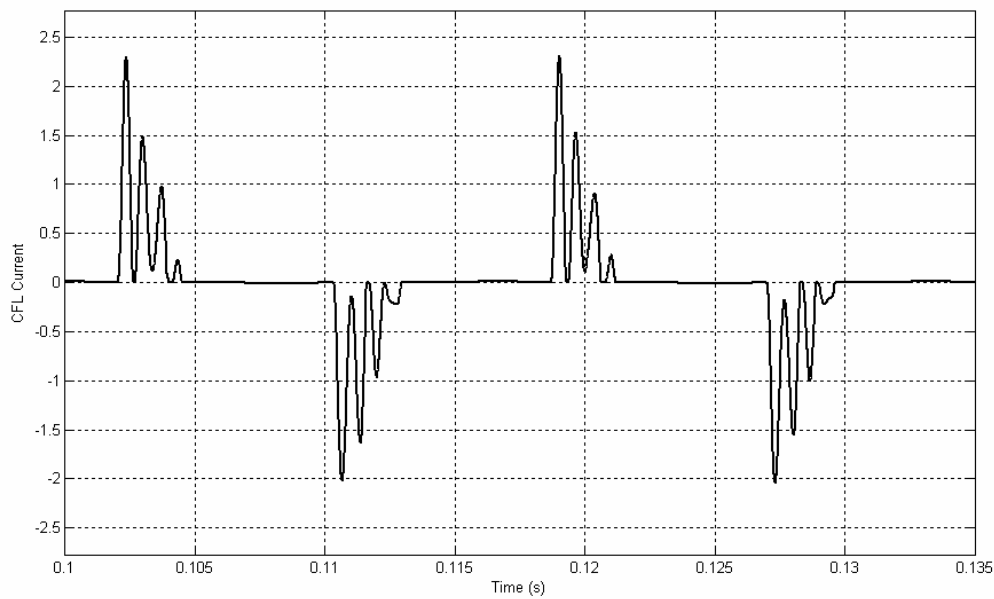
شکل ۳-۶: جمع هفت هارمونیک فرد اول در مقایسه با سیگنال اصلی

بنابراین، استفاده از این ۷ هارمونیک برای مدل کردن لامپ مناسب به نظر می‌رسد. با توجه به طرح پایه ای پیاده سازی شده در نظر گرفتن تعداد هارمونیک بیشتر تنها موجب بالا رفتن حجم محاسبات می‌گردد و در صورتی که از ظرفیت پردازش و حافظه کافی استفاده شود می‌توان این دقت را به میزان دلخواه افزایش داد.

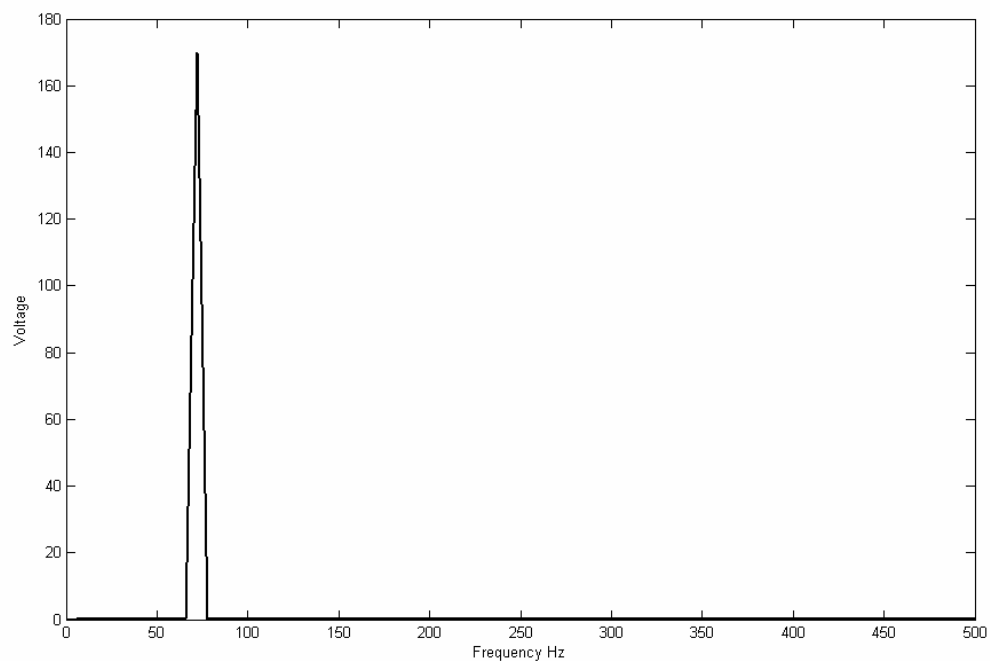
۳-۲-۲ بررسی شکل موج مدار بخش ۲-۳

در بخش ۳-۲ یک مدار تجاری از کمپانی جنرال الکتریک در SPICE شبیه سازی شد. شکل موج این مدار به صورت شکل های ۳-۷ و ۳-۸ می‌باشد.

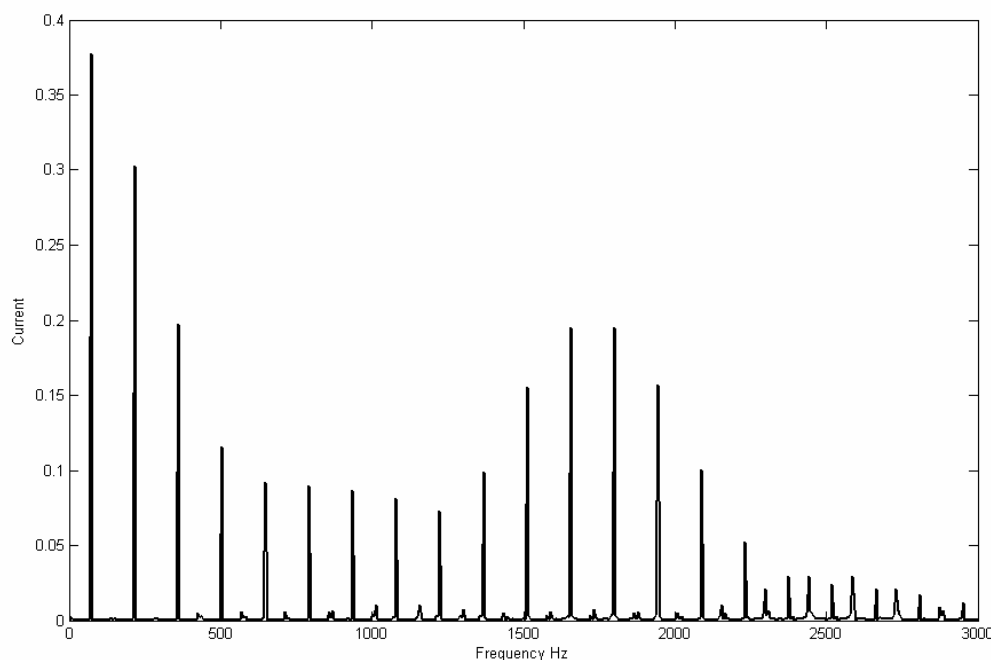
**شکل ۳-۷: شکل موج ولتاژ مدار بخش ۲-۳**



شکل ۳-۸: شکل موج جریان مدار بخش ۲-۳



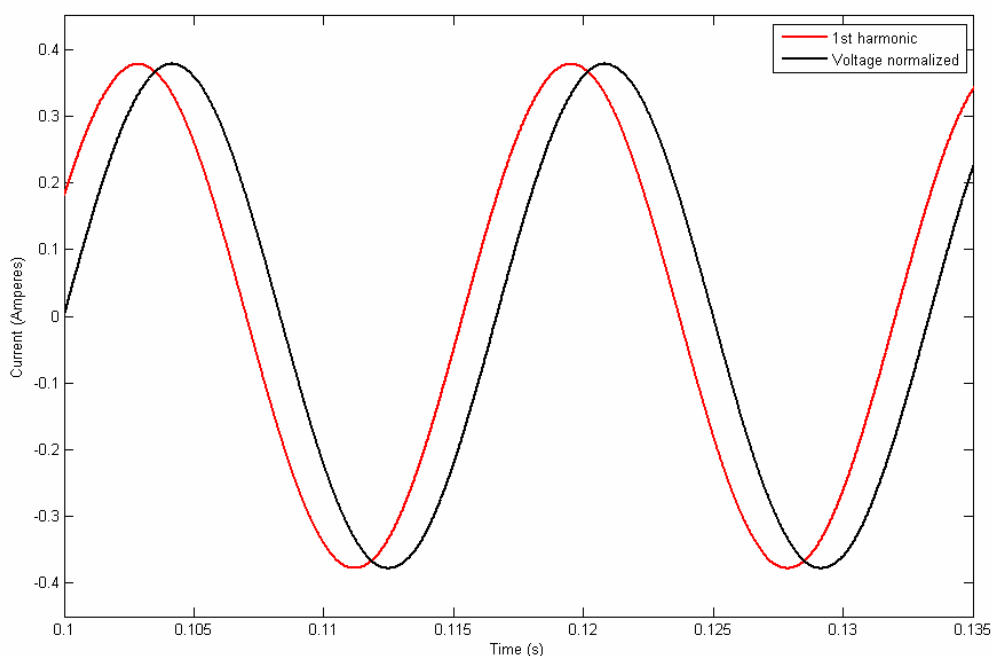
شکل ۳-۹: شکل موج ولتاژ مدار بخش ۲-۳ در حوزه فرکانس



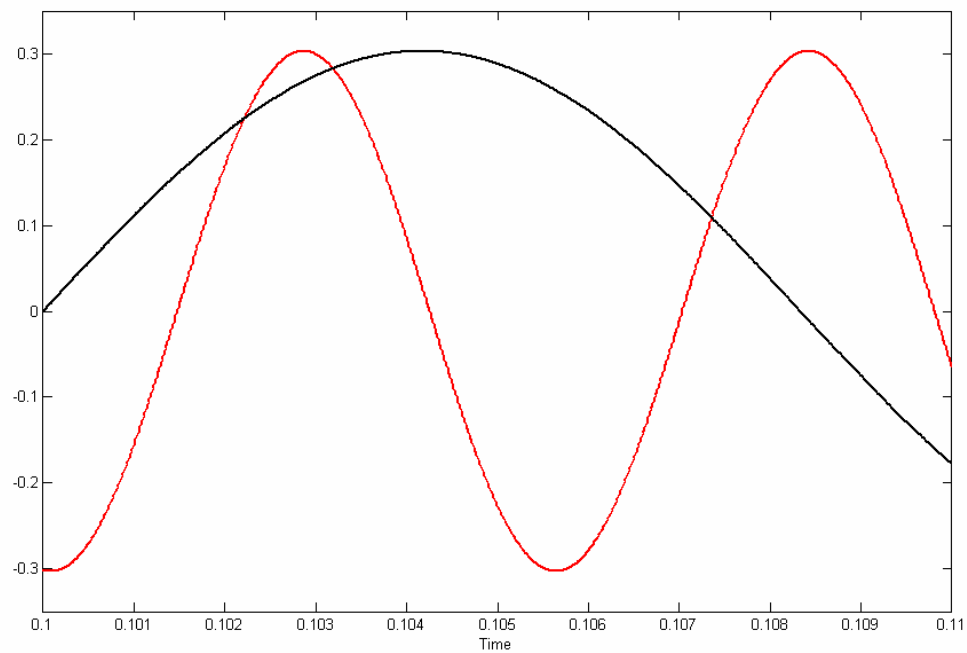
شکل ۳-۱۰: شکل موج جریان مدار بخش ۲-۳ در حوزه فرکانس

در شکل های ۳-۹ و ۳-۱۰ شکل موج های شکل ۳-۷ و ۳-۸ در حوزه فرکانس رسم شده اند. شکل موج ولتاژ که فقط شامل یک سینوسی ساده است از یک تابع ضربه تشکیل می شود، حال آنکه شکل موج جریان شامل تعداد زیادی توابع ضربه روی مضارب فرد فرکانس اصلی (۶۰ هرتز) است که همان هارمونیک های نامطلوب می باشند. همانطور که مشاهده می شود، این لامپ در فرکانس های بالا بین ۱۵۰۰ و ۲۰۰۰ هرتز دارای توان بالایی است. از آنجا که هسته ترانسفورمرها متناسب با مجذور فرکانس به سمت اشباع می روند وجود این مولفه ها می تواند اثرات شدیدی بر شبکه بگذارد. این مولفه ها همچنین می توانند در سیستم های الکترونیکی و مخابراتی اختلال ایجاد کنند. این مدار تنها مثالی از لامپ کم مصرف با هارمونیک های بالا است. بسیاری از سازندگان خود را ملزم به طراحی فیلتر های پایین گذر برای کاهش تاثیر این هارمونیک ها روی شبکه می دانند. چنین فیلتری ممکن است مانند مدار بخش ۲-۲ درون مدار بالاست تعبیه شده باشد و یا به طور جداگانه طراحی و روی آن سوار شود. از طرفی، در صورتی که فیلتر میان باند ذکر شده کارایی لازم در حذف فرکانس های بالا را دارا باشد می توان این لامپ را از جهت هارمونیک بر مدار قبلی برتر دانست که علت آن کاهش سریعتر هارمونیک های باند پایین (نزدیک به فرکانس اصلی) می باشد. بررسی اگر چه اثر چنین فیلتری روی لامپ فوق موضوع تحقیقاتی جالبی

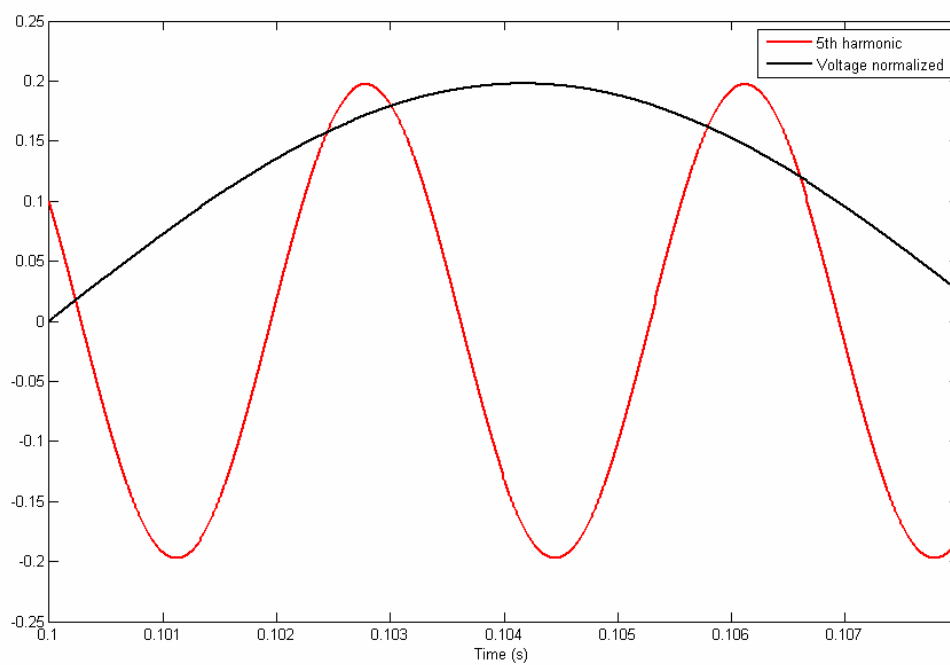
است، اما از آنجا که در این پروژه هدف نهایی بررسی اثر لامپ‌های موجود در بازار کشورمان است، مطالعه روی لامپ فوق را به طراحی یک پلتفرم کلی برای تست و آنالیز انواع لامپ منحصر کرده و در فازهای بعدی پروژه به بحث درباره راهکارهای طراحی بهینه و استفاده مناسب، یا در صورت لزوم، کنار گذاشتن طرح‌های نامناسب موجود در بازار می‌پردازیم. بررسی جاری راه را برای آشنایی هر چه بیشتر با جنبه‌های مختلف وارد نمودن لامپ کم مصرف به شبکه هموار می‌سازد. در شکل ۳-۱۱ هارمونیک‌های اولیه لامپ به طور جداگانه و در کنار شکل موج ولتاژ نرمالیزه ترسیم شده‌اند.



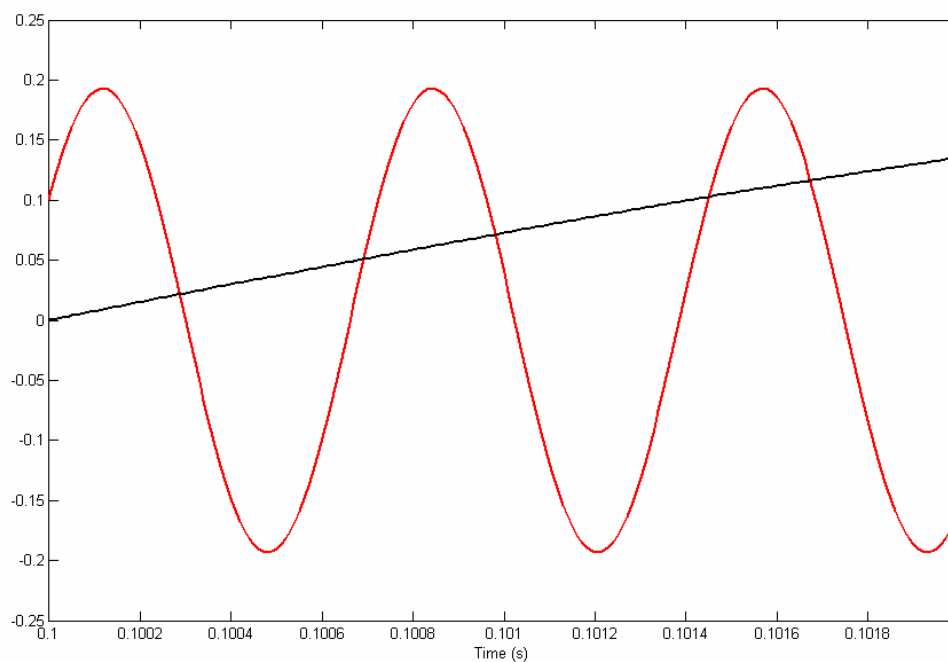
شکل ۳-۱۱-الف: هارمونیک اول جریان مدار بخش ۲-۳



شکل ۱۱-۳ ب: هارمونیک سوم جریان مدار بخش ۲-۳

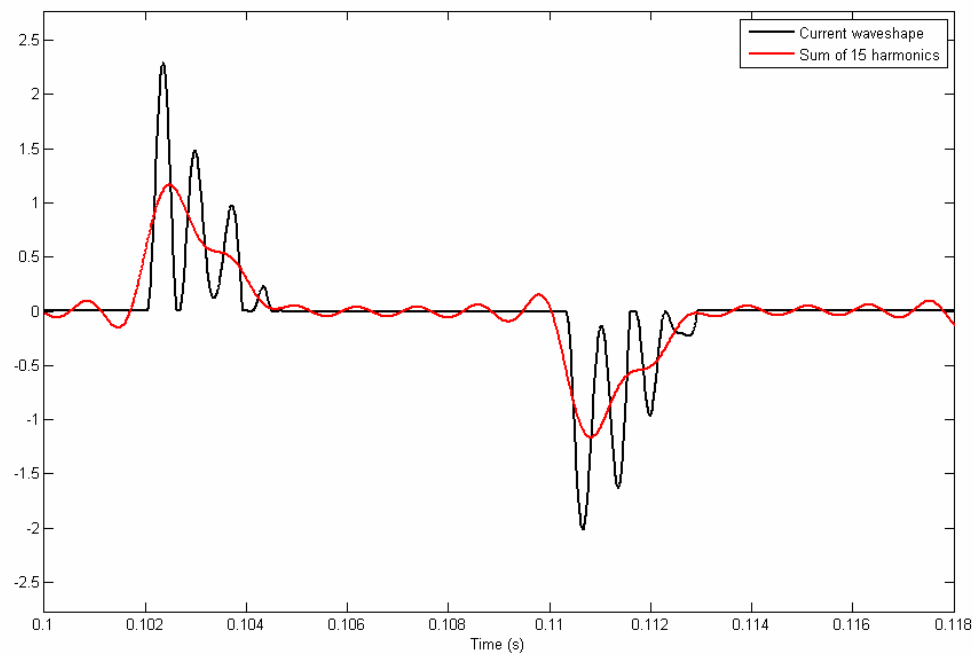


شکل ۱۱-۳ ج: هارمونیک پنجم جریان مدار بخش ۲-۳

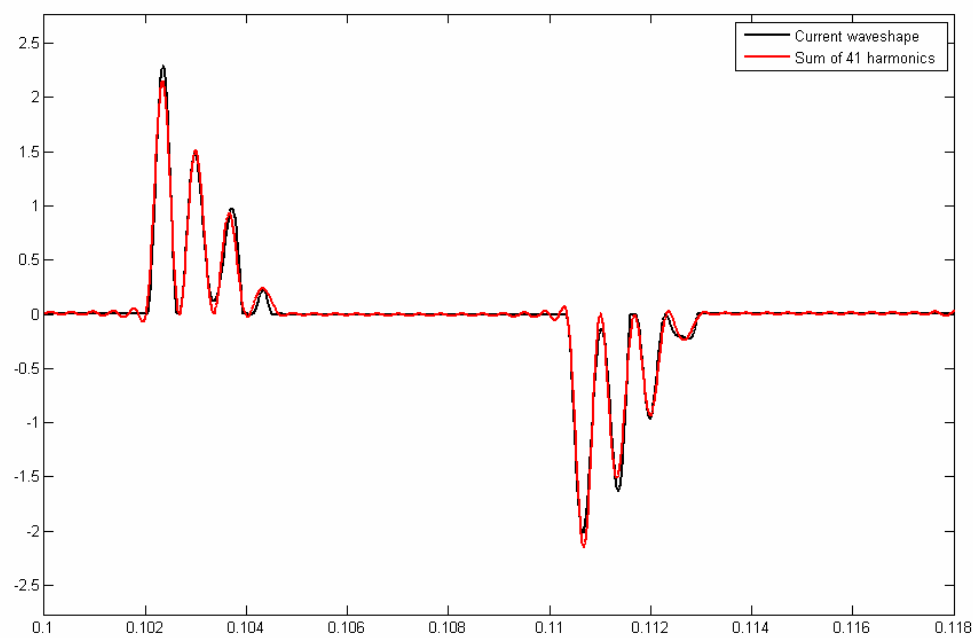


شکل ۳-۱۱-د: هارمونیک بیست و پنجم جریان مدار بخش ۳-۲

میزان نزدیکی شکل موج حاصل از جمع شکل هارمونیک ها و شکل موج اصلی در شکل های ۳-۱۲ و ۳-۱۳ قابل مشاهده است. در این شکل ها به ترتیب هفت هارمونیک فرد و بیست هارمونیک فرد با هم جمع شده و حاصل جمع در کنار شکل موج اصلی ترسیم شده است.



شکل ۳-۱۲: جمع هفت هارمونیک فرد اول در مقایسه با سیگنال اصلی



شکل ۳-۱۳: جمع بیست هارمونیک فرد اول در مقایسه با سیگنال اصلی

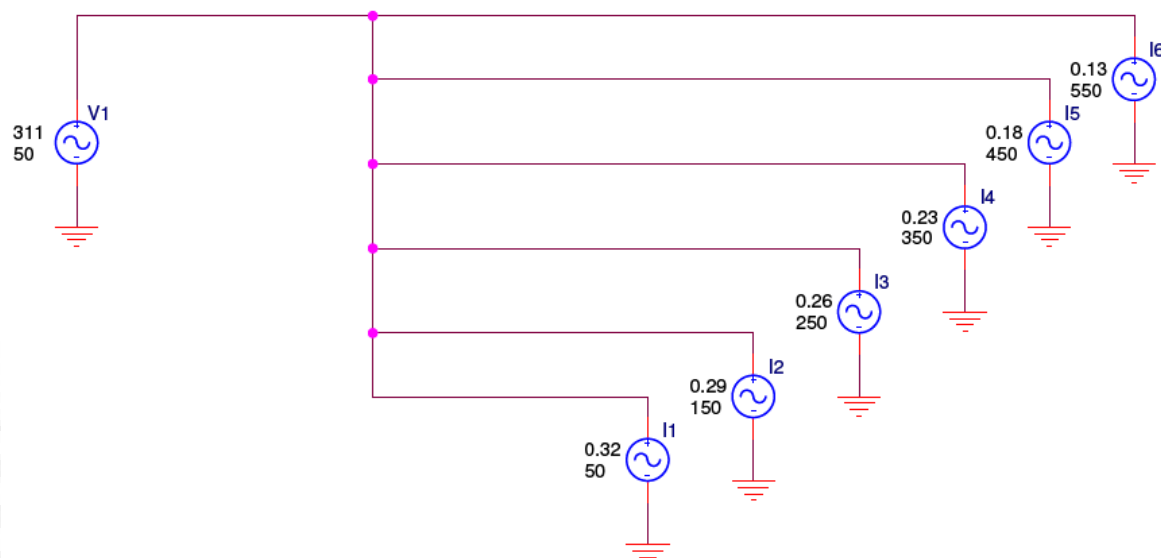
جدول ۲-۳ میزان ضریب توان کلی و ضریب توان هر یک از هارمونیک های این مدار را مشخص می کند.

جدول ۲-۳: ضریب توان هارمونیک های مدار بخش ۲-۳

شماره هارمونیک	ضریب توان	رفتار هارمونیک
۱	۸۸٪	پیش فاز
۳	۱۰٪	پس فاز
۵	۸۶٪	پیش فاز
۷	۵۸٪	پیش فاز
۹	۹۱٪	پس فاز
۱۱	۴۱٪	پس فاز
۱۳	۹۰٪	پیش فاز
کل جریان	۸۴٪	پیش فاز

۳-۳-۳ مدل مداری مناسب جایگزین لامپ کم مصرف

همانگونه که اشاره شد مدل مداری لامپ کم مصرف شامل مجموعه ای از منابع جریان است که هارمونیک های فرکانس اصلی بوده و با آن اختلاف فاز معینی دارند. تعداد این منابع دلخواه بوده و وابسته به دقت مورد نیاز دارد. شکل ۳-۱۴ شماتیک چنین مدلی را برای مدار بخش ۳-۱ نشان می دهد. مقادیر دامنه و فاز با توجه به شکل ۳-۵ قابل محاسبه است.



شکل ۳-۱۴: شماتیک مدار معادل لامپ کم مصرف

در فعالیت های مشابه معمولاً شکل موج یک یا چند نمونه لامپ بررسی شده به صورت تقریبی ترسیم می شود و سپس سعی می گردد که معادله ای درجه ۲، ۳ یا بالاتر برای تخمین این شکل موج به دست آید. این روش در چند مرحله خطا وارد سیستم می کند. نخست آنکه یک یا چند نمونه لامپ لزوماً میانگین آماری کل لامپ ها نیستند حال آنکه تحلیل مداری میانگین واقعی آماری آمان ها است که با توجه به آن می توان با در نظر گرفتن تلرانس مناسب برای پارامترهای مدار، شبکه واقعی را در حضور تعداد زیادی لامپ تخمین زد. دومین ایراد روش فوق آن است که معادله درجه ۲ یا ۳ مذکور کاملاً منطبق بر نمودار واقعی نیست. به لطف قدرت بالای پردازنده های امروزی می توان به روش پیشنهاد شده در این پروژه، لامپ کم مصرف را با دقت دلخواه تقریب زده رفتار شبکه را در حضور آن بررسی نمود. برای هر یک از سینوسی ها (هارمونیک های) به کار رفته می توان بازه معینی برای تغییرات دامنه و فاز در نظر گرفت و رفتار شبکه را با توجه به آن بررسی کرد. شکل ۳-۱۴ این معادل را برای ۶ هارمونیک فرد اول (۱ و ۳ و ۵ و ۷ و ۹ و ۱۱) نشان می دهد.

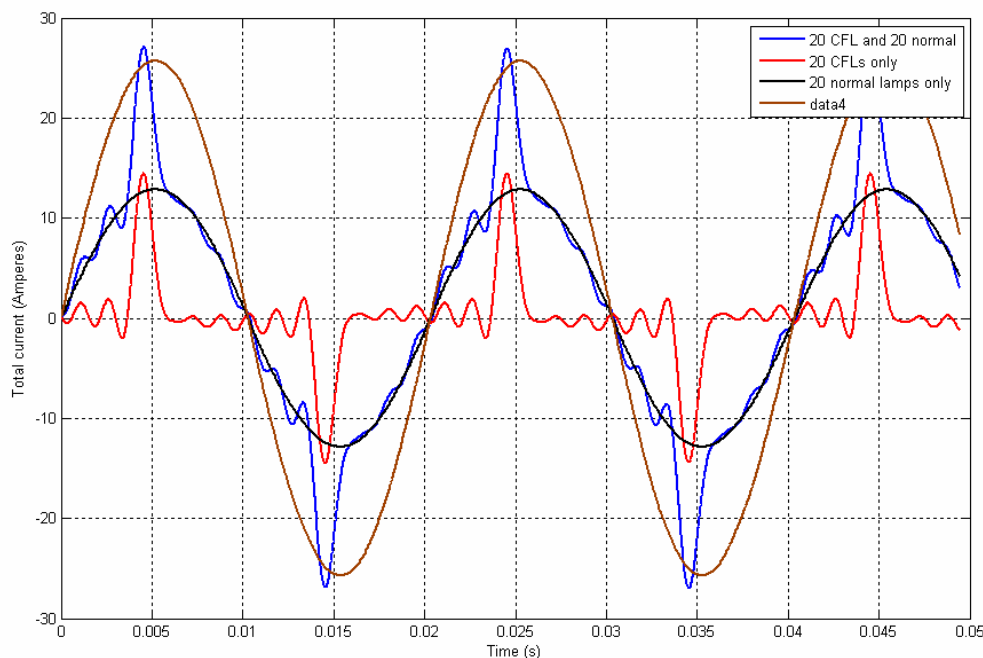
۴-مدلسازی شکل موج شبکه

در این فصل اثر قرار دادن لامپ کم مصرف روی شبکه بررسی می شود. به جای لامپ در شبکه از مدار معادل آن که در بخش ۳-۳ به دست آمد استفاده می کنیم. اثر لامپ کم مصرف روی کل شبکه مصرف برق کشور مبحثی پیچیده و طولانی بوده و نیازمند داده های زیاد و بررسی مفصل روی ساختار شبکه می باشد. داده هایی نظیر تعداد و ظرفیت پست ها و مشخصات اجزای هر یک از پست ها نظیر ترانسفورمر ها باید موجود باشد. هر یک از ترانسفورمر ها می باید با استفاده از مشخصات فنی داده شده، با اطلاعات دقیق ریاضی مدل شوند. مشخصات دقیق خطوط انتقال و توزیع و ظرفیت آنها در مدل مورد نظر لحاظ شوند. رفتار مصرف کننده ها که برای پست های مختلف تفاوت قابل ملاحظه ای دارد باید در نظر گرفته شود. برای مثال در پست های دارای مصرف کننده های اداری زیاد میزان هارمونیک شبکه به علت وجود رایانه ها زیاد است. یا در نواحی گرمسیر در تابستان کولر ها که موتورهای القایی هستند هارمونیک و پس فاز قابل توجهی ایجاد می کنند. بی توجهی به این مسائل در توزیع لامپ کم مصرف نه تنها باعث صرفه جویی نمی گردد بلکه تلفات راکتیو شبکه را بالا برده و یا باعث اشباع شدن سریع هسته ترانسفورمر ها می شود. در این فصل به همه این مسائل پرداخته نمی شود، بلکه با در نظر گرفتن یک مدل ساده از یک مصرف کننده خانگی سنتی اثر جایگزینی لامپ کم مصرف در شبکه به اجمال بررسی می شود تا یک طرح پایه ای مناسب برای بررسی این اثر در حالت های پیچیده تر و در حضور تعداد بیشتر و متنوع تری از وسایل خانگی - صنعتی به دست آید. در ابتدا فقط یک مصرف کننده ساده مقاومتی شامل لامپ های رشته ای ۱۰۰ وات را بررسی می کنیم و سپس دو المان الکترونیکی متداول یعنی یخچال و تلویزیون به مجموعه اضافه می گردد.

۴-۱- بررسی تاثیر CFL بر بار ساده مقاومتی

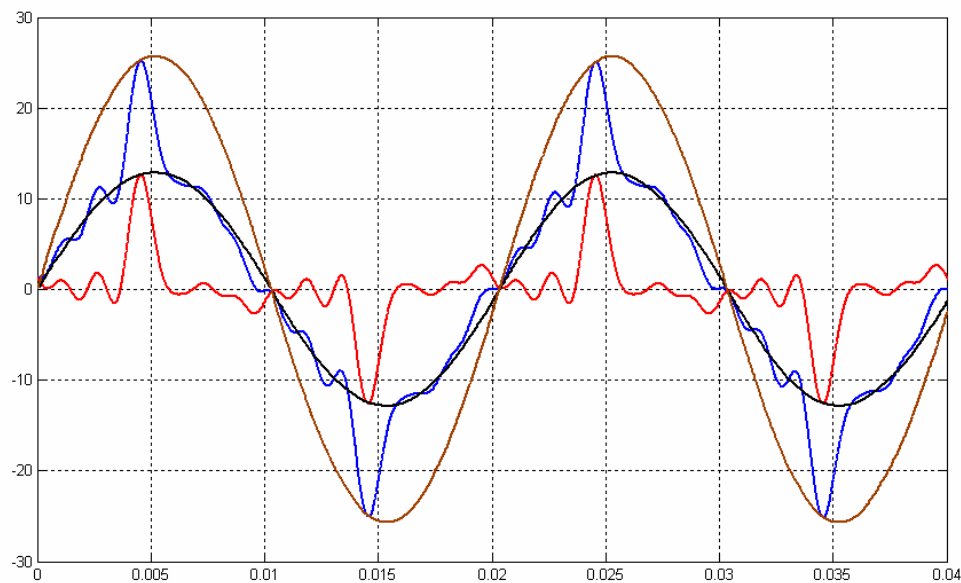
در اولین تجربه، بار خانگی را به صورت یک بار مقاومتی ساده شامل چهار لامپ رشته ای ۱۰۰ وات در نظر می گیریم. سپس دو تا از این لامپ ها را لامپ های کم مصرف ۲۵ وات که مدل آنها در فصل های ۲ و ۳ به دست آمده اند جایگزین نموده نتیجه را به صورت تاثیر بر هر یک از هارمونیک ها، THD و ضریب توان ایجاد شده ملاحظه می کنیم. این تجربه با ۲۰ لامپ انجام شده است. بررسی ها در دو حالت انجام می شود. ابتدا فاز

هارمونیک‌ها در مدل لامپ عدد ثابتی فرض می‌شوند. در مرحله بعد این فاز به صورت تصادفی از بازه معینی که بازه تفرانس فاز و با توزیع یکنواخت انتخاب شده نتایج مورد بررسی قرار می‌گیرند.



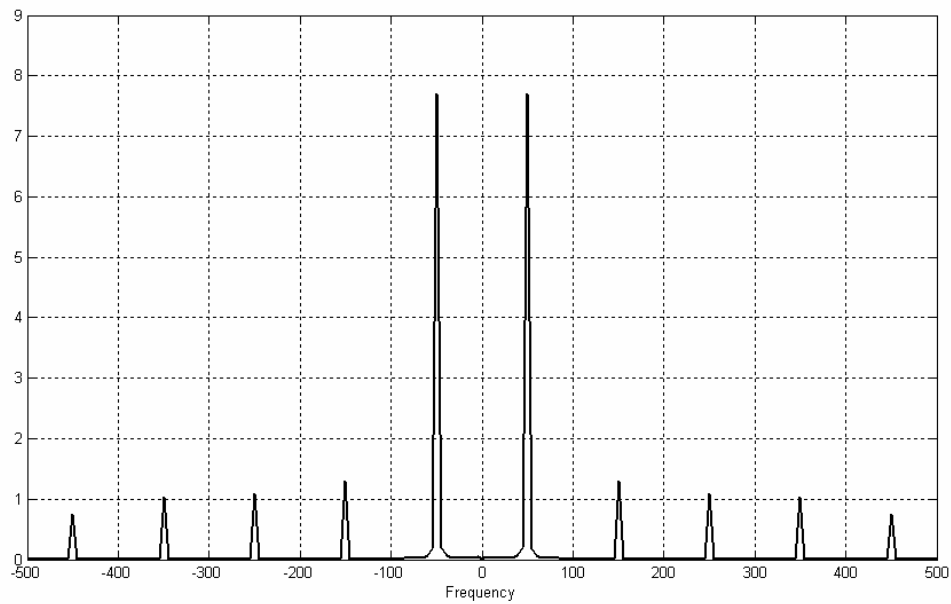
شکل ۴-۱: شکل موج جریان ۲۰ لامپ معمولی و ۲۰ لامپ کم مصرف فصل ۲-۲

در شکل ۴-۱ شکل موج ۲۰ لامپ معمولی، ۲۰ لامپ کم مصرف، ۴۰ لامپ معمولی و ترکیب ۲۰ لامپ معمولی و ۲۰ لامپ کم مصرف نمایش داده شده است. همانگونه که مشاهده می‌شود اگر فرض کنیم که زاویه آتش همه لامپهای کم مصرف یکسان است (که در عمل اتفاق نمی‌افتد) پیک جریان از حالت مربوط به ۴۰ لامپ رشته‌ای فراتر می‌رود. در شکل ۴-۲ به جای ضریب توان ثابت، فاز هارمونیک‌ها از بازه معینی به طور تصادفی و با توزیع یکنواخت انتخاب شده‌اند. در این شکل اثر پیک جریان به طور محسوسی کاهش یافته است. از آنجا که در عمل تولیدات دارای تفرانس می‌باشند این مساله را می‌توان به عنوان نکته مثبتی در به کارگیری لامپ کم مصرف دانست.

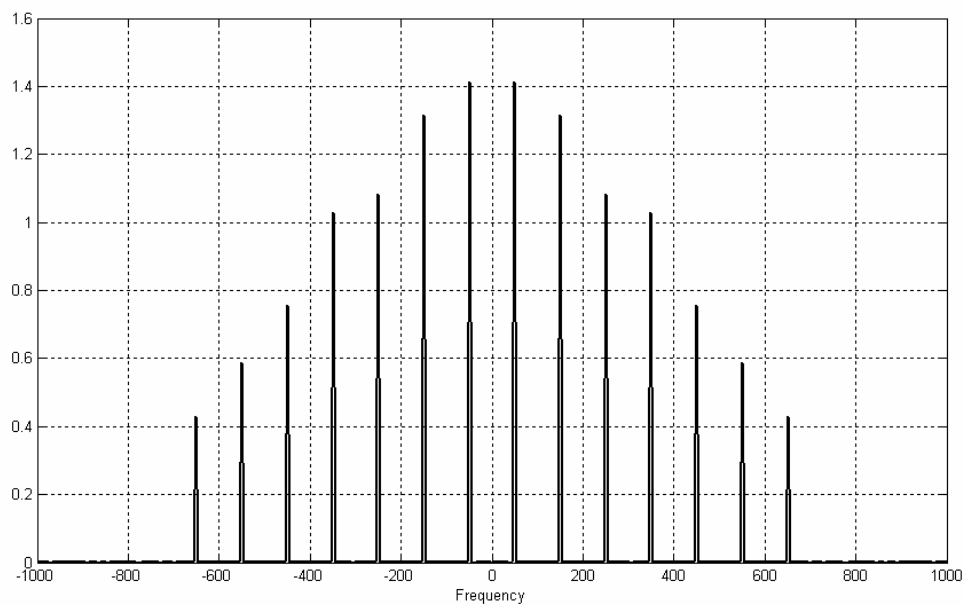


شکل ۴-۲: شکل موج جریان ۲۰ لامپ معمولی و ۲۰ لامپ کم مصرف با فاز تصادفی برای هارمونیک‌ها.

در شکل‌های ۳-۴ و ۴-۴ طیف فرکانسی در دو حالت ۲۰ لامپ معمولی و ۲۰ لامپ کم مصرف، و ۴۰ لامپ کم مصرف رسم شده است. بنابراین جمع شدن قله شکل موج‌های جریان در حالتی که از تعداد زیادی لامپ کم مصرف استفاده شود عملاً منتفی است.



شکل ۴-۳: شکل موج فرکانسی ۲۰ لامپ معمولی و ۲۰ لامپ کم مصرف

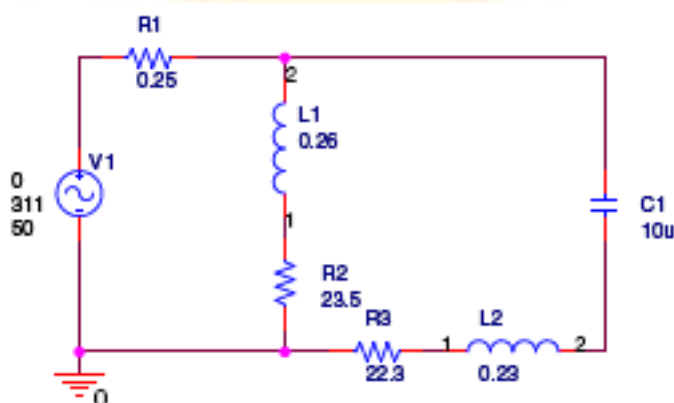


شکل ۴-۴: شکل موج فرکانسی ۴۰ لامپ کم مصرف.

واضح است که در این تجربه با ترکیب مناسب لامپ‌های رشته‌ای و کم مصرف می‌توان به شبکه مطلوبی هم از لحاظ مصرف انرژی و هم اثرات هارمونیک نایل شد.

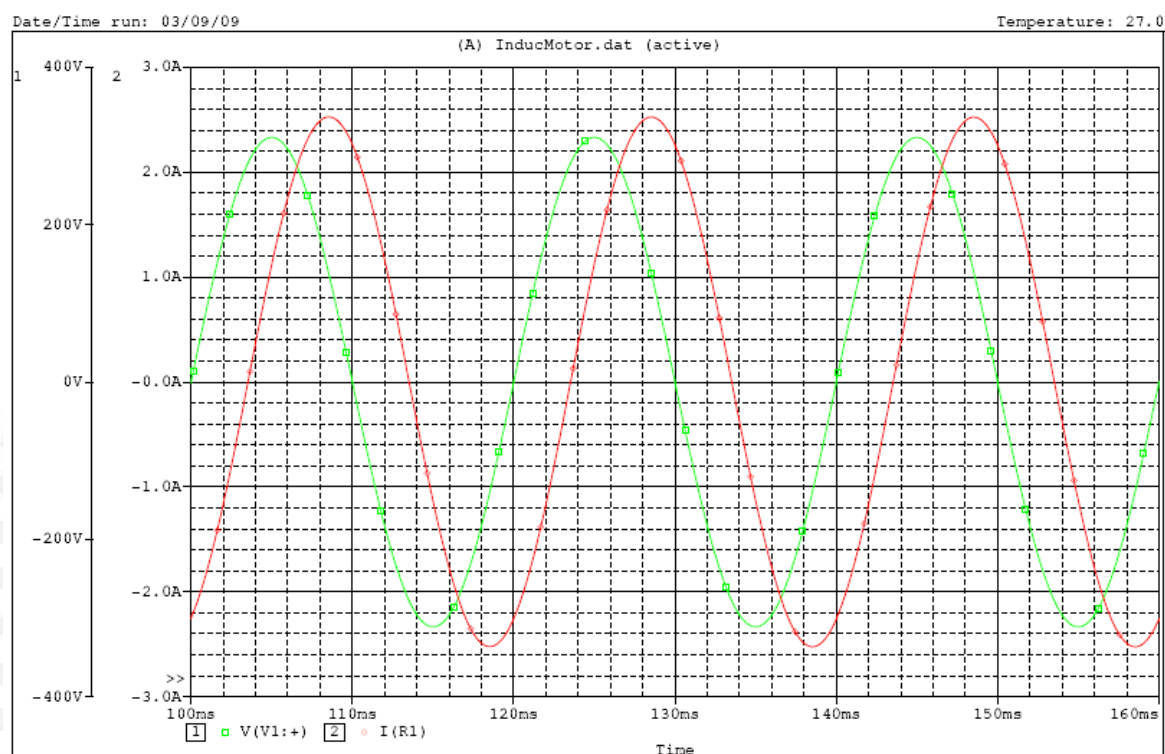
۴-۲- بررسی تاثیر CFL بر شبکه شامل بار القایی و مقاومتی

در این بخش یک المان دیگر یعنی موتور تک فاز القایی را به شبکه اضافه می‌کنیم. موتور تک فاز می‌تواند نماینده بسیاری از لوازم خانگی نظیر یخچال، کولر و جاروبرقی باشد. از این میان یخچال به طور نامنظم و در تمام سال، و کولر در بیشتر اوقات شبانه روز و در نیمه نخست سال بخش مهمی از بار شبکه را شامل می‌شوند. در شکل ۴-۵ شماتیک کلی یک موتور ساده القایی رسم شده است.



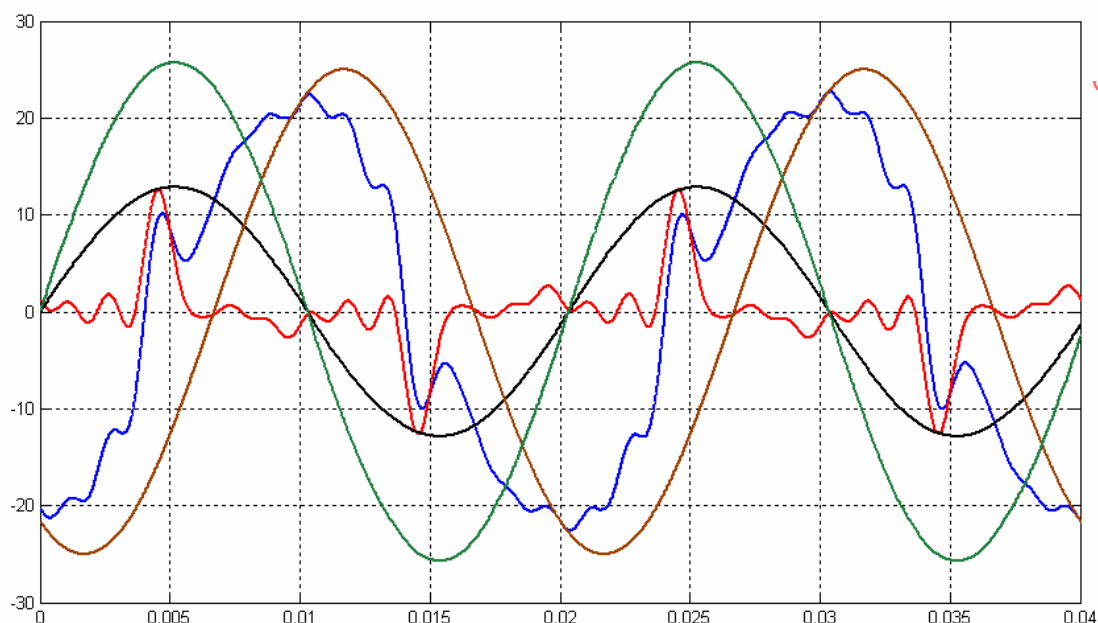
شکل ۴-۵: شماتیک کلی یک موتور ساده القایی

این ساده‌ترین حالت موتور القایی است که فقط موجب ایجاد اختلاف فاز می‌شود. شکل موج این مدار که از شبیه‌سازی در SPICE به دست آمده در شکل ۴-۶ مشاهده می‌شود. توان مصرفی این موتور حدود ۲۰۰ وات است.



شکل ۴-۶: شکل موج موتور ساده القایی

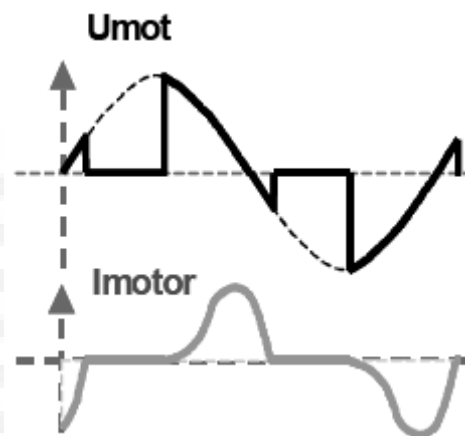
اکنون اثر افزودن این موتور به شبکه را بررسی می‌کنیم. واضح است که حضور موتور القایی در کنار لامپ کم مصرف باعث کم شدن اثر پس فاز موتور می‌گردد. بحث درباره راهکار های استفاده از لامپ کم مصرف در شبکه در فصل ۵ ارائه می‌گردد. در این تجربه فرض می‌کنیم که به ازای هر دو مشترک خانگی در مثال قبلی، یک موتور به شبکه اضافه شود. با فرض داشتن ۱۰ موتور مصرف کننده القایی ۲۰۰ وات برای هر دو مصرف کننده (واحد مسکونی) در کنار ۲۰ لامپ معمولی و ۲۰ لامپ کم مصرف می‌توان شکل موج کلی شبکه را در شکل ۴-۷ مشاهده کرد.



شکل ۴-۷: شکل موج شبکه شامل لامپ های کم مصرف و موتور القایی

در این شکل نمودار آبی شکل موج کل شبکه را نشان می دهد. محتوای هارمونیک این شکل موج در اینجا رسم نشده زیرا به علت تک فرکانسی بودن موتور، شکل هارمونیک شبکه به وضوح از دو تجربه قبلی بهتر خواهد بود. آنچه در اینجا بیشتر اهمیت دارد بهبود فاز منحنی موتور (قهوه ای) در حضور لامپ کم مصرف می باشد. در اینجا پیک منحنی شبکه نسبت به حالت القایی پس فاز کمتری دارد.

در موارد دیگری شکل موج موتور (یونیورسال) نظیر شکل ۴-۸ است [۲۰]. در این موارد موتور و لامپ می توانند اثر هارمونیک یکدیگر را بهبود دهند. بنابراین می توان به کارایی لامپ کم مصرف در حضور جمع بیشتری از بارهای موتوری امیدوار تر بود.



شکل ۴-۸: شکل موج موتور القایی یونیورسال

در این شکل می بینیم که شکل موج موتور و لامپ تا حدی مکمل یکدیگرند که به معنی خنثی کردن اثر هارمونیک یکدیگر است. بررسی دقیق تر چنین اثراتی در گزارش های بعدی می آید.

۵- نتیجه گیری

در این پروژه سعی بر آن شده تا با روشی علمی و اصولی و بر پایه ساختار مداری لامپ کم مصرف، دورنمای تدوین سیاستگذاری درست و بهینه توزیع این لامپ ها بین مشترکان در کشورمان مشخص گردد. با وجود استفاده گسترده از لامپ های کم مصرف در سطح جهانی و تاثیر ثابت شده آن در صرفه جویی در مصرف انرژی، به ویژه پیک بار شبکه در ساعات اولیه شب که مستلزم هزینه بسیار و استفاده از نیروگاه های اضافه و بالا رفتن حجم سرمایه گذاری با ارزش افزوده پایین است، استفاده صحیح از این لامپ ها نیازمند راهکار ها و تمهیدات خاص برای بهینه سازی الگو های بار در شبکه است تا علاوه بر صرفه جویی واقعی در مصرف انرژی، بار های نا خواسته نظیر هارمونیک های فرکانس بالا که باعث آسیب دیدگی لوازم برقی و الکترونیکی می گردند و یا ضریب توان پیش فاز که موجب کاهش ظرفیت خطوط انتقال و افزایش تلفات راکتیو شبکه می گردد به شبکه تحمیل نکند.

پیچیدگی و مجزا بودن مراحل مختلف این مهم، همکاران این پژوهش صنعتی را بر آن داشته تا تدوین ارائه یک راهکار جامع را به چندین مرحله تقسیم نمایند. در مرحله نخست که مشروح گزارش آن در این صفحات آورده شده ابتدا ساختمان داخلی انواع لامپ کم مصرف آنالیز شده و طرح پایه ای جامعی برای بررسی انواع لامپ از تولید کننده های داخلی و خارجی تدوین شده است. تحلیل حوزه فرکانس و بررسی هارمونیک و فازی نشان می دهد که ارائه مدل های مبتنی بر آزمایش و اندازه گیری کارا نبوده و همچنین تخمین های درجه n راه صحیحی برای مدل کردن منحنی جریان لامپ ارائه نمی دهند، بلکه بهترین مدل لامپ مدلی است که از طریق تفکیک هارمونیک های جریان به چندین منبع موج سینوسی به دست آید. چنین مدلی را می توان برای تخمین لامپ با دقت دلخواه استفاده نمود. آنالیز دقیق فوریه روی شکل موج ها انجام گرفته است. مدل جامعی تدوین شده که مستقل از سطح اطلاع کاربر از جزئیات برنامه نویسی و مستقل از لامپ به کار رفته چنین مدلی را ارائه می دهد.

با وجود پیچیده بودن شبکه، تجربه هایی طراحی و پیاده سازی شده که رفتار و اثر لامپ کم مصرف را تا حدودی نشان می دهد. برای مثال در شبکه ای که عمده بار به صورت مصرف روشنایی لامپ رشته ای (مقاومتی) است جایگزین کردن کلیه لامپ ها با لامپ کم مصرف از نظر محتوای هارمونیک شبکه را دچار مشکل می کند، حال آنکه جایگزین کردن حدود نیمی از لامپ های شبکه با لامپ کم مصرف، در عین صرفه جویی قابل ملاحظه در مصرف انرژی، فشار هارمونیک چندانی به شبکه وارد نمی کند. همچنین به علت رفتار خازنی (پیش فاز) لامپ کم

مصرف، استفاده از آن در مناطقی با بار پس فاز زیاد (نظیر ساختمان های مسکونی در ایران به علت وجود یخچال و کولر) می تواند حتی باعث جبران پس فاز و بهبود کارایی شبکه گردد. اما در ساختمان های اداری که تعداد بار های پیش فاز نظیر رایانه شخصی زیاد است در استفاده از لامپ کم مصرف باید ملاحظه نمود. اثر منفی دیگر لامپ کم مصرف بالا بودن پیک جریان است که در شرایط واقعی به علت تلرانس قابل توجه پارامتر های مدار، این اثر تا حد خوبی بر طرف می شود.

گزارش های بعدی این پروژه شامل افزایش تعداد مشترک و افزودن مدل های واقعی تر، دقیق تر و متنوع تر از وسایل برقی موجود در شبکه، همچنین وارد نمودن اطلاعات آماری مربوط به توزیع این لوازم بر اساس توزیع جغرافیایی مصرف کننده ها و پست ها می باشد. مدل ریاضی پست و خطوط انتقال، همچنین فاصله مصرف کننده ها از پست مورد توجه قرار خواهد گرفت. لامپ ها بر اساس آمار بازار در مدل مذکور توزیع می شوند و نتایج به صورت الگوی صحیح توزیع ارائه خواهد شد.

۶-مراجع

- [1]-amar.tavanir.org.ir
- [2]-G.Michael, M.E.Khan, "Structural modeling of energy demand in the residential sectors", IEEE 1997.
- [3]-G.Wilkenfeld, "benefits and cost of mentation minimum energy performance standards for house hold electrical applications", 1993
- [4]-"OSRAM Dulux EL energy saving lamps", 2006-07-22
- [5]-"Minnesota's Energy challenges", www.menergychallenge.com
- [۶]-مهران و فرزانه رشیدی، "اثرات جانبی استفاده از لامپهای کم مصرف"، شرکت مشاوران، هفتمین کنفرانس شبکه های توزیع نیروی برق
- [7]-"Color temperature and CRI of CFLs", www.eejitsguides.com
- [8]-M.khazova, J.B O'Hagan, "Optical emission from CFLs", health protection agency, UK
- [9]-J.smith, "benefits of high power factor CFLs", energymad ,October 26, 2007
- [10]-Schneider installation guide book, "harmonic management", 2008
- [11]- N. Aiello - S. Messina, " VIPower: SELF-OSCILLATING CONVERTER USING VK05CFL FOR COMPACT FLUORESCENT LAMPS", 2008
- [۱۲]- حسین عسکریان ابیانه، احمد مختاری لاله، مهندس الله مرادی، مهندس سجادی، مهندس احمدیان "تحلیل اعوجاج هارمونیک در سیستم های توزیع"، نهمین کنفرانس شبکه های توزیع نیروی برق
- [۱۳]- محبوبه یزدهن پناه، محسن گیتی زاده حقیقی، فریبا احمدی جعفری، "دیدگاه های کیفیت توان به هنگام کاربرد لامپ های کم مصرف در مدیریت سمت تقاضا"، هشتمین کنفرانس شبکه های توزیع نیروی برق
- [۱۴]- امیر شریف یزدی، سید مهدی جعفری، " بررسی شبهات فنی و مزایای فنی-اقتصادی جایگزینی عمومی لامپ های کم مصرف"، هشتمین کنفرانس شبکه های توزیع نیروی برق
- [۱۵]- بهنام بیات، " بررسی آزمایشگاهی اثرات هارمونیک لامپ های کم مصرف و تاثیر آن بر روی شبکه"، هشتمین کنفرانس شبکه های توزیع نیروی برق
- [۱۶]- APPLICATION NOTE, Self Oscillating 25W CFL Lamp Circuit, AN00048, Philips Semiconductors
- [۱۷]- R. I. Sasaki, "THE IMPACT OF ELECTRONIC BALLAST COMPACT FLUORESCENT LIGHTING ON POWER DISTRIBUTION SYSTEMS", Purdue University School of Electrical Engineering, 1994
- [۱۸]- <http://www.spectrum-soft.com/news/spring2002/diac.shtm>
- [۱۹]- http://www.beigebag.com/case_shockley.htm

[۲۰]- APPLICATION NOTE, HOW TO REDUCE 3rd HARMONICS WITH ST6200C MOTOR CONTROL SOFTWARE, AN1448



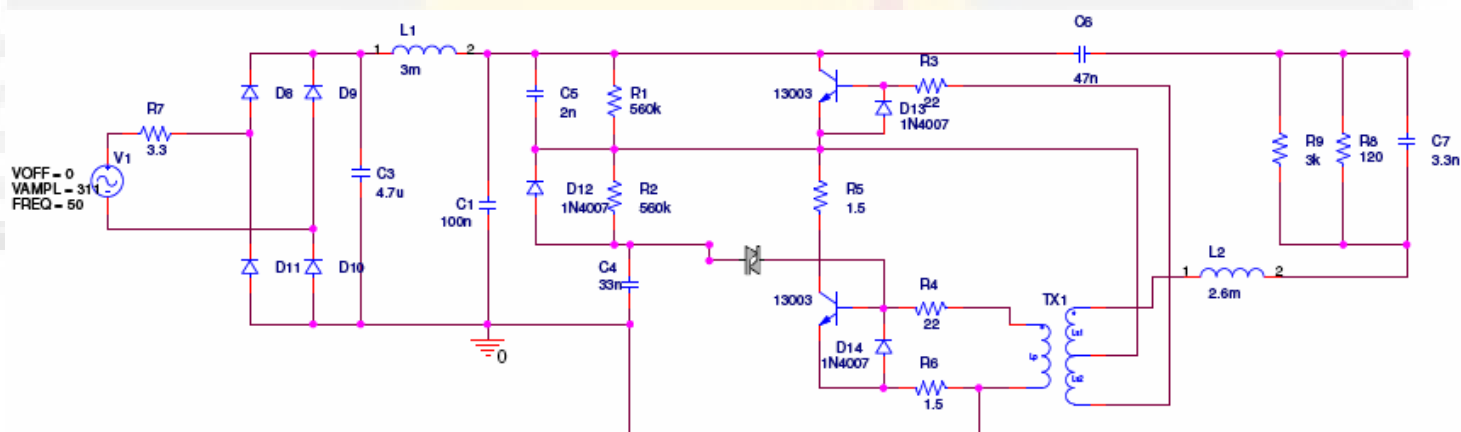


ضمیمه ۱ - لامپ های کم مصرف تولید داخل کشور

از آنجاکه هدف این پروژه ارائه راهکارهای دقیق برای استفاده از لامپ کم مصرف در کشورمان می باشد بررسی مداری لامپ هایی که سهم عمده بازار کشور را در اختیار دارند حائز اهمیت زیادی است. در این بخش به ارائه مدار چهار تولید کننده اصلی کشور می پردازیم. در مراحل بعدی و با تکمیل طرح پایه ای مورد نظر، تحلیل مداری این لامپ ها در ایجاد مدل کامل شبکه به کار گرفته خواهد شد.

ض-۱-۱- لامپ کم مصرف مهتاب خراسان

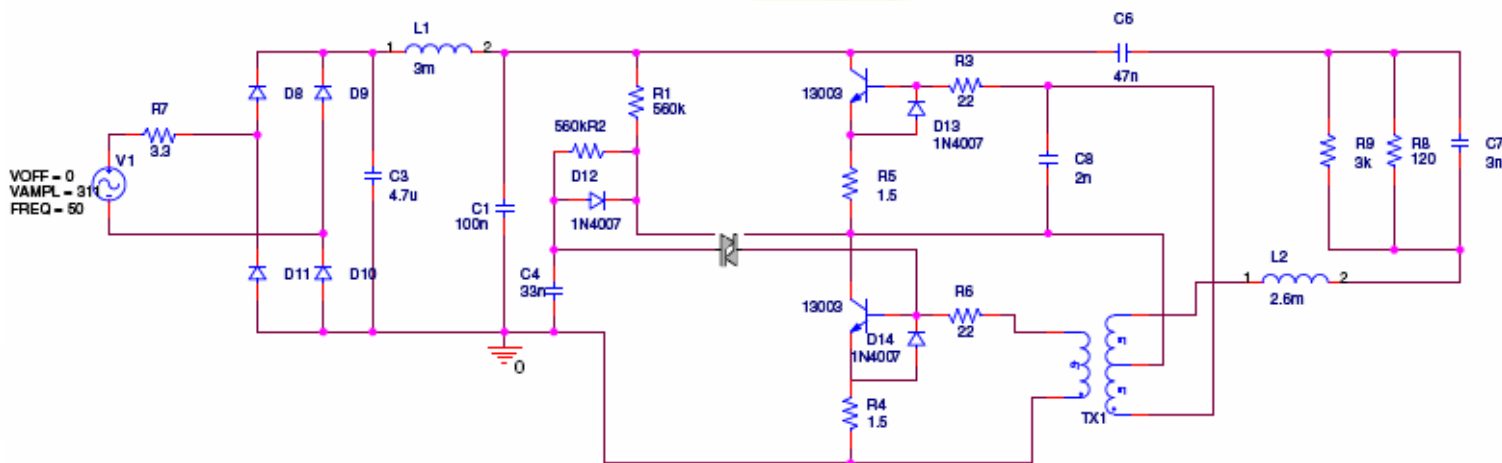
شکل ض-۱-۱ شماتیک مدار لامپ تولید شده توسط شرکت مهتاب خراسان را نشان می دهد. این طرح شباهت های زیادی به طرح فیلیپس دارد.



شکل ض-۱-۱: شماتیک مدار لامپ تولید شده توسط شرکت مهتاب خراسان

ض-۱-۲- لامپ کم مصرف افروغ

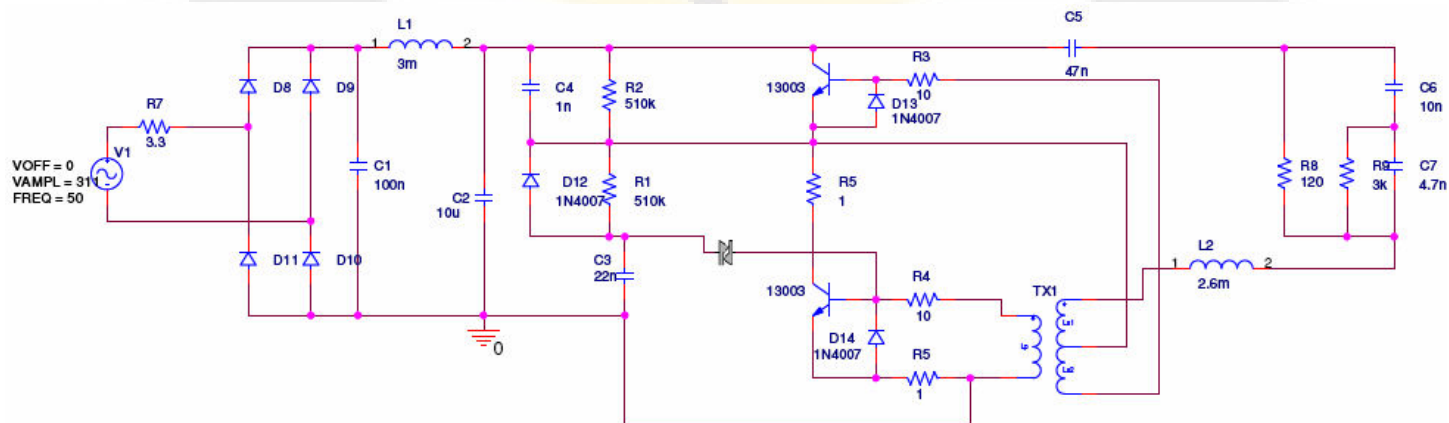
شکل ض-۱-۲ شماتیک مدار لامپ تولید شده توسط شرکت افروغ را نشان می‌دهد که تا حدی مشابه لامپ مهتاب خراسان می‌باشد.



شکل ض-۱-۲: شماتیک مدار لامپ تولید شده توسط شرکت افروغ

ض-۱-۳- لامپ کم مصرف سه‌پند آوا الکتریک

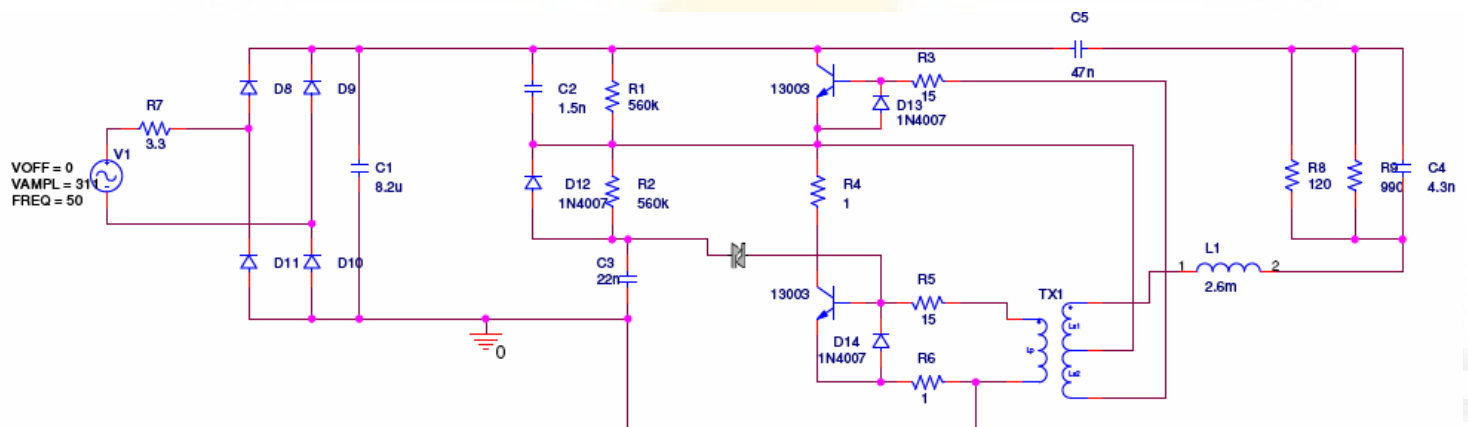
شکل ض-۱-۳ شماتیک مدار لامپ تولید شده توسط شرکت سه‌پند آوا الکتریک را نشان می‌دهد.



شکل ض-۱-۳: شماتیک مدار لامپ تولید شده توسط شرکت سه‌پند آوا الکتریک

ض-۱-۴- لامپ کم مصرف افرا تاب

شکل ض-۱-۴ شماتیک مدار لامپ تولید شده توسط شرکت افرا تاب را نشان می دهد.



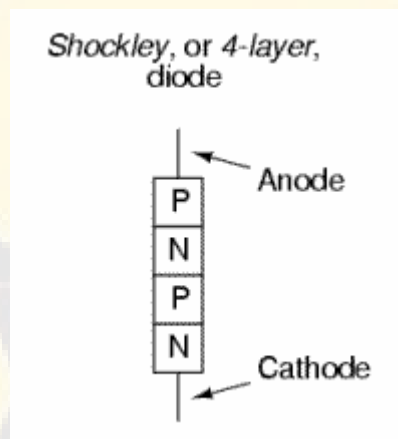
شکل ض-۱-۴: شماتیک مدار لامپ تولید شده توسط شرکت افرا تاب

هر چهار مدار فوق شامل المان دیاک (Diac) می باشند. مدلسازی کامل این لامپها ابتدا مستلزم ارائه مدلی از المان دیاک می باشد. در ضمیمه ۲ به بررسی پیاده سازی دیاک می پردازیم.

ضمیمه ۲- یک نمونه پیاده سازی دیاک

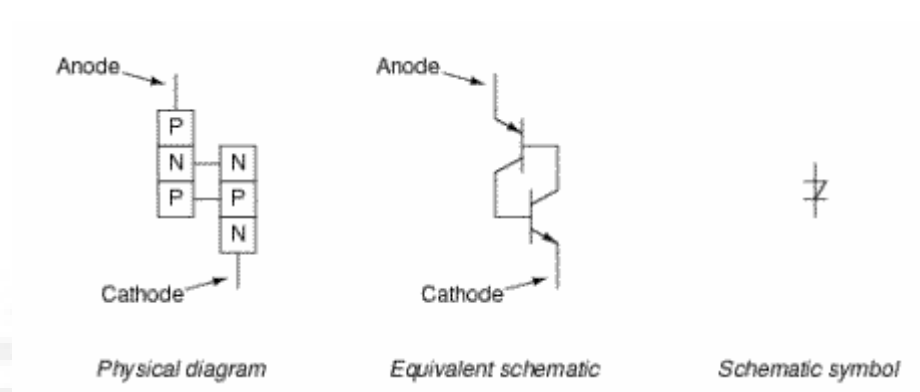
بسیاری از مدارهای درایو CFL شامل المان دیاک می باشند. متاسفانه دیاک در کتابخانه های استاندارد SPICE موجود نیست. در این بخش مختصراً نحوه پیاده سازی دیاک در SPICE را شرح می دهیم. [۱۹ و ۱۸]

برای پیاده سازی دیاک از یک دیود شاکلی (Shockley) استفاده می شود. دیود شاکلی یک دیود دو سر چهار لایه npn است. که می تواند برای مدل سازی دیاک، تیوب نئون و ... استفاده شود. دیاک خود یک المان دوطرفه است که برای تریگر کردن تریاک استفاده می شود.

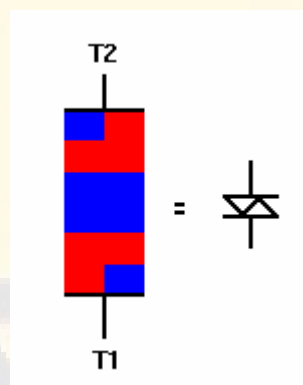


شکل ض-۲-۱: ساختار دیود شاکلی

ساختار دیود شاکلی در شکل ض-۲-۱ عملکرد آن را نشان نمی دهد. با توجه به شکل ض-۲-۲ هنگامی که ولتاژ آند به کاتد به مقدار V_{BE} می رسد المان npn روشن می شود، که خود موجب جریان کلکتور npn و بیس npn شده و جریانها مرتباً افزایش می یابند که موجب افت بسیار سریع ولتاژ می گردد. دیاک معادل دو دیود شاکلی متصل به هم است (شکل ض-۲-۳).

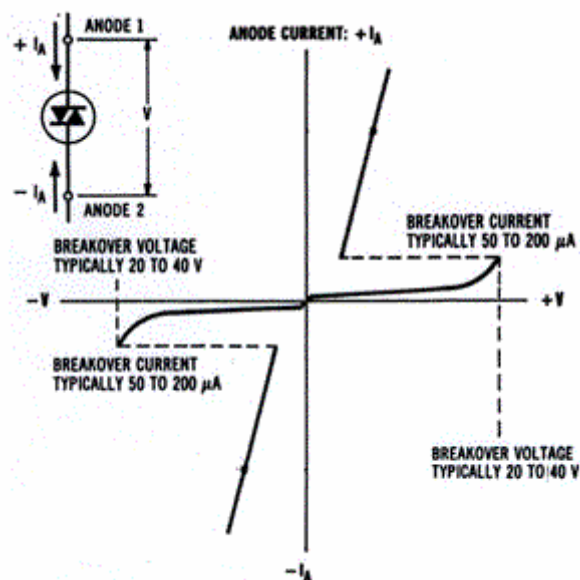


شکل ض-۲-۲: نمایش عملکرد دیود شاکلی



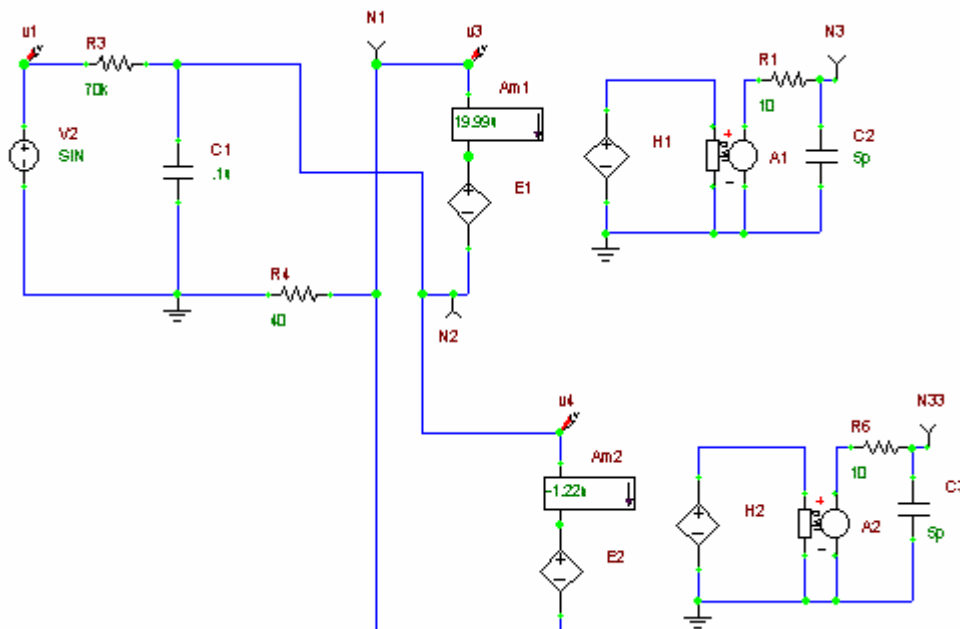
شکل ض-۲-۳: ساختار دیاک.

در شکل ض-۲-۴ منحنی مشخصه دیاک رسم شده است.

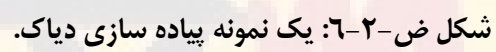


شکل ض-۲-۴: منحنی مشخصه دیاک.

مطالعه منابع ۱۸ و ۱۹ برای آگاهی از جزئیات پیاده سازی دیاک پیشنهاد می گردد. در شکل‌های ض-۲-۵ و ض-۲-۶ دو نمونه پیاده سازی دیاک با استفاده از المانهای SPICE آمده است.



شکل ض-۲-۵: یک نمونه پیاده سازی دیاک.



ضمیمه ۳- برنامه پیاده شده در MATLAB

برنامه مربوط به لامپ بخش ۲-۲

```
*****
% Analysis of a Compact Fluoresceny Lamp
% Mefragh Company, Winter 2009, Tehran, Iran
%
*****
close all;
clc; clear all
```

خواندن اطلاعات به دست آمده در SPICE

```
freq = 50;
cfllamp = load('cfllamp-time.txt');
cfllampv = load('cfllamp-v.txt');
cfllampi = load('cfllamp-i.txt');
```

حذف اطلاعات تکراری و اضافه SPICE

```
cfllampshv = [];
cfllampshi = [];
cfllamptdiff = diff(cfllamp);
cflampsht = [cfllamp(1); cfllamp(find(cfllamptdiff ~= 0) + 1)];
for count = 1 : length(cflampsht)
    I = find(cfllamp == cflampsht(count));
    cfllampshv = [cfllampshv; mean(cfllampv(I))];
    cfllampshi = [cfllampshi; mean(cfllampi(I))];
end
```

تعیین طول فاصله نقاط در MATLAB

```
nnn = 1 : length(cfllampshv)-1;
period = mean(diff(find(cfllampshv(nnn)<0 & cfllampshv(nnn+1)>0)));
timestep = 1 / (freq * period);
```

ترسیم شکل موج ولتاژ و جریان

```
figure; %subplot(2,1,1)
plot(cflampsht,cfllampshv); axis([0.1 0.3 1.2*min(cfllampshv)
1.2*max(cfllampshv)])
```

```
cfllampvfft = fft(cfllampshv);
cfllampifft = fft(cfllampshi);
```

تفکیک هارمونیک های موجود در شکل موج جریان

```
harmn = 7;
harmonics = zeros(harmn,length(cfllampifft));
harmonicst = zeros(harmn,length(cfllampifft));
harmonicstabs = zeros(harmn,length(cfllampifft));
mainhrmc = zeros(1,length(cfllampifft));
for n = 1 : harmn
    harmonics(n,10*(2*n - 1) + 1) = cfllampifft(10*(2*n - 1) + 1);
    % harmonics(n,10*(2*n - 1)+1 + 1) = cfllampifft(10*(2*n - 1)+1 + 1);
    % harmonics(n,10*(2*n - 1)-1 + 1) = cfllampifft(10*(2*n - 1)-1 + 1);
    harmonics(n,length(cfllampifft)+1 - 10*(2*n - 1)) =
cfllampifft(length(cfllampifft)+1 - 10*(2*n - 1));
    % harmonics(n,length(cfllampifft)+1 - 10*(2*n - 1)-1) =
cfllampifft(length(cfllampifft)+1 - 10*(2*n - 1)-1);
```

```
%      harmonics(n,length(cfllampifft)+1 - 10*(2*n - 1)+1) =
cfllampifft(length(cfllampifft)+1 - 10*(2*n - 1)+1);
      harmonicst(n,:) = ifft(harmonics(n,:));
      harmonicstabs(n,:) = abs(harmonicst(n,:));
      mainhrmc = mainhrmc + harmonicst(n,:);
end
```

ترسیم هارمونیک های جریان

```
subplot(2,1,2)
plot(cfllampshv,cfllampshi);
hold on
plot(cfllampshv,mainhrmc,'r')
axis([0.1 0.3 1.2*min(cfllampshi) 1.2*max(cfllampshi)]);grid
```

```
figure
plot(harmonicst(1,:) /max(harmonicst(1,:)));
hold on
plot(harmonicst(2,:) /max(harmonicst(1,:)), 'r')
hold on
plot(harmonicst(3,:) /max(harmonicst(1,:)), 'g')
hold on
plot(harmonicst(4,:) /max(harmonicst(1,:)), 'm')
hold on
plot(harmonicst(5,:) /max(harmonicst(1,:)), 'k')
hold on
plot((cfllampshv/max(cfllampshv)), 'c')
hold on
plot((cfllampshi)/max((cfllampshi)), 'k')
axis([0 500 -1.2 1.2]);grid
```

```
[cfllampvfft1, newcfllampvfft] =
harmonicplotter(cfllampvfft,freq,length(cfllampshv));
[cfllampifft1, newcfllampifft] =
harmonicplotter(cfllampifft,freq,length(cfllampshi));
% Calculate Phase lag temp!!
```

تعیین فاز هر یک از هارمونیک ها

```
pwhrmc = cos(abs(asin(harmonicst(:,1) ./ (max(harmonicstabs'))')));
harmsin = harmonicst(:,1) ./ (max(harmonicst'))';
harmang = asin(harmsin);
harmphase = harmang;
```

```
newfreqrange = freq * ([0 1:floor(length(harminpfft1)/2)]/10;
```

```
diffharm = (diff(harmonicst'))';
for count = 1 : length(harmang)
    if harmonicst(count,1) > 0 && diffharm(count,1) < 0
        harmphase(count) = harmphase(count) + pi/2;
    end
    if harmonicst(count,1) < 0 && diffharm(count,1) < 0
        harmphase(count) = pi - harmphase(count);
    end
end
end
```

مدلسازی شبکه

```
%*****
**
```

```
NumofHrnc = harmn;
NumofLamp = 20;
NoHouses = 1000;
%NoTStep = 10000;
NoTStep = length(cfllampshv);
freq = 50;
timestep = 0.2/length(cfllampshv);
```

تعریف لامپ ها به عنوان دنباله های عددی حاصل از جمع هارمونیک ها

```
Lamps = zeros (NumofHrnc,NoTStep,NumofLamp);
Houses = zeros (2,NoTStep,NoHouses);
```

```
%pwrangle = [0.8:0.01:0.9 ; 0.75:0.01:0.85 ; 0.7:0.01:0.8 ; 0.65:0.01:0.75
; 0.6:0.01:0.7];
%amprangle = 2 * [0.9:0.01:1 ; 0.7:0.01:0.8 ; 0.5:0.01:0.6 ; 0.4:0.01:0.5
; 0.25:0.01:0.35];
%powerfact = [0.0969; -0.1418; 0.2007; -0.2165; 0.1900];
%harmphase = [0.3067; -2.0756; 0.8360; -2.7008; -0.3547];
%currentamp = [0.3210; 0.2933; 0.2706; 0.2394; 0.2026];
currentamp = (max(harmonicst'))';
```

تعیین فاز هارمونیک به صورت تصادفی و جمع کردن جریان ها

```
for count = 1 : NumofLamp
% powerfact = floor(100 * rand(5,1)) .* (pwrangle(:,3) -
pwrangle(:,1))/100 + pwrangle(:,1);
% currentamp = floor(100 * rand(5,1)) .* (amprangle(:,3) -
amprangle(:,1))/100 + amprangle(:,1);
for count1 = 1 : NumofHrnc
for n = 1 : NoTStep
Lamps(count1,n,count)= currentamp(count1)*
sin(2*pi*timestep*(n-1)*freq*(2*count1-1) + harmphase(count1));
end
end
end
```

```
Lampsum = zeros (NumofHrnc,NoTStep);
for count = 1 : NumofLamp
Lampsum = Lampsum + Lamps(:, :, count);
end
```

ترسیم شکل موج شبکه

```
n = 1 : NoTStep;
figure
plot(timestep*n,
sum(Lampsum/2)+20*(cfllampshv(1:length(sum(Lampsum)))/484)')
hold on
plot(timestep*n, sum(Lampsum/2), 'r')
hold on
plot(timestep*n, 20*(cfllampshv(1:length(sum(Lampsum)))/484)', 'k')
hold on
plot(timestep*n, 40*(cfllampshv(1:length(sum(Lampsum)))/484)', 'g'); grid
```

```
lampsuffix =
(fft(sum(Lampsum/2)+20*(cflampshv(1:length(sum(Lampsum)))/484))');
[lampsuffix1, newlampsuffix] = harmonicplotter(lampsuffix,freq,NoTStep);

lampsuffix = (fft(sum(Lampsum/2)))';
[lampsuffix1, newlampsuffix] = harmonicplotter(lampsuffix,freq,NoTStep);

lampsuffix = (fft(20*(cflampshv(1:length(sum(Lampsum)))/484))');
[lampsuffix1, newlampsuffix] = harmonicplotter(lampsuffix,freq,NoTStep);

lampsuffix = (fft(40*(cflampshv(1:length(sum(Lampsum)))/484))');
[lampsuffix1, newlampsuffix] = harmonicplotter(lampsuffix,freq,NoTStep);

%*****
**

iphase = 360 * (416 - 337) * timestep / 0.02
pw = cos(iphase*pi/180)
```

تابع ترسیم شکل موج ها در حوزه فرکانس

```
function [harminpfft1, newharminpfft] =
harmonicplotter(harminpfft,freq,siglength);

harminpfft1 = harminpfft;

%zeromaker = zeros(length(harminpfft1),1);
%n = 1 : freq: freq * (floor(length(harminpfft1)/freq));
%zeromaker(peakfinder(harminpfft1)) = 1;
%stem(zeromaker)
%harminpfft1 = zeromaker .* harminpfft1;

harminpfft1 = (length(harminpfft1)-1) * harminpfft1(2:end)/
length(harminpfft1);

if mod(length(harminpfft1),2) == 0
    temp = harminpfft1;
    harminpfft1 = [temp(length(temp)/2+1:end); 0;
temp(1:length(temp)/2)];
else
    temp = harminpfft1;
    harminpfft1 = [temp(ceil(length(temp)/2)+1:end);
temp(ceil(length(temp)/2)); temp(1:floor(length(temp)/2))];
end
freqrange = freq * ([1:length(harminpfft1)]-
ceil(length(harminpfft1)/2))/(10000 * length(harminpfft1)/siglength);
figure
plot(freqrange,abs(harminpfft1)/length(harminpfft1))
axis([freqrange(1) freqrange(end)
1.2*min(abs(harminpfft1)/length(harminpfft1))
1.2*max(abs(harminpfft1)/length(harminpfft1))]); grid

newfreqrange = freq * ([0 1:floor(length(harminpfft1)/2)]/10;
newharminpfft = zeros(1,length(newfreqrange));
```



```
mididx = ceil(length(harminpfft1)/2);  
  
for count = 1 : mididx  
    newharminpfft(count) = abs(harminpfft1(mididx + count - 1)) +  
    abs(harminpfft1(mididx - count + 1));  
end
```

برنامه مربوط به لامپ بخش ۳-۲

```

*****
% Analysis of a Compact Fluorescent Lamp
% Mefragh Company, Winter 2009, Tehran, Iran
%
*****
close all;
clc; clear all

freq = 60;
ge2t = load('ge2-time.txt');
ge2v = load('ge2v.txt');
ge2i = load('ge2i.txt');

ge2shv = [];
ge2shi = [];
ge2tdiff = diff(ge2t);
ge2sht = [ge2t(1); ge2t(find(ge2tdiff ~= 0) + 1)];
for count = 1 : length(ge2sht)
    I = find(ge2t == ge2sht(count));
    ge2shv = [ge2shv; mean(ge2v(I))];
    ge2shi = [ge2shi; mean(ge2i(I))];
end

nnn = 1 : length(ge2shv)-1;
timestep = 1 / (freq * mean(diff(find(ge2shv(nnn)<0 &
ge2shv(nnn+1)>0))));

figure; subplot(2,1,1)
plot(ge2sht,ge2shv); axis([0.1 0.3 1.2*min(ge2shv) 1.2*max(ge2shv)])
subplot(2,1,2)
plot(ge2sht,ge2shi); axis([0.1 0.3 1.2*min(ge2shi) 1.2*max(ge2shi)])
hold on

ge2vfft = fft(ge2shv);
ge2ifft = fft(ge2shi);

harmn = 7;
harmonics = zeros(harmn,length(ge2ifft));
harmonicst = zeros(harmn,length(ge2ifft));
harmonicstabs = zeros(harmn,length(ge2ifft));
mainhrmc = zeros(1,length(ge2ifft));
for n = 1 : harmn
    harmonics(n,12*(2*n - 1) + 1) = ge2ifft(12*(2*n - 1) + 1);
%    harmonics(n,12*(2*n - 1)+1 + 1) = ge2ifft(12*(2*n - 1)+1 + 1);
%    harmonics(n,12*(2*n - 1)-1 + 1) = ge2ifft(12*(2*n - 1)-1 + 1);
    harmonics(n,length(ge2ifft)+1 - 12*(2*n - 1)) =
ge2ifft(length(ge2ifft)+1 - 12*(2*n - 1));
%    harmonics(n,length(ge2ifft)+1 - 12*(2*n - 1)-1) =
ge2ifft(length(ge2ifft)+1 - 12*(2*n - 1)-1);
%    harmonics(n,length(ge2ifft)+1 - 12*(2*n - 1)+1) =
ge2ifft(length(ge2ifft)+1 - 12*(2*n - 1)+1);
    harmonicst(n,:) = ifft(harmonics(n,:));
    harmonicstabs(n,:) = abs(harmonicst(n,:));
    mainhrmc = mainhrmc + harmonicst(n,:);
end

```

```

subplot(2,1,2)
plot(ge2sht,ge2shi)
hold on
plot(ge2sht,mainhrmc,'r')
axis([0.1 0.3 1.2*min(ge2shi) 1.2*max(ge2shi)])

figure
plot(harmonicst(1,:) /max(harmonicst(1,:)));
hold on
plot(harmonicst(2,:) /max(harmonicst(1,:)), 'r')
hold on
plot(harmonicst(3,:) /max(harmonicst(1,:)), 'g')
hold on
plot(harmonicst(4,:) /max(harmonicst(1,:)), 'm')
hold on
plot(harmonicst(5,:) /max(harmonicst(1,:)), 'k')
hold on
plot((ge2shv/max(ge2shv)), 'c')
hold on
plot((ge2shi)/max((ge2shi)), 'k')
axis([0 500 -1.2 1.2])

ge2vfft = (length(ge2vfft)-1) * ge2vfft(2:end)/ length(ge2vfft);
ge2ifft = (length(ge2ifft)-1) * ge2ifft(2:end)/ length(ge2ifft);

if mod(length(ge2vfft),2) == 0
    temp = ge2vfft;
    ge2vfft = [temp(length(temp)/2+1:end); 0; temp(1:length(temp)/2)];
    temp = ge2ifft;
    ge2ifft = [temp(length(temp)/2+1:end); 0; temp(1:length(temp)/2)];
else
    temp = ge2vfft;
    ge2vfft = [temp(ceil(length(temp)/2)+1:end);
temp(ceil(length(temp)/2)); temp(1:floor(length(temp)/2))];
    temp = ge2ifft;
    ge2ifft = [temp(ceil(length(temp)/2)+1:end);
temp(ceil(length(temp)/2)); temp(1:floor(length(temp)/2))];
end
freqrangle = freq * ([1:length(ge2vfft)]-ceil(length(ge2vfft)/2))/12;
figure; subplot(2,1,1)
plot(freqrangle,abs(ge2vfft)/length(ge2vfft))
axis([freqrangle(1) freqrange(end) 1.2*min(abs(ge2vfft)/length(ge2vfft))
1.2*max(abs(ge2vfft)/length(ge2vfft))])
subplot(2,1,2)
plot(freqrangle,abs(ge2ifft)/length(ge2ifft))
axis([freqrangle(1) freqrange(end) 1.2*min(abs(ge2ifft)/length(ge2ifft))
1.2*max(abs(ge2ifft)/length(ge2ifft))])

newfreqrangle = freq * ([0 1:floor(length(ge2vfft)/2)])/10;
newge2vfft = zeros(1,length(newfreqrangle));
newge2ifft = zeros(1,length(newfreqrangle));
mididx = ceil(length(ge2vfft)/2);
for count = 1 : mididx
    newge2vfft(count) = abs(ge2vfft(mididx + count - 1)) +
abs(ge2vfft(mididx - count + 1));

```

```

newge2ifft(count) = abs(ge2ifft(mididx + count - 1)) +
abs(ge2ifft(mididx - count + 1));
end

%*****
**
NumofHrmc = harmn;
NumofLamp = 20;
NoHouses = 1000;
%NoTStep = 10000;
NoTStep = length(cflampshv);
freq = 50;
timestep = 0.2/length(cflampshv);

Lamps = zeros(NumofHrmc,NoTStep,NumofLamp);
Houses = zeros(2,NoTStep,NoHouses);

%pwrange = [0.8:0.01:0.9 ; 0.75:0.01:0.85 ; 0.7:0.01:0.8 ; 0.65:0.01:0.75
; 0.6:0.01:0.7];
%amprange = 2 * [0.9:0.01:1 ; 0.7:0.01:0.8 ; 0.5:0.01:0.6 ; 0.4:0.01:0.5
; 0.25:0.01:0.35];
%powerfact = [0.0969; -0.1418; 0.2007; -0.2165; 0.1900];
%harmphase = [0.3067; -2.0756; 0.8360; -2.7008; -0.3547];
%currentamp = [0.3210; 0.2933; 0.2706; 0.2394; 0.2026];
harmphasemat = [harmphase'-1;harmphase'+1]';

currentamp = (max(harmonicst'))';

for count = 1 : NumofLamp
%   powerfact = floor(100 * rand(5,1)) .* (pwrange(:,3) -
pwrange(:,1))/100 + pwrange(:,1);
%   currentamp = floor(100 * rand(5,1)) .* (amprange(:,3) -
amprange(:,1))/100 + amprange(:,1);
    harmphase1 = floor(100 * rand(harmn,1)) .* (harmphasemat(:,2) -
harmphasemat(:,1))/100 + harmphasemat(:,1);

    for count1 = 1 : NumofHrmc
        for n = 1 : NoTStep
            Lamps(count1,n,count)= currentamp(count1)*
sin(2*pi*timestep*(n-1)*freq*(2*count1-1) + harmphase(count1));
%            Lamps(count1,n,count)= currentamp(count1)*
sin(2*pi*timestep*(n-1)*freq*(2*count1-1) + harmphase1(count1));
        end
    end
end

Lampsum = zeros(NumofHrmc,NoTStep);
for count = 1 : NumofLamp
    Lampsum = Lampsum + Lamps(:, :, count);
end

n = 1 : NoTStep;
figure
plot(timestep*n,
sum(Lampsum/2)+20*(cflampshv(1:length(sum(Lampsum)))/484)'+
10*2.5*sin(2*pi*timestep*(n-1)*freq - 2.1))
hold on
plot(timestep*n, sum(Lampsum/2), 'r')

```

```

hold on
plot(timestep*n, 20*(cfllampshv(1:length(sum(Lampsum)))/484)', 'k')
hold on
plot(timestep*n, 10*2.5*sin(2*pi*timestep*(n-1)*freq - 2.1), 'y')
hold on
plot(timestep*n, 40*(cfllampshv(1:length(sum(Lampsum)))/484)', 'g');
grid; axis([0 0.04 -30 30])

lampsumfft =
(fft(sum(Lampsum/2)+20*(cfllampshv(1:length(sum(Lampsum)))/484)'))';
[lampsumfft1, newlampsumfft] = harmonicplotter(lampsumfft, freq, NoTStep);

lampsumfft = (fft(sum(Lampsum/2)))';
[lampsumfft1, newlampsumfft] = harmonicplotter(lampsumfft, freq, NoTStep);

lampsumfft = (fft(20*(cfllampshv(1:length(sum(Lampsum)))/484)'))';
[lampsumfft1, newlampsumfft] = harmonicplotter(lampsumfft, freq, NoTStep);

lampsumfft = (fft(40*(cfllampshv(1:length(sum(Lampsum)))/484)'))';
[lampsumfft1, newlampsumfft] = harmonicplotter(lampsumfft, freq, NoTStep);

%*****
**

iphase = 360 * (416 - 337) * timestep / 0.02
pw = cos(iphase*pi/180)

% Calculate Phase lag temp!!

harmonicst(:,1)
pwhrmc = cos(abs(asin(harmonicst(:,1) ./ (max(harmonicstabs'))'))))

iphase = 360 * (418 - 236) * timestep / 0.02
pw = cos(iphase*pi/180)

```

برنامه مربوط به شبیه سازی شبکه

```
close all;
clc; clear all

NumofHrnc = 5;
NumofLamp = 20;
NoHouses = 1000;
%NoTStep = 10000;
NoTStep = 4000;
freq = 50;
timestep = 9.9998e-006;

Lamps = zeros (NumofHrnc,NoTStep,NumofLamp);
Houses = zeros (2,NoTStep,NoHouses);

%pwrangle = [0.8:0.01:0.9 ; 0.75:0.01:0.85 ; 0.7:0.01:0.8 ; 0.65:0.01:0.75
; 0.6:0.01:0.7];
%amprangle = 2 * [0.9:0.01:1 ; 0.7:0.01:0.8 ; 0.5:0.01:0.6 ; 0.4:0.01:0.5
; 0.25:0.01:0.35];
powerfact = [0.0969; -0.1418; 0.2007; -0.2165; 0.1900];
harmphase = [0.3067; -2.0756; 0.8360; -2.7008; -0.3547];
currentamp = [0.3210; 0.2933; 0.2706; 0.2394; 0.2026];

for count = 1 : NumofLamp
%   powerfact = floor(100 * rand(5,1)) .* (pwrangle(:,3) -
pwrangle(:,1))/100 + pwrangle(:,1);
%   currentamp = floor(100 * rand(5,1)) .* (amprangle(:,3) -
amprangle(:,1))/100 + amprangle(:,1);
    for count1 = 1 : NumofHrnc
        for n = 1 : NoTStep
            Lamps(count1,n,count)= currentamp(count1)*
sin(2*pi*timestep*n*freq*count1 + harmphase(count1));
        end
    end
end
```



راهکار های استفاده بهینه از

لامپ های کم مصرف در شبکه برق کشور

با تکیه بر شبیه سازی

گزارش دوم مربوط به بندهای ۲-۶ شرح خدمات

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فصل اول منابع ایجاد هارمونیک در شبکه	۱
۱-۱-۱-۱ مدل سازی بارها در شبکه	۲
۱-۱-۱-۲ مدل فیزیکی در مقابل مدل جعبه سیاه	۲
۱-۱-۱-۳ داده برای مدل سازی بار	۲
۱-۱-۱-۴ نوع اندازه گیری	۴
۱-۱-۱-۵ انواع بار	۵
۱-۱-۱-۶ موتور های القایی	۵
۱-۱-۱-۷ روشنایی	۷
۱-۱-۱-۸ بار های گرمایشی	۷
۱-۱-۱-۹ تپ چنجر بار	۸
۲-۱ مدارهای الکترونیکی مولد هارمونیک	۸
۳-۱ مدل سازی مدارهای مولد هارمونیک	۱۰
۱-۳-۱ مدل لامپ کم مصرف	۱۰
۲-۳-۱ مدل رایانه شخصی	۱۳
۴-۱ سهم لامپ کم مصرف در مقایسه با بار های دیگر	۱۵
۱-۴-۱ یک لامپ کم مصرف در مقابل یک رایانه	۱۵
فصل دوم تاثیر حضور لامپ کم مصرف	۱۷
۱-۲ پارامتر های مهم کیفیت توان در شبکه	۱۸
۲-۲ مدل مصرف کننده مسکونی (خانه)	۱۹
۳-۲ مدل شبکه توزیع	۲۳
۱-۳-۲ مدل شبکه توزیع با بار مقاومتی و القایی	۲۴
۲-۳-۲ مدل شبکه توزیع با بار مقاومتی و القایی و لامپ کم مصرف	۲۶
۳-۳-۲ مدل شبکه توزیع با بار سلفی و لامپ کم مصرف	۳۰
۴-۲ مدل یک واحد اداری	۳۲
فصل سوم بررسی اثر لامپ کم مصرف در سه منطقه جغرافیایی	۳۸
۱-۳ بررسی شبکه توزیع در منطقه کوی نصر	۳۹
۲-۳ بررسی شبکه توزیع در منطقه افسریه	۴۶
۳-۳ تخمین شبکه توزیع در شهر اهواز	۴۹
فصل چهارم استفاده بهینه از لامپ کم مصرف در شبکه	۵۲
۱-۴ بررسی تاثیر CFL در شبکه های مقاومتی-القایی	۵۴
۲-۴ بررسی تاثیر CFL در شبکه های دارای بار هارمونیک زیاد	۵۵
فصل پنجم آینده لامپ های کم مصرف و فناوری های جدید تر	۵۸

۵۹	۱-۵ پیشرفت های فنی در ساخت لامپ کم مصرف
۶۰	۲-۵ فناوری های جدید تر، لامپ های LED
۶۱	۱-۲-۵ راه انداز LED
۶۱	۲-۲-۵ مزایای LED
۶۲	۳-۲-۵ مشکلات LED
۶۳	۶- نتیجه گیری:
۶۴	۷-مراجع
۶۶	ضمیمه ۱- برنامه پیاده شده در MATLAB

فهرست اشکال

عنوان	صفحه
شکل ۱-۱: مدار معادل یک موتور القایی در حالت دائم	۶
شکل ۲-۱: مدار معادل یک موتور القایی در حالت گذرا	۶
شکل ۳-۱: مدار بالاست یک لامپ کم مصرف شامل یکسو ساز خازنی	۹
شکل ۴-۱: مدل لامپ کم مصرف در Simulink	۱۰
شکل ۵-۱: مدار شامل بلوک جایگزین لامپ کم مصرف	۱۱
شکل ۶-۱: شکل موج ورودی مدار	۱۲
شکل ۷-۱: شکل موج جریان با فاز ثابت برای هر منبع جریان	۱۲
شکل ۸-۱: شکل موج جریان با فاز تصادفی برای هر منبع جریان	۱۳
شکل ۹-۱: شکل موج جریان مدار رایانه و هارمونیک های آن	۱۴
شکل ۱۰-۱: شکل موج مدار معادل به کار رفته برای رایانه با استفاده از هارمونیک های فرد ۱ تا ۹	۱۴
شکل ۱۰-۱: مدار به کار رفته برای مقایسه رایانه و لامپ کم مصرف	۱۶
جدول ۱-۱: مقایسه استفاده از لامپ معمولی و کم مصرف به همراه یک رایانه شخصی	۱۶
شکل ۱-۲: مدل واحد مسکونی با چهار بار مقاومتی و یک موتور	۲۰
شکل ۲-۲: مدل واحد مسکونی مقاومتی در شبکه بدون ترانسفورماتور	۲۱
جدول ۱-۲: نتایج شبیه سازی یک خانه با بار مقاومتی و موتور القایی	۲۱
شکل ۳-۲: مدل واحد مسکونی با دو بار مقاومتی، دو لامپ کم مصرف و یک موتور	۲۲
جدول ۲-۲: نتایج شبیه سازی یک خانه با ۲ بار مقاومتی، ۲ لامپ کم مصرف و موتور القایی	۲۲
جدول ۳-۲: نتایج شبیه سازی یک خانه با ۴ لامپ کم مصرف و موتور القایی	۲۳
جدول ۴-۲: نتایج شبیه سازی ۳۰ خانه با ۴ لامپ رشته ای و موتور القایی	۲۴
شکل ۴-۲: مدل شبکه با ۳۰ واحد مسکونی با چهار بار مقاومتی و یک موتور	۲۵
جدول ۵-۲: نتایج شبیه سازی ۳۰ خانه با ۵ لامپ رشته ای	۲۶
شکل ۵-۲: مدل شبکه با ۳۰ واحد مسکونی با دو بار مقاومتی، دو لامپ کم مصرف و یک موتور	۲۷
جدول ۶-۲: نتایج شبیه سازی ۳۰ خانه با ۲ لامپ رشته ای، دو لامپ کم مصرف و موتور القایی	۲۸
جدول ۷-۲: نتایج شبیه سازی ۳۰ خانه با ۳ لامپ رشته ای و دو لامپ کم مصرف	۲۸
شکل ۶-۲: شکل موج جریان شبکه شکل ۵-۲	۲۹
شکل ۷-۲: تبدیل فوریه جریان شبکه شکل ۵-۲	۲۹
شکل ۸-۲: شکل موج شبکه با ۳۰ خانه با ۳ لامپ رشته ای دو لامپ کم مصرف	۳۰
شکل ۸-۲: شکل موج جریان شبکه شامل لامپ کم مصرف و موتور القایی	۳۰
شکل ۹-۲: تبدیل فوریه شکل موج جریان شبکه شامل لامپ کم مصرف و موتور القایی	۳۱
جدول ۸-۲: نتایج شبیه سازی ۳۰ خانه با چهار لامپ کم مصرف و موتور القایی	۳۱
شکل ۱۰-۲: مدل اتاق یک اداره	۳۲
شکل ۱۱-۲: مدل یک واحد اداری با ۱۰ اتاق	۳۳
جدول ۹-۲: نتایج شبیه سازی یک واحد اداری با ۱۰ اتاق	۳۳

- شکل ۲-۱۲: شکل موج جریان مدار واحد اداری با سه لامپ معمولی در هر اتاق ۳۴
- شکل ۲-۱۳: شکل موج جریان مدار واحد اداری با دو لامپ معمولی در هر اتاق ۳۵
- شکل ۲-۱۴: شکل موج جریان مدار واحد اداری با یک لامپ معمولی در هر اتاق ۳۵
- شکل ۲-۱۵: شکل موج جریان مدار واحد اداری با سه لامپ کم مصرف در هر اتاق ۳۶
- شکل ۲-۱۵: نمایش حوزه فرکانس جریان مدار واحد اداری با سه لامپ کم مصرف در هر اتاق ۳۷
- شکل ۳-۱: نمونه یک واحد مسکونی در منطقه کوی نصر تهران ۴۰
- شکل ۳-۲: شبکه توزیع در منطقه کوی نصر تهران ۴۱
- جدول ۳-۱: نتایج شبیه سازی شبکه توزیع منطقه گیشا ۴۲
- شکل ۳-۳: افزایش نسبی تلفات هسته با افزایش تعداد لامپ های کم مصرف ۴۳
- شکل ۳-۴: افزایش نسبی اشباع هسته با افزایش تعداد لامپ های کم مصرف ۴۴
- شکل ۳-۵: افزایش نسبی ماکزیمم جریان با افزایش تعداد لامپ های کم مصرف ۴۵
- شکل ۳-۶: کاهش نسبی توان مصرفی با افزایش تعداد لامپ های کم مصرف ۴۶
- شکل ۳-۷: افزایش نسبی تلفات هسته در افسریه با افزایش تعداد لامپ های کم مصرف ۴۷
- شکل ۳-۸: افزایش نسبی اشباع هسته در افسریه با افزایش تعداد لامپ های کم مصرف ۴۷
- شکل ۳-۹: افزایش ماکزیمم جریان در افسریه ۴۸
- شکل ۳-۱۰: کاهش توان مصرفی در افسریه ۴۸
- شکل ۳-۱۱: افزایش تلفات هسته در اهواز ۴۹
- شکل ۳-۱۲: افزایش هیستریزیس هسته در اهواز ۵۰
- شکل ۳-۱۳: افزایش ماکزیمم جریان در اهواز ۵۰
- شکل ۳-۱۴: کاهش توان مصرفی در اهواز ۵۱
- شکل ۴-۱: تلفات هسته ترانسفورمر در یک شبکه مقاومتی-القایی با بارهای مختلف ۵۴
- شکل ۴-۱: تلفات هسته ترانسفورمر در یک شبکه مقاومتی-القایی با بارهای مختلف ۵۶

فصل اول منابع ایجاد هارمونیک در شبکه

۱-۱- مدل‌سازی بارها در شبکه

در دهه های اخیر به دلیل افزایش نیاز به شبیه سازی سیستم‌های الکتریکی تمایل به مدل کردن بارها پیوسته افزایش یافته است. تاثیر اساسی مدل مناسب بار بر شبیه سازیهای دقیق در منابع مختلف نشان داده شده ([۲] و [۳]) و در نتیجه نیاز به یافتن مدل های دقیق بار افزایش یافته است. بیشتر کار هایی که در گذشته برای مدل کردن بار ها انجام شده با هدف مدل‌سازی ماشین های القایی صورت گرفته است. مدل‌های استاتیک بیشتر برای تحلیل حالت دائم شبکه به کار می روند، حال آنکه مدل های دینامیک برای تحلیل حالت گذرای شبکه مورد استفاده واقع می گردند. تنوع و تعدد بارها در شبکه نیاز به یافتن مدل های استاتیک و دینامیک را به شدت افزایش داده است. مدل‌سازی شبکه با دیدگاه های مختلفی انجام می گیرد که در اینجا مختصراً به آنها اشاره می شود.

۱-۱-۱- مدل فیزیکی در مقابل مدل جعبه سیاه

مدلی که بر اساس دانش مهندسی بنیادی درباره پدیده فیزیکی موثر بر سیستم بنا می شود "مدل فیزیکی" نام دارد. یک مدل پایه بر اساس قوانین اولیه نتایج دقیقی را هنگام شبیه سازی ارائه می کند، ولی در صورت کار با یک سیستم پیچیده، سختی به دست آوردن تمام قوانین فیزیکی موثر بر سیستم و پارامتر های مهم آن ایجاب می کند که مدل ها بر اساس قوانین تجربی به دست آیند. هنگامی که مدل بر اساس روابط تجربی بین ورودی و خروجی به دست آیند، مدل را "مدل جعبه سیاه"^۲ یا "مدل تجربی"^۳ می نامند. بنابراین مدل جعبه سیاه در صورتی ارائه می شود که دانش کافی برای ایجاد مدل فیزیکی موجود نباشد و یا کارکرد سیستم بسیار پیچیده باشد، اما داده کافی برای ایجاد یک رابطه ریاضی بین ورودی و خروجی اندازه گیری شده سیستم موجود باشد.

۱-۱-۲- داده برای مدل‌سازی بار

دو روش برای به دست آوردن داده در مشخصه های بار مرکب وجود دارد؛ روش/اندازه گیری و روش/اجزای سازنده.

^۱ Physical Model

^۲ Black Box

^۳ Empirical Model

روش/اندازه گیری شامل اندازه گیری های مستقیم در ایستگاه های فرعی و فیدر های معین، برای تعیین حساسیت ولتاژ و فرکانس به توان اکتیو P و راکتیو Q می باشد. داده به صورت اندازه گیری واقعی^۱ و شامل تغییرات ولتاژ و فرکانس و تغییرات متناظر بار های اکتیو و راکتیو، اعم از اغتشاشات عمدی، اندازه گیری های تست و یا اتفاقات طبیعی و داده مربوط به حالت عادی می باشد. با تطبیق داده اندازه گیری شده به یک مدل پیش فرض، پارامتر های مدل به دست می آیند. تکنیک های به کار رفته بستگی به پیچیدگی مدل فرض شده و مشخصات اندازه گیری میدانی دارند. تعیین پارامتر ها در مدل بار حالت استاتیک با استفاده از داده حالت عادی در مقایسه با تعیین مدل دینامیک سراسر تر است.

مزیت اصلی روش مبتنی بر اندازه گیری در دسترس بودن داده واقعی از سیستم مورد بررسی، همچنین امکان ردگیری تغییرات فصلی و نیز انحرافات از کارکرد طبیعی می باشد. در مقابل، این روش متضمن سرمایه گذاری مادی برای ابزار مناسب اندازه گیری و مونیتور کردن بار های اصلی در سیستم می باشد.

روش مبتنی بر/اجزای سازنده شامل ایجاد یک مدل بار مرکب [۳] از معلومات موجود از اجزای سازنده آن، مثلاً ترکیب دسته ها در هر ایستگاه فرعی، ترکیب هر یک از این دسته ها و مشخصه اصلی هر جزء بار منفرد می باشد. داده مرکب دسته بار^۲ درصد هر یک از انواع بار مانند صنعتی، خانگی، تجاری را روی مصرف در هر خط (باس) معین توضیح می دهد. داده بار مرکب بیانگر درصد هر جزء بار مانند گرمایش الکتریکی، تهویه مطبوع و موتور های القایی به توان مصرفی اکتیو یک نوع بار خاص، و داده مشخصه بار مرتبط به مشخصه فیزیکی هر کدام از این اجزا می باشد.

مزیت اصلی این روش عدم نیاز به اندازه گیری میدانی، آسان تر بودن تطبیق با سیستم ها و شرایط مختلف و آسان تر بودن استفاده عملی می باشد. در مقابل، چون داده نوع بار از باس به باس متغیر و وابسته به زمان و وضع هوا است، معمولاً ضروریست که داده نوع بار هر چند گاه یک بار برای هر باس سیستم نوع بار تعیین و به روز شود.

¹ insitu² Load class mix data

۱-۱-۳ نوع اندازه گیری

استفاده از اندازه گیری پیوسته میدانی اطلاعات بلادرنگ از وضعیت سیستم ارائه می کند. گردآوری داده شامل مونیتورینگ پیوسته برای ذخیره و ارائه اطلاعات به شکل مناسب و پردازش داده ها است. وقتی این پروسه به گردآوری داده و مونیتورینگ محدود شود، اپراتور ها باید تصمیمات کنترلی مرتبط با بی نظمی های موجود در سیستم را اتخاذ نمایند. در راه حل های پیشرفته تر، اطلاعات آنلاین جمع آوری شده، سیستم کنترلی و مشاهدات اپراتور را با هم تلفیق می کنند. مشکل در این اندازه گیری ها هزینه پیاده سازی و نگهداری تجهیزات می باشد. پردازش آنلاین داده، اطلاعات سیستم در یک دوره زمانی گذشته را ارائه می دهد. بدین طریق مقایسه مشخصه های سیستم در زمان ها و مکان های مختلف ممکن می شود و پایگاه های داده غنی برای اهداف پژوهشی فراهم می گردد. مشکل اصلی این اندازه گیری ها این است که آنالیز و تشخیص بی نظمی ها در سیستم و عملیات کنترلی درون سیستم انجام نگرفته و مشاهده واکنش سیستم به آنها مقدور نمی باشد. به علاوه چون مدل های بار سیستم قدرت به علت شرایط محیطی و سیستمی تغییراتی در ساختار مدل و پارامتر های آن نشان می دهند، کمیت داده ای که باید به صورت آنلاین جمع آوری شود زیاد است.

هر دو روش اندازه گیری می توانند نتیجه اندازه گیری میدانی حاصل از اندازه گیری در حالت کارکرد طبیعی باشند. استفاده از داده حالت کارکرد طبیعی از لحاظ اقتصادی و فنی بهتر است. انجام یک تست شامل تغییراتی در کارکرد عادی و ناخشنودی مشترکان می گردد. نیاز به نیروی انسانی نیز باعث گران تر شدن تست ها می شود. از دید فنی، داده عملکرد طبیعی نه تنها توصیف کننده ی پدیده خاص است، بلکه اثر تمام دینامیک های موثر بر سیستم را شرح می دهد.

۱-۱-۴- انواع بار

از آنچه گفته شد می‌دانیم که ترکیب بار در یک ناحیه معین با داده دسته بار، ترکیب هر یک از دسته‌ها و مشخصه هر جزء بار منفرد مشخص می‌گردد. نوع یا دسته بار معمولاً به گروه‌های صنعتی، خانگی، تجاری و کشاورزی دسته‌بندی می‌شود. بار صنعتی به طور عمده مربوط به مصارف صنعتی بوده و تا ۹۵ درصد آن مربوط به موتورهای صنعتی است. صنایع سنگین ممکن است از گرمایش الکتریکی نیز استفاده کنند مثلاً در جوش الکتریکی. بار خانگی عمدتاً مربوط به لوازم برقی منزل است اما بخش مهمی از آن شامل سیستم‌های گرم‌کننده و خنک‌کننده در زمستان و تابستان می‌باشد. بار تجاری نیز مربوط به سیستم‌های تهویه مطبوع و روشنایی بوده و بار کشاورزی بار موتورهای القایی پمپ‌ها است.

به طور کلی بارهای مختلف در یکی از چهار گروه زیر دسته‌بندی می‌شوند:

- بارهای دارای مشخصه الکتریکی یا مکانیکی "دینامیک سریع" مانند موتورهای القایی
- بارهایی که در مقابل تغییرات ولتاژ رفتار ناپیوسته شدیدی بروز می‌دهند مانند محافظ‌های موتور و تخلیه

الکتریکی

- بارهایی که در مقابل خطاهای ولتاژ رفتار ناپیوسته یا تاخیر شدیدی بروز نمی‌دهند مانند لامپ‌های رشته

ای

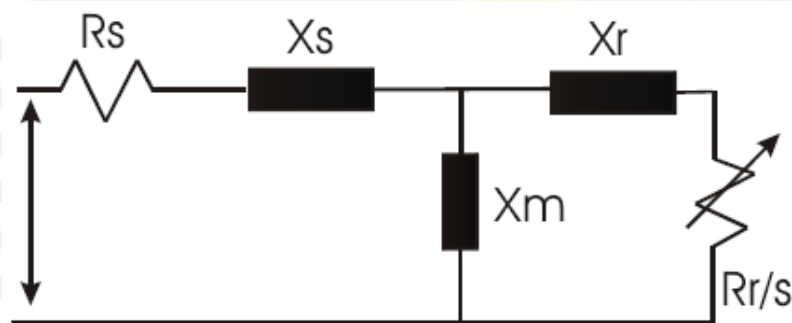
- بارهای با مشخصه "کند" نظیر گرم‌کننده‌های برقی

در ادامه توضیحاتی درباره بعضی اجزای بار مهم یعنی موتور القایی، روشنایی معابر، گرمایش الکتریکی و LTC ها ارائه می‌شود [۳] و [۴] و [۵] و [۶].

۱-۱-۴-۱- موتورهای القایی

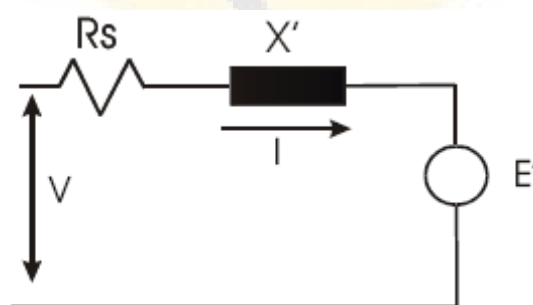
میزان زیادی از توان به وسیله موتورهای القایی کمپرسور سیستم‌های خنک‌کننده و تهویه مطبوع در مناطق مسکونی و تجاری استفاده می‌گردد. این بارها در تمام سرعت‌ها گشتاور تقریباً ثابتی دارند و از نظر تقاضا پر مصرف‌ترین به شمار می‌روند. در مقابل، پمپ‌ها و فن‌ها و کمپرسورها بیش از نیمی از موتورهای بخش صنعت را تشکیل می‌دهند. موتورها در مجموع ۶۰ تا ۷۰ درصد توان شبکه‌ها را مصرف می‌کنند و دینامیک آنها برای

بررسی پایداری ولتاژ و پایداری بلند مدت اهمیت دارد. مدل ساده شده یک موتور القایی در شکل ۱-۱ رسم شده است.



شکل ۱-۱: مدار معادل یک موتور القایی در حالت دائم

R_s ، R_r و X_s و X_r مقاومت و راکتانس استاتور و روتور هستند. X_m راکتانس مغناطیسی و s خطای موتور است. از دینامیک شار استاتور معمولاً در حالت پایدار، و از شار روتور در حالت مدت دار صرف نظر می شود. شکل ۲-۱ مدار معادل حالت گذرا را نشان می دهد که در آن موتور القایی با یک فیلتر الکترومغناطیسی emf گذرا E در پشت یک امپدانس گذرا X مدل شده است.



شکل ۲-۱: مدار معادل یک موتور القایی در حالت گذرا

۱-۱-۴-۲- روشنایی

بخار جیوه، بخار سدیم و بارهای فلئورسنت مهم ترین نوع بارهای روشنایی در صنعت و روشنایی خیابان هستند و بخش بزرگی از بار در مناطق تجاری را تشکیل می دهند. این بارها بسیار به نوسانات ولتاژ حساسند زیرا در ۸۰ درصد ولتاژ خاموش می شوند. ادوات جیوه ای بر اساس تخلیه الکتریکی کار می کنند یعنی وقتی یک لامپ جیوه روشن می شود مشخصه روشنایی آبی ضعیفی دارد که تا زمانی که فشار و دما بالا می رود به سفید روشن تغییر می کند. این فرآیند برای رسیدن به پایداری به ۲ تا ۵ دقیقه زمان نیاز دارد و در این مدت مصرف بین ۴۰ تا ۵۰ درصد حالت پایدار است. زمانی که لامپ خاموش می شود، مدتی زمان لازم دارد تا خنک شود و عمل تخلیه را دوباره بتوان برقرار نمود. لامپ سدیم به همان صورت لامپ جیوه کار می کند. چون این لامپ در دما و فشار بالاتری کار می کند کیفیت روشنایی بهتر است و زمان شروع مجدد کوتاه تر. لامپ فلئورسنت متداول ترین نوع روشنایی مورد استفاده در ادارات، مراکز خرید، و به طور کلی نواحی تجاری است زیرا هزینه تولید آن پایین است و راندمان بالایی دارد. تنها چند ثانیه پس از روشن شدن، مصرف توان به ۹۰ درصد حالت دائمی می رسد.

۱-۱-۴-۳- بارهای گرمایشی

درصد مهمی از مصرف در نواحی مسکونی آبگرمکن ها، فرها و بخاری های برقی و در صنعت، جوشکاری، لحیم کاری، قالب سازی ها و بویلرها هستند که مانند یک بار مقاومتی ثابت ولی در زمان کوتاه رفتار می کنند. بلافاصله پس از افت ولتاژ، نوسانات احتمالی توان ورودی دستگاه به ندرت دما و در نتیجه مشخصه مقاومتی آن را تغییر می دهد. پس از چند ثانیه و به خاطر کاهش تولید گرما دوره اتصال ترموستات طولانی تر می شود تا دمای از دست رفته را باز یابد. در شرایط ولتاژ پایین دما کند تر افزایش می یابد. برای ترموستات هایی که در وضعیت قطع قرار دارند تا زمانی که وصل نشوند دما به صورت عادی افت کرده و اثر افت ولتاژ مشاهده نمی شود. وقتی ولتاژ پایین است ترموستات عمدتاً در وضعیت روشن باقی می ماند و بنابراین مصرف توان، مشابه کار در حالت نرمال است. این بار همانند یک بار مقاومتی ثابت که همواره روشن است کار می کند. در شرایط جوی خاص مانند یک زمستان سرد، بازیابی کامل گرما ممکن است مقدور نباشد زیرا ترموستات در ۱۰۰ درصد زمان ها وصل است.

۱-۱-۴- تپ چنجر بار

ترانسفورمر های تپ چنجر بار عنصر بار به شمار نمی روند بلکه از دید سیستم انتقال ممکن است به صورت بار دیده شوند که پس از یک اغتشاش، ولتاژ سیستم انتقال فرعی و سیستم توزیع را بازیابی می کنند ولی بر وضعیت بار های حساس به ولتاژ در شبکه اثر می گذارند. بازیابی ولتاژ و در نتیجه افزایش این بار ها در شبکه ممکن است به ناپایداری ولتاژ و متلاشی شدن شبکه بیانجامد.

۱-۲- مدارهای الکترونیکی مولد هارمونیک

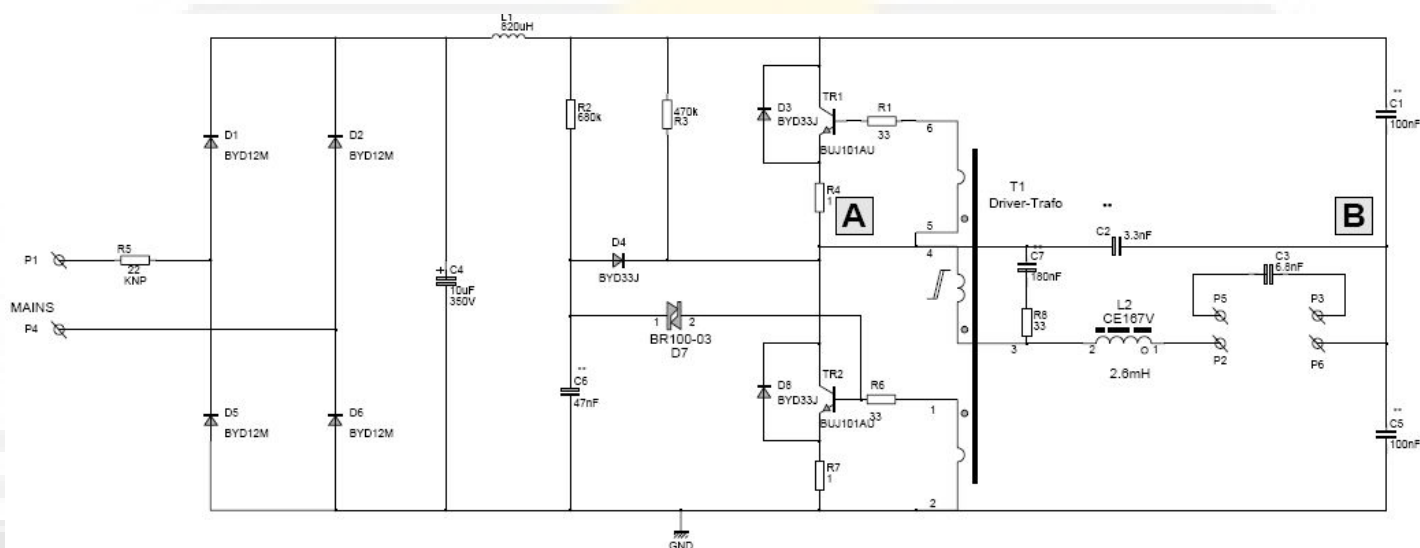
هارمونیک های جریان تولید شده توسط وسایل مدرن امروزی موجب ایجاد گرما در سیستم توزیع قدرت شده و به هزینه برق مصرف کننده می افزایند. اندازه گیری ها حاکی از آن است که تلفات گرمایی در سیم کشی ها ناشی از هارمونیک های ایجاد شده توسط لوازم الکترونیکی غیر خطی در یک سیستم الکتریکی مانند یک ساختمان اداری ممکن است بیش از دو برابر تلفات بارهای خطی باشد. اگر به این هزینه ها جریان ادی^۱ ترانسفورمر و تلفات ناشی از آن را بیفزاییم، نتایج ایجاب می کند که تا حد امکان از بار های غیر خطی پرهیز نمود و یا از روش های کاهش هارمونیک ها استفاده نمود. هدف نهایی این پروژه بررسی اثر جایگزین کردن لامپ معمولی رشته ای با لامپ کم مصرف می باشد. از آنجا که لامپ کم مصرف مولفه های هارمونیک و وارد شبکه می کند، تاثیر واقعی آن را در کاهش مصرف باید با توجه به سایر المان های شبکه در نظر گرفت. در این بخش و فصل های بعدی به ارائه یک مدل علمی و جامع از شبکه پرداخته شده تا با توجه به آن برآورد درست و قابلیت پیش بینی از نتایج جایگزین کردن لامپ کم مصرف به دست آید و تدوین الگوی صحیح مصرف استفاده از آن ارائه شود.

بالاست^۲ لامپ کم مصرف مانند سایر ادوات الکترونیکی که از یک یکسو ساز همراه با یک خازن بزرگ برای کاهش اثر ریبیل و ایجاد یک شکل موج تقریباً جریان مستقیم (DC) استفاده می کنند باعث ایجاد هارمونیک های فرد جریان در شبکه می گردد. رایانه های شخصی و چاپگر ها منابع دیگر هارمونیک به شمار می روند. اثر این هارمونیک ها در بار های مقاومتی و ترانسفورمر ها مشهود تر است تا در خود بار، و به طور کلی باعث افزایش

^۱ Eddy Current

^۲ Ballast

تلفات در عناصر انتقال دهنده توان که توان اصلی را به همراه هارمونیک‌ها منتقل می‌کنند می‌گردد. در محیط‌های اداری که تعداد زیادی ادوات الکترونیکی نظیر رایانه‌ها و چاپگرها همواره روشن هستند ضریب توان حتی قبل از استفاده از لامپ کم مصرف بسیار پایین بوده و تلفات در سیم‌کشی بسیار زیاد است. در شکل ۱-۱ مدار بالاست یک لامپ کم مصرف که شامل یکسو ساز خازنی است آورده شده است [۸].



شکل ۱-۳: مدار بالاست یک لامپ کم مصرف شامل یکسو ساز خازنی

برای به دست آوردن یک ولتاژ مستقیم مناسب نیاز به خازن بزرگی، حدود ۲ میکرو فاراد برای هر وات توان مصرفی داریم. بنابراین برای یک لامپ کوچک ۲۵ وات نیاز به خازنی حدود ۵۰ میکرو فاراد داریم. بسیاری از طرح‌های استاندارد خازن ۴۷ میکرو فاراد را که مقدار تجاری استاندارد است استفاده می‌کنند. در چنین مداري معمولاً از یک فیلتر EMI نیز برای کاهش تداخل الکترومغناطیسی استفاده می‌شود. خازن فقط در لحظاتی که که پیک ولتاژ ورودی از ولتاژ خازن بیشتر است شارژ می‌شود. چون امپدانس خازن کم است، جریان شارژ کننده آن شامل پیک‌های بزرگ در بازه‌های کوتاه است که موجب ایجاد پالس‌های جریان شامل هارمونیک‌ها در بخش AC مدار می‌گردد.

اعوجاج هارمونیک یا THD^1 به صورت زیر تعریف می شود:

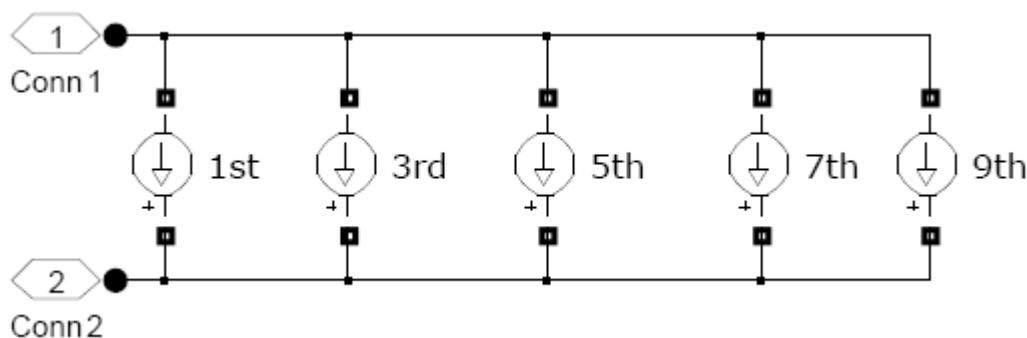
$$THD = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{\infty} I_h^2}}{I_1}$$

در این رابطه I_h مقدار rms جریان هارمونیک h ام و I_1 مقدار rms جریان اصلی است. معمولاً اعوجاج هارمونیک شکل موج ولتاژ از ۵٪ تجاوز نمی کند، حال آنکه شکل موج جریان دستگاه های الکترونیکی به راحتی از ۱۰۰٪ هم فراتر می رود [۱].

۱-۳- مدل سازی مدارهای مولد هارمونیک

۱-۳-۱ مدل لامپ کم مصرف

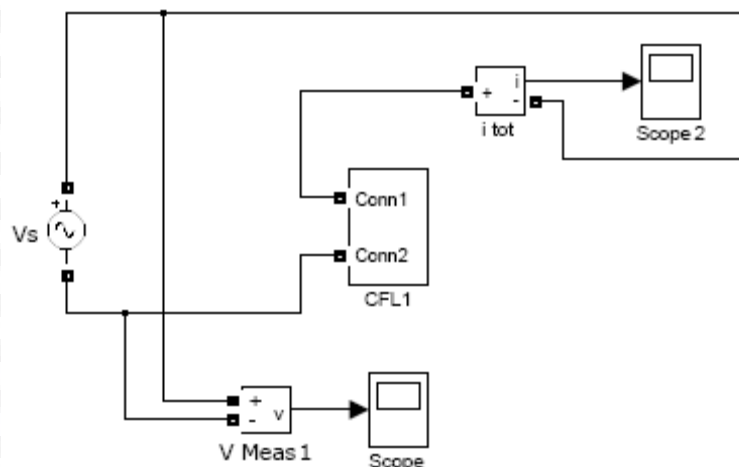
همانگونه که پیش تر ملاحظه شد لامپ کم مصرف را می توان به صورت ترکیب چندین منبع جریان با فرکانس و فاز های مختلف نمایش داد. در نرم افزار Simulink چنین مدلی را می توان به صورت شکل ۱-۴ نمایش داد.



شکل ۱-۴: مدل لامپ کم مصرف در Simulink

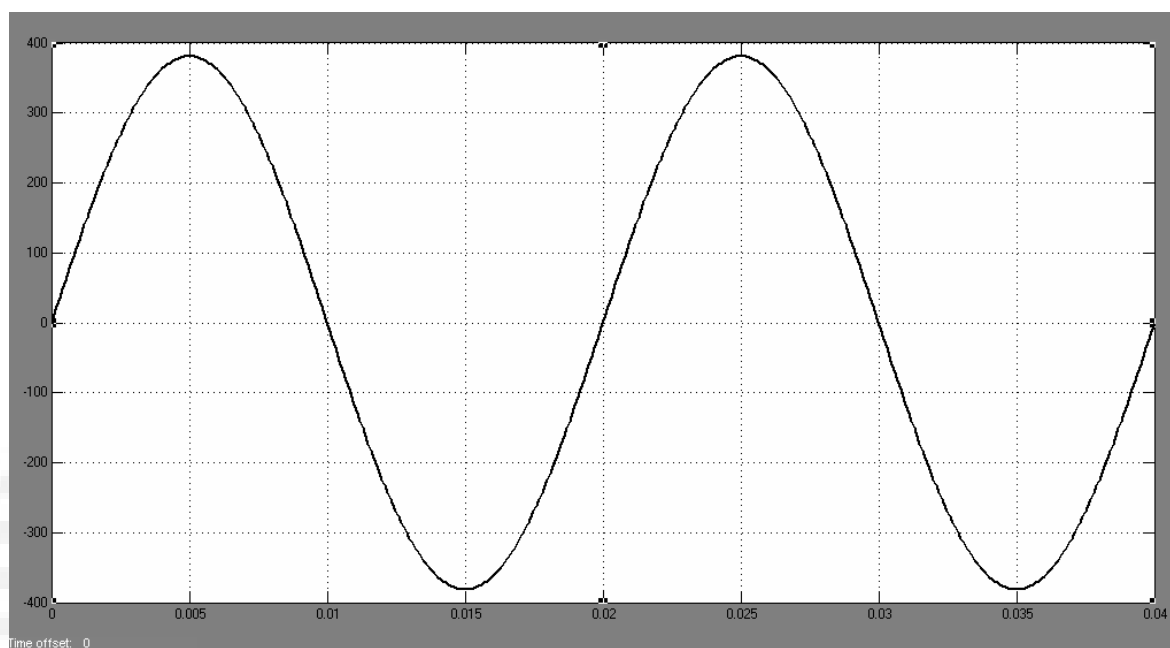
¹ Total Harmonic Distortion

این مدار را می توان در Simulink به صورت یک بلوک یا Subsystem نمایش داد. به این صورت نیازی به تکرار ترسیم منابع جریان نخواهد بود. شکل ۵-۱ یک مدار شامل منبع ولتاژ، لامپ کم مصرف و اسیلوسکوپ برای نمایش جریان و ولتاژ را نشان می دهد.

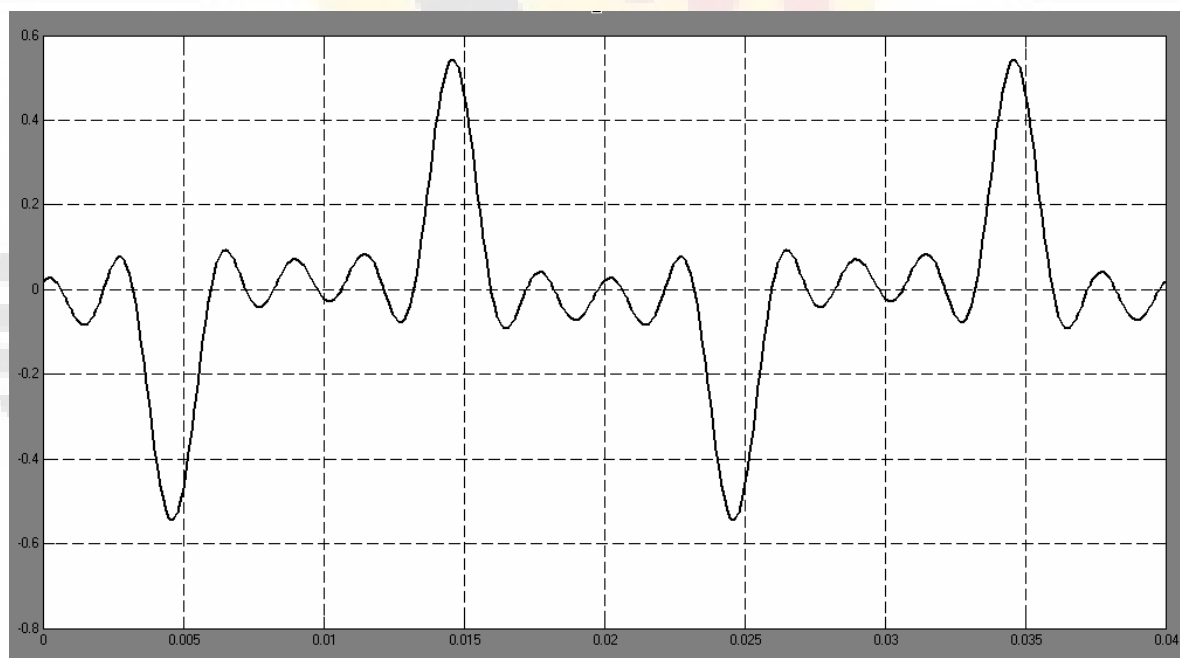


شکل ۵-۱: مدار شامل بلوک جایگزین لامپ کم مصرف

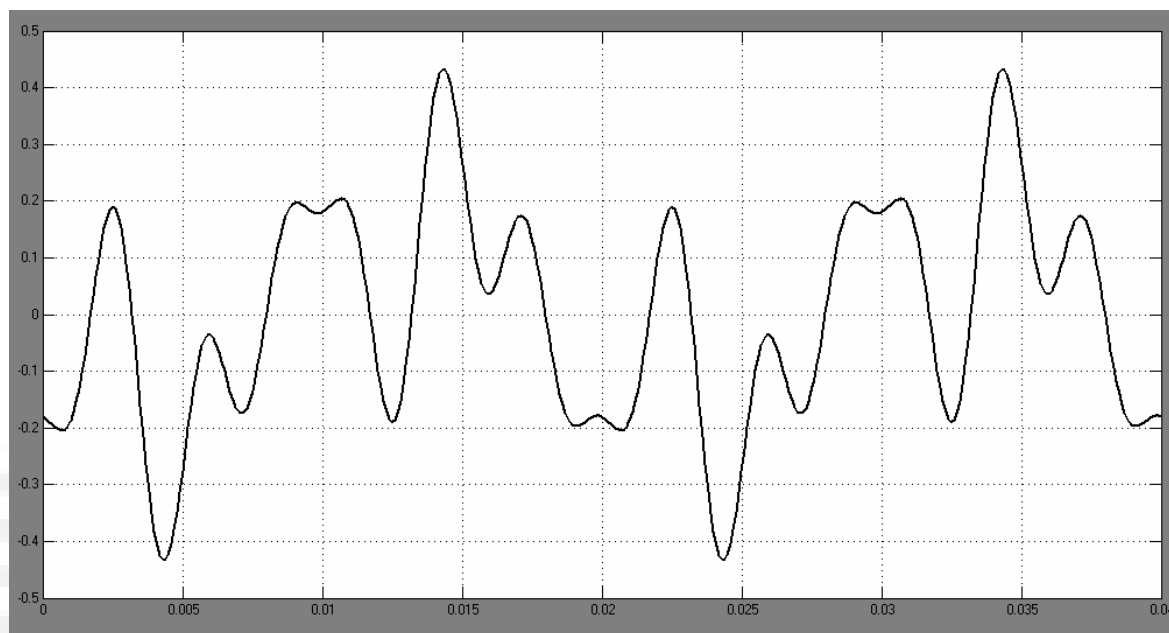
در شکل های ۷-۱ و ۸-۱ شکل موج جریان این مدار را در حضور منبع ولتاژ سینوسی برق شهر (شکل ۶-۱) مشاهده می شود. شکل ۷-۱ جریان را در صورتی نشان می دهد که برای هر یک از منابع جریان شکل ۴-۱ فاز ثابتی در نظر بگیریم، اما در شکل ۸-۱ فاز منابع جریان به صورت تصادفی و از یک بازه حول فاز های شکل ۷-۱ انتخاب می شود. واضح است که طبیعت تصادفی فاز ها به کاهش پیک جریان و در نتیجه افزایش ظرفیت و کارایی شبکه کمک می کند. در اینجا تفرانس فاز قدری اغراق آمیز (حدود یک رادیان یا ۵۷- تا ۵۷+ درجه) فرض شده است. روش دیگری که می توان برای این منظور در نظر گرفت انتخاب یک فاز تصادفی برای برآیند منابع جریان، یعنی برای شکل موج شکل ۷-۱ می باشد. در بخش های بعدی و در شبیه سازی شبکه از این مدل و با تفرانس فاز ۱۰- تا ۱۰+ درجه در نظر گرفته می شود.



شکل ۱-۶: شکل موج ورودی مدار



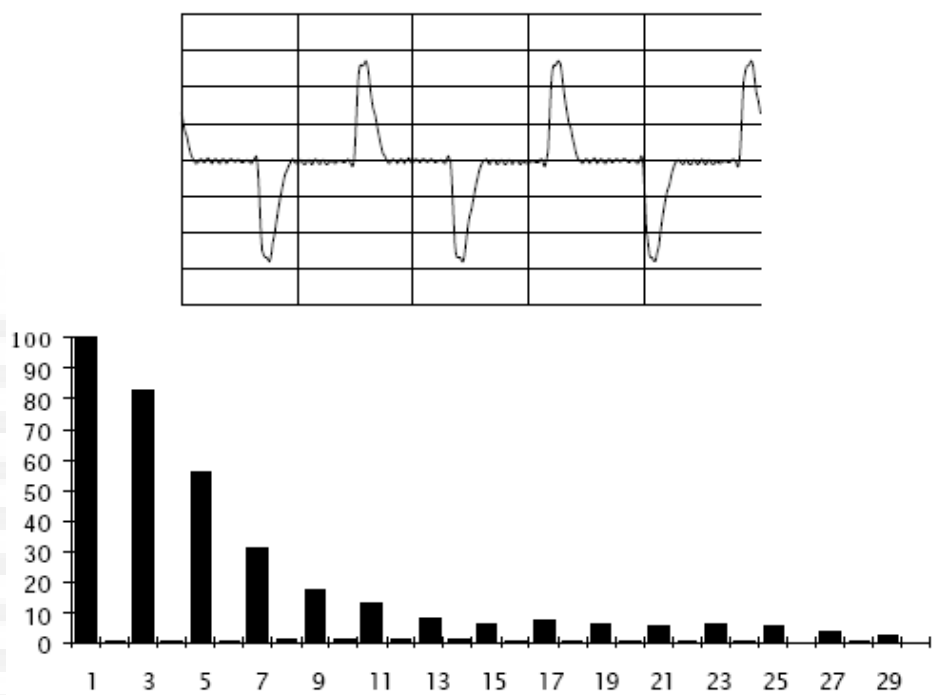
شکل ۱-۷: شکل موج جریان با فاز ثابت برای هر منبع جریان



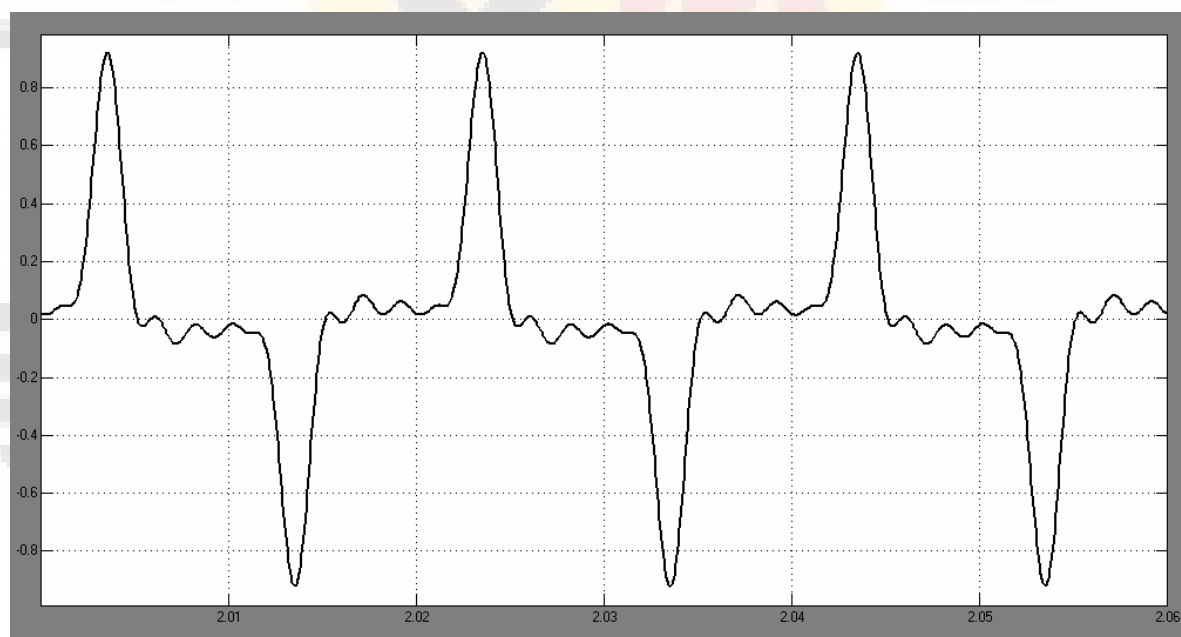
شکل ۱-۸: شکل موج جریان با فاز تصادفی برای هر منبع جریان

۱-۳-۲ مدل رایانه شخصی

رایانه های شخصی و وسایل مشابه از قبیل چاپگر ها و ... نیز به علت وجود طبقه یکسو ساز، در شبکه ایجاد هارمونیک می کنند. این اثر به ویژه در ساختمان های اداری قابل توجه است. در این بخش رایانه شخصی چون متداول تر است به عنوان منبع ایجاد هارمونیک در مقابل لامپ کم مصرف بررسی می شود. اندازه هارمونیک ها در رایانه شخصی به دقت اندازه گیری شده و در منابع معتبر موجود است [۱]. شکل ۱-۷ میزان نسبی این هارمونیک ها را نشان می دهد. بنابر این می توان مدلی مشابه آنچه در شکل ۱-۲ به کار رفت برای رایانه استفاده نمود. شکل ۱-۸ جریان ناشی از این مدل را برای یک رایانه ۴۰ وات و ضریب پیش فاز ۸۲٪ نشان می دهد. فاز منابع جریان در اینجا ثابت فرض شده اند.



شکل ۹-۱: شکل موج جریان مدار رایانه و هارمونیک های آن



شکل ۱۰-۱: شکل موج مدار معادل به کار رفته برای رایانه با استفاده از هارمونیک های فرد ۱ تا ۹

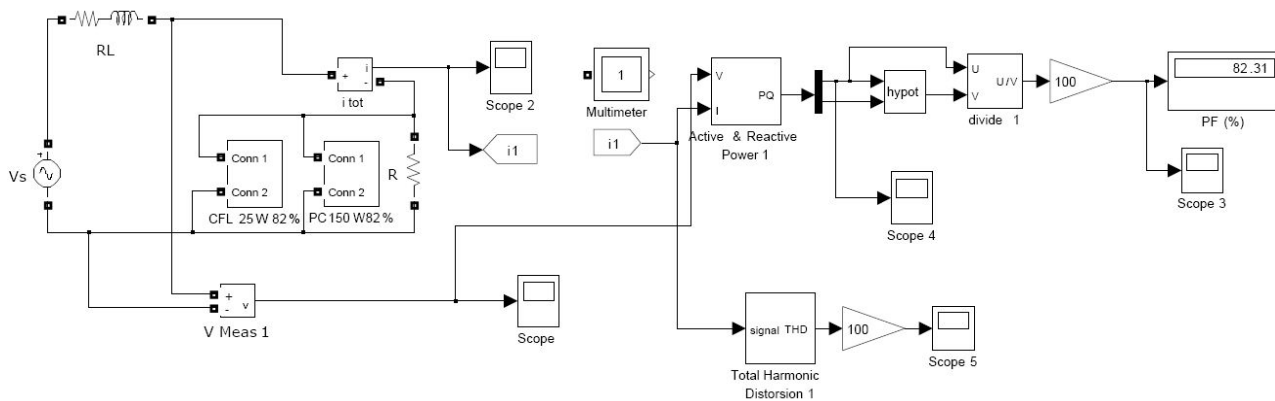
از آنجا که همیشه رایانه شخصی با یک مونیتور همراه است به جای مجموعه آنها از یک منبع هارمونیکی ۱۵۰ وات و با شکل موج مشابه شکل ۱-۱۰ استفاده می‌کنیم.

۱-۴- سهم لامپ کم مصرف در مقایسه با بارهای دیگر

در این بخش به مقایسه لامپ کم مصرف و رایانه شخصی می‌پردازیم. مقایسه یک لامپ و یک رایانه از نظر عملی صحیح به شمار نمی‌رود زیرا به ویژه برای مصرف کننده های خانگی، در هر خانه معمولاً یک رایانه شخصی و چند لامپ وجود دارد. در ادامه موارد مختلفی بررسی می‌شود. چون توان مصرفی رایانه چندین برابر لامپ کم مصرف است، میزان تاثیر لامپ کم مصرف به طور منفرد در شبکه بسیار کمتر از رایانه و بسیاری ادوات الکترونیکی دیگر می‌باشد. اما آنچه نقش لامپ را پر رنگتر می‌کند استفاده انبوه تر و همچنین وجود انتخاب دیگر (لامپ رشته ای) می‌باشد، حال آنکه در مورد وسایلی مانند رایانه، جایگزین خاصی برای این وسیله موجود نمی‌باشد. به عبارت دیگر حضور لامپ کم مصرف در شبکه وقتی محسوس خواهد بود که بدانیم به ازای هر ۲۰ وات توان اضافه شده (آغشته به هارمونیک) ۱۰۰ وات از توان شبکه که مربوط به لامپهای رشته ای است خارج می‌شود. نتایج شبیه سازی ها فقط در حضور رایانه های شخصی متعدد بررسی شده است که نشان دهنده سهم بیشتر رایانه شخصی در مقایسه با لامپ کم مصرف است.

۱-۴-۱ یک لامپ کم مصرف در مقابل یک رایانه

برای درک بهتر و مقایسه بین تاثیر لامپ کم مصرف و رایانه در شبکه حالت های مختلفی بررسی می‌شوند. در اولین تجربه، یک لامپ کم مصرف ۲۵ وات در مقابل یک رایانه ۱۵۰ وات قرار می‌گیرد. این تجربه امکان برآورد سرانگشتی تعداد قابل قبول لامپ های کم مصرف را در شبکه فراهم می‌کند. شکل ۱-۱۱ یکی از مدارهای به کار رفته برای این تجربه را نشان می‌دهد.



شکل ۱-۱۰: مدار به کار رفته برای مقایسه رایانه و لامپ کم مصرف.

همانطور که در شکل مشخص است این مدار برای تاثیر متقابل یک لامپ کم مصرف و یک رایانه شخصی پیکر بندی شده است.

اشباع ترانسفورمر بر اثر پدیده هیستریزیس و تلفات جریان ادی دو پدیده منفی مهم در بررسی شبکه ها هستند که هر دو به فرکانس بستگی دارند و بنابراین وجود هارمونیک ها روی آنها اثر منفی دارد. اشباع یا هیستریزیس در هسته متناسب با $f \times I$ است و تلفات ادی با $f^2 \times I^2$ نسبت دارد. در یک سیستم ساده شامل یک لامپ و یک رایانه توان مصرفی در صورت جایگزین کردن لامپ معمولی با کم مصرف به شکل محسوسی کاهش می یابد، اما هسته سریع تر اشباع می شود. نتایج این بررسی در جدول ۱-۱ خلاصه شده است.

جدول ۱-۱: مقایسه استفاده از لامپ معمولی و کم مصرف به همراه یک رایانه شخصی

فرکانس هارمونیک جریان	۵۰	۱۵۰	۲۵۰	۳۵۰	۴۵۰
اندازه هارمونیک رایانه	۱/۱۷۱	۰/۹۷۲	۰/۶۴۴	۰/۳۸۶	۰/۲۲۲
اندازه هارمونیک لامپ	۰/۲	۰/۱۸۲	۰/۱۶۲	۰/۱۳۸	۰/۱۱۲
نسبت تلفات ادی (کم مصرف به معمولی)	۱/۵۷				
نسبت اشباع (کم مصرف به معمولی)	۱/۲۶				

همانطور که در جدول ۱-۱ مشاهده می شود، با وجود استفاده از تنها یک لامپ کم مصرف در شبکه، تلفات هسته افزایش می یابد و اشباع ترانسفورمر نیز زودتر اتفاق می افتد. یعنی جایگزینی یک لامپ کم مصرف به جای لامپ رشته ای در حالتی که یک رایانه نیز در شبکه حضور داشته باشد می تواند به افزایش تلفات هسته ترانسفورماتور منجر شود.



فصل دوم تاثیر حضور لامپ کم مصرف بر کاهش کیفیت توان شبکه

در فصل اول مشاهده کردیم که در حضور رایانه شخصی، استفاده از لامپ کم مصرف به جای لامپ معمولی موجب افزایش تلفات هسته و اشباع زودرس می شود. در این فصل مدل شبکه توزیع با توجه به المان های شبکه مدلسازی می شود. شبکه توزیع ساده ای که در اینجا بررسی می گردد ساده و شامل یک ترانس توزیع 20KV به 400V است. مصرف کننده ها عمدتاً مشترکان خانگی فرض شده اند. از آنجا که تعداد و تنوع وسایل برقی در منازل زیاد است، در این فصل به لوازمی که کاربرد انبوه تری دارند و تقریباً در همه منازل مسکونی در کشورمان یافت می شوند پرداخته شده است. این وسایل شامل بار مقاومتی (لامپ رشته ای 100W)، لامپ کم مصرف و موتور القایی آسنکرون تک فاز است که می تواند نماینده یخچال یا کولر آبی باشد. بدیهی است که تفاوت کار این دو وسیله در رژیم به کارگیری آنهاست، به طوری که یخچال در تمام فصول سال ولی با قطع و وصل های متناوب در شبکه در نظر گرفته می شود، حال آنکه کولر آبی در بیشتر نقاط کشورمان در طول فصل گرم تقریباً به طور شبانه روزی روشن است. در فصل های بعدی اثر بار های دیگر به ویژه بار های الکترونیکی در منازل مسکونی و همچنین واحد های اداری و صنعتی بررسی می شود. برای مدلسازی شبکه از نرم افزار Simulink از مجموعه MATLAB استفاده شده که ابزار توانمندی در مدلسازی بلوکی سیستم ها از جمله سیستم های قدرت می باشد.

۲-۱- پارامتر های مهم کیفیت توان در شبکه

در بررسی کیفیت توان در شبکه های قدرت پارامتر های مختلفی مورد بررسی قرار می گیرند که در فصل قبل به طور پراکنده به بعضی از آنها اشاره شد. بعضی از مهم ترین این پارامتر ها به شرح زیرند:

- ضریب توان: عبارت از اختلاف فاز بین ولتاژ و جریان است. از آنجا که لامپ کم مصرف دارای مشخصه پیش فاز است، بر این پارامتر اثر می گذارد.
- تلفات توان شبکه : تلفات توان عبارت است از اختلاف بین توانی که ترانسفورماتور تحویل می دهد و توانی که مصرف کننده ها دریافت می کنند. این توان در خطوط توزیع که سلفی هستند تلف می شود. لامپ کم مصرف یا هر مصرف کننده هارمونیکی دیگر ممکن است بسته به شرایط موجود در شبکه تلفات توان را کاهش دهد.

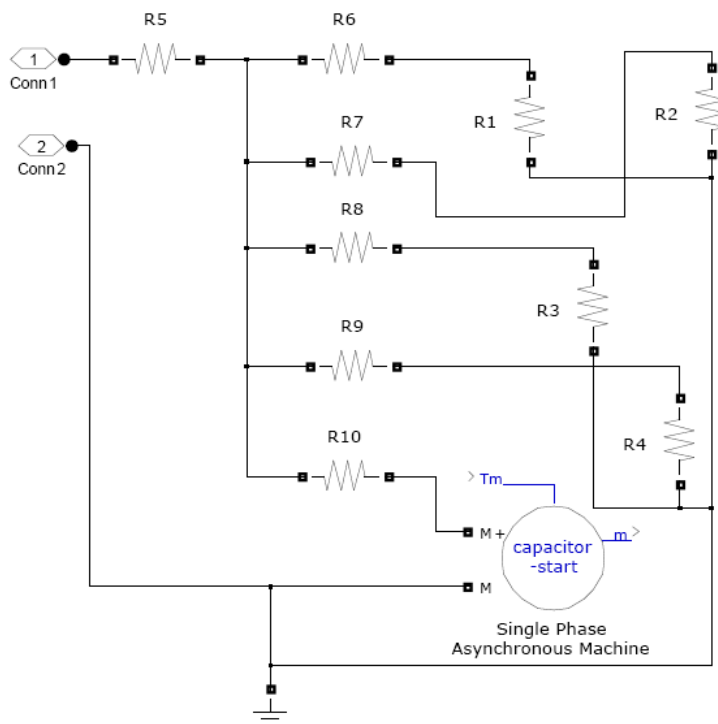
- تلفات ادی در هسته ترانسفورمر: برای ولتاژ ثابت، وابسته به جریان و فرکانس بوده و در حضور هارمونیک ها افزایش می یابد.
- پسماند (هیستریزیس) و اشباع هسته ترانسفورمر: برای ولتاژ ثابت، وابسته به جریان و فرکانس بوده و در حضور هارمونیک ها افزایش می یابد.
- توان مصرفی: در این مطالعه فرض بر این است که کاهش آن مطلوب هر شبکه قدرت می باشد.
- پیک جریان: مقدار قله (ماکزیمم جریان) از عوامل محدود کننده به ویژه در رله ها می باشد. این خصیصه در برخی منابع با معیاری به نام ضریب قله (Crest Factor) بیان می شوند.
- اعوجاج هارمونیک (THD): در فصل ۱ تشریح شد. معادله آن به صورت زیر است:

$$THD = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{\infty} I_h^2}}{I_1}$$

۲-۲- مدل مصرف کننده مسکونی (خانه)

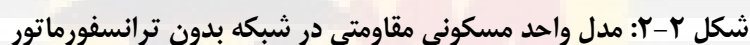
در این بخش با استفاده از مدل به کار رفته برای لامپ، یک مدل برای یک واحد مسکونی که اختصاراً آن را خانه می نامیم به دست می آوریم. خانه مورد نظر به صورت های مختلف به دست آورده شده و خروجی های آنها با هم مقایسه می گردند. در ساده ترین حالت یک خانه شامل چهار لامپ رشته ای ۱۰۰ وات (بار های مقاومتی) و یک موتور القایی تک فاز ۵۰۰ وات با ضریب توان ۸۴٪ پس فاز که نمایانگر یک کولر آبی معمولی است فرض می شود. در مرحله دوم دو لامپ و سپس هر چهار لامپ را با لامپ کم مصرف ۲۵ وات جایگزین می کنیم. شکل ۲-۱ مدل اولیه خانه رانشان می دهد. در اینجا از موتور تک فاز با استارت خازنی که در کشورمان متداول تر است استفاده می شود. واضح است که می توان همین موتور را با توان پایین تر و با رژیم مناسب روشن و خاموش شدن به جای وسیله پر کاربرد دیگر یعنی یخچال به کار برد. در استفاده از کولر معمولاً حالت استارت موتور که جریان بیشتری نیاز دارد را در نظر نمی گیریم ولی در مورد یخچال استارت ها نیز باید در نظر گرفته شود. مقاومت های

به کار رفته در مسیر المان‌های اصلی نمایش گر سیم‌ها هستند که مقاومت پایینی حدود چند صدم اهم دارند و برای واقعی‌تر شدن شبیه‌سازی به کار رفته‌اند.



شکل ۲-۱: مدل واحد مسکونی با چهار بار مقاومتی و یک موتور

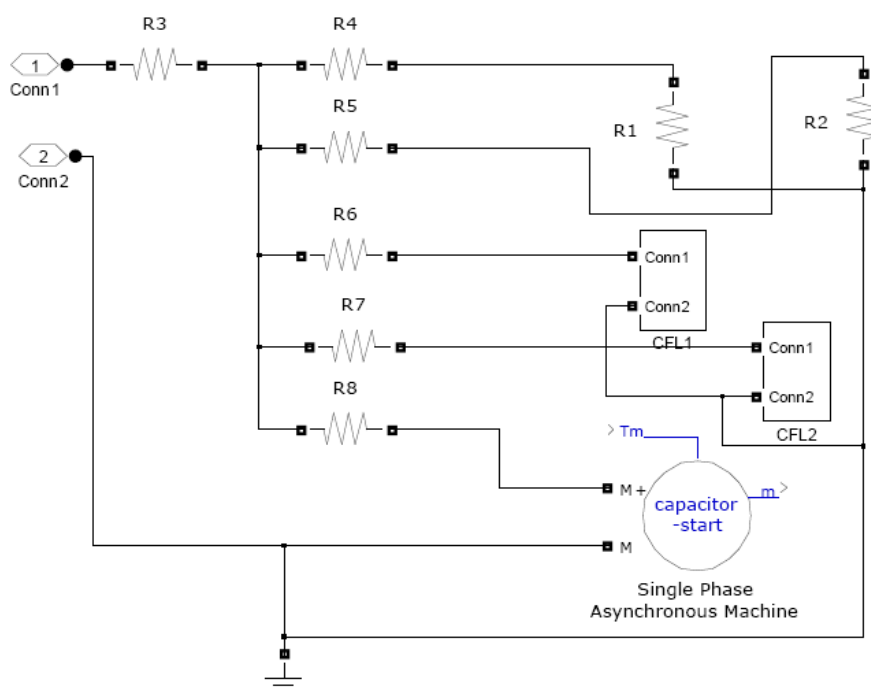
اکنون مدار یک خانه شامل این موتور و چهار لامپ ۱۰۰ وات را بررسی می‌کنیم. مدار این شبیه‌سازی در شکل ۲-۲ آورده شده است. در اینجا برای مدل کردن خط انتقال از یک شاخه اهمی-اندوکتانسی سری استفاده کرده ایم. مقادیر این سلف و مقاومت به ترتیب ۲ میلی‌هانری و ۱ اهم است که برای یک خط انتقال چند صد متری اعداد مناسبی به شمار می‌رود. نتایج این بررسی در جدول ۱-۱ خلاصه شده است.



جدول ۱-۲: نتایج شبیه سازی یک خانه با بار مقاومتی و موتور القایی

۸۸۰W	توان مصرفی کل
۹۴%	ضریب توان
< ۱%	THD
۱۸W	تلفات سیم
۶	پیک جریان

۲۱



شکل ۲-۳: مدل واحد مسکونی با دو بار مقاومتی، دو لامپ کم مصرف و یک موتور

جدول ۲-۲: نتایج شبیه سازی یک خانه با ۲ بار مقاومتی، ۲ لامپ کم مصرف و موتور القایی

۷۳۸W	توان مصرفی کل
%۹۳/۲۸	ضریب توان
۱۱/۵%	THD
۱۳W	تلفات سیم
۵	پیک جریان
۰/۹۵	نسبت پسماند
۱/۰۵	نسبت تلفات هسته

همانگونه که جدول ۲-۲ نشان می دهد، استفاده از لامپ کم مصرف توان کل مصرفی و توان تلف شده در خط انتقال را کاهش داده و بر ضریب توان تاثیر چندانی نمی گذارد، اما باعث افزایش ۱۱ درصدی اعوجاج هارمونیکی (THD) می شود. همچنین تلفات حرارتی ترانسفورمر اندکی افزایش یافته و در مقابل، ترانسفورماتور از نقطه اشباع فاصله می گیرد. مقدار پیک جریان نیز در این مدار بهبود یافته است.

در مرحله بعد هر چهار لامپ رشته ای را با لامپ کم مصرف جایگزین می کنیم. همانگونه که در جدول ۲-۳ مشاهده می شود پیک جریان بر عکس حالت قبل کمی افزایش یافته و به ۵/۱ آمپر رسیده و اعوجاج هارمونیکی بیش از دو برابر افزایش یافته است. افزایش نزدیک به دو برابر تلفات گرمایی هسته و اشباع با حدود ۱۵ درصد بار کمتر استفاده از این مدل را با تردید همراه می سازد.

جدول ۲-۳: نتایج شبیه سازی یک خانه با ۴ لامپ کم مصرف و موتور القایی

۵۹۶W	توان مصرفی کل
%۹۲/۳۴	ضریب توان
۲۸/۵%	THD
۹W	تلفات سیم
۵/۱	پیک جریان
۱/۱۲	نسبت پسماند
۱/۸۱	نسبت تلفات هسته

همانطور که مشاهده می شود توان مصرفی نسبت به حالت اول ۳۳ در صد و تلفات سیم نیز ۵۰ در صد کاهش داشته است اما سایر پارامترهای مربوط به کیفیت توان چندان امیدوار کننده نیستند.

۲-۳- مدل شبکه توزیع

در این بخش شبکه ای متشکل از تعداد زیادی مصرف کننده خانگی بررسی می شود. برای سادگی و سرعت محاسبات، به جای ترانسفورمر از یک منبع ۲۲۰ ولت موثر استفاده کرده ایم. تعداد مصرف کننده ها در این تجربه ها ۳۰ فرض شده است. طبیعی است که در این مرحله مقادیر پارامترهای خطوط انتقال تاثیر شدید تری روی بار شبکه گذاشته و باید با دقت بیشتری تعیین شوند، زیرا کل بار مربوط به ۳۰ خانوار از آنها عبور می کند. پارامترهای خط انتقال را در اینجا ۰/۱ اهم و ۰/۱ میلی هانری فرض کرده ایم. بررسی ها در دو حالت با حضور و بدون حضور بار القایی (موتور) انجام شده است. از آنجا که در کشورمان منبع تولید گرما در فصل زمستان عموماً گاز طبیعی و در فصل تابستان برق (کولر آبی و گازی) است، بررسی بدون موتور را به فصل زمستان نسبت می دهیم.

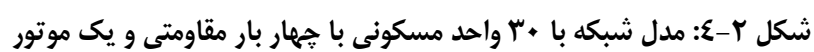
ممکن است این اشکال مطرح شود که بار های القایی دیگر نظیر یخچال و فریزر نیز در شبکه وجود دارند. در پاسخ باید گفت که یک یخچال معمولی با توانی پایین تر از کولر آبی کار می کند (۲۰۰ تا ۳۰۰ وات) و چون ۱۰ تا ۲۰ درصد اوقات موتور آن در حالت فعال قرار دارد به طور نسبی بار بسیار کمتری به شبکه تحمیل می کند. در مقابل اثر کولر گازی که با توانی در حدود ۱۵۰۰ تا ۲۰۰۰ وات کار می کند در نظر گرفته نشده است حال آنکه این نوع بار در مناطق جنوب و شمال کشور و در سال های اخیر در شهر های بزرگ نظیر تهران به وفور مورد استفاده واقع می شود. اثر مهم تر یخچال در شبکه به صورت استارت خازنی متناوب آن مشاهده می شود که اعوجاج قابل توجهی در رفتار شبکه ایجاد می کند و در بررسی های دقیق تر می توان به آن پرداخت. در این فصل بیشتر به رفتار حالت دائم شبکه توجه شده است. در بررسی مربوط به فصل زمستان همچنین با توجه به فصل مدارس و همچنین کوتاه بودن طول روز از پنج لامپ استفاده شده است.

۲-۳-۱- مدل شبکه توزیع با بار مقاومتی و القایی

شکل ۲-۴ شبکه متشکل از ۳۰ بار مقاومتی-القایی را نشان می دهد. بار ها مشابه بار های بخش ۲-۲ می باشند. در جدول های ۲-۴ و ۲-۵ نتایج این شبیه سازی با حضور و بدون حضور موتور القایی خلاصه شده است. همانگونه که گفته شد در جدول ۲-۵ از پنج لامپ استفاده شده است.

جدول ۲-۴: نتایج شبیه سازی ۳۰ خانه با ۴ لامپ رشته ای و موتور القایی

توان مصرفی کل	۲۳۸۸۰W
ضریب توان	۹۴/۳%
THD	۱% >
تلفات سیم	۲۶۵۰W
پیک جریان	۱۶۳



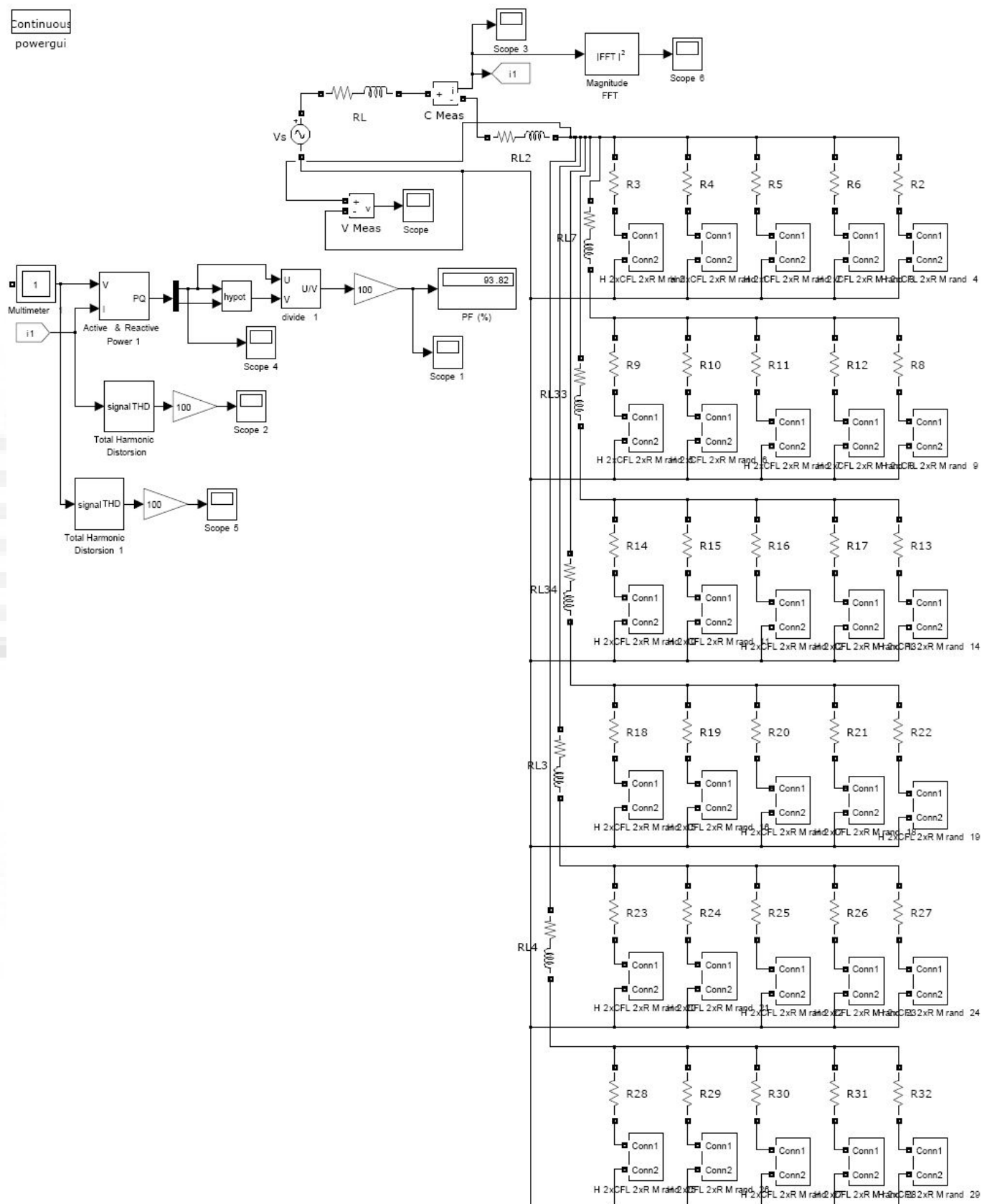
جدول ۲-۵: نتایج شبیه سازی ۳۰ خانه با ۵ لامپ رشته ای

توان مصرفی کل	۱۴۰۵۰W
ضریب توان	۹۹,۹%
THD	۱% >
تلفات سیم	۸۱۸W
پیک جریان	۹۰

مقدار تلفات خط انتقال در این جدول قدری بزرگ است که علت آن مقادیر قابل توجه انتخاب شده برای مقاومت و اندوکتانس خط انتقال می باشد. از آنجا که هدف در اینجا مقایسه نسبی افزایش تلفات می باشد، تعیین دقیق تلفات سیم حائز درجه اهمیت کمتری می باشد.

۲-۳-۲- مدل شبکه توزیع با بار مقاومتی و القایی و لامپ کم مصرف

شکل ۲-۵ شبکه متشکل از ۳۰ بار شامل دو لامپ ۱۰۰ وات، دو لامپ کم مصرف و یک موتور را نشان می دهد. برخلاف بخش ۲-۲، فاز منابع جریان در لامپ کم مصرف در اینجا ثابت نیستند، بلکه به صورت تصادفی و از بازه ای با تفرانس ۴۰ درجه انتخاب شده اند. این انتخاب که در عمل نیز اتفاق می افتد، باعث نرم شدن پیک های تیز جریان لامپ کم مصرف گردیده و حاشیه تحمل اشباع در پیک جریان را بالا می برد. جدول ۲-۶ نتایج شبیه سازی ۳۰ خانه با ۲ لامپ رشته ای، دو لامپ کم مصرف و موتور القایی را نشان می دهد. از جدول های ۲-۵ و ۲-۶ نتیجه می گیریم که توان تلفاتی در سیم ها حدود ۲۵٪ و توان مصرفی کل و پیک جریان هر یک حدود ۱۵٪ کاهش یافته اند. تلفات حرارتی هسته ترانسفورماتور اندکی افزایش یافته و اثر اشباع در بار بیشتری رخ می دهد. شکل موج جریان و اندازه تبدیل فوریه آن در شکل های ۲-۶ و ۲-۷ رسم شده اند.



شکل ۲-۵: مدل شبکه با ۳۰ واحد مسکونی با دو بار مقاومتی، دو لامپ کم مصرف و یک موتور

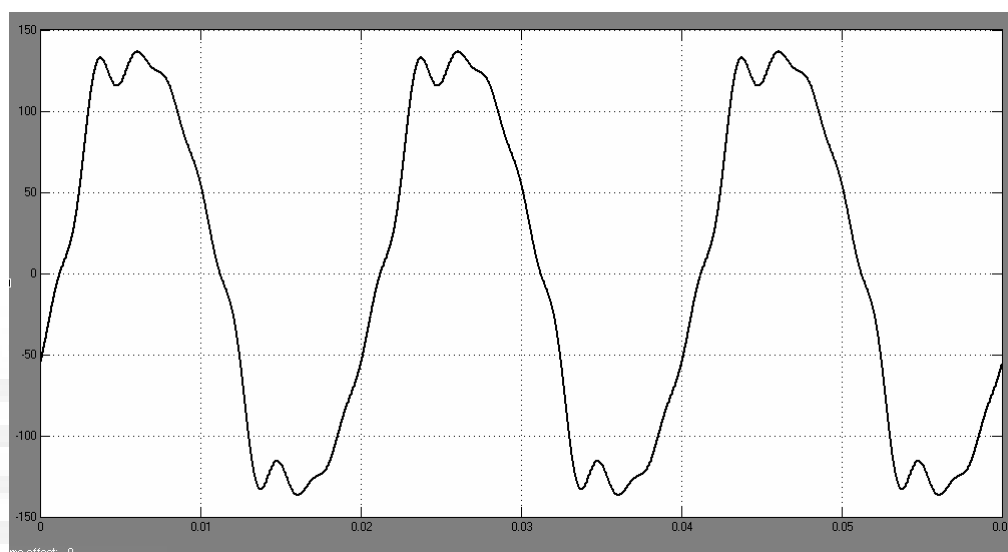
نتایج شبیه سازی در صورت تعویض دو تا از لامپ های معمولی با لامپ کم مصرف به ترتیب در جدول های ۲-۶ و ۷-۲ آمده است. در حالتی که موتور القایی در سیستم باشد تعویض لامپ های رشته ای با کم مصرف در بهبود کیفیت توان موثر است، اما در صورتیکه بار شبکه کم باشد این تعویض گرچه از نظر مصرف توان بهتر است اما ظرفیت ترانسفورماتور را به نحوی غیر قابل قبول کاهش می دهد.

جدول ۲-۶: نتایج شبیه سازی ۳۰ خانه با ۲ لامپ رشته ای، دو لامپ کم مصرف و موتور القایی

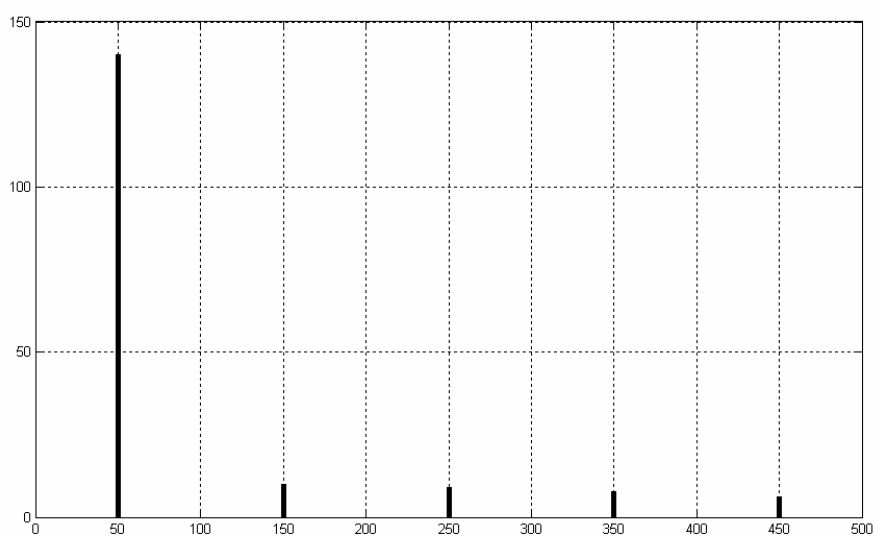
توان مصرفی کل	۲۰۴۸۰W
ضریب توان	%۹۳/۸
THD جریان	%۱۲
تلفات سیم	۱۹۷۰W
پیک جریان	۱۳۷A
نسبت تلفات هسته	۱/۰۵
نسبت پسماند	۰/۹۵

جدول ۲-۷: نتایج شبیه سازی ۳۰ خانه با ۳ لامپ رشته ای و دو لامپ کم مصرف

توان مصرفی کل	۱۰۱۴۵W
ضریب توان	%۹۹/۶
THD جریان	%۲۶
تلفات سیم	۴۵۴W
پیک جریان	۹۵A
نسبت تلفات هسته	۳/۵۵
نسبت پسماند	۳/۱۸

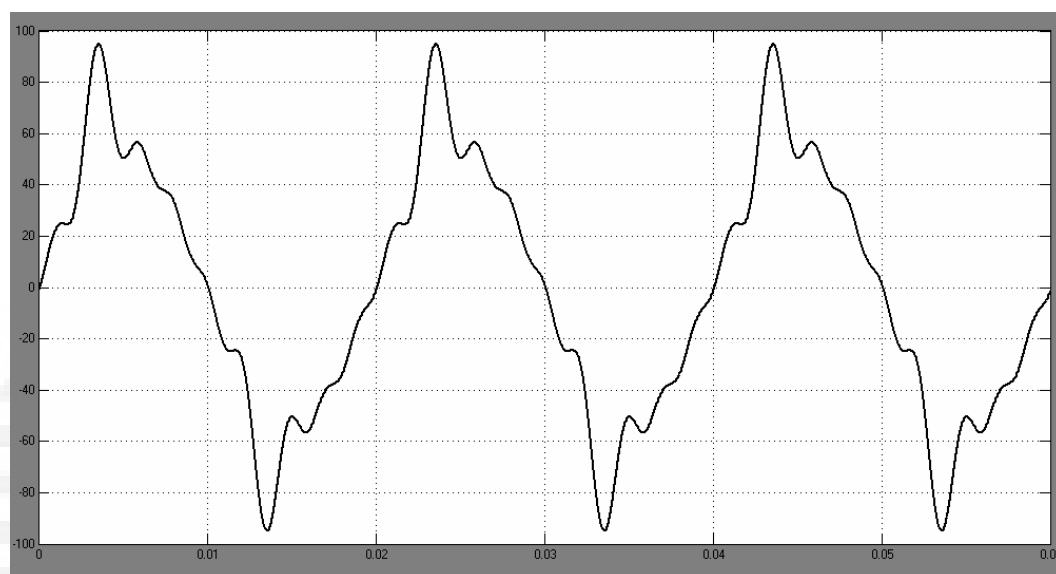


شکل ۲-۶: شکل موج جریان شبکه شکل ۲-۵



شکل ۲-۷: تبدیل فوریه جریان شبکه شکل ۲-۵

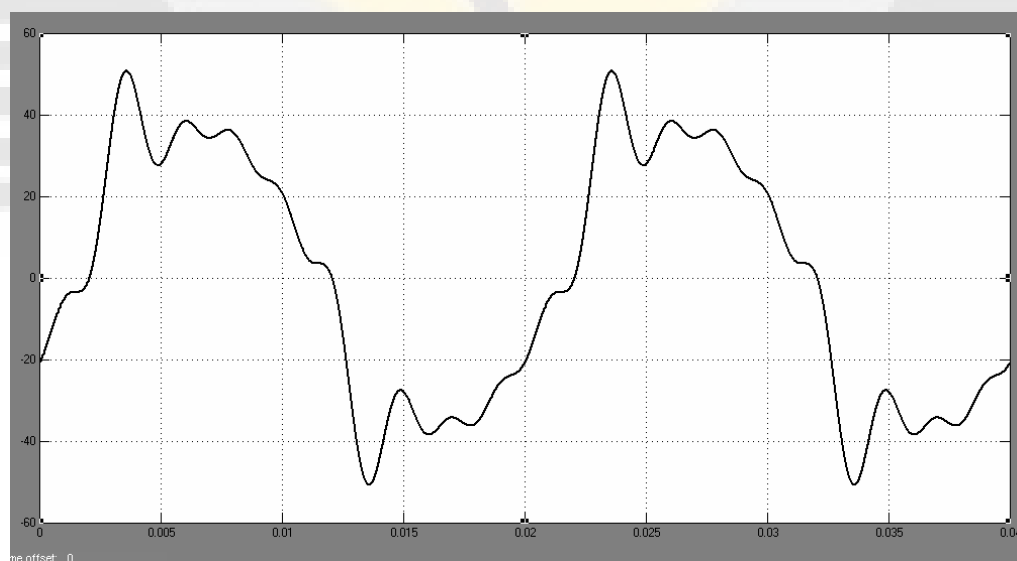
در شکل ۲-۸ شکل موج این مدار در صورت داشتن دو لامپ کم مصرف و سه لامپ معمولی در هر خانه نشان داده شده است.



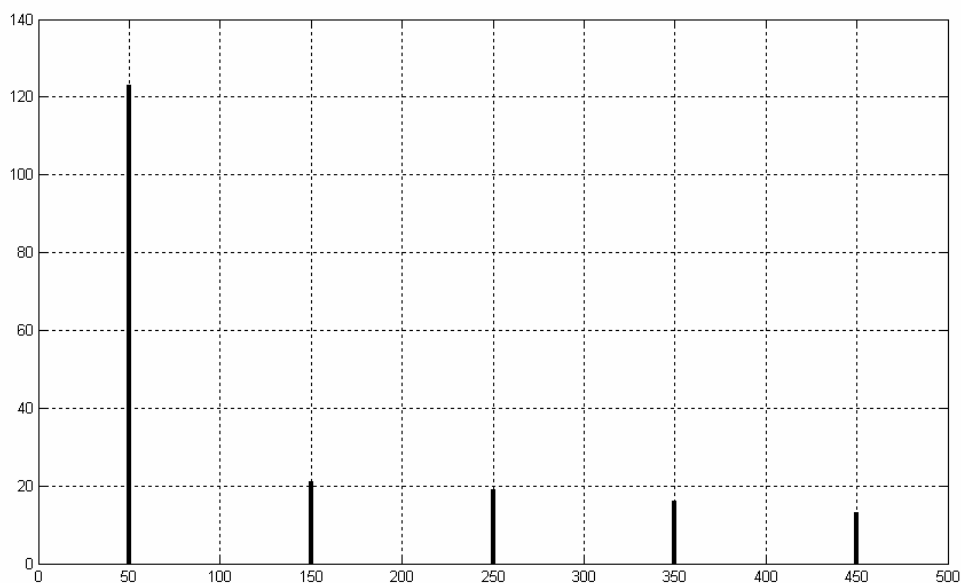
شکل ۲-۸: شکل موج شبکه با ۳۰ خانه با ۳ لامپ رشته ای دو لامپ کم مصرف

۲-۳-۳- مدل شبکه توزیع با بار سلفی و لامپ کم مصرف

در این مرحله رفتار شبکه در حضور تعداد زیادی لامپ کم مصرف بررسی می شود. کلیه خانه ها فقط شامل یک موتور و چهار لامپ کم مصرف ۲۵ وات فرض شده اند. شکل موج جریان و تبدیل فوریه آن در شکل های ۲-۸ و ۲-۹ نشان داده شده اند.



شکل ۲-۸: شکل موج جریان شبکه شامل لامپ کم مصرف و موتور القایی



شکل ۲-۹: تبدیل فوریه شکل موج جریان شبکه شامل لامپ کم مصرف و موتور القایی

نتایج کمی این بررسی نیز در جدول ۱-۶ نشان داده شده است.

جدول ۲-۸: نتایج شبیه سازی ۳۰ خانه با چهار لامپ کم مصرف و موتور القایی

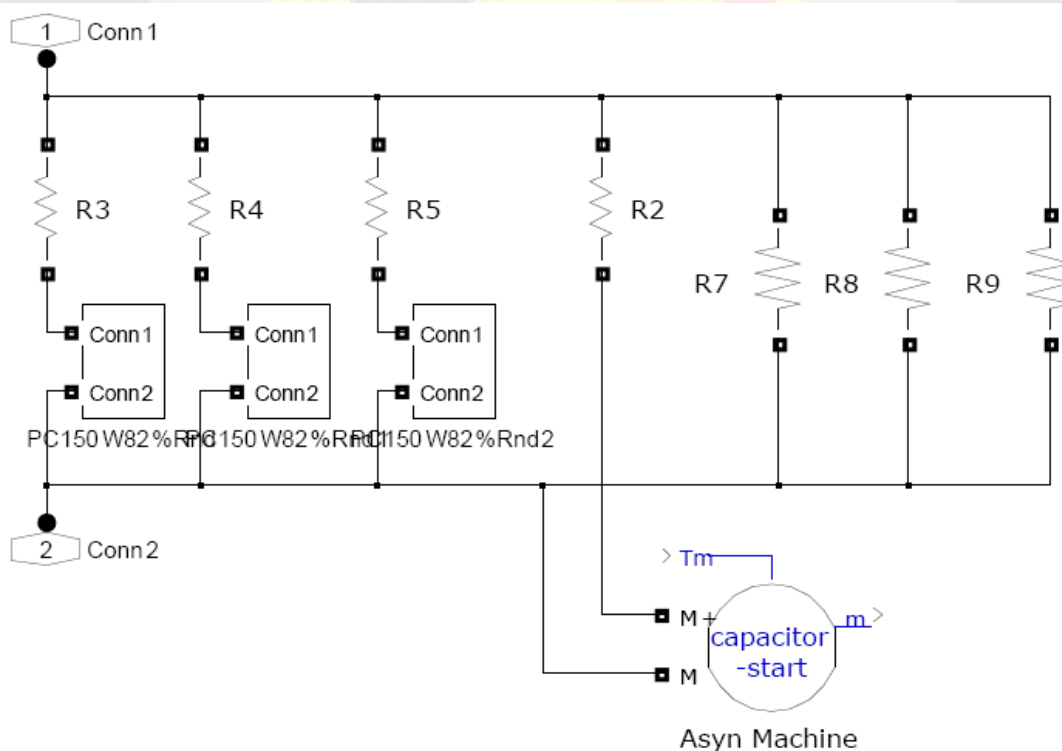
۱۷۷۹۶W	توان مصرفی کل
%۹۳/۱	ضریب توان
%۲۹	THD
۵۱۰W	تلفات سیم
۱۵۰A	پیک جریان
۱/۸۱	نسبت تلفات هسته
۱/۱۲	نسبت پسماند

در اینجا نیز توان مصرفی کل و تلفات خط انتقال کاهش یافته، اما پیک جریان به میزان محسوسی حدود ۱۰٪ افزایش می یابد. اعوجاج هارمونیک نیز فوق العاده زیاد است. در عمل به دلیل محدودیت های Simulink، به

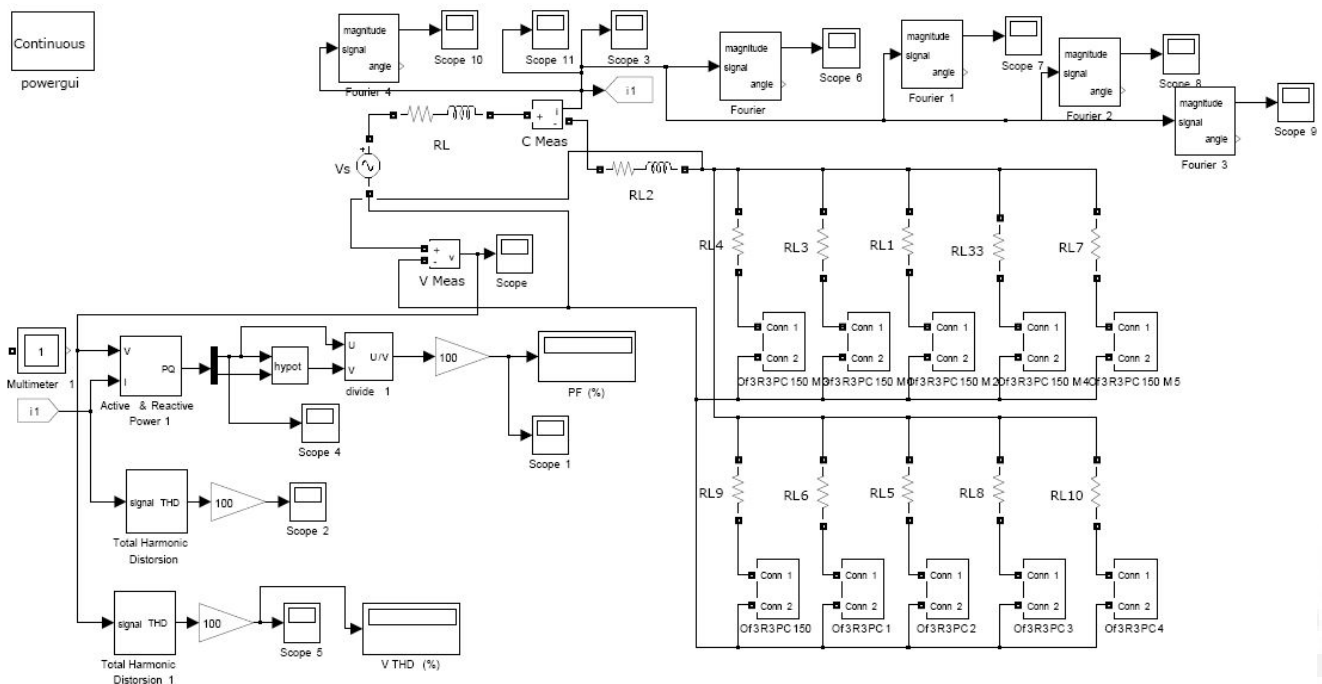
جای ۳۰ مصرف کننده از ۲۴ مصرف کننده با لامپ های کم مصرف و شش مصرف کننده با لامپ های معمولی استفاده شده است.

۲-۴ مدل یک واحد اداری

در این بخش به مدلسازی یک واحد اداری می پردازیم. ادارات امروزی در شهری نظیر تهران شامل تعداد زیادی وسایل الکترونیکی دارای یکسو ساز مانند رایانه های شخصی، نمایشگر ها و چاپگر ها هستند. برای سادگی امر در هر یک از ده اتاق یک اداره بزرگ در این بررسی سه رایانه شخصی ۱۵۰ وات مانند آنچه که در بخش ۱-۳-۲ بیان شد استفاده شده است. همچنین بیشتر ادارات شامل تعدادی کولر آبی هستند که در اینجا برای هر اتاق از یک کولر ۵۰۰ وات استفاده شده است. سه لامپ نیز تامین روشنایی هر اتاق را عهده دار هستند که می توانند معمولی یا کم مصرف باشند. برای سادگی بیشتر، ولتاژ ورودی تک فاز فرض می شود. شکل ۲-۱۰ مدل یک اتاق اداری با سه لامپ معمولی، سه رایانه ۱۵۰ وات و یک کولر نمایش می دهد. در شکل ۲-۱۱ نیز مدار به کار رفته جهت بررسی رفتار این مدل در شبکه ارائه شده است.



شکل ۲-۱۰: مدل اتاق یک اداره



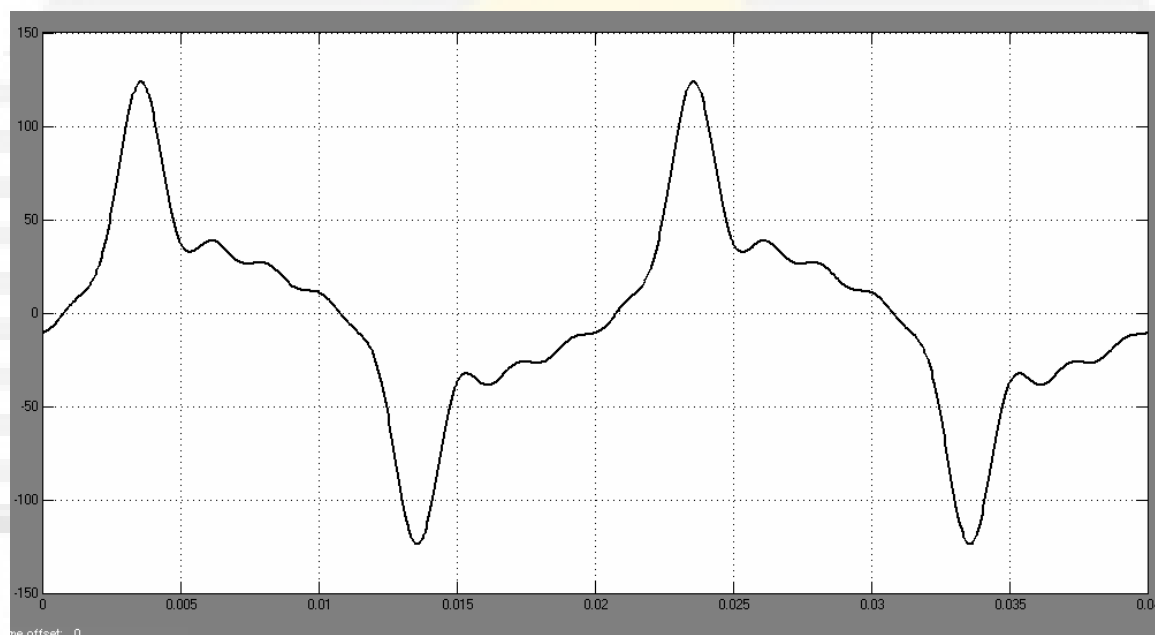
شکل ۲-۱۱: مدل یک واحد اداری با ۱۰ اتاق

در این مدار بلوک‌های دیگری از Simulink به کار گرفته شده تا اندازه مولفه‌های هارمونیکی را به طور جداگانه نمایش دهد. نتایج حاصل از شبیه‌سازی این مدار در جدول ۲-۹ خلاصه شده است. در این جدول این مدار در چهار حالت مختلف بررسی شده که به ترتیب شامل تحلیل با سه لامپ معمولی در هر اتاق، دو لامپ معمولی و یک لامپ کم مصرف، یک لامپ معمولی و دو لامپ کم مصرف و در نهایت سه لامپ کم مصرف می‌باشد.

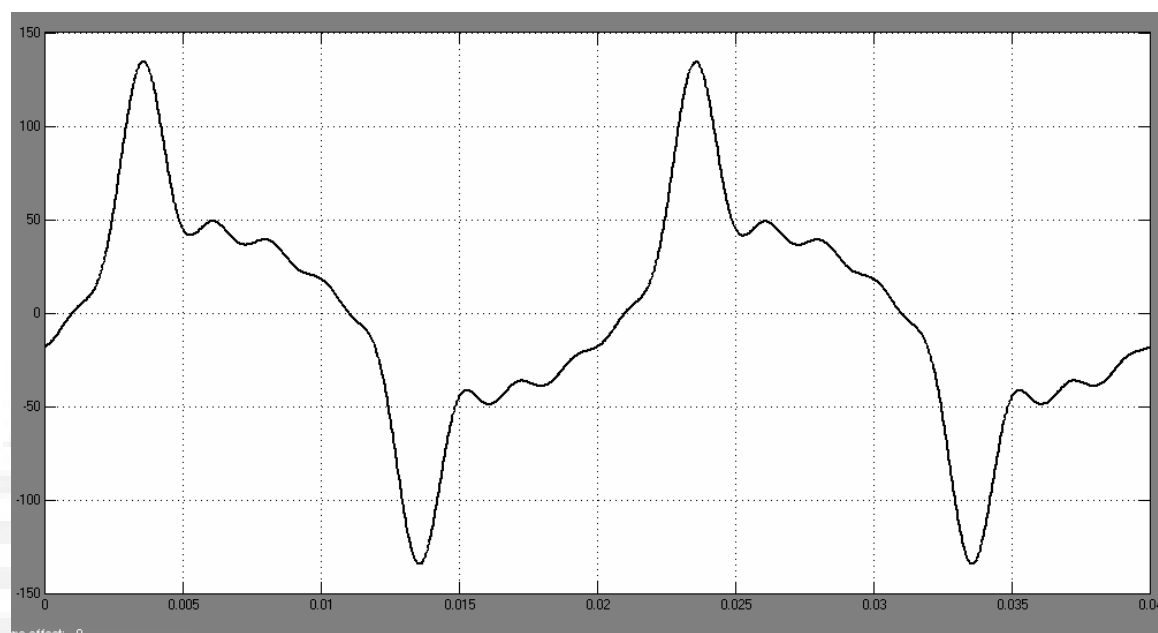
جدول ۲-۹: نتایج شبیه‌سازی یک واحد اداری با ۱۰ اتاق

سه لامپ معمولی	دو معمولی و یک کم مصرف	یک معمولی و دو کم مصرف	سه لامپ کم مصرف	
۱۲۴۷۳۷W	۱۱۱۸۷W	۱۰۶۲۵W	۹۸۸۴W	توان مصرفی کل
%۹۹/۹	%۹۹/۹	%۹۹/۹	%۹۹/۹	ضریب توان
%۵۷	%۵۴	%۶۲	%۷۰	THD
۵۳۴۹W	۴۶۹W	۴۰۴W	۳۳۹W	تلفات سیم
۱۴۲۴A	۱۳۵A	۱۳۷A	۱۴۰A	بیک جریان
-	۱/۱۴	۱/۳۰	۱/۴۷	نسبت تلفات هسته
-	۱/۰۵	۱/۱۱	۱/۱۸	نسبت پسماند

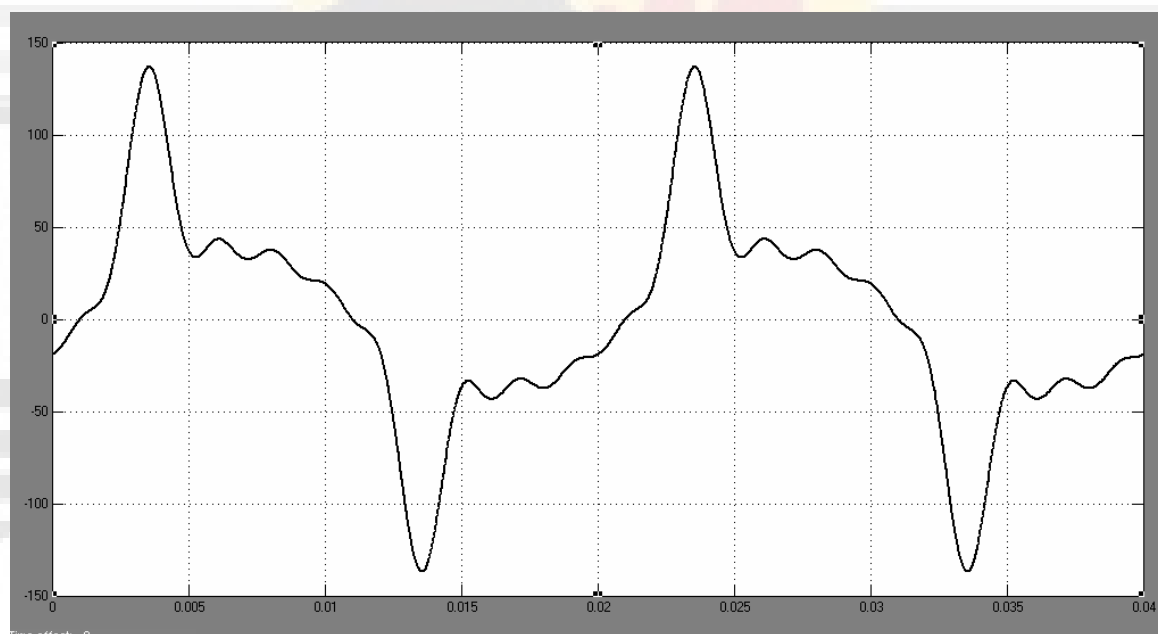
شکل های ۱-۱۲ تا ۱-۱۵ به ترتیب شکل موج این مدار را برای چهار حالت ذکر شده نمایش می دهند. با وجود تفاوت های قابل توجه در نتایج، شکل موج جریان ها تفاوت چندانی با یکدیگر ندارند بنابراین می توان نتیجه گرفت که شل موج در حوزه زمان معیار مناسبی برای مقایسه رفتار مدار در حالت های مختلف نمی باشد.



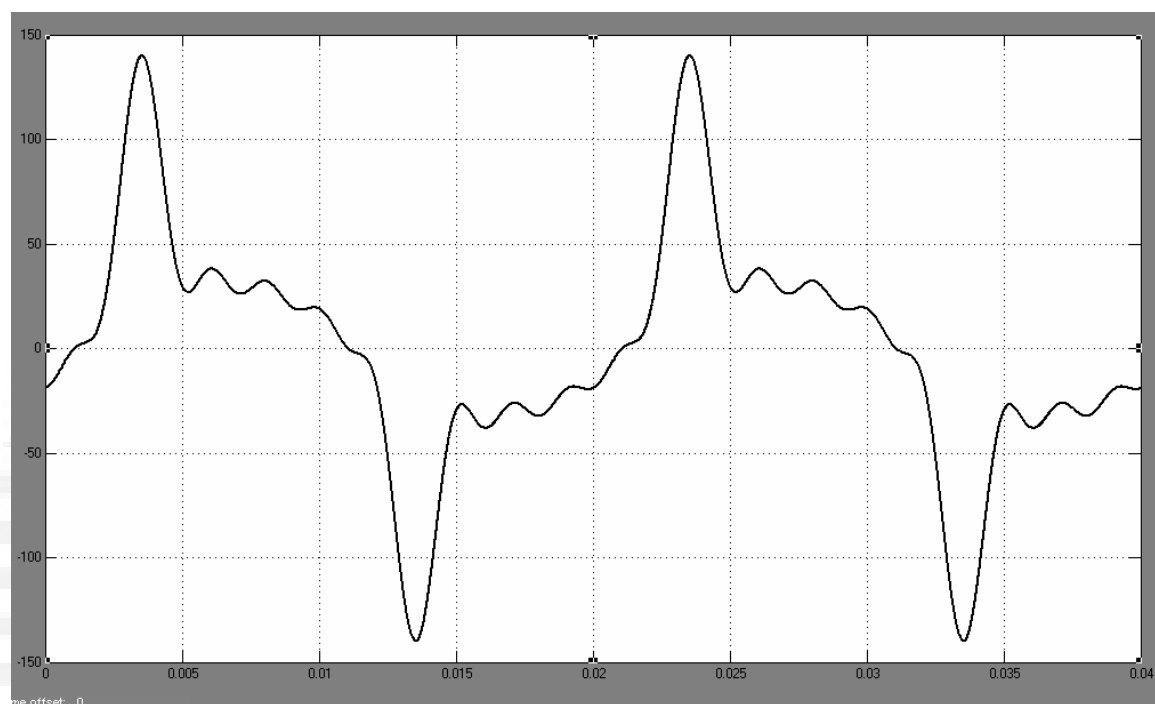
شکل ۲-۱۲: شکل موج جریان مدار واحد اداری با سه لامپ معمولی در هر اتاق



شکل ۲-۱۳: شکل موج جریان مدار واحد اداری با دو لامپ معمولی در هر اتاق

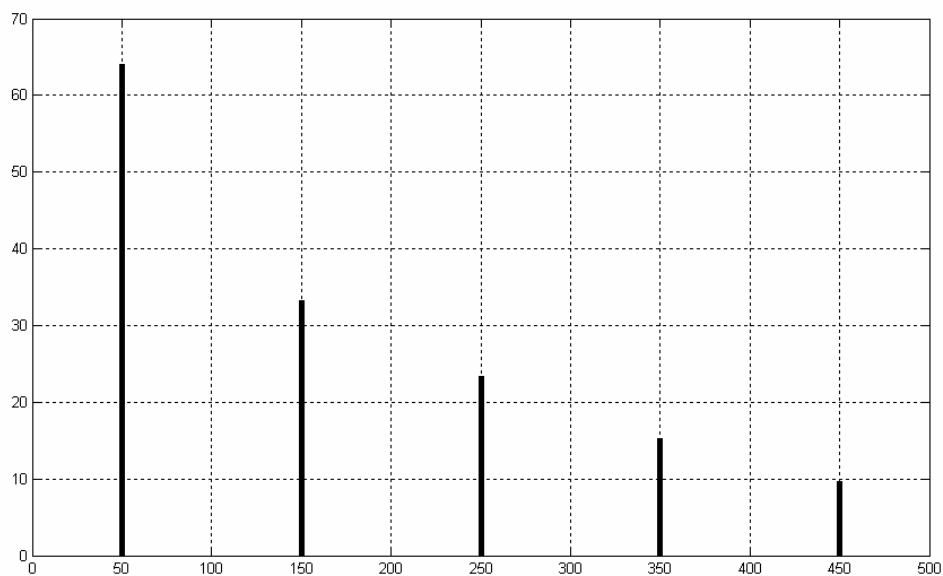


شکل ۲-۱۴: شکل موج جریان مدار واحد اداری با یک لامپ معمولی در هر اتاق



شکل ۲-۱۵: شکل موج جریان مدار واحد اداری با سه لامپ کم مصرف در هر اتاق

شکل ۲-۱۶: شکل موج جریان مربوط به شکل ۲-۱۵ یعنی حالتی که کلید لامپ‌های معمولی در واحد اداری با لامپ کم مصرف جایگزین شوند را در حوزه فرکانس نمایش می‌دهد.



شکل ۲-۱۵: نمایش حوزه فرکانس جریان مدار واحد اداری با سه لامپ کم مصرف در هر اتاق

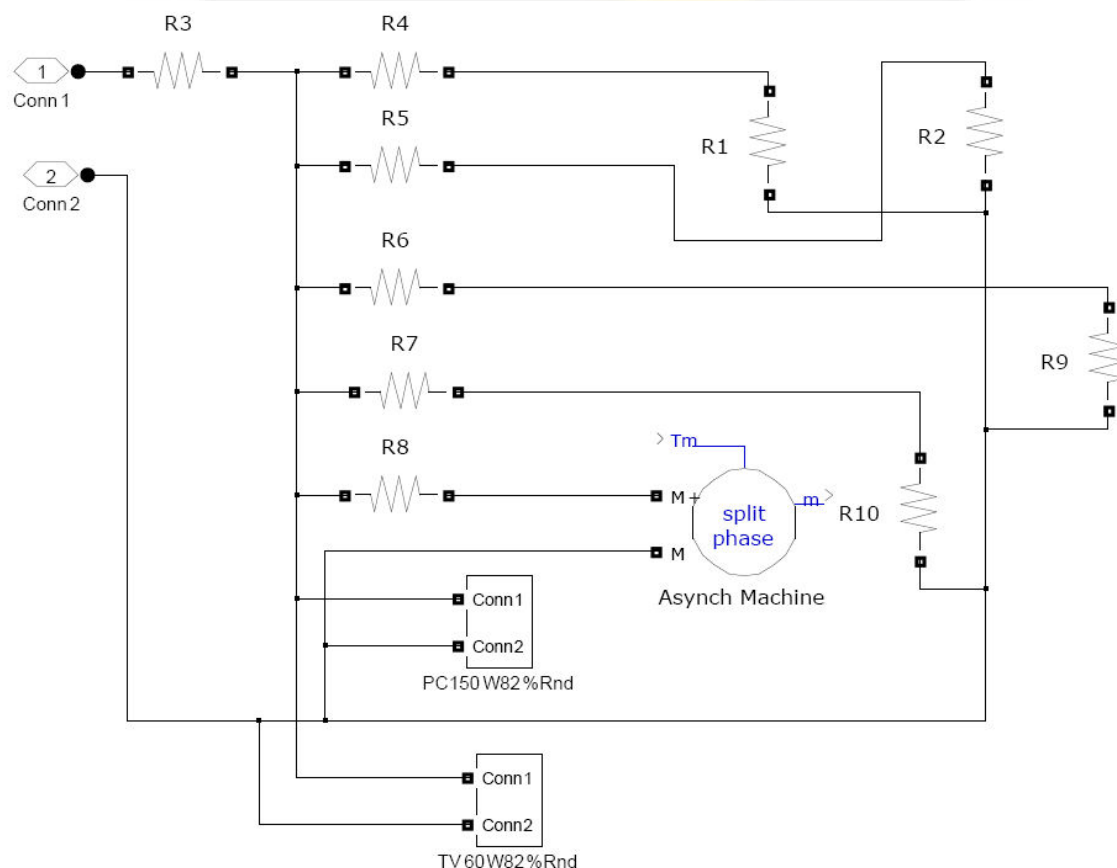
فصل سوم بررسی اثر لامپ کم مصرف در سه منطقه جغرافیایی

در این فصل به بررسی استفاده از لامپ کم مصرف در شبکه به صورت عملی پرداخته می شود. بررسی عملی شبکه شامل استفاده از اطلاعات آماری مربوط به سه ناحیه جغرافیایی می گردد. بدیهی است که بررسی نواحی جغرافیایی کشورمان کاری پیچیده و نیازمند برنامه مفصلی برای جمع آوری عملی داده های مربوط به الگوی فعلی مصرف در هر ناحیه می باشد که با توجه به شرایط آب و هوایی، شیوه زندگی، ارزش ها و سطح درآمد، حتی در نواحی مختلف یک شهر تفاوت های زیادی نشان می دهد. همچنین از آنجا که الگوی دقیق مصرف از هر واحد مسکونی به واحد دیگر تغییر می کند امکان آنالیز دقیق شبکه وجود ندارد و در مقابل باید از میانگین های آماری استفاده نمود. در این فصل بررسی ها درباره سه ناحیه جغرافیایی کوی نصر (گیشا) و افسریه در تهران، و یک پست در منطقه ای مسکونی در شهر اهواز که مصرف وسایل خنک کننده در بیشتر مناطق آن بسیار بالاست انجام شده است. اطلاعات مربوط به شهر تهران با مطالعه پرسشنامه هایی که از مصرف کننده ها جمع آوری شده تهیه گردیده و اطلاعات مربوط به شهر اهواز بر پایه مشاهدات کلی از شیوه زندگی و مصرف برق در آن ناحیه تخمین زده شده است. همانگونه که پیش تر ذکر شد، در بررسی های دقیق تر برای هر پست توزیع در هر شهر از ناحیه ای به ناحیه دیگر باید از اعداد و ارقام جداگانه استفاده نمود. روش هایی که در این فصل و فصل بعد ارائه می شود روشی کلی مبتنی بر اندازه گیری های ریاضی به دست می دهد که با کمک آن می توان نتایج مشابه و حتی دقیق تری در باره الگوی صحیح استفاده از لامپ های کم مصرف ارائه نمود.

۳-۱- بررسی شبکه توزیع در منطقه کوی نصر

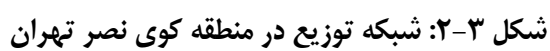
بررسی ها نشان می دهد که در منطقه کوی نصر تهران در هر واحد مسکونی در ساعات اوج مصرف به طور متوسط یک تلویزیون، یک لامپ ۲۰۰ وات و دو لامپ ۱۰۰ وات در هر واحد مسکونی روشن است. به این مجموعه در فصل گرما یک کولر آبی نیز اضافه می شود و در هر چهار واحد مسکونی یک رایانه روشن وجود دارد. با احتساب این مجموعه می توان مدل شکل ۳-۱ را برای واحد مسکونی در منطقه نصر در نظر گرفت. تقریباً در تمام واحد ها یخچال و فریزر نیز وجود دارد و با توجه به اینکه یخچال معمولی حدود ۲۵۰ وات مصرف داشته و تنها در حدود ۳۰ درصد اوقات روشن است اثر آن را می توان در تاثیر کولر ادغام نمود. بنابراین توان کولر را تا

۶۵۰ وات ارتقا می دهیم. برای سادگی و شباهت مورد به بررسی های فصل ۲، لامپ ۲۰۰ وات را با دو لامپ ۱۰۰ وات جایگزین کرده ایم. به جای تلویزیون از یک بار ۱۰۰ وات هارمونیک زا استفاده شده است.



شکل ۳-۱: نمونه یک واحد مسکونی در منطقه کوی نصر تهران

شبکه مربوط به منطقه گیشا با مداری مشابه مدار های فصل قبل شامل ۳۰ واحد مسکونی و در دو مرحله پیاده سازی می شود. در مرحله اول فقط از لامپ های رشته ای استفاده شده و در مرحله دوم تعدادی از آنها با لامپ کم مصرف جایگزین می شوند. سپس از الگوریتمی برای بهینه سازی درصد تعداد لامپ مورد استفاده بر اساس پارامترهای مختلف شبکه استفاده می شود. شکل ۳-۲ مدار به کار رفته را نمایش می دهد. در این مورد مقاومت خط انتقال تا ۰/۰۱ اهم کاهش داده شده است.



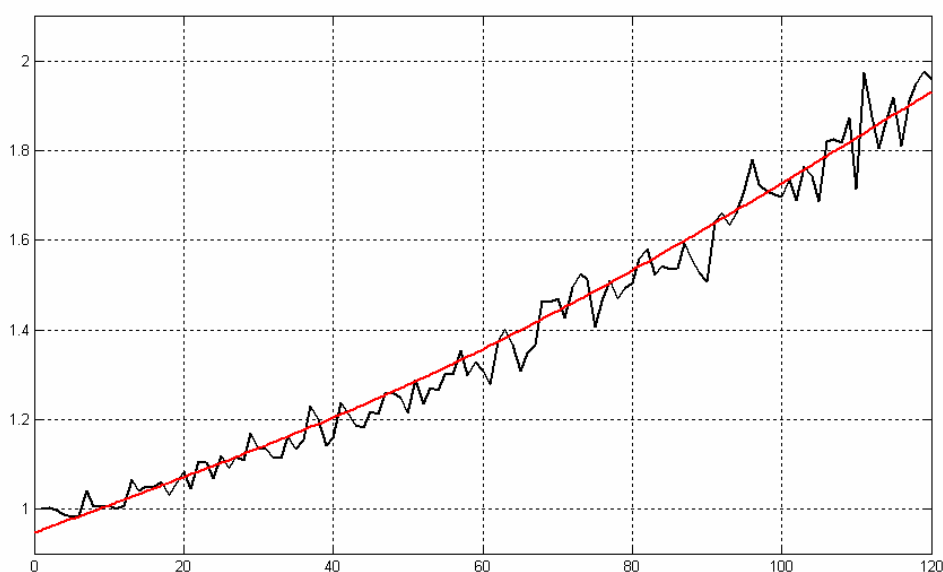
جدول ۳-۱: نتایج شبیه سازی شبکه توزیع منطقه گیشا

توان مصرفی کل	چهار لامپ معمولی	یک معمولی و دو کم مصرف
۳۳۶۲۵W	۲۹۴۹۰W	
ضریب توان	%۹۶/۵	%۹۵/۳
THD	%۱۴/۶	%۲۴/۱
تلفات سیم	۵۰۳W	۴۲۵W
پیک جریان	۲۱۳A	۲۳۴A
نسبت تلفات هسته	-	۱/۲
نسبت پسماند	-	۱/۱

همانطور که جدول فوق نشان می دهد در مقابل توان مصرفی ۱۳ در صد کاهش یافته است در حالی که اشباع در هسته چندان افزایش نمی یابد، بنابراین جایگزین کردن نیمی از لامپ های معمولی با لامپ کم مصرف مقرون به صرفه می باشد.

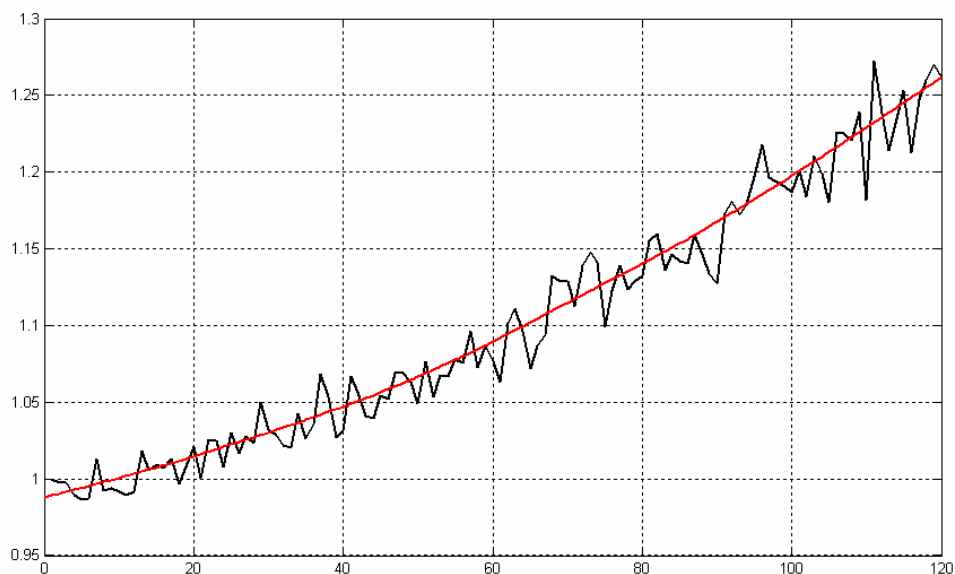
در اینجا به بررسی شبکه در حالت کلی می پردازیم. الگوریتمی برای این منظور پیاده سازی شده که با توجه به جایگزینی لامپ های معمولی با کم مصرف به تعداد دلخواه، میزان تغییر پارامتر های اصلی شبکه را نشان می دهد. پارامتر هایی که در ادامه این بخش نشان داده شده اند عبارت است از پیک جریان، توان مصرفی و میزان تلفات ادی و هیستریزیس در هسته ترانسفورمر. الگوریتم فوق الذکر به گونه ای طراحی شده که به این مجموعه بتوان پارامتر های دیگر کیفیت توان را نیز اضافه نمود. این الگوریتم مولفه های هارمونیک موجود در جریان را جداگانه محاسبه نموده و با توجه به آنها نسبت تلفات و بقیه پارامتر ها را محاسبه می کند و به علت آنکه پیش فاز تلویزیون، لامپ کم مصرف و رایانه با اندازه تقریباً مساوی انتخاب شده اند، از یک ضریب کاهش مناسب برای واقعی کردن اندازه هارمونیک ها در حاصل جمع شکل موج عناصر هارمونیک زا استفاده شده است. ضریب مورد نظر با محاسبات و شبیه سازی حدود ۰/۹ به دست می آید. در شکل های ۳-۳ تا ۳-۶ رفتار شبکه منطقه گیشا را برای جایگزینی یک یک لامپ های موجود با لامپ کم مصرف نشان داده ایم. هر چهار منحنی برای بررسی بهتر نرمالیزه شده اند. در شکل ۳-۳ رفتار این شبکه بر اساس تلفات ادی نشان داده شده است. از این شکل مشاهده

می شود که تلفات هسته علیرغم کاهش های نسبی در کل تا حدود دو برابر افزایش یافته است. به علت غیر خطی بودن مدار و روابط مربوط به تلفات و طبیعت تصادفی بسیاری از متغیرها، علاوه بر روند کلی افزایشی، تغییرات سریع و ناگهانی نیز در این نمودار و نمودار های بعدی به چشم می خورد. منحنی قرمز رنگ در اینجا روند تغییرات را نشان داده و درک بهتری از آن به دست می دهد. پاسخ ها در شکل های زیر تا حدی با جدول فوق متفاوت است که علت آن متفاوت بودن روش محاسبه می باشد. در الگوریتم زیر خط انتقال در محاسبات منظور نشده و در مقابل از ضریب کاهش برای مولفه های هارمونیکی استفاده شده است. همچنین در جدول فوق پس فاز بودن موتور در تعیین اثر پسماند و جریان ادی منظور نشده که روشی سر انگشتی بوده و در محاسبات دقیق تر قابل اعتماد نمی باشد.



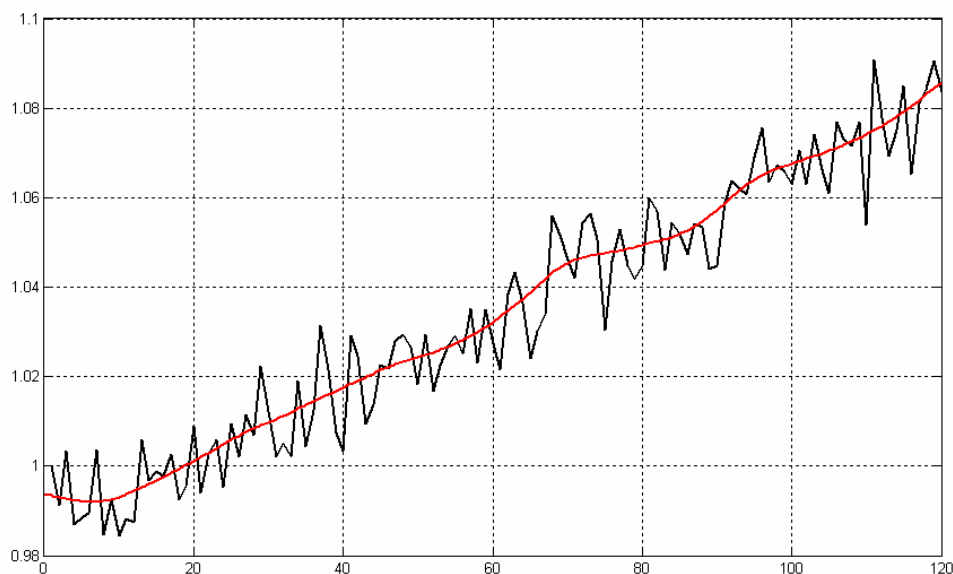
شکل ۳-۳: افزایش نسبی تلفات هسته با افزایش تعداد لامپ های کم مصرف

شکل ۳-۴ مربوط به هیستریزیس یا اشباع هسته می باشد. با جایگزینی همه ۱۲۰ لامپ موجود، اثر هیستریزیس تا حدود $\frac{1}{3}$ برابر افزایش می یابد که نسبت قابل توجهی است.



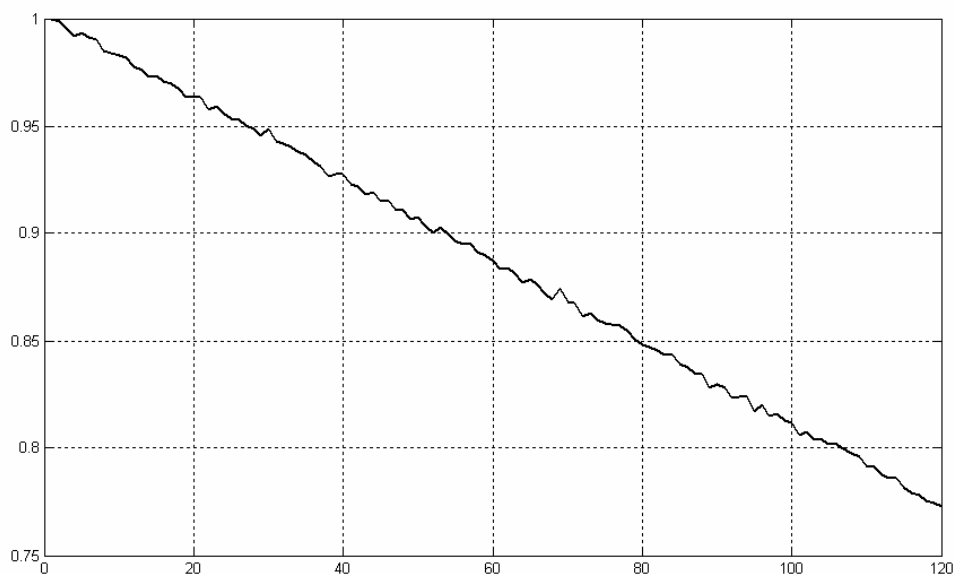
شکل ۳-۴: افزایش نسبی اشباع هسته با افزایش تعداد لامپ های کم مصرف

در شکل ۳-۵ تغییرات ماکزیمم جریان ترسیم شده است. تغییرات ماکزیمم جریان همانگونه که از این شکل بر می آید نسبتاً کم و حدود ۱/۱ برابر است. مقایسه این منحنی ها به ویژه در نقاط می نیمم نسبی می تواند در تعیین انتخاب نقطه بهینه در استفاده از لامپ های کم مصرف موثر باشد.



شکل ۳-۵: افزایش نسبی ماکزیمم جریان با افزایش تعداد لامپ های کم مصرف

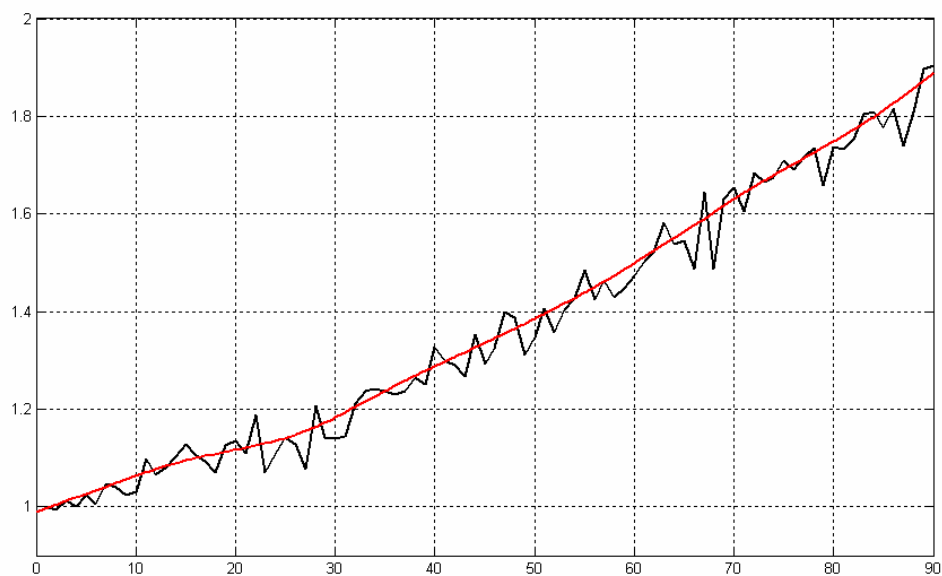
سر انجام در شکل ۲-۶ هدف اصلی استفاده از لامپ کم مصرف یعنی کاهش توان مصرفی مشهود است. هر چند که کمترین توان مصرفی شاید در نگاه اول مطلوب ترین حالت به شمار رود اما بررسی منحنی های ذکر شده و در نظر گرفتن ظرفیت پست و ترانسفورماتور حائز اهمیت زیادی می باشد. با داشتن ظرفیت منصوب در سیستم توزیع می توان توان مصرفی را در این منطقه بیش از ۲۰ درصد کاهش داد.



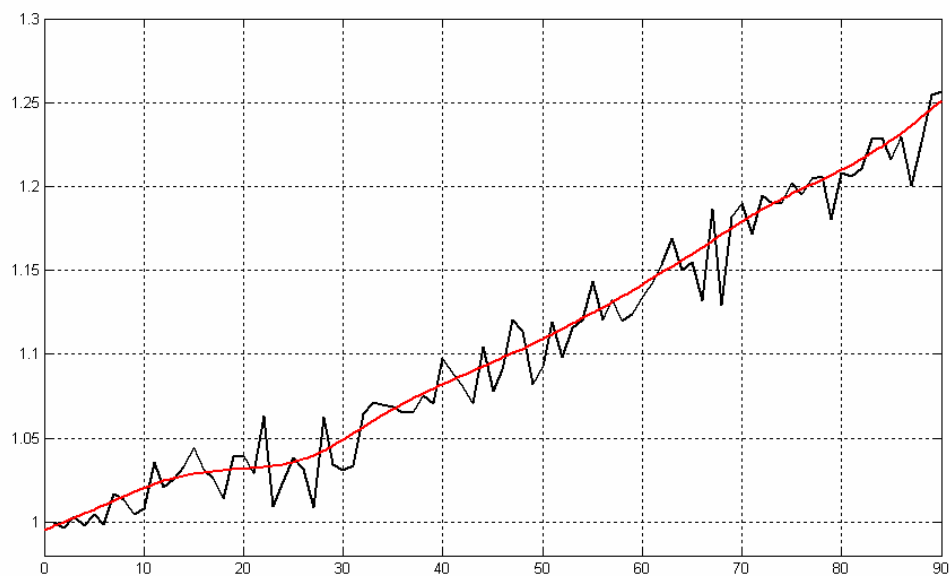
شکل ۳-۶: کاهش نسبی توان مصرفی با افزایش تعداد لامپ های کم مصرف

۳-۲- بررسی شبکه توزیع در منطقه افسریه

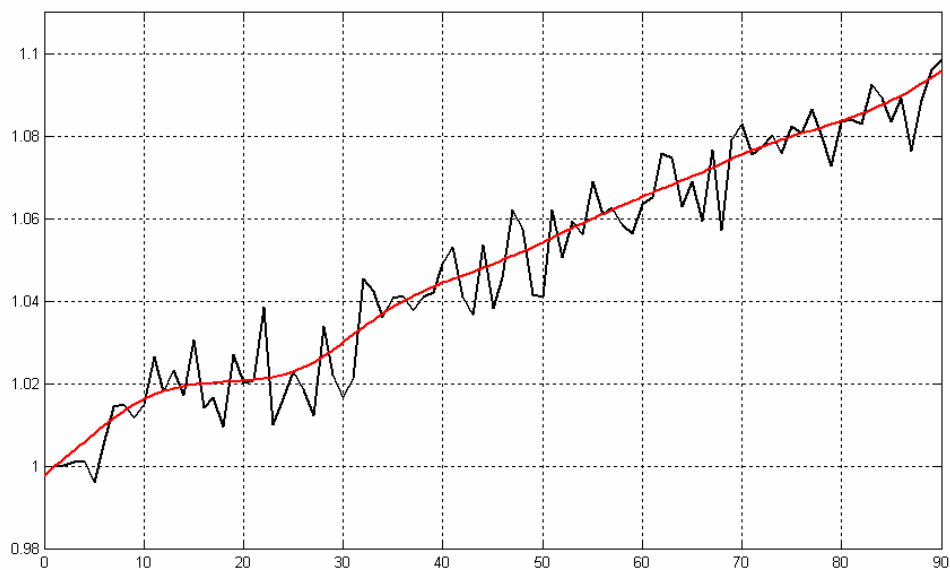
در این بخش به بررسی شبکه با توجه به داده های جمع آوری شده در منطقه افسریه می پردازیم. میانگین آماری نشان می دهد که در ساعت اوج مصرف یک کولر، یک یخچال، یک تلویزیون و معادل سه لامپ ۱۰۰ وات در هر خانه استفاده می شود. به علاوه در هر ۱۰ خانه یک رایانه روشن است. نتایج شبیه سازی نا در شکل های ۳-۷ تا ۳-۱۰ آمده است. در مدل استفاده شده، توان مصرفی موتور القایی برابر با ۵۵۰ وات در نظر گرفته شده است. در این منطقه به علت کاهش بار القایی موجود در شبکه، اثرات منفی ناشی از لامپ کم مصرف مشهود تر است.



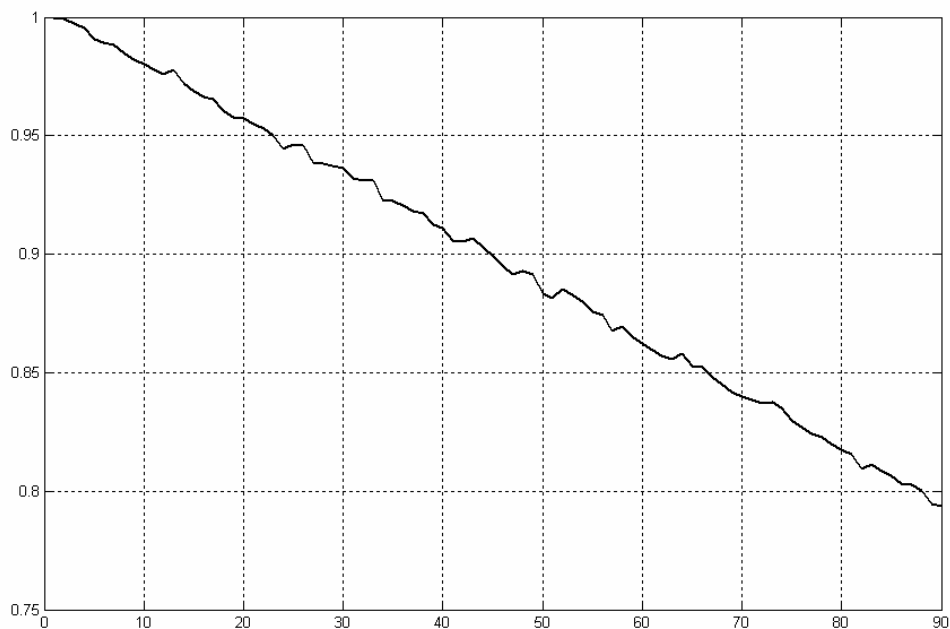
شکل ۳-۷: افزایش نسبی تلفات هسته در افسریه با افزایش تعداد لامپ های کم مصرف



شکل ۳-۸: افزایش نسبی اشباع هسته در افسریه با افزایش تعداد لامپ های کم مصرف



شکل ۳-۹: افزایش ماکزیمم جریان در افسریه

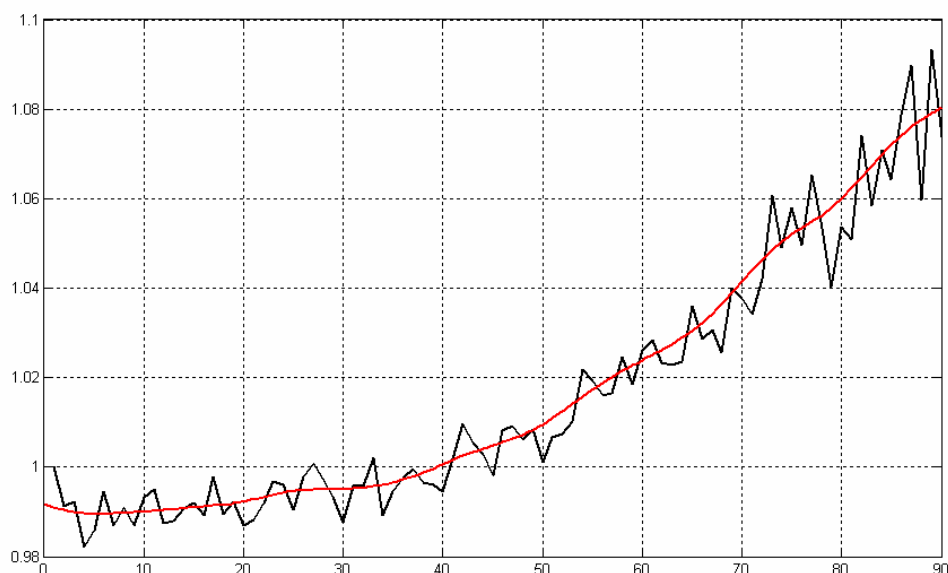


شکل ۳-۱۰: کاهش توان مصرفی در افسریه

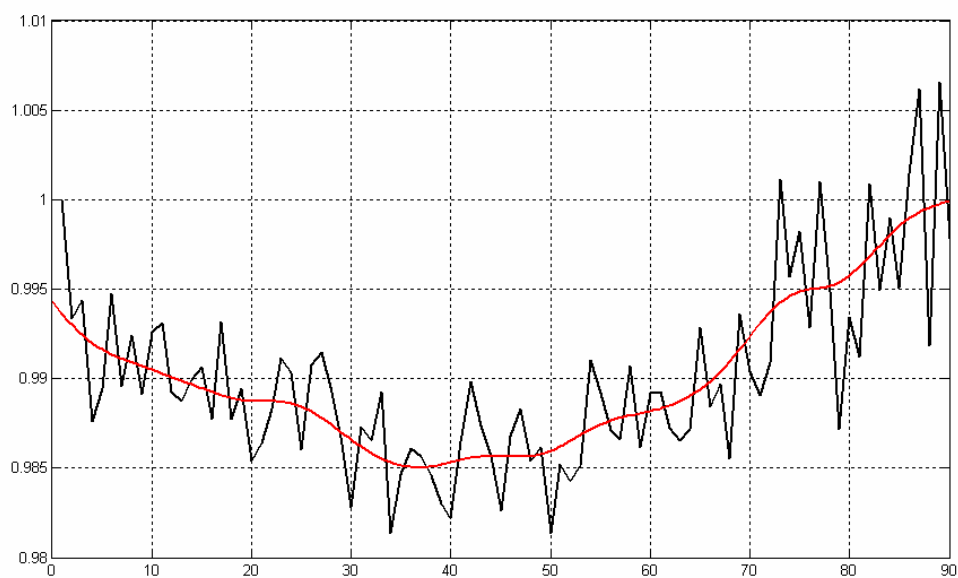
باز هم مشاهده می شود که استفاده از لامپهای کم مصرف نزدیک به ۲۵ درصد از توان مصرفی شبکه کاسته است هر چند که معیارهای کیفیت توان را کاهش داده است.

۳-۳- تخمین شبکه توزیع در شهر اهواز

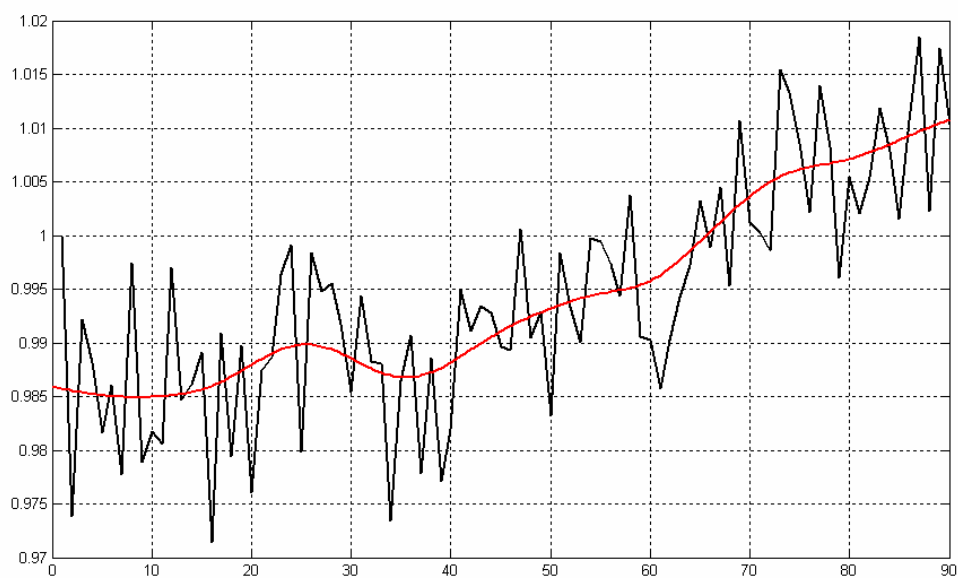
در بسیاری از مناطق جنوبی کشورمان مصرف کولرهای گازی به دلیل شرایط آب و هوایی به شدت رواج داشته و بخش مهمی از بار شبکه را تشکیل می‌دهد. مصرف اصلی کولر گازی مربوط به کمپرسور القایی آن می‌باشد. در بخش پایانی این فصل واحد مسکونی بخش‌های گذشته را با یک بار القایی ۲ کیلووات و سه لامپ کم مصرف و یک تلویزیون مدل می‌کنیم. نتایج این بررسی در شکل‌های ۳-۱۱ تا ۳-۱۴ آمده است.



شکل ۳-۱۱: افزایش تلفات هسته در اهواز



شکل ۳-۱۲: افزایش هستریس هسته در اهواز



شکل ۳-۱۳: افزایش ماکزیمم جریان در اهواز



شکل ۳-۱۴: کاهش توان مصرفی در اهواز

با توجه به نمودارهای فوق، در صورت عدم وجود محدودیت‌های دیگر، جایگزین کردن کلید لامپ‌ها در این منطقه با توجه به نقش آن در کاهش حدود ۱۰ درصدی مصرف انرژی توصیه می‌شود.



فصل چهارم استفاده بهینه از لامپ کم مصرف در شبکه

در فصل قبل به الگوریتم مورد استفاده در بررسی اثر بار های هارمونیک زا روی شبکه اشاره شد. در این فصل ابتدا الگوریتم مذکور تشریح شده سپس کاربرد آن در چند بررسی کلی شبکه ها مطالعه می شود. درک و استفاده از روش ارائه شده ساده و برای اپراتور معمولی مناسب می باشد. در این روش جوابی نهایی برای الگوی استفاده از لامپ کم مصرف ارائه نمی شود، بلکه امکان بررسی تاثیر آن بر پارامتر های مختلف شبکه ارائه می گردد. اپراتور می تواند با وارد کردن داده صحیح مربوط به مصرف کننده ها، این تاثیر را از جنبه های مختلف ملاحظه نموده با توجه به اطلاعات مربوط به تعداد و ظرفیت پست ها و مشخصات اجزای هر یک از پست ها نظیر ترانسفورمرها، مشخصات خطوط انتقال و توزیع و ظرفیت آنها و اولویت ها در بهینه سازی مصرف بار، الگوی صحیح مصرف را تهیه نماید. بدین طریق، دورنمای تدوین سیاستگذاری درست و بهینه توزیع این لامپ ها بین مشترکان در کشورمان مشخص می گردد.

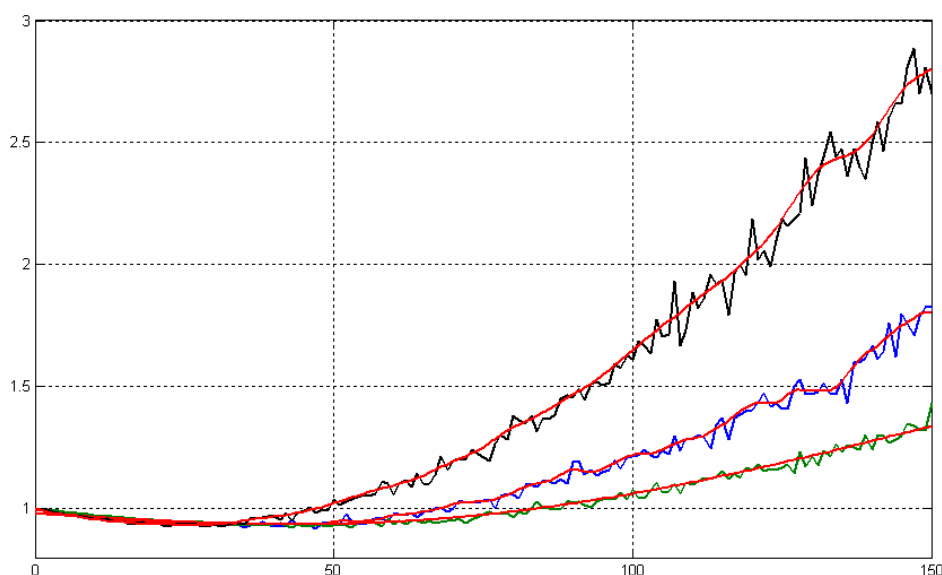
الگوریتم پیشنهادی به صورت زیر است: تعدادی از لوازم برقی بر اساس آمار در شبکه قرار می گیرند. هارمونیک های مختلف جریان در آنها تفکیک شده و با در نظر گرفتن فاز با هم جمع می شوند. سپس مولفه های به دست آمده در محاسبه و مقایسه پارامتر های مختلف مورد استفاده قرار می گیرند. مثلاً در مقایسه اثر هیستریزس از رابطه زیر استفاده می شود:

$$\sum (f_n \times i_n^{1.6}) / \sum (F_n \times I_n^{1.6})$$

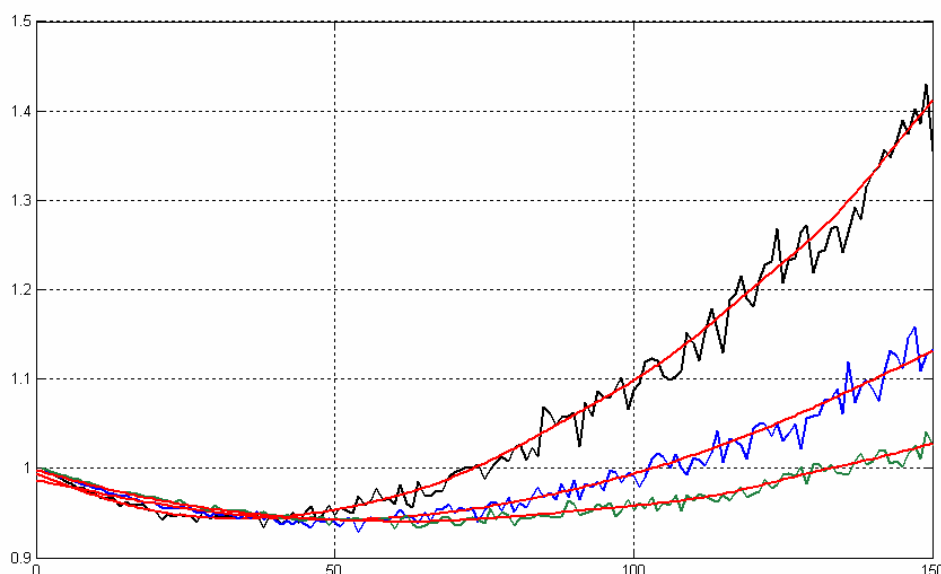
که در این رابطه n نمایشگر هارمونیک های مختلف بوده و (f, i) و (F, I) مربوط به دو تجربه مختلف مورد مقایسه می باشند. پیاده سازی این الگوریتم در MATLAB در ضمیمه ۱ آمده است.

۴-۱- بررسی تاثیر CFL در شبکه های مقاومتی-القایی

در نخستین بررسی، اثر اضافه کردن لامپ های کم مصرف بر یک شبکه با بار مقاومتی و القایی بررسی شده است. در این بررسی ۱۵۰ لامپ ۱۰۰ وات یک به یک با لامپ کم مصرف جایگزین شده اند. موتور در اینجا ۵۰۰ وات فرض شده است. شکل ۴-۱ نتایج این بررسی را از دیدگاه تلفات هسته و شکل ۴-۲ این اثر را از دید پسماند نمایش می دهد. در سه بررسی جداگانه، بار القایی شبکه به تدریج افزایش یافته است. تعداد موتور ها به ترتیب ۲۰، ۴۰ و ۶۰ فرض شده است. واضح است که با افزایش تعداد موتور ها، شبکه تحمل تعداد لامپ های کم مصرف بیشتری را دارد. از این منحنی ها می توان نقطه بهینه ای برای تعداد لامپ های مورد استفاده بر اساس تلفات یا هیستریزیس یافت، اما نقطه بهینه واقعی بستگی به مدیریت و سیاستگذاری شبکه توزیع و بر اساس ظرفیت ها و خواسته ها دارد.



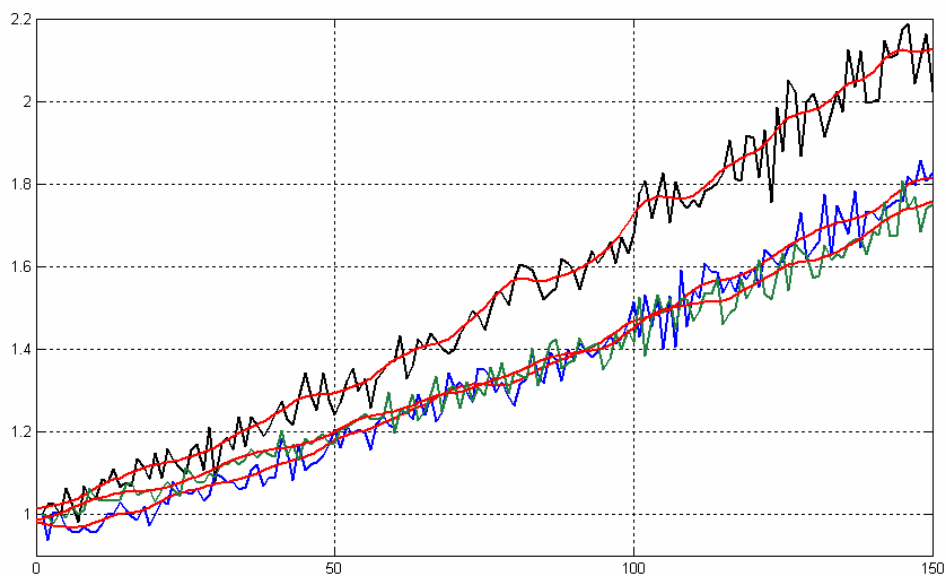
شکل ۴-۱: تلفات هسته ترانسفورمر در یک شبکه مقاومتی-القایی با بارهای مختلف



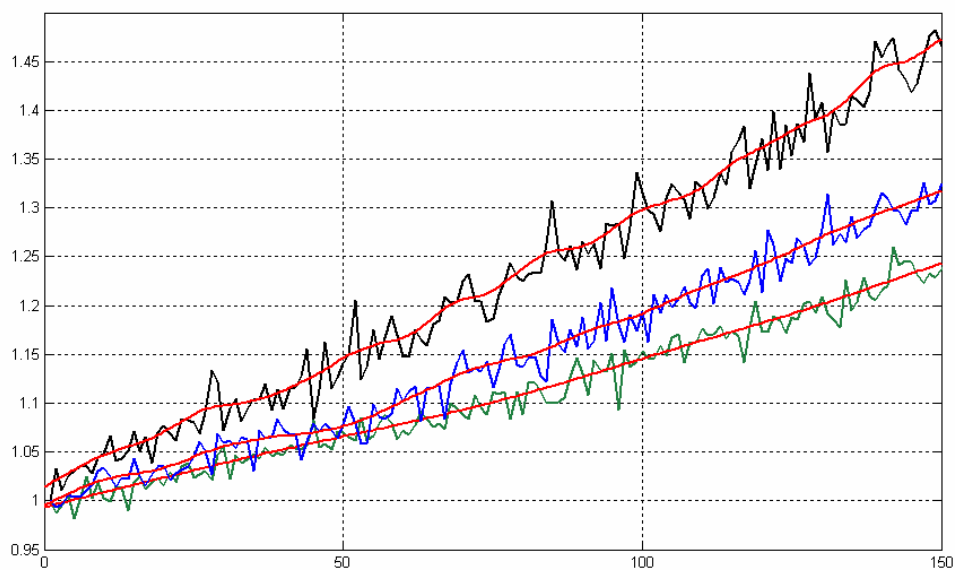
شکل ۴-۲: هیستریزیس نسبی هسته ترانسفورمر در یک شبکه مقاومتی-القایی با بارهای مختلف

۴-۲- بررسی تاثیر CFL در شبکه های دارای بار هارمونیک زیاد

در بررسی دیگری، همین اثر در یک شبکه دارای بار هارمونیک زیاد نشان داده شده است. طبیعی است در اینجا شبکه نسبت به افزایش لامپ های کم مصرف در شبکه حساس تر است. تعداد رایانه های شخصی ۱۵۰ وات در این شبکه ثابت و برابر ۳۰ می باشد. تعداد موتور ها مجدداً ۲۰، ۴۰ و ۶۰ فرض شده است. همانطور که مشاهده می شود افزایش تعداد موتور ها از ۴۰ به ۶۰ تغییر زیادی در شبکه ایجاد نمی کند. در اینجا نتیجه مهمی می توان گرفت و آن اینکه در یک شبکه با بار هارمونیک زیاد، همواره باید فارغ از میزان بار القایی شبکه، در استفاده از لامپ های کم مصرف محدودیت هایی را در نظر گرفت.



شکل ۴-۳: تلفات هسته ترانسفورمر در یک شبکه هارمونیکی با بارهای مختلف



شکل ۴-۴: پسماند نسبی ترانسفورمر در یک شبکه هارمونیکی با بارهای مختلف

نتیجه ای که از تحلیل رفتار ترانسفورمر می شود گرفت این است که لامپ کم مصرف در شبکه هایی با مقدار هارمونیک فعلی زیاد می تواند تلفات هسته را تحت تاثیر قرار دهد. این نوع شبکه های معمولاً دارای تعداد زیادی بارهای غیر خطی مانند رایانه ها هستند.

فصل پنجم آینده لامپ های کم مصرف و فناوری های جدید تر

۵-۱- پیشرفت های فنی در ساخت لامپ کم مصرف

نوع دیگر لامپ فلئورسنت لامپ بدون الکتروود می باشد که به نام لامپ رادیو-فلئورسنت یا لامپ القایی فلئورسنت شناخته می شود. این لامپ ها فاقد سیم رسانایی که به درونشان وارد شود بوده و به جای آن بخار جیوه را با یک نوسان ساز فرکانس رادیویی تحریک می کنند. در حال حاضر این لامپ هزینه زیادی دارد و نمونه های چینی آن پایدار نیستند، که این امر موجب راه اندازی یک استاندارد بین المللی برای آن شده است.

بعضی تولید کننده ها حباب لامپ کم مصرف را با یک پوشش دی اکسید تیتانیوم خارجی می سازند. سازندگان این فناوری بر این باورند که دی اکسید تیتانیوم در صورت قرار گرفتن در معرض نور فرابنفش لامپ کم مصرف باعث از میان رفتن باکتری ها و ویروس ها می شود.

لامپ فلئورسنت کاتد سرد (CCFL) یکی از جدید ترین فناوری های لامپ فلئورسنت است که از الکتروود های بدون فیلامان استفاده می کند. ولتاژ CCFL حدود ۵ برابر ولتاژ CFL و جریان آن ۱۰ برابر کمتر است. قطر CCFL که در ابتدا برای نور پس زمینه مونیتور های LCD استفاده می شد قطری حدود ۳ میلی متر دارد. راندمان آن از نظر میزان روشنایی بر وات نصف CFL است. مزیت آن روشن شدن فوری همانند لامپ رشته ای، سازگاری با تایمرها و فوتوسل و عمر زیاد (حدود ۵۰۰۰ ساعت) است. در مواردی که تاخیر CFL در روشن شدن مطلوب نباشد یا برای روشنایی در مواردی که نرخ خاموش و روشن شدن زیاد است (مانند دستشویی) می توان از CCFL استفاده نمود. کاتد سرد به این معناست که کاتد مستقلا گرم نمی شود، بلکه ممکن است در دما هایی کار کند که در صورت گرم شدن کار می کرد. لامپ نئون معروف ترین نوع لامپ کاتد سرد است. در لامپ های جریان متناوب هر دو الکتروود به طور متناوب نقش آند و کاتد را دارند. در لامپ کاتد گرم، الکتروود گرم می شود تا الکترون ساطع کند، اما در لامپ کاتد سرد، سطح داخلی کاتد می تواند مستقل از دما الکترون آزاد تولید کند. لامپ کاتد سرد در مقابل نیاز به ولتاژ بالاتری دارد که یک میدان الکتریکی قوی در مجاورت لامپ ایجاد می کند. لامپ کاتد سرد برخلاف نامش ممکن است در هنگام کار داغ نیز شود.

بعضی سازنده ها از یک پوشش رنگ درخشان^۱ برای حباب لامپ کم مصرف استفاده می کنند تا اینکه در تاریکی و برای مدتی پس از خاموش شدن تابش خود را حفظ کند. هدف از اینکار تامین روشنایی در مواقع اورژانس، مانند

^۱ Luminous

خاموشی سراری پس از یک فاجعه طبیعی مانند زلزله است. تحقیق درباره این فناوری با توجه به شرایط کشورمان اهمیت دارد. تولید کننده های دیگر لامپ کم مصرفی با یک LED سفید ساخته تا نور ضعیفی برای شب مانند چراغ خواب تولید کند. بعضی دیگر حباب های طرح کم مصرف با سریچ ادیسونی بزرگ می سازند تا آن را جایگزین لامپ های ۲۵۰ و ۴۰۰ وات متال-هالید کنند، تا آنگونه که ادعا می کنند ۵۰ درصد در انرژی صرفه جویی کنند.

۵-۲- فناوری های جدید تر، لامپ های LED

لامپ LED نوعی از روشنایی های حالت جامد است که از دیود های نوری (LED) استفاده می کند. معمولاً در ساختمان ها از "دسته"^۱ های LED استفاده می کنند. این لامپ ها در اندازه های مختلف، از جمله اندازه استاندارد لامپ معمولی با یک سریچ ادیسون بزرگ ساخته می شوند.



شکل ۵-۱: نمونه لامپ LED

برای تولید نور سفید با لامپ LED باید نور های قرمز، سبز و آبی با نسبت مناسب تولید شود. این کار در LED های سفید و یا با ترکیب رنگ انجام می شود. ترکیب رنگ به مفهوم ستفاده از چند رنگ LED در یک حباب است. چنین لامپ هایی با حداقل دو رنگ LED آبی و زرد، و گاهی به همراه سبز، و یا سبز و قرمز با هم ساخته می شوند. چون در لامپ چند رنگ از فسفر استفاده نمی شود تلفات کمتر و راندمان بیشتر است.

^۱ Cluster

یک لامپ LED فقط نور کمی تولید می‌کند. بنابراین باید تعدادی از آن را با هم جایگزین یک لامپ معمولی کرد. برای ساختن نور تک رنگ، این کار آسان است. اما برای ترکیب نور ها باید چیدمان خاصی در LED ها به کار برد. همچنین افت تدریجی LED ها که در زمان های متفاوتی رخ می دهد ممکن است پس از مدتی رنگ نور اولیه را عوض کند. به این دلایل و دلایل فنی دیگر، تمرکز بیشتر بر توسعه لامپ های LED سفید می باشد. در سال ۲۰۰۸ پیشرفت فناوری توانست تقریباً تمام روشنایی داخل و خارج یک کارخانه را تامین کند. گرچه هزینه اولیه این کار ۲ تا ۳ برابر تامین روشنایی با ترکیبی از لامپ های رشته ای و کم مصرف است، اما هزینه اضافه در مدت ۲ سال از محل مصرف کمتر برق باز گشته و لامپ ها به مدت ۲۰ سال لازم نیست تعویض شوند.



شکل ۵-۲: روشنایی ساختمان با لامپ LED

۵-۲-۱- راه انداز LED:

LED ها ادواتی ولتاژ پایین و با مقاومت دینامیک کم هستند، ولتاژ دو سر آنها با جریان های مختلف چندان تغییر نمی کند بنابراین نمی توان آنها را مستقیماً به برق ساختمان وصل نمود. بالاست معمول برای این لامپ شامل یک یکسو ساز به همراه یک ترکیب خازن و مقاومت است.

۵-۲-۲- مزایای LED:

مزایای لامپ های LED به طور خلاصه به شرح زیر است:

- راندمان بالاتر: LED هایی که امروزه موجودند بیش از ۱۰۰ شمع^۱ با ۱ وات توان تولید می کنند.
- اندازه کوچک: امکان طراحی انعطاف پذیر در شکل های خطی، حلقه ای، دسته ای و یا نقاط منفرد
- دوام زیاد: فیلامان یا تیوب شکستنی ندارد.
- عمر طولانی: لامپ هایی که خوب ساخته شوند ۵۰۰۰۰ تا ۶۰۰۰۰ ساعت کار می کنند.
- تیره شدن کامل: برعکس لامپ کم مصرف، می توان LED را با پالس های متناوب سریع نیز روشن نمود.
- بدون جیوه: برعکس لامپ های دیگر، از جیوه و گاز های هالوژنی خطرناک استفاده نمی کند.

۵-۲-۳- مشکلات LED

در تولید و مصرف LED هنوز مشکلاتی وجود دارد. تولید انبوه لامپ LED با هزینه پایین هنوز مقدور نیست. مرحله ساخت نیمه رسانا باید بهبود پیدا کند تا توان عملیاتی^۲ افزایش یابد. در استفاده از فسفر نیز هنوز مشکلاتی وجود دارد. در بخش مصرف نیز مشکلاتی وجود دارد. لامپ های فعلی روشنایی کمی برای درون ساختمان تولید می کنند. همچنین در زوایای دید مختلف موقعیت مصرف نسبت به لامپ، رنگ نور متفاوتی مشاهده می شود. حساسیت دمای نور و راندمان به دمای محیط از مشکلات دیگر LED های فعلی است.

^۱ واحد روشنایی

^۲ Throughput

۶- نتیجه گیری:

نتایج شبیه سازی ها نشان می دهد که میزان سهم لامپ کم مصرف در ایجاد هارمونیک در شبکه با توجه به مولفه کوچک جریان آن در مقابل وسایلی مانند رایانه شخصی چندان قابل توجه نیست. نکته مهم جایگزینی لامپ معمولی با لامپ کم مصرف است که اگر به صورت کامل انجام شود به معنی غیبت یک عنصر مقاومتی و جایگزینی با یک المان اعوجاج زا است. با توجه به اینکه رایانه شخصی یک وسله پر کاربرد در مناطقی با کارایی اداری است اضافه شدن لامپ کم مصرف می تواند سبب بروز مشکلاتی گردد. توجه به این نکته ضروری است که مقدار هارمونیک های ایجاد شد توسط رایانه شخصی بسیار بیشتر از لامپ کم مصرف است و بروز مشکل در استفاده همزمان از این دو وسیله در مناطق اداری به منزله اشکال در استفاده از لامپ کم مصرف نمی باشد. نتایج بررسی ها در سه منطقه نمونه مختلف نشان دهنده این واقعیت است که استفاده از لامپ کم مصرف با توجه به شرایط محیطی می تواند نتایج متفاوتی را در بر داشته باشد. کاهش توان مصرفی و تلفات در شبکه نتیجه قاطعی است که استفاده از لامپ کم مصرف در پی خواهد داشت. علاوه برآن استفاده از این ابزار در برخی از مناطق ممکن است اثرات سوویی داشته باشد که با در نظر شرایط ویژه براحتی قابل برطرف نمودن است. آنچه در استفاده از گسترده اهمیت دارد توجه به نوع و رفتار مصرف کنندگان در یک منطقه خاص و برنامه ریزی بر مبنای آن است که باید توسط برق های منطقه ای مورد توجه بیشتری قرار گیرد.

۷-مراجع

- [1] COSTS AND BENEFITS OF HARMONIC CURRENT REDUCTION FOR SWITCH-MODE POWER SUPPLIES IN A COMMERCIAL OFFICE BUILDING
- [2] IEEE Stability Special: 'Voltage Stability of Power Systems: Concepts, Analytical Tools and Industry Experience' IEEE Special Publication, 90TH0358-2-PWR, 1990.
- [3] C.W. Taylor, 'Power System Voltage Stability', pp 17-135. Electric Power Research Institute, McGraw-Hill, USA, 1994.
- [4] E. Agneholm, 'Cold load pick-up'. Technical Report No.354. Department of Electric Power Engineering. Chalmers University of Technology. Göteborg, Sweden 1999.
- [5] IEEE Task Force on Load Representation for Dynamic Performance, 'Load representation for dynamic performance analysis'. IEEE Transactions on Power Systems, Vol.8, No.2, pp. 472-482, May 1993.
- [6] P. Kundur, 'Power System Stability and Control'. Pp 17-40, 271-312, 959-1000. Electric Power Research Institute, McGraw-Hill, USA, 1994.
- [7] Dynamic Load Models for Power Systems Estimation of Time-Varying Parameters During Normal Operation Inés Romero Navarro
- [8]- N. Aiello - S. Messina, " VIPower: SELF-OSCILLATING CONVERTER USING VK05CFL FOR COMPACT FLUORESCENT LAMPS", 2008
- [9]-J.smith, "benefits of high power factor CFLs", energymad ,October 26, 2007
- [10]-Schneider installation guide book , "harmonic management", 2008
- [11]- N. Aiello - S. Messina, " VIPower: SELF-OSCILLATING CONVERTER USING VK05CFL FOR COMPACT FLUORESCENT LAMPS", 2008
- [۱۲]- حسین عسکریان ابیانه، احمد مختاری لاله، مهندس الله مرادی، مهندس سجادی، مهندس احمدیان "تحلیل اعوجاج هارمونیکی در سیستم های توزیع"، نهمین کنفرانس شبکه های توزیع نیروی برق
- [۱۳]- محبوبه یزدن پناه، محسن گیتی زاده حقیقی، فریبا احمدی جعفری، "دیدگاه های کیفیت توان به هنگام کاربرد لامپ های کم مصرف در مدیریت سمت تقاضا"، هشتمین کنفرانس شبکه های توزیع نیروی برق
- [۱۴]- امیر شریف یزدی، سید مهدی جعفری، " بررسی شبهات فنی و مزایای فنی-اقتصادی جایگزینی عمومی لامپ های کم مصرف"، هشتمین کنفرانس شبکه های توزیع نیروی برق
- [۱۵]- بهنام بیات، " بررسی آزمایشگاهی اثرات هارمونیکی لامپ های کم مصرف و تاثیر آن بر روی شبکه"، هشتمین کنفرانس شبکه های توزیع نیروی برق
- [۱۶]- APPLICATION NOTE, Self Oscillating 25W CFL Lamp Circuit, AN00048, Philips Semiconductors
- [۱۷]- R. I. Sasaki, "THE IMPACT OF ELECTRONIC BALLAST COMPACT FLUORESCENT LIGHTING ON POWER DISTRIBUTION SYSTEMS", Purdue University School of Electrical Engineering, 1994

[۱۸]- <http://www.spectrum-soft.com/news/spring2002/diac.shtm>

[۱۹]- http://www.beigebag.com/case_shockley.htm

[۲۰]- APPLICATION NOTE, HOW TO REDUCE 3rd HARMONICS WITH ST6200C MOTOR CONTROL SOFTWARE, AN1448

ضمیمه ۱- برنامه پیاده شده در MATLAB

```

clc;close all

HarmCoeff = 0.9;
PCHarm = [1.171 .972 .644 .386 .222];
CFLHarm = [.2 .182 .162 .138 .112];
TVHarm = [.781 .648 .423 .258 .149];
PCPhase = [14.9 200.5 34.9 229.2 45.8];
n = 1 : 5;
PCPhase(n) = PCPhase(n) + 20 * n;
PCPhaseRad = PCPhase * pi/180;
%*****

Motorpower = 2000;
CFLNum = 0;
PCNum = 0;
TVNum = 30;
IncanNum = 90;
MotorNum = 30;

MotorCurr = Motorpower / 220;

%*****
NumofHrmc = 5;
NoTStep = 4000;
freq = 50;
timestep = 9.9998e-006;
n = 1 : NoTStep;
NetV = 220*sqrt(2) * sin(2*pi*timestep*n*freq);

Eddy = [];
Hys = [];
Ipeak = [];
NetPower = [];

for cflnumber = 0 : 120

CFLNum = cflnumber;
IncanNum = 120 - cflnumber;
PhaseRnd = -10 + 20 * rand(1,PCNum+TVNum+CFLNum);
PhaseRndRad = PhaseRnd * pi/180;

FirstHarm = zeros(1,NoTStep);
ThirdHarm = zeros(1,NoTStep);
FifthHarm = zeros(1,NoTStep);
SeventhHarm = zeros(1,NoTStep);
NinthHarm = zeros(1,NoTStep);

for count = 1 : PCNum
    for n = 1 : NoTStep

```

```

        FirstHarm(n) = FirstHarm(n) + PCHarm(1)*
sin(2*pi*timestep*n*freq*1 + PCPhaseRad(1) + 1*PhaseRndRad(count));
        ThirdHarm(n) = ThirdHarm(n) + PCHarm(2)*
sin(2*pi*timestep*n*freq*3 + PCPhaseRad(2) + 3*PhaseRndRad(count));
        FifthHarm(n) = FifthHarm(n) + PCHarm(3)*
sin(2*pi*timestep*n*freq*5 + PCPhaseRad(3) + 5*PhaseRndRad(count));
        SeventhHarm(n) = SeventhHarm(n) + PCHarm(4)*
sin(2*pi*timestep*n*freq*7 + PCPhaseRad(4) + 7*PhaseRndRad(count));
        NinthHarm(n) = NinthHarm(n) + PCHarm(5)*
sin(2*pi*timestep*n*freq*9 + PCPhaseRad(5) + 9*PhaseRndRad(count));
    end
end

for count = PCNum + 1 : PCNum + TVNum
    for n = 1 : NoTStep
        FirstHarm(n) = FirstHarm(n) + TVHarm(1)*
sin(2*pi*timestep*n*freq*1 + PCPhaseRad(1) + 1*PhaseRndRad(count));
        ThirdHarm(n) = ThirdHarm(n) + TVHarm(2)*
sin(2*pi*timestep*n*freq*3 + PCPhaseRad(2) + 3*PhaseRndRad(count));
        FifthHarm(n) = FifthHarm(n) + TVHarm(3)*
sin(2*pi*timestep*n*freq*5 + PCPhaseRad(3) + 5*PhaseRndRad(count));
        SeventhHarm(n) = SeventhHarm(n) + TVHarm(4)*
sin(2*pi*timestep*n*freq*7 + PCPhaseRad(4) + 7*PhaseRndRad(count));
        NinthHarm(n) = NinthHarm(n) + TVHarm(5)*
sin(2*pi*timestep*n*freq*9 + PCPhaseRad(5) + 9*PhaseRndRad(count));
    end
end

for count = PCNum + TVNum + 1 : PCNum + TVNum + CFLNum
    for n = 1 : NoTStep
        FirstHarm(n) = FirstHarm(n) + CFLHarm(1)*
sin(2*pi*timestep*n*freq*1 + PCPhaseRad(1) + 1*PhaseRndRad(count));
        ThirdHarm(n) = ThirdHarm(n) + CFLHarm(2)*
sin(2*pi*timestep*n*freq*3 + PCPhaseRad(2) + 3*PhaseRndRad(count));
        FifthHarm(n) = FifthHarm(n) + CFLHarm(3)*
sin(2*pi*timestep*n*freq*5 + PCPhaseRad(3) + 5*PhaseRndRad(count));
        SeventhHarm(n) = SeventhHarm(n) + CFLHarm(4)*
sin(2*pi*timestep*n*freq*7 + PCPhaseRad(4) + 7*PhaseRndRad(count));
        NinthHarm(n) = NinthHarm(n) + CFLHarm(5)*
sin(2*pi*timestep*n*freq*9 + PCPhaseRad(5) + 9*PhaseRndRad(count));
    end
end

FirstHarm = HarmCoeff * FirstHarm;
ThirdHarm = HarmCoeff * ThirdHarm;
FifthHarm = HarmCoeff * FifthHarm;
SeventhHarm = HarmCoeff * SeventhHarm;
NinthHarm = HarmCoeff * NinthHarm;

n = 1 : NoTStep;
FirstHarm(n) = FirstHarm(n) + IncanNum * 0.4545*
sin(2*pi*timestep*n*freq*1);
FirstHarm(n) = FirstHarm(n) + MotorNum * MotorCurr*
sin(2*pi*timestep*n*freq*1 - 0.3142);

```



```

Eddy = [Eddy (max(FirstHarm))^2*50^2 + (max(ThirdHarm))^2*150^2 +
(max(FifthHarm))^2*250^2 + (max(SeventhHarm))^2*350^2 +
(max(NinthHarm))^2*450^2];
Hys = [Hys (max(FirstHarm))^1.6*50 + (max(ThirdHarm))^1.6*150 +
(max(FifthHarm))^1.6*250 + (max(SeventhHarm))^1.6*350 +
(max(NinthHarm))^1.6*450];
Ipeak = [Ipeak max(FirstHarm + ThirdHarm + FifthHarm + SeventhHarm +
NinthHarm)];
NetPower = [NetPower sum(NetV.*(FirstHarm + ThirdHarm + FifthHarm +
SeventhHarm + NinthHarm))];
%TotalHarm = [TotalHarm ];

end

figure;plot(Eddy / Eddy(1));grid
figure;plot(Hys / Hys(1));grid
figure;plot(Ipeak/Ipeak(1));grid
figure; plot(NetPower/NetPower(1));grid
%figure;plot(TotalHarm)

```

گزارش سوم:

"نحوه و میزان تاثیر استفاده گسترده از

لامپهای کم مصرف روی عملکرد تجهیزات

شبکه"

فهرست:

۳	مقدمه:
۴	فصل اول:
۴	تجهیزات در سمت تغذیه
۵	۱-۱- دسته بندی تجهیزات
۷	۱-۱-۱- مجموعه اعوجاج هارمونیک:
۹	۱-۱-۲- ضریب قله:
۱۰	۱-۱-۳- ضریب قدرت:
۱۱	۲-۱- تجهیزات مورد استفاده در بخش تغذیه:
۱۱	۱-۲-۱- مبدلها:
۱۸	۲-۲-۱- انتقال دهنده ها:
۱۹	۳-۲-۱- تجهیزات الکترونیکی:
۲۱	۴-۲-۱- ادوات حفاظت و کنترل:
۲۲	نتیجه گیری:
۲۳	فصل دوم:
۲۳	تجهیزات در سمت مصرف:
۲۵	۱-۲- موتور های الکتریکی:
۲۷	۲-۲- وسایل اندازه گیری:
۲۹	۳-۲- سایر تجهیزات:
۲۹	۱-۳-۲- تجهیزات مخابراتی:
۳۰	۲-۳-۲- وسایل الکترونیکی مصرفی:
۳۰	۳-۳-۲- وسایل سمعی و بصری:
۳۱	۴-۳-۲- رایانه ها و کنترل کننده های برنامه پذیر:
۳۳	۵-۳-۲- تجهیزات بیمارستانی:
۳۴	۶-۳-۲- پدیده تشدید:
۳۵	نتیجه گیری کلی:
۳۶	مراجع:

فهرست شکل ها:

- شکل (۱-۱) - شمای کلی یک شبکه توزیع نوعی ۵
- شکل (۲-۱) - تاثیر لامپ کم مصرف بر روی THD در کنار سایر وسایل معمولی خانگی ۹
- شکل (۳-۱) نمونه شکل موج لامپ کم مصرف ۱۰
- شکل (۴-۱) - ارتباط بین استفاده از لامپ کم مصرف و تجهیزات شبکه ۱۱
- شکل (۵-۱) نقش ترانسفورمرها در شبکه انتقال و توزیع ۱۲
- شکل (۶-۱) یک ترانسفورمر نمونه ۱۳
- شکل (۷-۱) طیف فرکانسی جریان لامپ کم مصرف ۱۴
- شکل (۸-۱) مقایسه تلفات در یک ترانسفورمر ۱۵
- شکل (۹-۱) رابطه دما و عمر ترانسفورمر ۱۶
- شکل (۱۰-۱) ایجاد جریان سه گانه هارمونیک در ترانسفورمر ۱۷
- شکل (۱۱-۱) نحوه ایجاد جریان پوستی بر اثر افزایش فرکانس ۱۸
- شکل (۱۲-۱) - افزایش تلفات ژول در اثر افزایش THD ۱۹
- شکل (۱۳-۱) لحظه عبور از صفر ۲۰
- شکل (۱-۲) شمای کلی یک شبکه توزیع شامل تولید کنندگان و مصرف کنندگان ۲۵
- شکل (۲-۲) - تغییر شکل موج ۲۸
- شکل (۳-۲) - ساختار یک کنتور اندوکسیونی ۲۸
- شکل (۴-۲) - چگونگی تاثیر هارمونیکهای شبکه توزیع روی کابل‌های مخابراتی مجاور [۱۲] ۳۰
- شکل (۵-۲) - نمونه ای از تاثیر هارمونیکها از طریق امواج الکترومغناطیسی ۳۱
- شکل (۶-۲) طیف فرکانسی ناشی از جریان یک رایانه شخصی ۳۲
- شکل (۷-۲) - طیف جریان یک لامپ کم مصرف ۳۳

مقدمه:

در ادامه گزارش‌های مربوط به پروژه "تعیین پارامترهای مختلف شبکه و دسته بندی مناطق از نظر رفتار مصرف و مقدار بهینه استفاده از لامپ کم مصرف"، این گزارش به موضوع تاثیر استفاده از لامپ کم مصرف بر تجهیزات موجود در شبکه اعم از تجهیزات مصرف کنندگان و تجهیزات موجود در بخش تغذیه می پردازد. در گزارش‌های قبلی همین پروژه نحوه ایجاد هارمونیک‌ها توسط لامپ کم مصرف و سهم آن در اعوجاج شکل موج شبکه و همچنین نحوه و میزان تاثیر استفاده گسترده از این المان روی پارامترهای کیفیت توان شبکه مورد ارزیابی قرار گرفت. هدف از این گزارش بررسی فنی و علمی نحوه تاثیر پذیری تجهیزات شبکه با فرض استفاده انبوه و گسترده از لامپ کم مصرف می باشد.

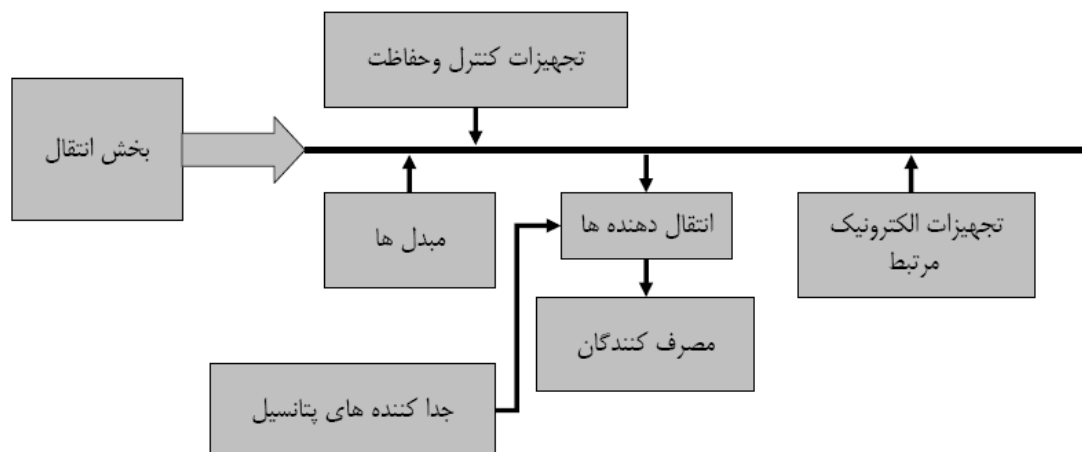


فصل اول:

تجهیزات در سمت تغذیه

۱-۱- دسته بندی تجهیزات

قبل از بررسی تاثیر لامپ کم مصرف روی تجهیزات ابتدا لازم است معنی و مفهوم تجهیز (در این گزارش) بررسی گردد. شبکه توزیع در حال حاضر و با فرض عدم استفاده از لامپ کم مصرف شامل تجهیزاتی است که در تعامل و کنش با یکدیگر قرار دارند و پایداری شبکه نیز در حال حاضر نیز برآیندی است از این تعامل. از آنجایی که بیشترین تاثیرات حضور لامپ کم مصرف در شبکه توزیع اتفاق می افتد بنابراین منظور از تجهیز در این گزارش صرفاً تجهیزات موجود در شبکه توزیع می باشد. شمای ساده شده یک شبکه توزیع نمونه در شکل (۱-۱) مشخص شده است.



شکل (۱-۱) - شمای کلی یک شبکه توزیع نوعی

به منظور سهولت تحلیل و بررسی اطلاعات ابتدا لازم است که دسته بندی مناسبی در ارتباط با تجهیزات موجود در شکل (۱-۱) صورت گیرد. دو دسته بندی کلی را می توان در این ارتباط در نظر گرفت. دسته اول تجهیزاتی هستند که در شبکه توزیع برق قرار دارند و وظیفه آنها تامین و توزیع برق در سطح فشار ضعیف با رعایت استانداردها و کیفیت مناسب است.

دسته دوم تجهیزات که در فصل بعدی در مورد آنها صحبت خواهد شد شامل تجهیزاتی است که توسط مصرف کنندگان انرژی برق و به منظور استفاده از خدمات ارائه شده تجهیزات توسط گروه نخست در شبکه استفاده می شوند.

بررسی وضعیت تجهیزات مورد استفاده در این بخش پس از بکارگیری لامپ کم مصرف از این جهت حائز اهمیت است که ممکن است تغییر فاحش در شاخص‌های کیفیت توان به دلیل استفاده از لامپ کم مصرف اختلالات یا حتی صدماتی را در این نوع تجهیزات ایجاد نماید. این مساله در مورد تجهیزات مصرف کننده حساس مانند تجهیزات بیمارستانی و.... ممکن است اهمیت بیشتری داشته باشد.

هدف از تهیه این گزارش بررسی کلی موضوع تأثیر استفاده گسترده از لامپ کم مصرف بر هر دو نوع تجهیزات، بررسی احتمالات و برطرف نمودن شبهات موجود در این زمینه است.

در این فصل تجهیزات موجود در سمت تغذیه مورد بررسی قرار می‌گیرند. ایت تجهیزات در شبکه توزیع برق فشار ضعیف قرار گرفته اند و وظیفه انتقال و توزیع برق را به عهده دارند. هرگونه بروز عیب در این تجهیزات یا کاهش راندمان یا عمر این تجهیزات ممکن است سرویس دهی بخش توزیع را با مشکل مواجه کند. سالانه مبلغ زیادی صرف سرویس و بهینه سازی این قبیل تجهیزات انجام می‌شود تا بتوان نسبت به قابلیت‌های تجهیزات اطمینان حاصل کرد.

تجهیزات بخش تغذیه را می‌توان به گروه‌های زیر تقسیم کرد:

۱- مبدلها: این تجهیزات ابزارهایی هستند که تبدیل سطوح مختلف جریان و ولتاژ را در سطح فشار ضعیف انجام می‌دهند. ترانسفورم‌های قدرت و همچنین ترانسفورمرهای اندازه‌گیری و همچنین اتوبوستر ها از این نوع تجهیزات هستند.

۲- انتقال دهنده ها: این قبیل تجهیزات وظیفه انتقال توان الکتریکی به مصرف کننده را به عهده دارند. کابلها و سیم‌های فشار ضعیف از این دسته هستند.

۳- تجهیزات الکترونیکی: این قبیل تجهیزات عموماً تجهیزاتی الکترونیکی هستند که به منظور اتوماسیون و مکانیزه کردن شبکه و یا کنترل و افزایش پایداری مورد استفاده قرار می‌گیرند. فرستنده‌های PLC یا تجهیزات RTU در این بخش دسته بندی می‌شوند.

۴- تجهیزات مربوط به کنترل و حفاظت: این تجهیزات وظیفه کنترل و حفاظت شبکه را به عهده دارند. فیوز ها و رله ها در این دسته بندی قرار می‌گیرند.

از آنجایی که در این گزارش جنبه تئوری و فنی نحوه تاثیر لامپ کم مصرف مد نظر بوده است و نه اندازه گیری های عملی بنابراین تعیین ارتباط معنی دار بین افزایش تعداد لامپهای کم مصرف شبکه و افزایش یا کاهش شاخص های ارزیابی کیفیت بهره برداری از تجهیزات بسیار حائز اهمیت است. مناسب ترین و پرکاربرد ترین شاخص های کیفیت توان شبکه که می تواند روی عملکرد تجهیزات تاثیر بگذارد عبارتند از:

الف- مجموع اعوجاج هارمونیک (THD^1)

ب- ضریب قله (Crest Factor)

ج- ضریب توان²

نحوه تاثیر استفاده گسترده از لامپ کم مصرف بر هر یک از این شاخص ها در بخشهای بعدی مورد بحث قرار می گیرد.

۱-۱-۱- مجموع اعوجاج هارمونیک:

اعوجاج هارمونیک در از حاصل جمع مولفه های هارمونیک بر مولفه اصلی حاصل می شود

$$THD = \frac{V_2^2 + V_3^2 + V_4^2 + \dots + V_n^2}{V_1^2}$$

این مولفه برای ولتاژ، جریان و توان قابل محاسبه است. در مورد لامپ کم مصرف مقدار هارمونیک های جریان بسیار بیشتر از هارمونیک های ولتاژ است. مقدار THD جریان لامپ های کم مصرف معمولاً از ۱۰۰ در صد بیشتر است. از آنجایی که این شاخص یا نمی توان جمع کرد بهترین راه برای تحلیل تاثیر دو یا چند عامل ایجاد هارمونیک در یک شبکه استفاده از شبیه سازی های کامپیوتری است که در گزارش های قبلی به آن اشاره شده است. از آنجایی که همه وسایل الکترونیکی تولید کننده هارمونیک هستند نمی توان افزایش THD شبکه را مستقیماً به حضور لامپ کم مصرف مربوط دانست.

¹ Total harmonic distortion
² Power Factor

شبیه سازی های انجام شده نشان می دهد که در بدترین حالت می توان افزایش THD ناشی از استفاده انبوه از لامپ کم مصرف را در یک شبکه نمونه معادل افزایش ۲۰ تا ۳۰ درصدی مقدار هارمونیک های دانست بر همین مبنا می توان تحلیل نسبتا مناسبی از تاثیر لامپ کم مصرف ارائه داد. در ارتباط با هارمونیکها شاخصهای پیچیده تری نیز مانند SATHD و STHD95 وجود دارند که به دلیل پیچیدگی محاسبه زیاد مورد استفاده قرار نمی گیرند. [۱]

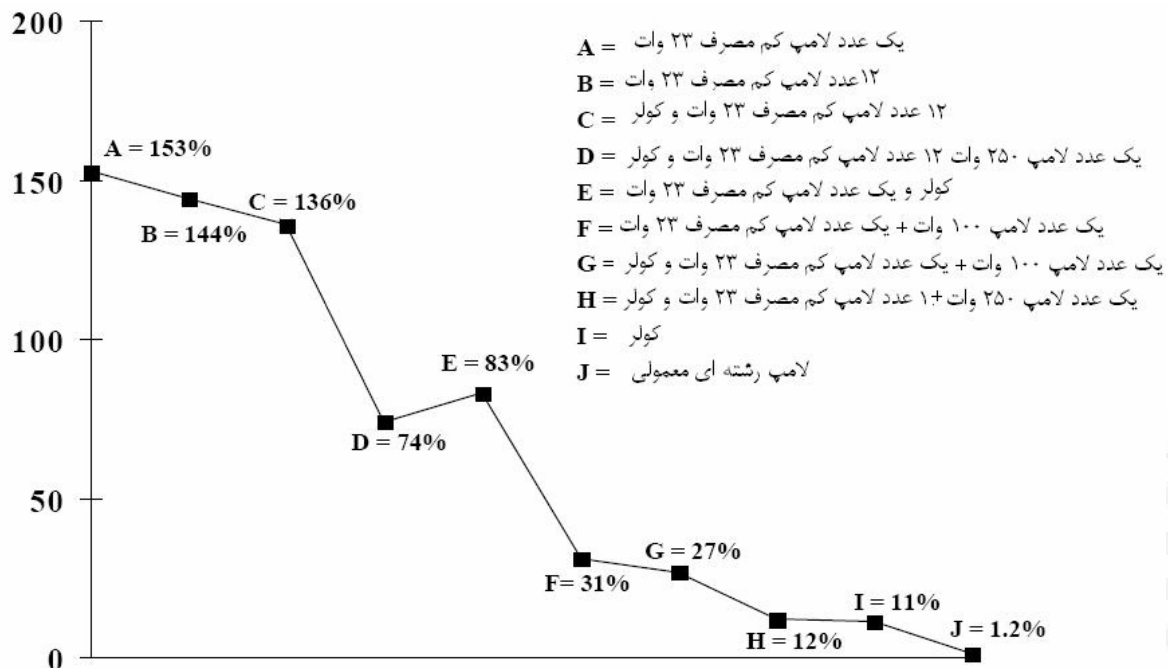
در مورد تغییرات ایجاد شده توسط لامپ کم مصرف در مقدار THD شبیه سازی با استفاده از حالت های مختلفی صورت گرفت که نتایج برخی از آنها در جدول زیر خلاصه شده است.

مقدار THD جریان	حالت های مختلف
٪۱۷۰	یک عدد لامپ کم مصرف ۲۳ وات
٪۱۴۳	۱۰ عدد لامپ کم مصرف ۲۳ وات
٪۷۳	۱۰ عدد لامپ کم مصرف ۲۳ وات و یک عدد لامپ ۲۵۰ وات رشته ای
٪۱۳	۱ عدد لامپ کم مصرف ۲۳ وات و یک عدد لامپ ۲۵۰ وات رشته ای

جدول (۱-۱) - میزان تاثیر لامپ کم مصرف بر مقدار THD در حضور لامپ رشته ای

جدول (۱-۱) به خوبی میزان تاثیر استفاده از لامپ کم مصرف در تغییر THD را نشان می دهد. در قسمتهای مختلف این گزارش به تغییر مقدار THD و تاثیرش روی عملکرد تجهیزات اشاره شده است که توجه به این جدول سهم لامپ کم مصرف را در اشکال یا عملکرد نادرست تجهیزات نشان می دهد.

نمودار شکل (۱-۲) به وضوح تاثیر لامپ کم مصرف در افزایش THD در کنار وسایل الکتریکی دیگر خانگی را نشان می دهد.



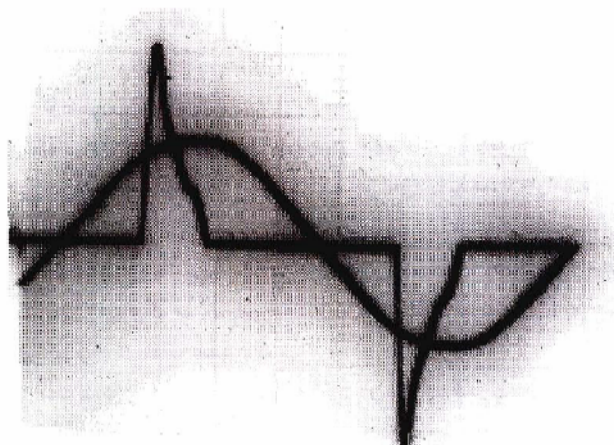
شکل (۲-۱)- تاثیر لامپ کم مصرف بر روی THD در کنار سایر وسایل معمولی خانگی

۲-۱-۱- ضریب قله:

ضریب قله شاخصی است که برای نشان دادن نسبت پیک شکل موج به مقدار متوسط آن در یک بازه زمانی به کار می‌رود. مقدار ضریب قله را می‌توان از رابطه زیر محاسبه کرد:

$$C = \frac{|x|_{\text{peak}}}{x_{\text{rms}}}$$

در مورد شکل موج لامپ کم مصرف این شاخص دارای اهمیت زیادی است. شکل (۲-۱) شکل موج یک نمونه از لامپ کم مصرف را نشان می‌دهد.



شکل (۱-۳) نمونه شکل موج لامپ کم مصرف

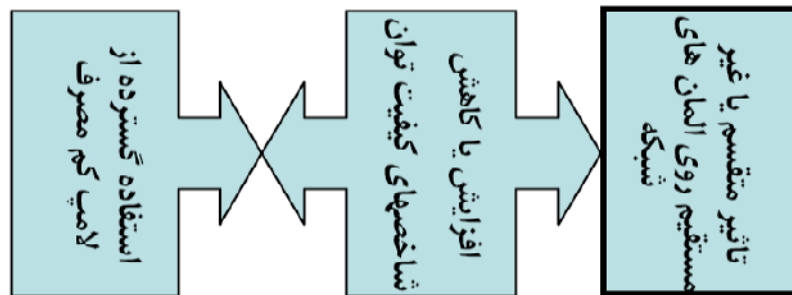
همانطور که در شکل (۱-۳) دیده می شود، قله شکل موج نسبت به مقدار متوسط آن بسیار بیشتر است. مقدار ضریب قله برای تحلیل نحوه تاثیر بر ادوات حفاظتی و کنترلی مانند رله ها بسیار حائز اهمیت است.

۱-۳-۱- ضریب قدرت:

با توجه به مدار الکترونیکی بالاست و حضور یک خازن در ابتدای ورودی مدار، لامپهای کم مصرف دارای ضریب قدرت خازنی هستند که با توجه به خاصیت سلفی غالب شبکه می تواند در بسیاری موارد به عنوان یک اثر مثبت ارزیابی شود. به عنوان مثال شبیه سازی ها نشان می دهد که حضور لامپهای کم مصرف در کنار موتورهای القایی می تواند باعث کاهش تلفات گردد. (به گزارش ۲۰۱ مراجعه شود)

برای ایجاد یک انگاره مناسب برای بررسی میزان تاثیر حضور لامپ کم مصرف در شبکه از ۳ شاخص اشاره شده به عنوان معیارهای ارزیابی استفاده خواهد شد. به این معنی که حضور گسترده لامپهای کم مصرف در شبکه با تغییر در این ۳ شاخص مدل می شوند. پس از این در این گزارش "تاثیر استفاده گسترده از لامپ کم مصرف در شبکه" با "افزایش" یا "کاهش" این ۳ شاخص معادل می شوند. لازم به یادآوری است که بررسی میزان تاثیر حضور لامپهای کم مصرف از طریق این ۳ شاخص عملی ترین و مناسب ترین روش برای ارائه یک دیدگاه مناسب می باشد.

شکل (۱-۴) مبنای تحلیلی این گزارش را به صورت ساده نشان می دهد.



شکل (۱-۴) - ارتباط بین استفاده از لامپ کم مصرف و تجهیزات شبکه

۲-۱- تجهیزات مورد استفاده در بخش تغذیه:

در این بخش میزان تاثیر لامپهای کم مصرف (کاهش یا افزایش ۳ شاخص اصلی) روی تجهیزات مختلف شبکه بررسی خواهد شد. همانطور که قبلا اشاره شد این نوع تجهیزات را می توان به بخشهای زیر تقسیم بندی کرد:

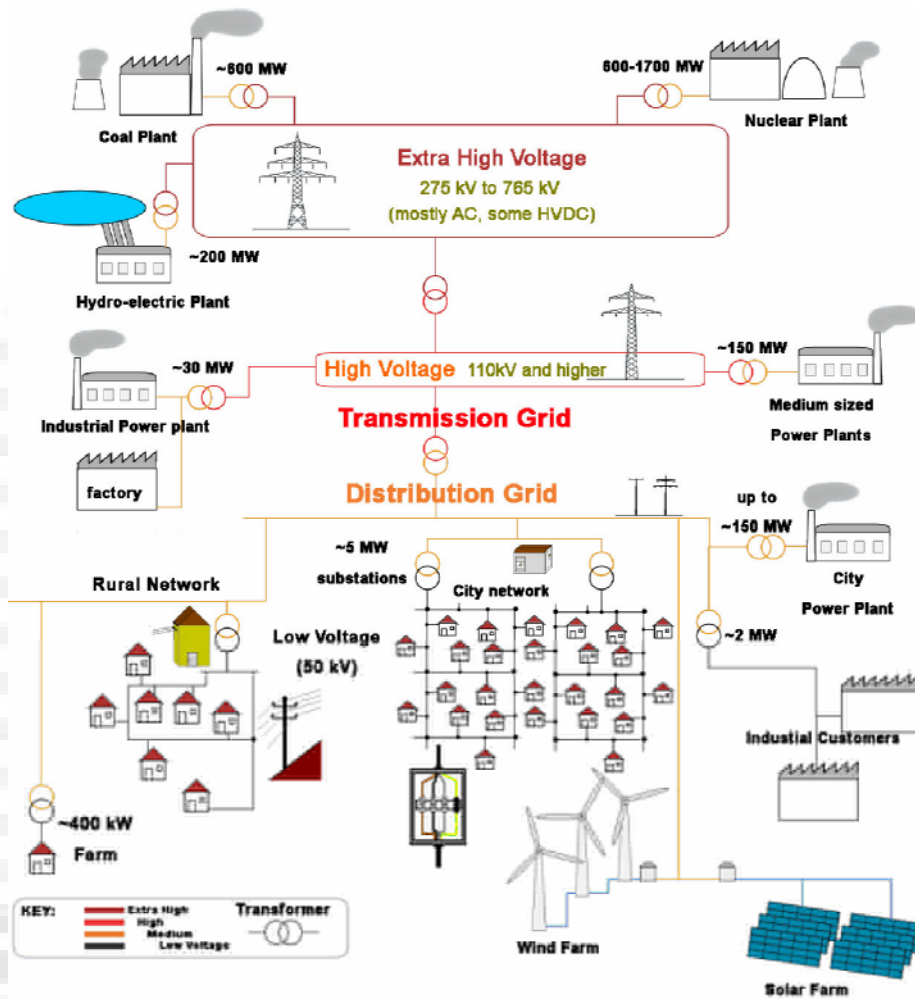
- مبدلها
- انتقال دهنده ها
- تجهیزات الکترونیکی
- ادوات کنترل و حفاظت

۱-۲-۱- مبدلها:

منظور از مبدلها در این بخش عموما مبدلهای ولتاژ و جریانی هستند که در بخشهای مختلف شبکه به منظور تغییر سطح ولتاژ و جریان یا برای اندازه گیری مورد استفاده قرار می گیرند. با توجه به ساختار مشترک این نوع ادوات میزان تغییر در ۳ شاخص اصلی روی این تجهیزات از الگوی نسبتا مشترکی پیروی می کند.

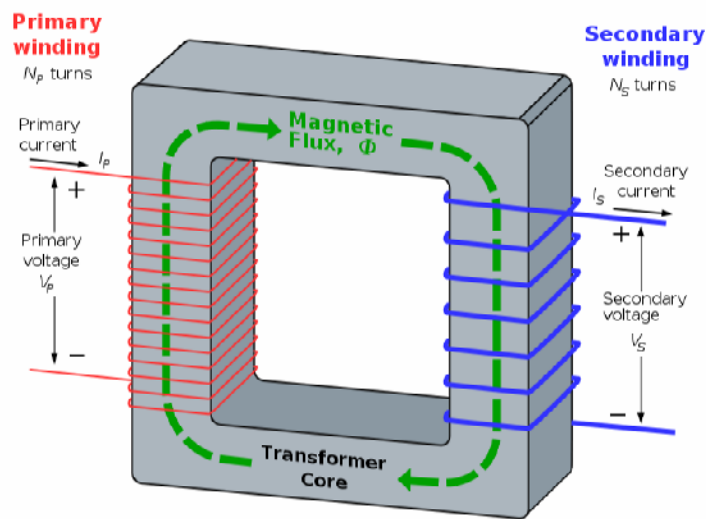
ترانسفورمرهای توزیع اصلی ترین، پرکاربردترین و مهمترین بخش یک شبکه توزیع را تشکیل می دهند.

شکل (۱-۵) نقش کلیدی ترانسفورمرها را در یک شبکه انتقال و توزیع نشان می دهد.



شکل (۵-۱) نقش ترانسفورمرها در شبکه انتقال و توزیع

ساختار یک ترانسفورمر شامل یک هسته و سیم پیچهای اولیه و ثانویه نیز در شکل (۶-۱) نشان داده شده است.



شکل (۶-۱) یک ترانسفورمر نمونه

هم هسته و هم سیم پیچهای ترانسفورمر ها نسبت به تغییرات ۳ شاخص مورد نظرها در این تحلیل حساس هستند. هارمونیک ها به چند شکل روی ترانسفورمر تاثیر می گذارند. تلفات در ترانسفورمر و همچنین عمر آن ممکن است در شرایط وجود بارهای هارمونیک زا مانند لامپ کم مصرف تغییرات زیادی نماید.

الف: تلفات ترانسفورمر:

تلفات در ترانسفورمر را می توان در حالت کلی به صورت جمع مقادیر زیر در نظر گرفت:

$$P_T = P_{NL} + P_{LL}$$

که در آن P_{LL} تلفات بی باری و P_{NL} تلفات در بار کامل است.

تلفات بی باری بستگی به ولتاژ و نوع هسته دارد در حالی که تلفات بار کامل به صورت زیر تعریف می شود:

$$P_{LL} = P_{dc} + P_{EC} + P_{OSL}$$

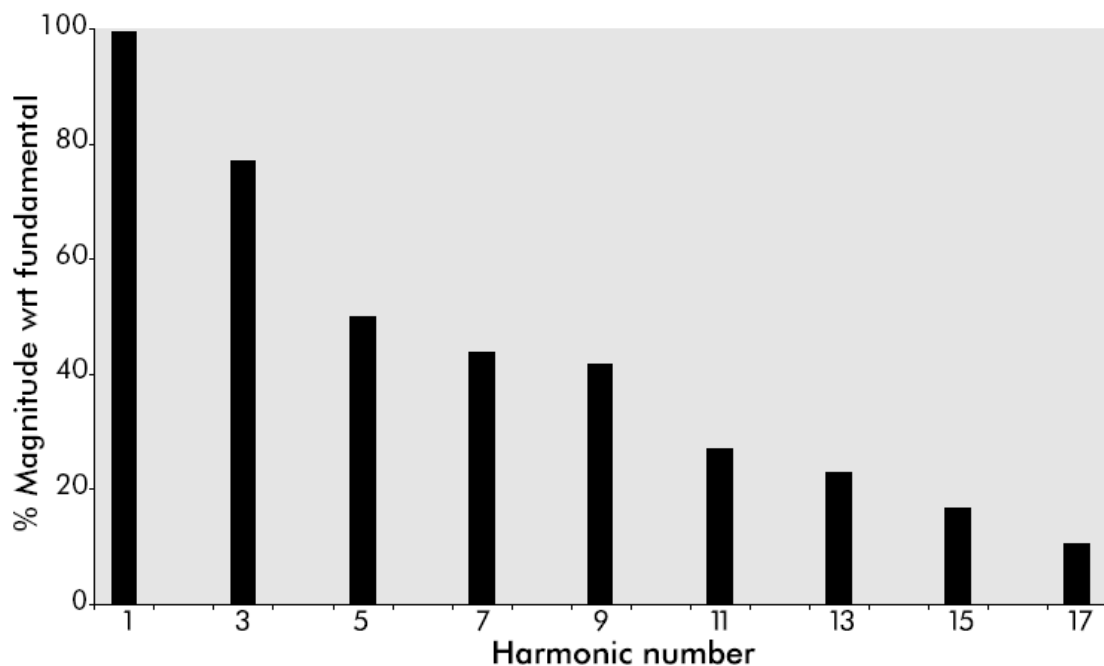
که در این رابطه P_{DC} تلفات مقاومت DC و P_{EC} تلفات جریان گردابی^۱ و P_{OSL} تلفات سرگردان است. در این بین تلفات ناشی از جریان های گردابی که در گزارش های قبلی مورد بررسی و تحلیل قرار گرفته است بیشتر از

¹ Eddy current

سایر مولفه های تلفات از هارمونیک ها متاثر است. دو عامل باعث افزایش جریان گردابی در ترانسفورمر می شوند که عبارتند از "اثر پوستی"^۱ و "اثر مجاورت"^۲.
جریان گردابی با توان دوم فرکانس جریان متناسب است.

$$P_{EC} \propto I^2 \times f^2$$

بنابراین افزایش فرکانس می توان باعث افزایش شدید تلفات ناشی از جریان گردابی در ترانسفورمر بشود. [۲]
اگر به طیف فرکانسی شکل موج لامپ کم مصرف در شکل (۱-۶) دقت کنیم مشاهده خواهیم کرد که جریان لامپ های کم مصرف حاوی مقداری از مولفه های جریان فرکانس بالا می باشد.



شکل (۱-۷) طیف فرکانسی جریان لامپ کم مصرف

همانطور که در شکل (۱-۷) مشخص است طیف های فرکانس بالای ایجاد شده توسط لامپ کم مصرف دامنه کمی دارند و می توان از آنها صرف نظر نمود. لازم به ذکر است که در بدترین حالت میزان جریان هارمونیک مرتبه سوم مقدار جریان ۲۰۰ میلی آمپر است. شبیه سازی هایی که در این ارتباط صورت گرفته است میزان تلفات جریان گردابی را با افزایش مقدار هارمونیک ها نشان می دهد. (به گزارش شماره ۲ مراجعه شود)

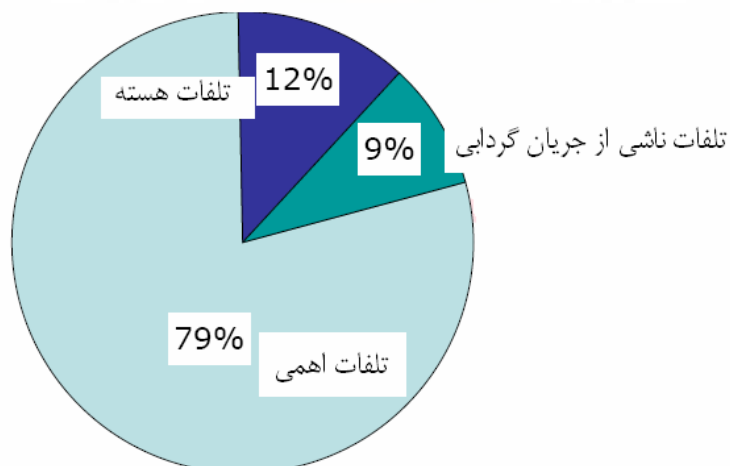
¹ Skin Effect
² Proximity Effect

افزایش جریانهای گردابی در ترانسفورمر باعث افزایش دما در آن و در نتیجه کاهش عمر آن نیز خواهد شد. جدول (۲-۱) نمونه ای از نتایج حاصل از شبیه سازی تلفات هنگامی که بار غیر خطی در سیستم موجود باشد را نشان می دهد. [۱۴]

نوع تلفات	مقدار در حالت عادی بر حسب وات	مقدار با وجود بارهای هارمونیکی (w)
تلفات بی باری	۱۵۲/۵۴	۱۵۲/۵۴
تلفات DC	۵۲۹/۴۵	۵۶۶/۲۳
تلفات جریان گردابی	۴۰/۲۳	۱۶۸/۲۵
تلفات سرگردان	۹۳/۲۶	۱۱۶/۵۸
جمع تلفات	۸۱۶/۴۸	۱۰۰۳/۶۰

جدول (۲-۱) - مقایسه تلفات در حالت عادی با حالتی که بار غیر خطی باشد

به طور کلی تلفات در یک ترانسفورمر را می توان به صورت شکل (۸-۱) نشان داد. [۳]

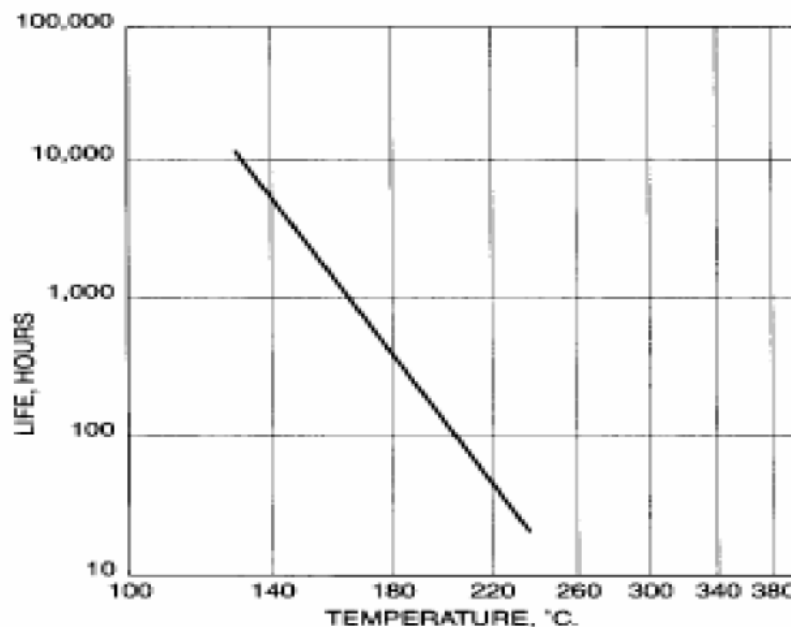


شکل (۸-۱) مقایسه تلفات در یک ترانسفورمر

شکل (۸-۱) نشان دهنده این واقعیت است که تلفات ناشی از جریان گردابی که در اثر هارمونیک‌ها به وجود می‌آید در مقایسه با سایر عوامل تشکیل دهنده تلفات ترانسفورمر قابل اغماض کمتر است.

ب: عمر ترانسفورمر:

عمر یک ترانسفورمر تابعی از شرایط کار مانند درصد بارگذاری و دمای کارکرد آن است. وجود جریانهای هارمونیک می‌تواند مولفه rms جریان را افزایش دهد و در نتیجه تلفات اهمی را که از رابطه RI^2 محاسبه می‌شود را نیز بیشتر از حد معمول افزایش دهد. این نوع تلفات به شکل حرارت در محیط باقی می‌ماند که می‌تواند عمر ترانسفورمر را تحت تاثیر قرار دهد. شکل (۹-۱) کاهش عمر ترانسفورمر را به عنوان تابعی از دما نشان می‌دهد.

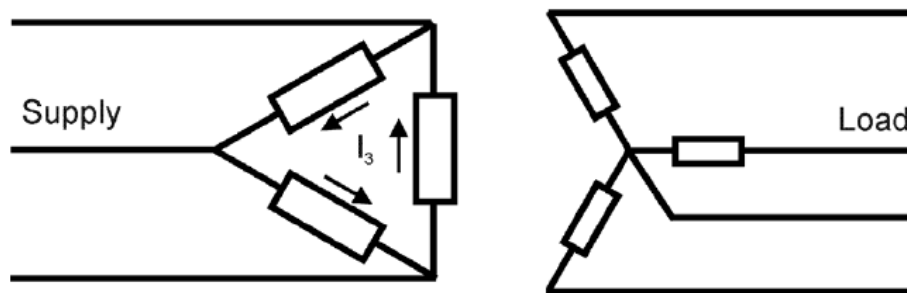


شکل (۹-۱) رابطه دما و عمر ترانسفورمر

ج: جریان سه گانه^۱:

این پدیده در ترانسفورمرهای با سربندی ستاره اتفاق می‌افتد. شکل (۱۰-۱) نحوه ایجاد این پدیده را نشان می‌دهد.

¹ N-triple



شکل (۱-۱۰) ایجاد جریان سه گانه هارمونیک در ترانسفورمر

در نوع سربندی ترانسفورمر جریانهای هارمونیک در سمت ستاره شروع و چرخش می کنند و باعث ایجاد حرارت و همچنین کاهش ظرفیت ترانسفورمر می شوند. این پدیده در مورد هارمونیک های ۳، ۹ و ۱۵ مصداق دارد.

د: اشباع هسته :

جریانهای هارمونیک لامپ کم مصرف دارای طیف های فرکانس بالا هستند که باعث اشباع هسته ترانسفورمر می شوند.

۱-۲-۱- ضریب K:

اشکالاتی که هارمونیک ها شبکه می تواند برای ترانسفورمر ها و موتورهای الکتریکی ایجاد کند باعث شده است که استانداردهای مختلفی برای سازندگان این قبیل تجهیزات وضع گردد که استانداردهای ANSI/IEEE C57.12.00-2000 و IEC60076 از آن جمله هستند. در این استانداردها توصیه شده است که مقدار جریان هارمونیک در یک ترانسفورمر بیشتر از ۵٪ مقدار جریان نامی ترانسفورمر بیشتر نشود. [۴]

به همین منظور پارامتری به نام "ضریب K" تعریف شده است. این پارامتر در حقیقت ضریبی است که متناسب بودن طراحی ترانسفورمر با ازدیاد بارهای الکترونیکی و غیر خطی مانند لامپ کم مصرف را بیان می کند. ضریب k به شکل زیر تعریف می شود.

$$K - FACTOR = \sum_{h=1}^{\infty} I_h (pu)^2 h^2$$

که در این رابطه h مرتبه هارمونیک و I_h مولفه جریان آن برحسب پریونیت است. البته در استانداردهای دیگر مانند استاندارد BS7821 فرمول زیر برای ضریب K بیان گردیده است.

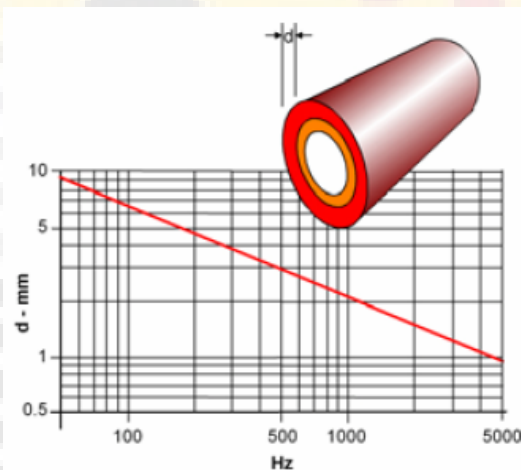
$$K = \left[1 + \frac{e}{1+e} \left(\frac{I_1}{I} \right)^2 \sum_{n=2}^{n=N} \left(n^q \left(\frac{I_n}{I_1} \right)^2 \right) \right]^{0.5}$$

این ضریب توسط سازندگان و تولید کنندگان ترانسفورمرها طوری تعیین می شود که اثرات هارمونیک را به حداقل کاهش دهد.

۱-۲-۲- انتقال دهنده ها:

منظور از انتقال دهنده های در اینجا هادی های جریان الکتریکی هستند که در شبکه توزیع کاربرد فراوانی دارند. اتصال بین اجزای یک شبکه توزیع توسط سیم یا کابل هایی از جنس مس یا آلومینیوم برقرار است. در هادی های جریان الکتریکی مقاومت مقاومت هادی با افزایش فرکانس افزایش می یابد که به این پدیده "اثر پوستی" گفته می شود.

اثر پوستی پدیده ای است که طبق آن جریان های فرکانس بالا در نزدیکی سطح هادی چگالی جریان بالانری دارند و به این ترتیب چگالی جریان در همه سطح مقطع هادی یکسان نخواهد بود. شکل (۱-۱۱) چگونگی این پدیده را بر حسب فرکانس جریان برای هادی مسی نشان می دهد. [۵]



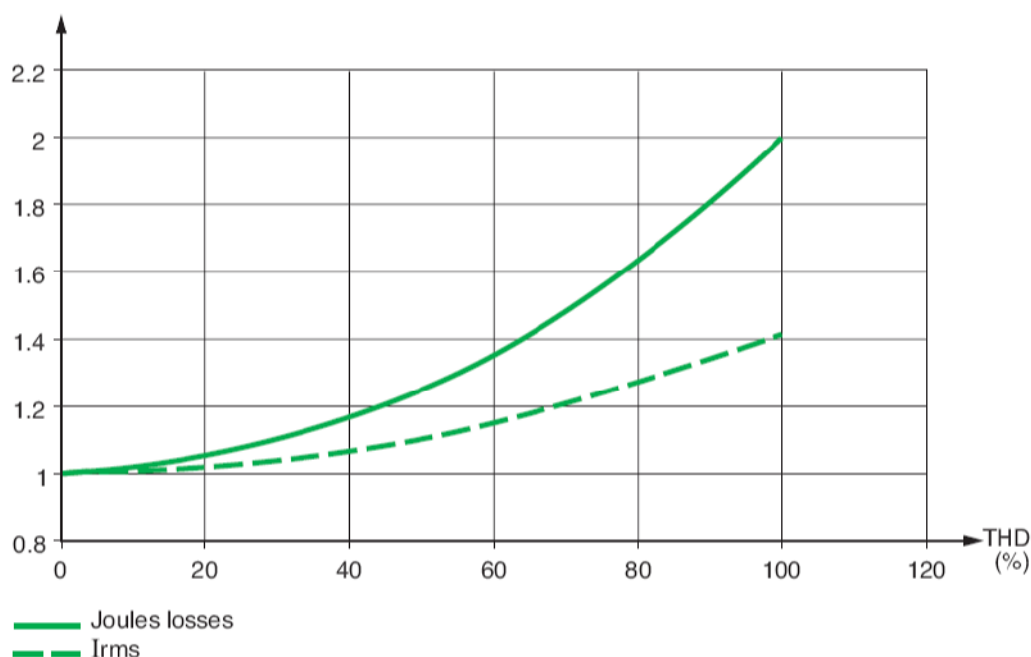
شکل (۱-۱۱) نحوه ایجاد جریان پوستی بر اثر افزایش فرکانس

با توجه به مقدار کم مولفه جریان های فرکانس بالای تولیدی توسط یک لامپ کم مصرف تأثیر استفاده گسترده از لامپ کم مصرف روی کابلها و سیم های هادی جریان الکتریسیته بسیار اندک خواهد بود. همانطور که نتایج حاصل

از شبیه سازی ها نشان می دهد، مقدار دامنه جریان یک لامپ کم مصرف نمونه در فرکانس های ۱۰۰۰ تا ۱۵۰۰ هرتز (هارمونیک ۲۰ تا ۳۰) کمتر از ۱٪ مقدار نامی مولفه اول جریان است. بنابراین کاهش ظرفیت جریان کابل ها و سیم های انتقال در بدترین حالت (استفاده ۱۰۰٪ از لامپ کم مصرف) بین ۱ تا ۶ درصد ظرفیت کابل خواهد بود. [۹]

علاوه بر این تلفات ناشی از اثر ژول نیز در کابلها و سیم ها همزمان با افزایش THD افزایش می یابد.

شکل (۱-۱۲) افزایش تلفات ژول در اثر افزایش THD را نشان می دهد.

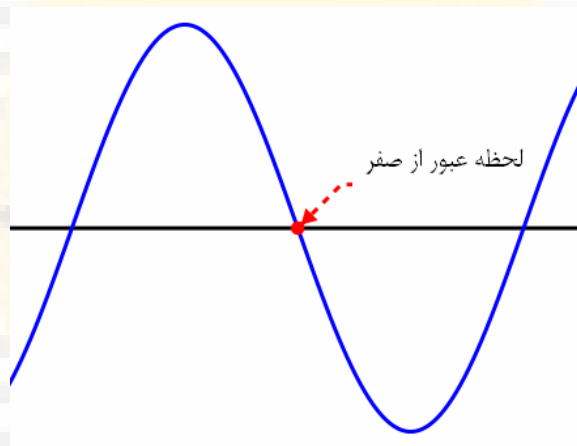


شکل (۱-۱۲) - افزایش تلفات ژول در اثر افزایش THD

۱-۲-۳- تجهیزات الکترونیکی:

با پیشرفت تکنولوژی و در دسترس قرار گرفتن روزافزون ادوات الکترونیکی و همچنین نیاز فزاینده به کنترل و پایش شبکه، استفاده از ابزارهای الکترونیکی در شبکه توزیع بسیار بیشتر شده است. این ادوات در بخشهایی مانند مانیتورینگ، اتوماسیون و انتقال اطلاعات کاربرد دارند. از آنجایی که این تجهیزات برای اندازه گیری یا ارسال و دریافت اطلاعات به کار می روند ایجاد جریانهایی با فرکانس بالا می تواند در کارکرد صحیح آنها اختلال ایجاد کند. نمونه ای از این اختلالات ممکن است در اثر ایجاد نویز در سیستم های مخابراتی و یا ایجاد اشکال در تجهیزاتی

است که بر مبنای " لحظه عبور از صفر"^۱ کار می کنند. سیستمهای PLC و RTU نمونه ای از سیستمهای مخابراتی و رگولاتور های ولتاژ نمونه ای از تجهیزات الکترونیکی هستند. این تجهیزات معمولاً در کنار سایر تجهیزات قدرت مانند ترانسفورمر ها در پستهای توزیع نصب می شوند با این وجود همانطور که قبلاً هم اشاره شد مقدار نویز هارمونیک به اندازه ای نیست که بر عملکرد آنها موثر باشد. برخی وسایل کنترل و اندازه گیری در شبکه ممکن است بر اساس تشخیص لحظه عبور از صفر عمل نمایند به این معنی که لحظه عبور سیگنال از صفر اندازه گیری می شود و سایر فرامین کنترلی بر اساس آن انجام خواهد شد. شکل (۱-۱۳) چگونگی این فرایند را نشان می دهد.



شکل (۱-۱۳) لحظه عبور از صفر

اشکال در اندازه گیری لحظه عبور از صفر هنگامی رخ می دهد که شکل سیگنال در نزدیکی نقطه صفر دچار اعوجاج شده باشد که باتوجه به جریان لامپ کم مصرف و تاثیر اندکش روی شکل موج ولتاژ تقریباً غیر ممکن است.

از آنجایی که لحظه عبور از صفر بر مبنای ولتاژ محاسبه می شود و مقدار هارمونیک ولتاژ تولیدی توسط لامپ کم مصرف بسیار کمتر از هارمونیک های جریان است بنابراین استفاده از لامپ کم مصرف در مورد تقریباً بی تاثیر است.

¹ Zero-Cross

۱-۲-۴- ادوات حفاظت و کنترل:

این دسته از تجهیزات شامل ادواتی هستند که وظیفه حفاظت یا کنترل شبکه را به عهده دارند. فیوز ها، رله ها و کلید های قدرت از جمله این وسایل به شمار می آیند.

فیوز ها بر مبنای ایجاد حرارت ناشی از جریان موثر^۱ کار می کنند. وقتی جریان درون المان فیوز از مقدار معینی بیشتر بشود المان ذوب شده و باعث قطع جریان می شود. وجود جریان های هارمونیک زیاد در شبکه ممکن است باعث ایجاد یک "پیش گرما" درون المان فیوز بشود که خود باعث اشکال در عملکرد آن (عملکرد زودتر از موعد) خواهد شد. از آنجایی که المان فیوز در معرض اثر پوستی نیز قرار دارد گرمای ایجاد شده ممکن است بیشتر نیز

بشود. در مورد کلید های قدرت^۲ که بر مبنای مقدار $\frac{di}{dt}$ کار می کنند هارمونیک های جریان می توانند خطای نا خواسته ای را به وجود آورند. اینجاست که پارامتر "ضریب قله" نیز می تواند تاثیر گذار باشد. در مورد کلید های قدرت عملکرد سیم پیچ ها نیز تحت تاثیر هارمونیک ها ممکن است مختل گردد. تاخیر در عملکرد سیم پیچ موجب به وجود آمدن جرقه و آسیب نیز خواهد شد. کلید های قدرت خلا^۳ به دلیل ساختارشان نسبت به هارمونیکها حساسیت کمتری دارند. در مورد رله ها نیز اشکال در تغییر نقطه صفر می تواند باعث عملکرد نامناسب یا بی جای رله بشود. [۲]

از آنجایی که تعیین میزان دقیق خطای به وجود آمده در عملکرد این تجهیزات باید به صورت عملی تعیین شود هنوز آزمایشات دقیقی در این زمینه صورت نگرفته است. در عین حال برخی از سازندگان این قبیل تجهیزات مدلهایی را با عنوان "سازگار با محیطهای هارمونیک" تولید می کنند.

¹ rms

² Circiuit breaker

³ Vaccum circuit breakers

نتیجه گیری:

همانطور که در ابتدای این فصل اشاره شد مبنای تحلیل در این گزارش بر این اصل استوار شده است که لامپ های کم مصرف با تغییر شاخص های اصلی کیفیت توان روی عملکرد تجهیزات شبکه موثر هستند. از آنجایی که این شاخص ها توسط سایر منابع ایجاد هارمونیک نیز تغییر می کنند بنابراین تاثیر لامپ کم مصرف باید در حد و اندازه تاثیرش بر این شاخص ها باید ارزیابی شود. شبیه سازی های رایانه ای و محاسبات تئوری نشان می دهد که تغییر شاخص های کیفیت توان بوسیله لامپ کم مصرف در حدی نیست که تاثیر قابل ملاحظه ای روی عملکرد تجهیزات مورد استفاده در بخش تغذیه داشته باشد. در نهایت عمل به توصیه هایی که در ارتباط با استفاده از لامپ کم مصرف نیز ارائه گردیده است باعث ایجاد اطمینان نسبت به عملکرد صحیح تجهیزات و پایداری شبکه خواهد گردید.



فصل دوم:

تجهیزات در سمت مصرف

در فصل قبل ساختار و مشخصات فنی برخی تجهیزات مورد استفاده در شبکه توزیع برق که ممکن است تحت تاثیر حضور گسترده لامپ کم مصرف قرار گیرند بررسی و تحلیل گردید. در فصل پیش بیشتر وسایلی مورد بحث قرار گرفتند که در سمت تغذیه مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این فصل مواردی بررسی خواهند شد که ممکن است در وسایل مورد استفاده توسط مشترکین و مصرف کنندگان پیش بیاید. مصرف کنندگان انرژی الکتریکی طیف وسیعی را شامل می‌شوند. از مصرف کنندگان عادی وسایل خانگی گرفته تا تولیدکنندگان محصولات مختلف همگی دارای ابزار ها و ادواتی هستند که ممکن کم و بیش از تغییر شاخص های کیفیت توان متاثر بشوند. به دلیل گستردگی و تنوع این وسایل در سطح شبکه توزیع امکان بررسی همه آنها عملاً وجود ندارد. در این فصل عمده ترین و پرکاربردترین وسایل مصرف کننده انرژی الکتریکی بررسی خواهند شد.

این گونه وسایل را به گروه های زیر تقسیم بندی کرد:

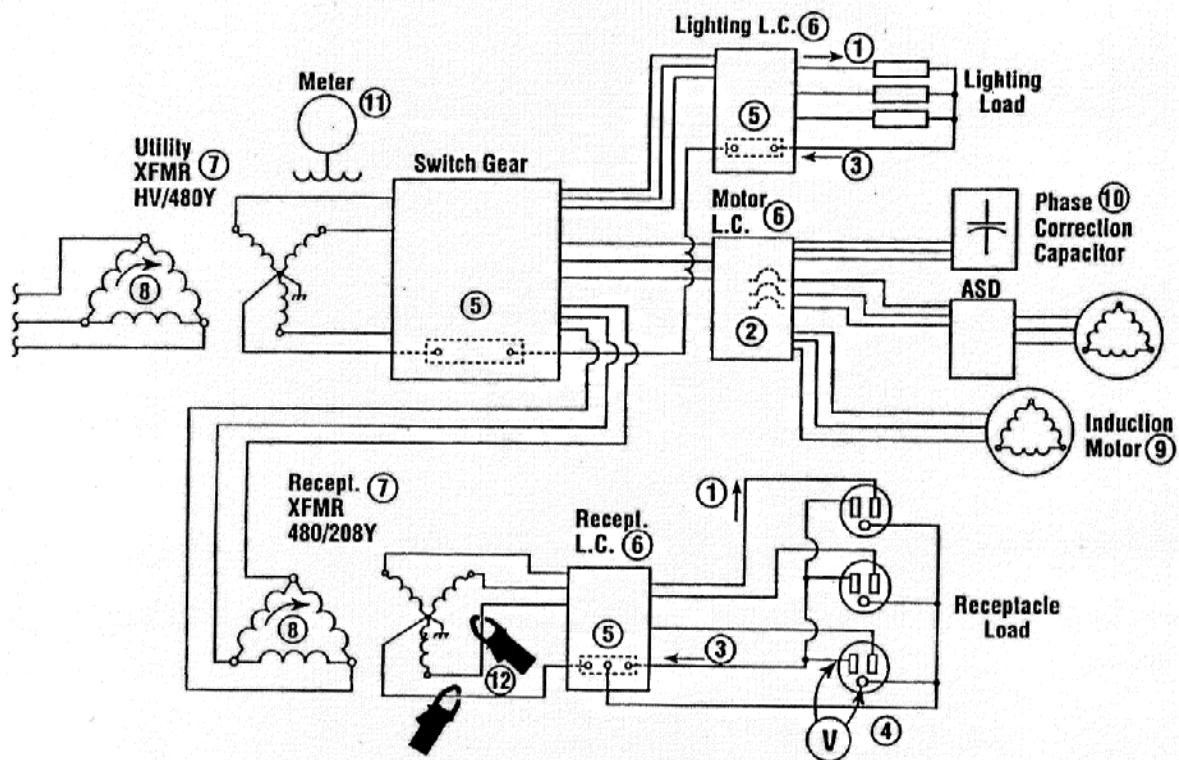
- موتورهای الکتریکی

- وسایل مخابراتی

- وسایل اندازه گیری

شمای ساده شده یک شبکه توزیع در شکل (۱-۲) نشان داده شده است. برخی از المانهای نشان داده شده در این

تصویر در قسمتهای قبلی بررسی شده اند. [۶]



شکل (۱-۲) شمای کلی یک شبکه توزیع شامل تولید کنندگان و مصرف کنندگان

۱-۲ موتورهای الکتریکی:

موتورهای الکتریکی یکی از پرکاربردترین وسایلی هستند که در وسایل خانگی و صنعتی به وفور استفاده می شوند. موتورها در وسایل خانگی مانند جاروبرقی، یخچال و کولر آبی و..... مورد استفاده قرار می گیرند. موتورهای القایی خاصیت سلفی دارند و همانطور که شبیه سازی ها نیز نشان داده است استفاده همزمان آنها با لامپهای کم مصرف حتی می تواند منجر به بهبود شاخص های کیفیت توان شبکه نیز بشود. در این فصل بیشتر به تأثیر هارمونیکهای تولیدی بر عملکرد موتورها خواهیم پرداخت.

جریان موثر (rms) مرتبه n ام در یک موتور القایی از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$I_n = \frac{V_n}{n \times f \times L_n}$$

که در این رابطه V_n ولتاژ هارمونیک n ام و L_n اندوکتانس در هارمونیک n ام است. [۷]

در این رابطه L_n به دلیل ایجاد اثر پوستی همزمان با افزایش n افزایش می یابد.

توان تلف شده در موتور به دلیل وجود هارمونیکها را می توان از رابطه زیر محاسبه کرد:

$$P_h = \sum P_n = k P_r \sum \left(\frac{V_n^2}{n^{1.5} \times V_1^2} \right)$$

در این رابطه V_n مقدار ولتاژ هارمونیک n ام است و ضریب k از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$K = \left(\frac{T_s}{T_r} \right) \times E / (1 - S_r)(1 - E_r)$$

که:

T_s گشتاور

E_r بازدهی

S_r لغزش

تعریف می شوند. [۸]

حرارت ایجاد شده از طریق هارمونیک ها می تواند باعث کاهش عمر موتور بشود. در مورد موتور های سنکرون نیز

مقدار حرارت ایجاد شده تقریباً با حرارت ایجاد شده توسط موتورهای القایی یکسان است.

علاوه بر اینها افزایش جریان گردابی همانطور که در مورد ترانسفورمر ها نیز ذکر گردید باعث ایجاد حرارت در

موتورهای القایی می شود.

تغییر فرکانس نیز در موتورهای DC و آسنکرون باعث ایجاد لرزش و کندی کارکرد خواهد شد.

در حالتی که همه لامپهای رشته ای با لامپ های کم مصرف جایگزین شوند (بدترین حالت) مقدار کاهش راندمان

یک موتور القایی بین ۵ تا ۱۵ درصد خواهد بود. [۹]

در مورد موتورهای آسنکرون استاندارد IEC60892 شرط زیر را وضع کرده است:

$$HVF = \sqrt{\sum_{h=2}^{13} \frac{U_h}{h^2}} \leq 0.02$$

که در این رابطه U_h مقدار مولفه ولتاژ هارمونیک h ام است.

۲-۲- وسایل اندازه گیری:

بخش دیگری از تجهیزات مورد استفاده در بخش مصرف کنندگان ابزارهایی هستند که وظیفه اندازه گیری را بر عهده دارند. کنتورهای برق، ترانسفورمر های جریان^۱ و ترانسفورمر های ولتاژ^۲ و همچنین ابزارهای الکترونیکی اندازه گیری از جمله این وسایل هستند.

خطای یک ترانسفورمر اندازه گیری از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$K_f = CVK_p$$

که در این رابطه

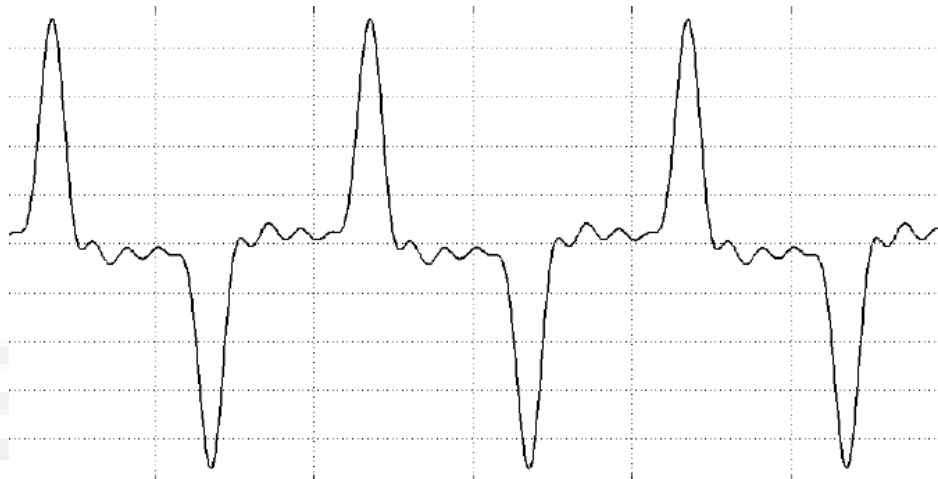
C حاصل تقسیم نسبت واقعی ترانسفورمر به نسبت حقیقی آن (برای ترانسفورمر های جریان)

V حاصل تقسیم نسبت واقعی ترانسفورمر به نسبت حقیقی آن (برای ترانسفورمر های ولتاژ)

K_p ضریب تصحیح زاویه جریان است

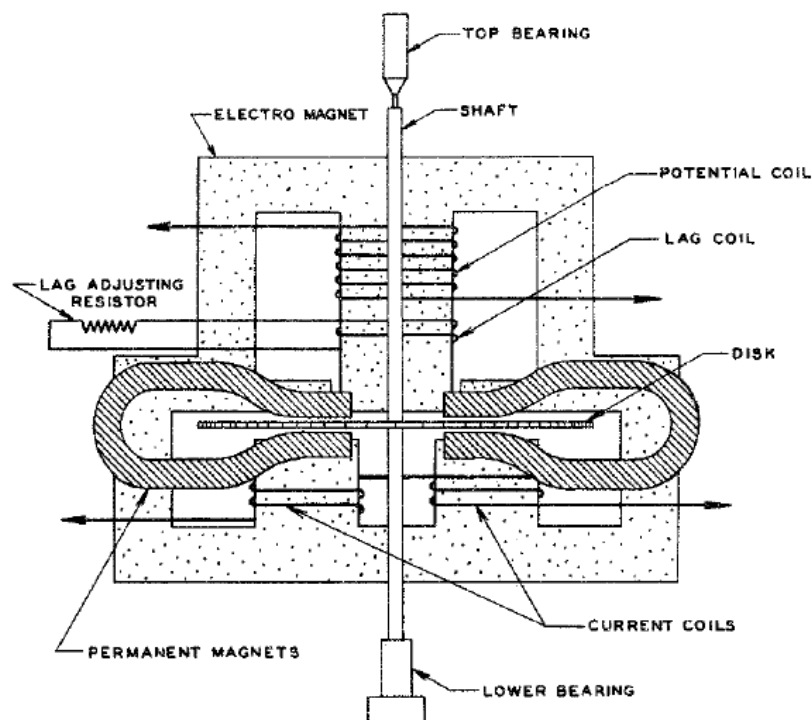
در مورد ترانسفورمر های در فصل ۱ توضیحات کاملی ارائه شد. در این بخش ذکر این نکته ضروری است که جریانهای فرکانس بالا منجر به اشباع زود هنگام هسته و در نتیجه خطای اندازه گیری می شوند. ابزارهای الکترونیکی اندازه گیری نیز از آنجایی که بر مبنای "عبور از صفر" کار می کنند ممکن است با اعوجاج شکل موج دچار خطا شوند. پدیده دیگری که در این ارتباط ممکن است اتفاق بیافتد اشکال در محاسبه مقدار موثر کمیات الکتریکی مانند جریان و ولتاژ است. مقدار متوسط یک سیگنال بستگی به سطح زیر نمودار آن دارد و اعوجاج شکل موج این مقدار را تغییر می دهد. بدیهی است مقدار جریان rms محاسبه شده برای شکل موج نشان داده در شکل (۲-۲) با مقدار محاسبه شده برای ک موج سینوسی کامل متفاوت خواهد بود. [۱۰]

¹ CT(Current Transformer)
² PT(Potential transformer)



شکل (۲-۲) - تغییر شکل موج

تغییر شکل موج در مورد کنتورهای اندوکسیونی خطای بیشتری را ممکن است ایجاد نماید. کارکرد این کنتورها ناشی از گشتاور ایجاد شده توسط جریان الکتریکی است که موجب چرخیدن صفحه می شود. شکل (۲-۳) ساختمان یک کنتور اندوکسیونی را نشان می دهد. [۱۱]



شکل (۲-۳) - ساختار یک کنتور اندوکسیونی

هم تغییر در ضریب قدرت و هم تغییرات THD عملکرد این تجهیزات را با خطا همراه می سازد. تغییرات ضریب قدرت مطابق با جدول شکل (۲-۱) روی عملکرد این نوع کنتورها موثر است.

At rated voltage and frequency	Percent registration
Unity power factor, 100% current	99.7 to 100.3
Unity power factor, 10% current	99.7 to 100.3
Unity power factor, 50% current	99.7 to 100.3
50% lagging power factor, 100% current	99.3 to 100.7

جدول (۲-۱) - خطای اندازه گیری کنتور در اثر تغییر ضریب قدرت

آنجایی با استفاده گسترده از لامپ کم مصرف ضریب قدرت شبکه که در حال حاضر سلفی است به سمت ۱ حرکت خواهد کرد، به نظر می رسد که خطای کنتورهای اندوکسیونی نیز کمتر خواهد شد. ضریب قدرت در حال حاضر به صورت نرمال در شبکه توزیع برق ایران بین ۰/۸ تا ۰/۹ است. که با استفاده از لامپ کم مصرف به عدد ۱ نزدیکتر خواهد شد.

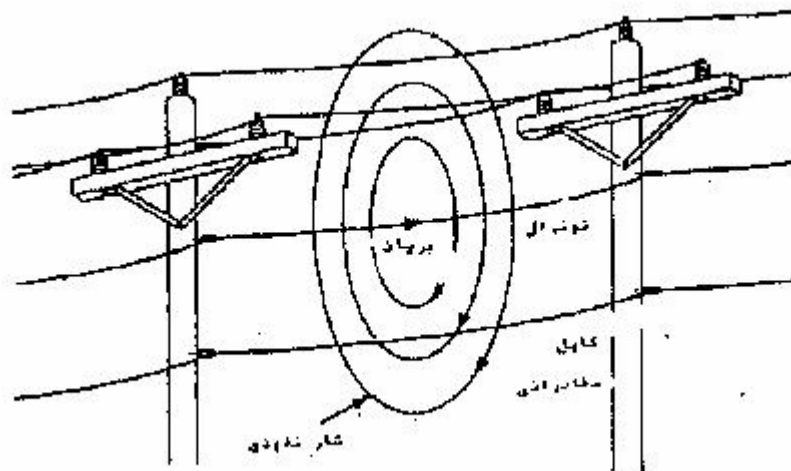
۳-۲- سایر تجهیزات:

در این بخش سایر تجهیزاتی که در بخش مصرف کنندگان مورد استفاده قرار می گیرند به صورت اجمالی بررسی خواهند شد. نظر به اهمیت کمتر موضوع تاثیر لامپهای کم مصرف روی این قبیل تجهیزات این بخش به صورت خلاصه تری نسبت به سایر بخشهای گزارش تهیه شده است.

۳-۲-۱- تجهیزات مخابراتی:

ارسال و دریافت اطلاعات در محیط هایی که دارای هارمونیک های مرتبه بالایی هستند ممکن است با اختلال همراه شود و اکثر سیستم های مخابراتی دارای فیلتر هایی هستند که این نویز های ناخواسته را کاهش دهند. در این زمینه استانداردهایی نیز برای جلوگیری از تداخل سیگنالهای مخابراتی و نویزهای حاصل از ایجاد هارمونیکها به وجود آمده است.

شکل (۲-۴) نمونه ای از چگونگی تداخل را نشان می دهد.



شکل (۲-۴) - چگونگی تاثیر هارمونیکهای شبکه توزیع روی کابل‌های مخابراتی مجاور [۱۲]

این اثر در مدارات الکترونیکی فرستنده و گیرنده نیز ممکن است به وجود بیاید. با توجه به اینکه هارمونیکهای تولید شده توسط لامپ کم مصرف در فرکانس‌های بالاتر از ۱۵۰۰ هرتز بسیار ناچیز هستند عملاً تاثیر استفاده گسترده از آنها روی سیستم‌های مخابراتی قابل اغماض خواهد بود.

۲-۳-۲- وسایل الکترونیکی مصرفی:

در مورد وسایل الکترونیکی که از قطعات الکترونیکی نیمه رسانا^۱ استفاده می کنند نیز تاثیر هارمونیک‌ها قابل مشاهده خواهد بود. علاوه بر خطای تشخیص عبور از صفر که قبلاً به آن اشاره شد، اشکال در تشخیص سطح سیگنالهای منطقی (۰ و ۱) نیز در اینگونه تجهیزات مشاهده شده است. به عنوان مثال مواردی از کارکرد ناصحیح چاپگرهای مورد استفاده در عکاسی‌ها مشاهده شده است که البته بسیار نادر بوده است. [۱۳]

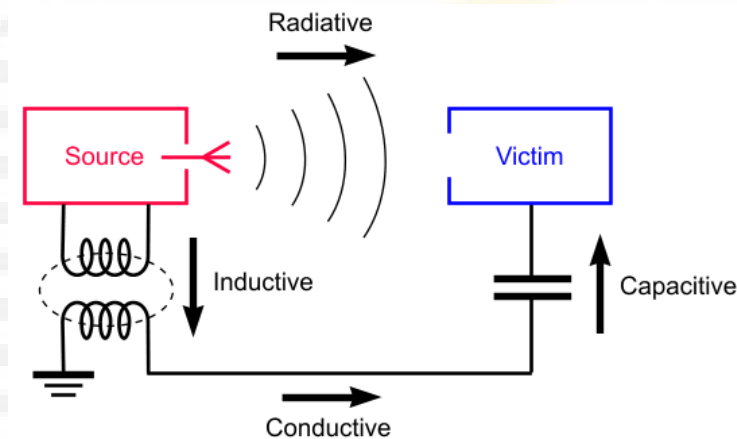
در این مورد نیز می توان نتیجه گرفت که استفاده گسترده از لامپ کم مصرف بی تاثیر می باشد.

۲-۳-۳- وسایل سمعی و بصری:

دستگاههای پخش تصاویر ویدیویی و تلویزیون نیز در محیط‌های هارمونیک ممکن است به اختلالاتی دچار شوند. این اختلالات هم به دلیل هارمونیک‌های ایجاد شده و هم به دلیل فرکانس کار بالاست‌های الکترونیکی بوجود

^۱ Semiconductor

می‌آید. همه این سیستم‌ها در بخش تغذیه دارای فیلترهای الکترومغناطیسی^۱ (EMC) هستند که این قبیل اختلالات را از بین می‌برند. در این مورد نیز مانند مورد قبلی استفاده از لامپ کم مصرف تقریباً بی‌تاثیر است. شکل (۵-۲) نمونه‌ای از تاثیر امواج الکترومغناطیسی و نحوه فیلتر کردن آنها را نشان می‌دهد.



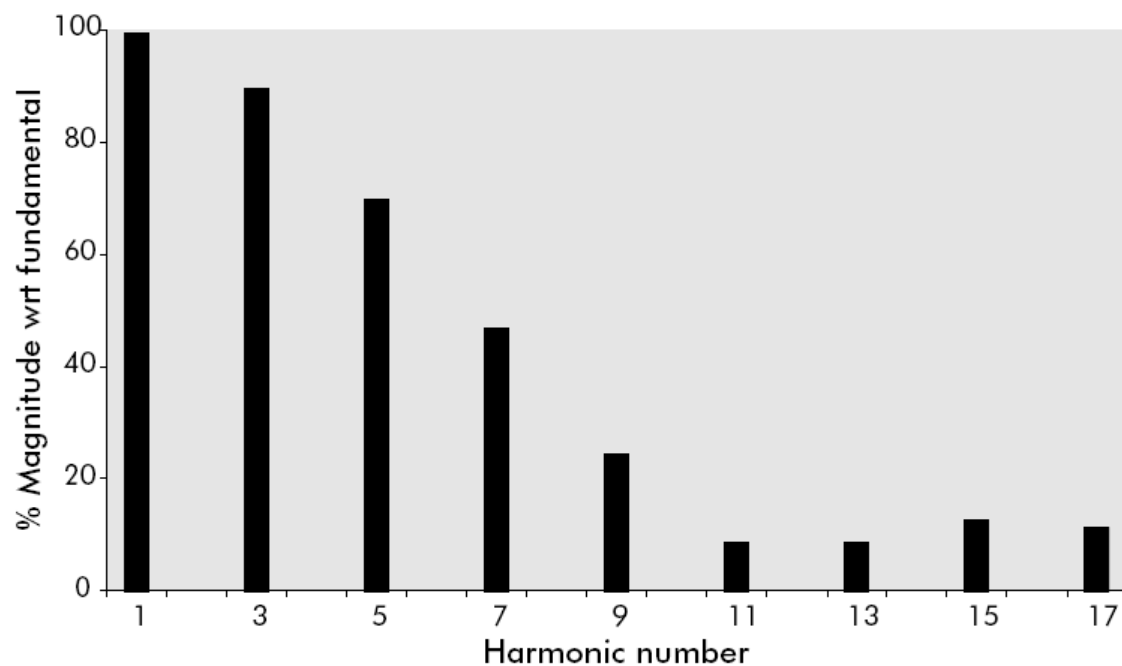
شکل (۵-۲) - نمونه‌ای از تاثیر هارمونیکها از طریق امواج الکترومغناطیسی

به طور کلی استفاده از این قبیل تجهیزات همزمان با لامپ کم مصرف بلامانع است.

۲-۳-۴- رایانه‌ها و کنترل‌کننده‌های برنامه‌پذیر:

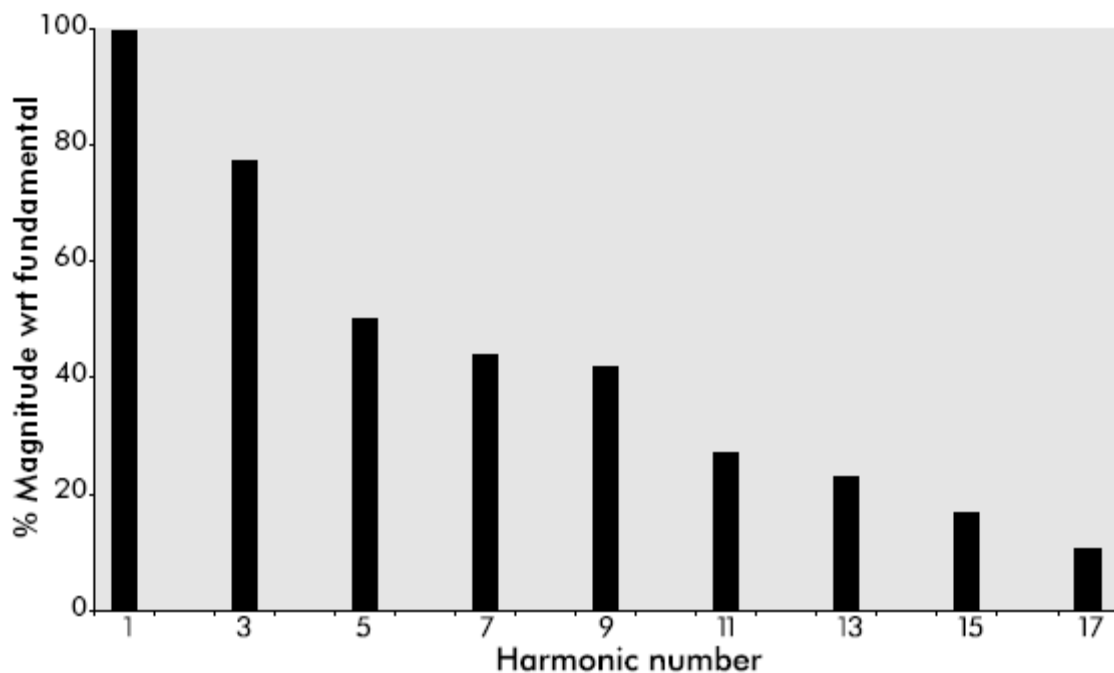
رایانه‌ها خود یکی از عوامل اصلی تولید هارمونیک در شبکه توزیع هستند که با توجه به کاربرد روزافزون آنها مقدار زیادی از اعوجاج شکل موج و تولید هارمونیک‌ها را باعث می‌شوند. شکل (۶-۲) نمونه‌ای از طیف فرکانسی شکل موج جریان یک رایانه را نشان می‌دهد.

¹ Electromagnetic compatibility



شکل (۲-۶) طیف فرکانسی ناشی از جریان یک رایانه شخصی

مقایسه این شکل با طیف فرکانسی لامپ کم مصرف نشان می‌دهد که تفاوت آنچنانی در هارمونیک‌های ایجاد شده وجود ندارد. شکل (۲-۷) طیف فرکانسی جریان لامپ کم مصرف را نشان می‌دهد. این شکل در قسمت‌های قبلی گزارش آمده است و در اینجا فقط برای سهولت مقایسه مجدداً آورده می‌شود.



شکل (۲-۶) - طیف جریان یک لامپ کم مصرف

با وجود تفاوت کم شکل های (۲-۶) و (۲-۷) رایانه شخصی در مقابل افزایش هارمونیک های ولتاژی بیشتر از ۵ درصد آسیب پذیر است. همانطور که قبلا ذکر شد هارمونیک های ایجاد شده توسط لامپ کم مصرف از نوع جریانی است و ایجاد THD ولتاژ بیشتر از ۵ درصد توسط لامپ کم مصرف عملا غیر ممکن است. اندازه گیری ها THD حدود ۰/۵ درصد را نشان می دهند.

کنترل کننده های برنامه پذیر (^۱PLC) نیز در صنعت مورد استفاده زیادی قرار می گیرند. تشخیص سطح منطقی (۰ و ۱) ممکن است برای این وسایل مشکلاتی را در پی داشته باشند. با توجه به اینکه در این تجهیزات نیز از فیلتر مبدل های DC استفاده می شود بنابراین نگرانی خاصی نیز در این زمینه وجود ندارد.

۲-۳-۵ - تجهیزات بیمارستانی:

از آنجایی که بالاست های لامپ کم مصرف در فرکانس ۴۰ کیلوهرتز کار می کنند استفاده از آنها در محیط های بیمارستانی ممکن است اختلال را باشد. گزارشاتی از انواع اختلال در تجهیزات بیمارستانی مانند CAT SCAN ذکر شده است که مورد تایید قرار نگرفته است. [۱۲]

^۱ Programmable logic control

به دلیل نوع نور لامپ کم مصرف و نظر به حساسیت موضوع، استفاده از لامپ های کم مصرف در اتاق های عمل و مکانهای حساس بیمارستانی توصیه نشده است.

۲-۳-۶- پدیده تشدید:

پدیده تشدید^۱ هنگامی اتفاق می افتد که یک مدار RLC در فرکانس نامی تشدید خود قرار گیرد. در صورتی وجود جریانهایی با فرکانس متناسب با فرکانس تشدید در مدار ممکن است برخی المانهای شبکه که دارای خاصیت سلفی و خازنی هستند دچار ناپایداری شوند. در مورد استفاده از لامپهای کم مصرف دامنه جریانهایی فرکانس بالا آنقدر نیست که منجر به تشدید شود.

¹ Resonance

نتیجه گیری کلی:

در این گزارش ابتدا نقش و میزان تاثیر استفاده گسترده از لامپهای کم مصرف در کاهش کیفیت توان از طریق تغییر شاخص های اصلی آن بررسی شده است. همانطور که در گزارش های قبلی همین پروژه نیز ذکر شده است. این میزان از تاثیر در صورت رعایت دستورالعمل هایی قابل اغماض خواهد بود.

در بخشهای بعدی این گزارش ساختار و نحوه عملکرد تجهیزات موجود در شبکه در حالتیایی بررسی می شود که شاخصه های اصلی کیفیت توان شبکه تغییر یافته اند. تجهیزات شبکه نیز به دو دسته کلی "سمت تغذیه" و "سمت مصرف کننده" تقسیم شده اند. سعی شده است مهمترین و پرکاربردترین تجهیزات در هر گروه انتخاب شوند و بررسی مختصری در ارتباط با استفاده از لامپ کم مصرف در مورد آنها صورت گیرد.

هر چند که نتیجه گیری قطعی نیاز به بررسی های آزمایشگاهی دارد اما به طور کلی استفاده از لامپ کم مصرف در شبکه با رعایت توصیه های انجام شده به هیچ یک از تجهیزات آسیب وارد نمی کند و باعث اختلال در عملکرد آنها نخواهد شد. در برخی موارد نیز حضور لامپ کم مصرف موجب بهبود عملکرد سیستم نیز خواهد شد.

مراجع:

- ۱- "تحلیل اعوجاج هارمونیک در سیستم‌های توزیع"، حسین عسگریان ایبانه، نهمین کنفرانس شبکه‌های توزیع، ۱۳۸۳
- 2- "Effect of power system harmonics on power system equipment", ashok.S
- 3- "Rating of Transformer supplying harmonic loads", David Chapman, Leonard ENERGY co.
- 4- "Power System Harmonic Effects on Distribution Transformers and New Design Considerations for K Factor Transformers", N.R.jahasingh
- 5- "power factor correction and harmonics", Hightech aus co.
- 6- "power Quality and harmonics", carol goman, cornell university, 12/13/2006
- 7- "power quality application guide", copper development association
- 8- "electric installation guide", Schneider electric, 2009
- 9- "Studies on harmonic analysis", jeorge koshanoz, 2005
- 10- "Measurement & Analysis of Harmonics & Flicker", Tom moyer, amplified research, 2009
- 11- "FACILITIES INSTRUCTIONS, STANDARDS, AND TECHNIQUES", FACILITIES ENGINEERING BRANCH DENVER OFFICE DENVER, COLORADO
- ۱۲- "استاندارد مقادیر مجاز هارمونیک در شبکه توزیع برق ایران"، شرکت توانیر، ۱۳۷۳
- 13- "Distribution System Harmonic Filter Planning", Thomas H. Ortmeier Takashi Hiyama, Computer Science, Kumamoto University Kumamoto 860 Japan
- 14- "A comparison of distribution transformer losses and capacity under linear and harmonic loads", S.B.sadati, H.yousefi, mazandaran electric power company

گزارش شماره ۴ :

ارائه راهکارهای منطقی جمع‌آوری و

بازیافت لامپهای کم‌مصرف سوخته

فهرست مطالب:

مقدمه:	۵
فصل ۱:	۶
لزوم جمع آوری و بازیابی لامپ‌ها:	۶
۱-۱- جیوه:	۷
۲-۱- سایر مواد:	۱۲
نتیجه گیری:	۱۵
فصل ۲:	۱۶
روشهای جمع آوری و بازیافت لامپهای کم مصرف:	۱۶
۱-۲- مقدمه:	۱۷
۲-۲- مقدار قابل بازیافت لامپ کم مصرف:	۱۷
۳-۲- روشهای جمع آوری و بازیافت لامپ:	۲۱
۱-۳-۲- روش جمع آوری توسط خرده فروش ها:	۲۲
۲-۳-۲- استفاده از سطلهای مخصوص:	۲۴
۳-۳-۲- روش پستی:	۲۵
۴-۲- روشهای بازیافت علمی:	۲۸
۱-۴-۲- روش برش ته:	۲۸
۲-۴-۲- روش قطعه قطعه کردن:	۲۹
۳-۴-۲- روش شستشو:	۳۱
۴-۴-۲- روش بازیافت بر اساس نوع:	۳۳
۵-۴-۲- روش جداسازی سانتریفوژی:	۳۴
نتیجه گیری کلی:	۳۷
پیوست ۱:	۳۸
مراجع:	۴۳

فهرست شکلها:

- شکل (۱-۱) - مقدار جیوه موجود در بازار آمریکای شمالی بر حسب درصد ۸
- شکل (۱-۲) - چرخه تولید انتقال و مصرف لامپ کم مصرف ۱۸
- شکل (۲-۲) - تغییر چرخه تولید انتقال و مصرف لامپ ۱۹
- شکل (۳-۲) - محل استفاده لامپها ۲۰
- شکل (۴-۲) - برآورد میزان لامپهای قابل بازیافت بر حسب سال ۲۲
- شکل (۵-۲) - مشکلات اجرایی جمع‌آوری و بازیافت لامپ ۲۳
- شکل (۶-۲) - روش برش ته ۲۹
- شکل (۷-۲) - روش قطعه‌قطعه کردن ۳۱
- شکل (۸-۲) - روش شستشو ۳۳
- شکل (۹-۲) - روش بازیافت بر اساس نوع ۳۴
- شکل (۱۰-۲) - روش جدا سازی سانتریفوژی ۳۶

فهرست جدولها:

جدول (۱-۱) - مقایسه مقدار جیوه بکار رفته در لامپهای کم مصرف و سایر وسایل مصرفی	۸
جدول (۲-۱) مقایسه جیوه تولیدی لامپهای کم مصرف و التهابی	۱۱
جدول (۳-۱) - مقدار مواد مصرفی در یک لامپ کم مصرف ۲۳ وات نمونه	۱۳
جدول (۴-۱) - مقدار مواد مصرفی در یک لامپ التهابی ۱۰۰ وات نمونه	۱۳
جدول (۱-۲) - خلاصه دیدگاه ها در مورد روش جمع آوری توسط خرده فروشها	۲۴
جدول (۲-۲) - خلاصه دیدگاه ها در مورد روش استفاده از سطهای مخصوص	۲۵
جدول (۳-۲) - خلاصه دیدگاه ها در مورد روش جمع آوری پستی	۲۶
جدول (۴-۲) - معیارهای انتخاب روش مناسب برای جمع آوری و بازیافت لامپ	۲۷

مقدمه:

استفاده از لامپهای فلورسنت فشرده (¹CFL) یا در اصطلاح "لامپ کم مصرف" به دلیل مزایای بی شمار و غیر قابل انکارش به شکل روزافزونی در حال گسترش است. در بسیاری از کشورهای جهان برنامه هایی برای کسترش استفاده از این نوع لامپها و جایگزینی آنها با لامپهای رشته ای^۲ در حال انجام است. مقدار فروش لامپهای کم مصرف از ۲۰ میلیون عدد در سال ۲۰۰۰ به ۴۰۰ میلیون عدد در سال ۲۰۰۷ رسیده است. در بسیاری از کشورهای جهان حتی استفاده از لامپ های رشته ای در حال ممنوع شدن است. تبعات فنی و زیست محیطی احتمالی این فرایند طی سالهای گذشته مورد بحث و تبادل نظرهای بسیاری قرار گرفته است. مقالات و گزارشهای زیادی طی سالهای گذشته در این ارتباط تهیه گردیده است. در گزارش های قبلی این پروژه مواردی مانند نحوه تاثیر استفاده گسترده از لامپ کم مصرف بر شبکه و تجهیزات آن مورد بررسی قرار گرفته است. مواردی مانند مسایل زیست محیطی در این پروژه گنجانده نشده اند. اما روشهای جمع آوری و بازیافت لامپ مصرف مواردی هستند که در این بخش از پروژه در مورد آن صحبت خواهد شد.

از آنجایی که بررسی علمی و تعیین پیامدهای زیست محیطی و بهداشتی استفاده گسترده از این نوع لامپها در غالب پروژه های دیگری تعریف شده است، بنابراین هدف از تهیه این گزارش ارائه راهکارهایی در ارتباط با جمع آوری و معدوم سازی لامپهای کم مصرف است که مسایل و ضوابط زیست محیطی و اقتصادی نیز در آن ملحوظ شده باشد.

¹ Compact fluorescent lamp
² Incandescent Lamp

فصل ۱:

لزوم جمع‌آوری وبازیابی

لامپ‌ها

در این فصل به بررسی این موضوع خواهیم پرداخت که اصولاً به چه دلایلی لازم است که برنامه یا دستورالعملی برای جمع‌آوری، بازیابی یا معدوم‌سازی لامپ تدوین شود و آیا این برنامه‌ها باید فقط به این نوع لامپ‌ها محدود شود یا خیر؟

سوال نخستی که در ابتدای امر ممکن است پیش بیاید این است که اصولاً به چه دلایلی جمع‌آوری لامپ کم‌مصرف (پس از استفاده و مستعمل شدن) لازم و ضروری است. دو مسأله اساسی در این ارتباط وجود دارند:

الف- جیوه

ب- سایر مواد بکار رفته در ساخت لامپ

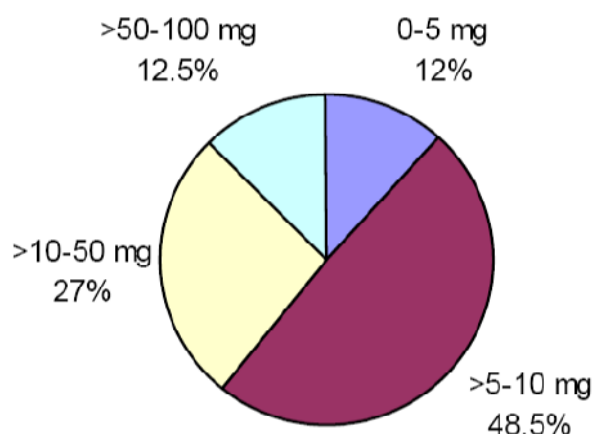
هرچند که مسایل زیست‌محیطی غالباً در کشور ما آنچنان مورد توجه نیست اما لازم است جهت پیشگیری از هرگونه اثرات زیانبار، تمامی جوانب به صورت کامل و در بدترین حالت ممکن^۱ بررسی شوند.

۱-۱- جیوه:

افزایش مقدار جیوه در محیط زندگی ما انسانها می‌تواند با گذشت زمان منجر به ایجاد بیماری‌های مختلفی گردد. زیانبار بودن جیوه برای سلامتی انسان و تبعات زیست‌محیطی آن برای حیوانات و جانداران دیگر در بسیاری از مراجع و مراکز علمی مورد بحث و توافق نظر قرار گرفته است. [۱]

هرچند که از مقدار جیوه موجود در لامپهای کم‌مصرف کشورمان اطلاع دقیقی در دست نیست اما به طور کلی می‌توان گفت که هر عدد لامپ کم‌مصرف به طور معمول حاوی ۳ تا ۵ میلی‌گرم جیوه است. شکل (۱-۱) مقدار متوسط جیوه در لامپهای موجود در بازار آمریکای شمالی را نشان می‌دهد.

¹ Worse Case



شکل (۱-۱) - مقدار جیوه موجود در بازار آمریکای شمالی بر حسب درصد

مقدار جیوه بسته به کارخانه سازنده متفاوت است و ممکن است تا مقدار ۱ میلی گرم برای هر لامپ هم کاهش داشته باشد. لازم به ذکر است که جیوه در لامپهای فلورسنت معمولی نیز مورد استفاده قرار می گیرد و این مقدار برای این گونه لامپها در گذشته حدوداً ۴۰ میلی گرم بوده است که در حال حاضر حدوداً ۱۰ میلی گرم برای هر لامپ می باشد. علاوه بر این عنصر جیوه در بسیاری دیگر از وسایل خانگی و پزشکی نیز کاربرد دارد جدول (۱-۱) مقدار جیوه در سایر وسایل را نشان می دهد. [۲]

وسيله يا ماده مورد استفاده	مقدار جیوه به کار رفته (mg)
آمالگام (ماده پرکننده دندان)	۵۰۰
باتری ساعت	۲۵
دماسنج های جیوه ای	۲۰۰۰ تا ۵۰۰
ترموستات	۲۰۰۰
رله ها و کلید های الکتریکی	۳۵۰۰
لامپهای تخلیه ای	۳۰
لامپهای فلورسنت معمولی	۱۰
لامپهای فلورسنت فشرده (CFL)	۵-۲

جدول (۱-۱) - مقایسه مقدار جیوه بکار رفته در لامپهای کم مصرف و سایر وسایل مصرفی

از جدول (۱-۱) چنین برداشت می‌شود که مقدار جیوه بکار رفته در لامپهای کم مصرف حتی از انواع قدیمی تر آن نیز که لامپهای فلورسنت هستند بسیار کمتر است. اما آنچه در این بین اهمیت دارد تعداد لامپهای کم مصرف است که در قیاس با سایر وسایل بسیار بیشتر می‌باشد.

طبق برنامه های موجود در کشورمان باید تقریباً $50/000/000$ عدد در کشور توزیع شود که با در نظر گرفتن متوسط ۴ میلی گرم جیوه در هر لامپ مقدار قابل توجهی خواهد بود. از آنجایی که هدف از تهیه این گزارش بررسی موضوع لامپهای کم مصرف بوده است بنابراین سایر عوامل افزایش جیوه محیط در نظر گرفته نمی‌شوند. در مورد مضرات جیوه در منابع پزشکی و مطالعات زیست محیطی مطالب فراوانی بیان شده است. جیوه موجود در لامپ کم از دو طریق وارد محیط می‌شود:

الف- از طریق خاک

ب- از طریق هوا

مقدار جیوه وارد شده به محیط دارای اثرات زیر خواهد بود:

- مسمومیت جانوران آبی رودخانه ای

- مسمومیت آب دریاها

- رسوب در ته دریاها و رودخانه ها

- مسمومیت خاک

- مسمومیت انسان

واسطه هایی که جیوه از طریق آنها منتقل می‌شوند به شرح زیر می‌باشند:

- هوا

- آب رودخانه ها و دریاها

- محصولات کشاورزی

- محصولات صنعتی

روشهای علمی فراوانی برای برآور ریسکهای موجود در این زمینه وجود دارند که هر یک بر مبنای روشها و رویکردهای مختلفی بنا شده اند. یکی از بهترین روشهای موجود در این زمینه در سال ۲۰۰۷ توسط Huijbregts

پیشنهاد شده است. طبق این روش پارامتری با عنوان " نرخ ریسک" تعریف شده است که مبنای آن محاسبه " پتانسیل سمی بودن" است.

این رابطه به صورت زیر بیان می شود:

$$\text{نرخ ریسک} = \sum_{r=1}^{r=n} \frac{PID_{r,x,s,e}}{HLV_{r,x}}$$

که در این رابطه $PID_{r,x,s,e}$ مقدار مصرف از طریق r (بلع یا تنفسی) از ماده x در محیط جغرافیایی s و تحت تاثیر واسطه انتقال e است و $HLV_{r,x}$ هم مقدار بیشینه مجاز ماده x در اثر دریافت از طریق r است. [۳]

مقدار مجاز هر ماده برای بدن انسان را می توان از طریق آزمایشات پزشکی مختلف به دست آورد. این مقدار برای موادی مانند دی اکسید کربن، سرب و اتیلن محاسبه شده است. مقدار ورود موادی مانند عنصر جیوه به بدن نیز بستگی به عوامل زیادی دارد. مقدار نوشیدن آب در روز، مقدار مصرف ماهی، مقدار مصرف دانه های گیاهی، مقدار مصرف گوشت و فراورده های لبنی، مقدار مصرف انرژی و مقدار تنفس روزانه و وزن بدن از جمله عواملی هستند که مقدار نرخ ریسک را تحت تاثیر قرار می دهند.

استانداردهای مختلفی در مورد مقدار جیوه در خاک و آب وجود دارد. به عنوان مثال مرکز کنترل کیفیت آب در کشور کانادا -یکی از کشورهای پیشتاز در زمینه استفاده از لامپ کم مصرف - مقدار مجاز عنصر جیوه در آب رودخانه را ۲۶ نانوگرم در هر لیتر تعیین کرده است. [۴] این بدان معنی است که یک عدد لامپ کم مصرف می تواند حدودا ۱۹۰/۰۰۰ لیتر آب رودخانه را مسموم نماید. این واقعیت نشان دهنده این مطلب است که برنامه های جمع آوری و معدوم سازی یا بازیابی لامپ های کم مصرف جدی تر از گذشته باید پیگیری شود. لازم به ذکر است که طبق برنامه های از پیش تعیین شده در کشورمان قرار است حدودا ۵۰ میلیون لامپ کم مصرف توزیع شود هرچندکه این مقدار کمتر از ۳۹۷ میلیون لامپ فروخته شده در ایالات متحده در سال ۲۰۰۷ است.

در اینجا ذکر این نکته ضروری است که صرفه جویی های مربوط به استفاده از لامپهای کم مصرف در نهایت منجر به کاهش تولید برق و در نتیجه کاهش استفاده از سوختهای فسیلی مانند زغال سنگ خواهد شد. بنابراین مقدار واقعی جیوه واردشده به محیط توسط لامپهای کم مصرف باید با در نظر گرفتن این کاهش محاسبه شود. در حقیقت

مقایسه مقدار جیوه اضافه شده به محیط توسط لامپهای التهابی و لامپهای کم مصرف باید در سه چرخه یا فاز^۱ مختلف مورد بررسی قرار گیرد.

این سه چرخه عبارتند از:

- تولید لامپ

- استفاده از لامپ

- دور اندازی لامپ

جمع مقدار جیوه وارد شده به محیط در این ۳ مرحله، اثر کلی ناشی از استفاده از این دو نوع لامپ را نشان خواهد داد. بر همین اساس می‌توان مقایسه دقیقتری را از مقدار جیوه وارد شده به محیط توسط دو نوع لامپ به دست آورد. به عنوان مثال یک لامپ ۱۳ وات کم مصرف با عمر اسمی ۸۰۰۰ ساعت در مقایسه با یک لامپ التهابی ۶۰ وات در طول عمر خود ۱۰۴ کیلووات ساعت انرژی مصرف می‌کند که در مقایسه با یک لامپ التهابی ۶۰ وات (۴۸۰ کیلووات ساعت) مقدار بسیار کمتری است. ذکر این نکته ضروری است که مقدار جیوه ناشی از سوختنهای فسیلی بر اساس تولید ۵۰ درصدی انرژی الکتریکی از سوختن زغال سنگ محاسبه شده است که البته در کشور ما این مقدار صفر است. (محاسبه در بدترین حالت انجام شده است)

جدول (۱-۲) این مقایسه را نشان می‌دهد.

نوع لامپ	توان بر حسب وات	ساعت کارکرد	کیلووات ساعت مصرفی	تولیدی در اثر مصرف انرژی (mg)	مقدار جیوه اضافه شده به محیط در اثر دورریختن (mg)
لامپ کم مصرف	۱۳	۸۰۰۰	۱۰۴	۱/۲	۴
لامپ التهابی	۶۰	۸۰۰۰	۴۰۸	۵/۸	۰

جدول (۱-۲) مقایسه جیوه تولیدی لامپهای کم مصرف و التهابی

آنچه جدول (۱-۲) بیان می‌کند این است که مقدار جیوه تولیدی (به صورت غیرمستقیم) توسط لامپهای التهابی (بافرض تولید ۵۰ درصد از انرژی الکتریکی با سوخت زغال سنگ) مجموعاً از لامپهای کم مصرف کمتر است. [۷]

بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که در فازهای "تولید" و "استفاده" مقدار جیوه وارد شده به محیط توسط لامپ التهابی بیشتر است در حالی که در فاز "دور اندازی" لامپ کم مصرف مقدار بیشتری جیوه وارد محیط می‌کند.

همانطور که قبلاً هم اشاره شد راه‌های ورود جیوه به بدن متفاوت است و احتمال و ریسک ابتلا به بیماری‌های مرتبط به آن نیز بالتبع متفاوت خواهد بود. نکته حائز اهمیت این است که جیوه موجود در لامپهای کم مصرف در اثر شکستن حباب آن مستقیماً بدون واسطه وارد محیط خانگی می‌شود در حالی که جیوه ناشی از سوختن سوخته‌های فسیلی که نتیجه بکارگیری لامپهای التهابی است از طریق واسطه‌ها فراوان و با احتمال ریسک بسیار کمتری تولید می‌شوند. در حقیقت می‌توان گفت که طبق فرمول "نرخ ریسک" خطرات جیوه موجود در لامپ کم مصرف علی‌رغم این مساله که جمعاً مقدار کمتری است، بسیار بیشتر از نوع جیوه وارد شده به محیط از طریق استفاده از لامپهای کم مصرف خواهد بود. این مساله این حقیقت را روشن می‌کند که هرچند استفاده گسترده از لامپهای کم مصرف مجموعاً باعث آزاد شدن مقدار کمتری جیوه در اکوسیستم خواهد شد اما به دلیل نوع، محل و مقدار جیوه وارد شده به محیط، داشتن برنامه‌های جامع بازیافت و جمع‌آوری این گونه لامپها بسیار لازم و ضروری است.

۱-۲- سایر مواد:

مهمترین اثری که استفاده گسترده از لامپهای کم مصرف بر محیط زیست ما دارند مساله جیوه است با این وجود سایر موادی که غالباً در لامپهای کم مصرف بکار گرفته می‌شوند نیز از برخی جنبه‌ها حائز اهمیت هستند. آنچه در این زمینه بیشتر اهمیت دارد نیمه عمر مواد بکار رفته در لامپ کم مصرف و باقی ماندن آن در محیط طی سالهای متمادی است. جدول (۱-۳) مقدار مواد بکار رفته در یک لامپ کم مصرف نوعی را نشان می‌دهد. [۵]

نوع ماده	مقدار مورد استفاده بر حسب گرم
کل لامپ سرهم شده	۹۳/۶۰
فلز (همراه با قلع)	۴/۸۰
اتصالات مسی	۱/۹۰
عایق‌ها (شیشه سیاه)	۴/۹۰
شیشه تیوپ	۳۳/۷۰
پلاستیک (PVC)	۱۶/۸۰
برد مدار چاپی	۴/۰۰
قطعات برد مدار چاپی	۲۴/۷۰
اسفنج	۳/۰۰
قطعات الکتروود (همراه با جیوه)	۱/۶۰

جدول (۳-۱) - مقدار مواد مصرفی در یک لامپ کم مصرف ۲۳ وات نمونه

جدول (۴-۱) نیز مقدار مواد مصرفی در یک لامپ التهایبی ۱۰۰ وات معمولی را نشان می‌دهد. [۶]

نوع ماده	مقدار مورد استفاده بر حسب گرم
کل لامپ التهایبی	۲۷/۳۰
فلز (همراه با قلع)	۱/۵۰
تنگستن	۰/۰۲
عایق‌ها (شیشه سیاه)	۲/۱۵
شیشه داخلی	۲/۳۰
شیشه حباب	۱۹/۵۰

جدول (۴-۱) - مقدار مواد مصرفی در یک لامپ التهایبی ۱۰۰ وات نمونه

استفاده بهینه از این موارد و یافتن راه‌های بازیافت و استفاده مجدد از آنها در طبیعت می‌تواند صرفه‌جویی‌های ناشی از استفاده گسترده از لامپهای کم‌مصرف را بیشتر از گذشته نمایان سازد.

در همه کشورهای جهان که برنامه‌های گسترده برای استفاده از لامپهای کم‌مصرف دارند بازیابی مواد حاصل از دور ریزی لامپ کم‌مصرف توسط شرکتها و ارگانهای مختلف انجام می‌شود. فرایند بازیابی از این جهت مهم است که فرایندهای جمع‌آوری قبلاً با هزینه زیادی انجام می‌شود و بازیابی لامپهای جمع‌شده از معدوم کردن آنها مقرون به صرفه‌تر است.

نتیجه گیری:

در این فصل این سوال اساسی مطرح شد که آیا جمع آوری و بازیافت لامپهای کم مصرف لازم است یا خیر. مهمترین مساله در این بین مقدار جیوه ای است که در ساخت اینگونه لامپها بکار رفته است. جیوه عنصری است که از پزشکی و بهداشتی مشکلات زیادی را به وجود می آورد. مسایل زیست محیطی در کشورما نسبت به سایر بخشها کمتر مورد توجه بوده است اما در مورد پروژه بزرگی مانند استفاده انبوه از لامپهای کم مصرف لازم است که اینگونه مسایل نیز در کنار مسایل فنی مورد توجه قرار گیرند. خوشبختانه در کشور ما همزمان با کشورهای پیشرفته دنیا و بسیار جلوتر از بسیاری کشورها برنامه های جامع و کاملی برای استفاده از لامپهای کم مصرف و بهره گیری از مزیت های بیشمار آن تدوین گردیده است و بررسی های صورت گرفته نشان می دهد که لازم است که در کنار آن راهکارهای مناسبی برای جلوگیری از اثرات زیست محیطی آن اندیشیده شود.

فصل ۲:

روشهای جمع‌آوری و بازیافت لامپهای کم‌مصرف

۲-۱- مقدمه:

در فصل ۱ لزوم تدوین برنامه‌هایی برای جمع‌آوری، معدوم‌سازی یا بازیافت لامپهای کم مصرف مورد بحث قرار گرفت. در این فصل راهکارها و روشهای مختلفی که در آن ضوابط زیست محیطی مد نظر قرار گرفته باشند بررسی می‌شوند. روشها و رویکردهای مختلفی در بسیاری کشورهای جهان در زمینه موجود است. به عنوان مثال سازمانهای مرتبط در واشنگتن آمریکا موظف به بازیافت حداقل ۸۰ درصد لامپهای کم مصرف فروخته شده هستند. راهکارهای قانونی، فنی و اقتصادی به فراخور وضعیت هر کشور و امکانات آن تبیین شده است. در این فصل این گونه راهکارها به صورت اجمالی و خلاصه بیان می‌شوند. امید است که برنامه‌های جمع‌آوری و بازیافت لامپهای کم مصرف نیز در کشورمان همزمان با کشورهای پیشرفته هر چه سریعتر اجرا گردد.

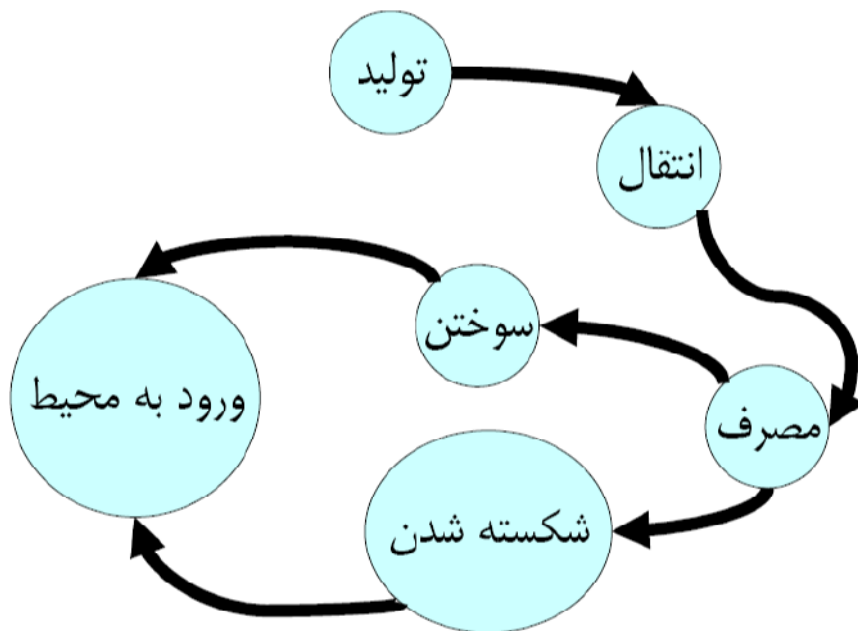
۲-۲- مقدار قابل بازیافت لامپ کم مصرف:

همانطور که ذکر شد لامپهای کم مصرف بسته به نوع، ظرفیت، مدل و کارخانه سازنده دارای مقداری جیوه هستند. با توجه به اینکه در بازار کشورمان نیز انواع مختلفی از لامپهای کم مصرف ساخت کارخانه‌های مختلف و یا وارداتی یافت می‌شود بنابراین مقدار جیوه موجود در آنها به طور دقیق قابل محاسبه نیست اما به طور معمول حدود ۵ میلی گرم در نظر گرفته می‌شود. بنابراین با توجه به مقدار جیوه و سایر مواد جمع‌آوری این قبیل لامپها بسیار لازم و ضروری است. نکته دیگر این است که با توجه به هزینه‌ای که برای جمع‌آوری صرف خواهد شد معدوم‌سازی این لامپها از نظر اقتصادی مقرون به صرفه نیست و باید روشهای بازیافت این نوع لامپها در دستور کار قرار گیرد. هزینه بازیافت هر عدد لامپ در کشور کانادا بین ۰/۳۵ تا ۱ دلار برآورد شده است بنابراین تنها گزینه موجود پس از جمع‌آوری لامپهای کم مصرف بازیافت آنها است. جالب است که ۶۷ درصد پرسش‌شوندگان در کانادا اعلام کرده‌اند که در برنامه‌های بازیافت لامپ کم مصرف مشارکت داشته‌اند. برنامه بازیافت دو هدف را دنبال می‌کند:

- ۱- جلوگیری از ورود جیوه به محیط از طریق بازگرداندن آن به چرخه تولید

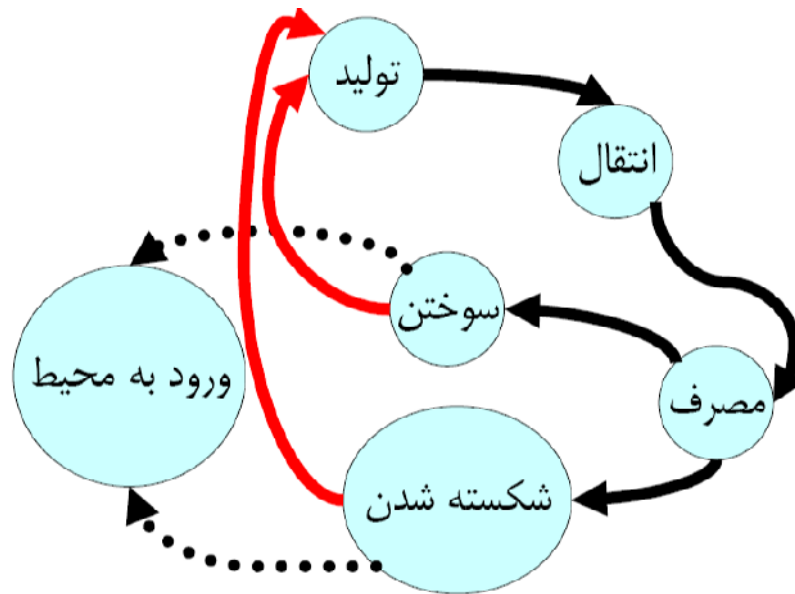
- ۲- بازیافت سایر مواد و ناصر موجود در لامپ و صرفه‌جویی اقتصادی علاوه بر مزایای بهداشتی و زیست محیطی

قبل از اینکه تدوین برنامه بازیافت و جمع‌آوری لامپ مورد بحث قرار گیرد لازم است که چرخه تولید، مصرف و دوراندازی لامپ کم مصرف شناسایی شود. شمایی از این چرخه در شکل (۱-۲) نشان داده شده است.



شکل (۱-۲) - چرخه تولید انتقال و مصرف لامپ کم مصرف

تغییر مسیر در این چرخه باید به شکلی صورت گیرد که جیوه و سایر مواد به چرخه تولید بازگردند. شکل (۲-۲) این تغییر را نشان می‌دهد.

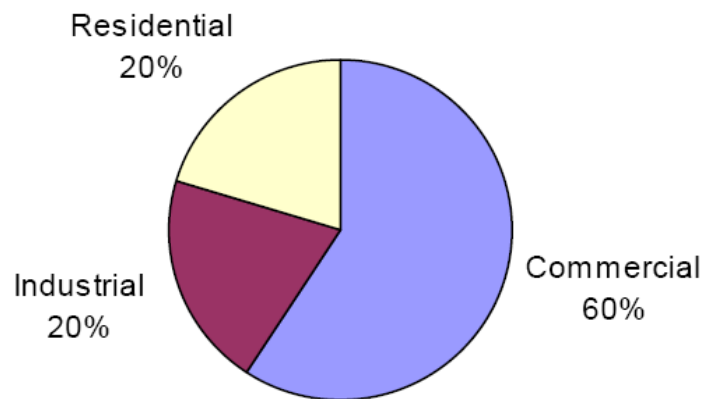


شکل (۲-۲) - تغییر چرخه تولید انتقال و مصرف لامپ

همانطور که قبلا هم اشاره شد طی سالهای گذشته تولید و استفاده از لامپهای کم مصرف رشد چشمگیری داشته است در برخی کشورها مانند ایالات متحده فروش لامپهای کم مصرف در سال ۲۰۰۷ رشد ۳۴۰ درصدی را تجربه کرده است. طبیعتا افزایش تولید و مصرف منجر به افزایش سوختن و مستعمل شدن لامپها می شود. عمر یک لامپ مصرف از زمان شروع استفاده تقریبا ۵ سال است. بنابراین پس از ۵ سال مقدار لامپهای مستعمل و سوختگی به مقدار لامپهای توزیع شده نزدیک می شود.

محل استفاده از لامپهای کم مصرف برای تدوین برنامه جمع آوری مهم است. طبق برآوردهای انجام شده ۲۰ درصد از لامپها در محیط های خانگی، ۲۰ درصد در محیطهای صنعتی و بقیه در محیطهای تجاری استفاده می

شوند. شکل (۲-۳) این درصد ها را نشان می دهد. [۱۰]



شکل (۲-۳) - محل استفاده لامپها

ورود جیوه به محیط زیست از دو طریق صورت می گیرد:

- شکستن لامپ به صورت سهوی

- خراب شدن لامپ و دور ریختن آن

مقدار لامپهایی که باید جمع آوری شوند از حاصل جمع دو مقدار فوق به دست می آید. محاسبه دقیق مقدار لامپهای سوخته یا شکسته عملاً امکان پذیر نیست. اما با محاسبه مقدار لامپهای توزیع شده می توان مقدار تقریبی آن را بدست آورد.

مقادیر زیر برای محاسبه مقدار لامپهایی که باید جمع آوری شوند لازم است:

الف- مقدار لامپ توزیع شده

ب- طول عمر متوسط لامپ (سوختن یا شکسته شدن اتفاقی)

ج- تعداد لامپهای سوخته و شکسته شده

اگر مقدار لامپهای توزیع شده در هر سال را ۲ میلیون عدد فرض کنیم و مقدار لامپهای سوخته و شکسته را نیز ۱۰٪ در نظر بگیریم به این معنی است که در هر سال در کشورمان باید ۲۰۰/۰۰۰ لامپ جمع آوری گردد. به عنوان مثال در حال حاضر در هر سال ۲/۵ میلیون لامپ در آمریکای شمالی بازیافت می شود. [۸]

۲-۳- روشهای جمع‌آوری و بازیافت لامپ:

منظور از روشهای جمع‌آوری و بازیافت لامپ کم مصرف، برنامه‌ها، فعالیتهای یا دستورالعمل‌هایی است که باهدف جلوگیری از ورود لامپهای کم مصرف به محیط با دو هدف زیر انجام می‌شوند:

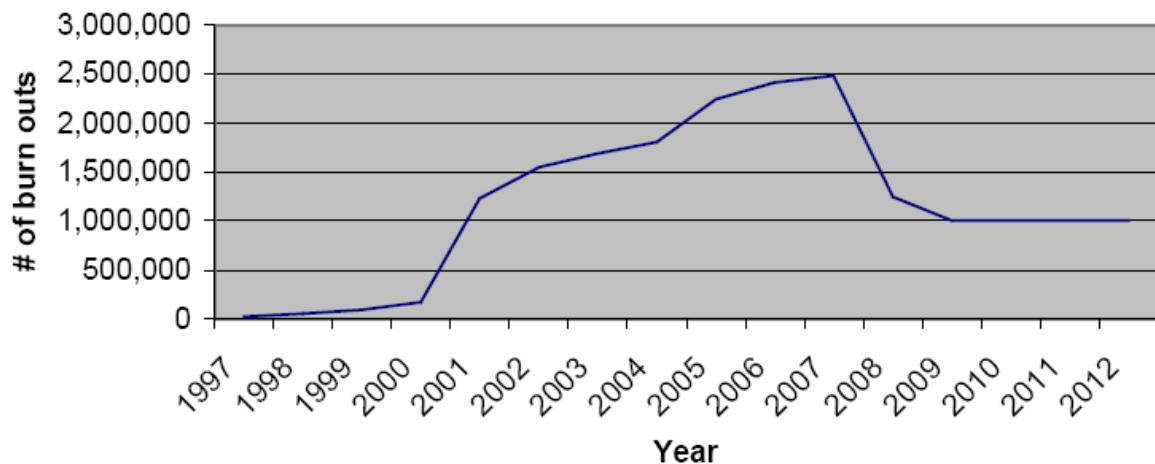
الف- حفظ سلامت محیط زیست

ب- صرفه جویی اقتصادی

در کشورهای مختلف به فراخور وضعیت اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی راهکارهای مختلفی برای جمع‌آوری و بازیافت لامپهای کم مصرف و سایر لامپها در نظر گرفته می‌شود. در این بخش گزینه‌های مختلف که می‌توان آنها را در کشورمان نیز پیاده نمود به صورت اجمالی مد نظر قرار می‌گیرند. نظر به اینکه ساختار ارگانها و سازمانها و نحوه همکاری بین آنها در هر کشور متفاوت بنابراین تنظیم دقیق دستورالعمل‌ها و وظایف هر یک از سازمانهای مختلف در هر کشور متفاوت خواهد بود. در این فصل به کلیات ایجاد یک برنامه جامع جمع‌آوری لامپ‌ها اشاره خواهد شد.

نحوه جمع‌آوری، قوانین و مقررات، شرح وظایف و مسئولیتهای هر سازمان و نحوه تامین هزینه‌ها مواردی هستند که در تدوین یک برنامه جمع‌آوری و بازیافت موفق باید مدنظر قرار گیرند. قبل از تدوین یک برنامه جمع‌آوری لازم است که برآوردی از میزان لامپهای کم مصرف سوخته (قابل جمع‌آوری) ارائه شود. آمار دقیقی در این زمینه در کشورمان فعلا وجود ندارد. نمودار شکل (۲-۴) میزان برآورد لامپهای قابل جمع‌آوری را در ایالات متحده نشان

میدهد.



شکل (۲-۴)- برآورد میزان لامپهای قابل بازیافت بر حسب سال

شکل (۲-۴) دید مناسبی برای برنامه ریزی های بعدی ایجاد می کند. با در دست داشتن این منحنی برنامه ریزی برای جمع آوری لامپ ها بسیار راحت تر و دقیق تر صورت می گیرد. نکته دیگری که در این نمودار وجود دارد ثابت ماندن شیب آن در سالهای آینده است که نکته کلیدی در برنامه ریزی های احتمالی محسوب می شود. در بخشهای مختلفی از کانادا و ایالات متحده برنامه های جمع آوری و بازیافت لامپ توسط ارگانهای دولتی و خصوصی در حال انجام است.

بسته به شرایط مدلهای مختلفی به این منظور بوجود آمده است. این مدلها عبارتند از:

۱- جمع آوری توسط خرده فروش

۲- استفاده از سطلهای مخصوص لامپ

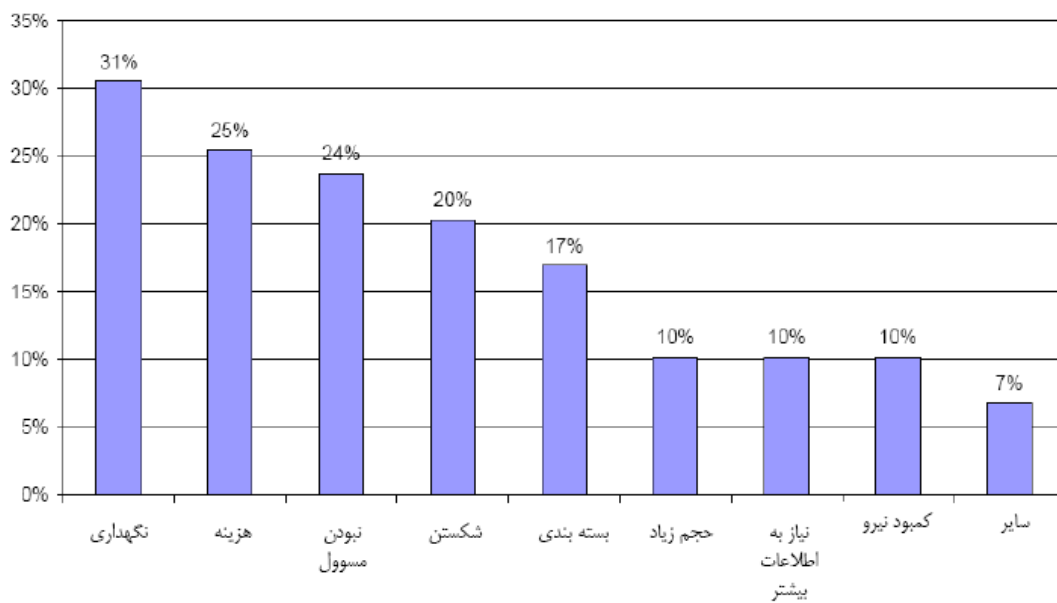
۳- روش پستی

۲-۳-۱- روش جمع آوری توسط خرده فروش ها:

در این روش مشتری پس از خراب شدن یا شکستن لامپ با رعایت توصیه های بهداشتی شخصا به فروشنده مراجعه می کند و در ازای تحویل لامپ سوخته، از مزایای تخفیف خرید یک لامپ نو بهره مند می شود. هزینه انجام این روش باید با احتساب تخفیف داده شده به مشتری و همچنین هزینه بازیافت محاسبه گردد. این روش در بسیاری کشورها مثلا در ایالت های ایندیانا و مینه سوتا در آمریکا اجرا می شود.

یکی از معایب این روش عدم توانایی خرده فروشها برای انبار کردن و نگهداری از لامپها و همچنین کمبود اطلاعات آنها در زمینه نحوه نگهداری لامپ است.

شکل (۱) خلاصه ای از نظر سنجی های انجام شده در مورد مشکلات این روش را نشان می دهد.



شکل (۲-۵) - مشکلات اجرایی جمع آوری و بازیافت لامپ

جدول (۲-۱) خلاصه ای از دیدگاه های مختلف در مورد این روش را نشان می دهد.

مشارکت کننده	نکات مثبت	نکات منفی
خرده فروش	فروش بیشتر	عدم وجود انبار و جای کافی برای نگهداری لامپ، عدم امکان آموزش پرسنل، کمبود پرسنل برای انبار داری و جابجایی لامپ ها
مشتری	در دسترس بودن مراکز جمع آوری، ارائه تخفیف	آسان نبودن انجام سفر درون شهری برای همه
جمع آوری کننده		آموزش دادن پرسنل خرده فروشها در همه نقاط
دولت	عدم وجود هزینه و مسایل جانبی در صورتی که خرده فروشها غیر دولتی باشند	عدم امکان نظارت صحیح روی فرآیند

جدول (۲-۱)- خلاصه دیدگاه ها در مورد روش جمع آوری توسط خرده فروشها

۲-۳-۲- استفاده از سطلهای مخصوص:

طرحهای جمع آوری زباله های تفکیکی در کشورمان قبلا اجرا شده است. در این نوع طرح ها، سطلهای مختلفی با رنگهای مختلف به منظور جداسازی زباله در نظر گرفته می شود و مردم زباله های خشک و تر ، کاغذ، شیشه و.... را در ظرف های مخصوصی می ریزند. در نظر گرفتن یک سطل مخصوص لامپ می تواند عملیات جمع آوری لامپ های سوخته را امکان پذیر نماید. سهولت انجام توسط مشترکین از مزیت های این روش به شمار می رود. در عین حال عدم اطمینان از انجام این کار توسط مصرف کنندگان و همچنین مشکلات فنی مربوط به ماشین های حمل زباله از جمله نکات فنی اجرای این روش هستند. این روش در ایالت اورگان در آمریکا اجرا می شود.

جدول (۲-۲) خلاصه ای از دیدگاه های مختلف در مورد این روش را نشان می دهد.

نکات منفی	نکات مثبت	مشارکت کنندگان
حمل و نقل مواد خطر ناک، صرف زمان بیشتر، جای بیشتر درون ماشین حمل و نقل، مشکلات مربوط به بسته بندی و حمل	امکان پاداش و مزایای مالی	حمل کننده ها
دردسر های بسته بندی و جداسازی، تحمیل هزینه ها به کسانی که از لامپ کم مصرف استفاده نمی کنند	سهولت	مشتری
ارائه آموزشهای کمتر نسبت به حالت قبلی	جمع آوری یکجا	جمع آوری کننده

جدول (۲-۲) - خلاصه دیدگاه ها در مورد روش استفاده از سطهای مخصوص

۲-۳-۳- روش پستی:

در این روش پاکتهای مخصوصی با رعایت موارد بهداشتی و ایمنی در اختیار خریداران لامپ قرار می گیرد که پس از سوختن لامپ آنرا درون این پاکت مخصوص قرار می دهند و از طریق پست به شرکت مجری طرح باز یافت می فرستند. امکان گسترش این طرح به کل کشور از مزایای آن است. نکات منفی این روش نیز به شرح زیر هستند:

- دریافت دانه به دانه لامپها توسط شرکت باز یافت کننده

- هزینه ارسال تکی لامپها از هزینه ارسال جمعی آنها بسیار بیشتر است

- مشکلات فنی و زیست محیطی در زمان حمل و نقل پستی همچنان باقی هستند

- هزینه و مشکلات مربوط به آموزش مصرف کنندگان

جدول (۲-۳) نوع برنامه و مشارکت کنندگان در آن و دیدگاه های منفی و مثبت هر یک به صورت خلاصه ذکر

شده است. [۹]

نکات منفی	نکات مثبت	مشارکت کنندگان
دریافت پاکت مخصوص	بسیار آسان، عدم نیاز به سفر دورن شهری	مشتری
مشکلات حمل و نقل پستی، عدم اطمینان از رعایت موارد بهداشتی هنگام جابجایی		دولت
به وجود آوردن روشها و ماشین های جدید برای باز کردن پاکت ها	حذف هزینه جمع آوری	بازیافت کننده

جدول (۲-۳) - خلاصه دیدگاه ها در مورد روش جمع آوری پستی

انتخاب هر یک از این روشهای وابستگی فراوانی به شرایط محیطی و مسایل اقتصادی دارد. هر کدام از این روشها در محلهای خاص ممکن است هزینه متفاوتی داشته باشند. هزینه هایی که برای جمع آوری لامپ باید پرداخت شود شامل موارد زیر است:

- هزینه آموزش
- هزینه جمع آوری
- هزینه بازیافت
- هزینه تبلیغات
-

در محاسبه ای که در کانادا انجام شده است هزینه بازیافت هر لامپ بین ۰/۳۵ تا ۱ دلار برآورد گردیده است. معیارهایی که برای انتخاب روش بازیافت وجود دارد در جدول (۲-۴) خلاصه شده اند.

معیار	توضیحات
ریسک	ریسک در مورد افرادی که در فرایند قرار دارند یا به شکلی ممکن است در معرض مواد سمی قرار گیرند
مسایل زیست محیطی	کل فرایند بازیافت باید به شکلی باشد که در آن ضوابط زیست محیطی در نظر گرفته شود.
ظاهر	روش باید به شکل انتخاب شود که مسایل زیبایی شهری در آن لحاظ شده باشد.
دسترسی آسان	فاصله بین مصرف کننده، محل جمع آوری و محل بازیافت باید با دقت انتخاب گردد
میزان حمایت	روش باید طوری انتخاب شود تا بیشترین حمایت از جانب سازمانهای خصوصی و دولتی را در پی داشته باشد
عملی بودن	روش باید کاملاً عملی و از نظر اجرایی آسان باشد.
هزینه	هزینه ها باید به شکلی باشد که از نظر اقتصادی و بهداشتی مقرون به صرفه باشد

جدول (۲-۴) - معیارهای انتخاب روش مناسب برای جمع آوری و بازیافت لامپ

انتخاب و استفاده از یکی از این روشها نیازمند مطالعات جامع امکان سنجی^۱ است تا با در نظر گرفتن هزینه ها و سایر مسایل فنی و اقتصادی یکی از روشها به منظور تدوین برنامه جمع آوری لامپ انتخاب گردد. خلاصه ای از انتخابهای ممکن در این زمینه در پیوست ۱ آمده است.

^۱ Feasibility study

۲-۴- روشهای بازیافت علمی:

روشهای علمی و فنی مختلفی برای بازیافت لامپ وجود دارد. این روشها در مورد لامپهای کم مصرف و سایر لامپهای حاوی جیوه مانند لامپهای تخلیه ای و سایر لامپها نیز همزمان استفاده می شوند. این روشها می توانند هم در کارخانه ها یا کارگاه ها و هم در وسایل و ماشین های متحرک بکار گرفته شوند. پاک سازی و جدا کردن دو فرایند اصلی هستند که در غالب این روشها مورد استفاده قرار می گیرند. به دلیل اینکه موارد تشکیل دهنده لامپ بسیار متنوع هستند روشهای مکانیزه عموماً غیر اقتصادی می شوند. البته در مورد شیشه بکار رفته در لامپ می توان از روشهای مکانیزه خاصی استفاده نمود. برای جلوگیری از هرگونه خطرات بهداشتی برای محیط و انسانها تمامی فرایندهای بازیافت در محیط های ایزوله شده انجام می شود.

۲-۴-۱- روش برش ته^۱:

این روش معمولاً برای تیوپهای شکل دار مورد استفاده قرار می گیرد. این روش در مورد بازیافت فسفر هم کارایی دارد. مراحل اصلی این روش به شرح زیر است:

۱- تخریب جداسازی (تخریب):

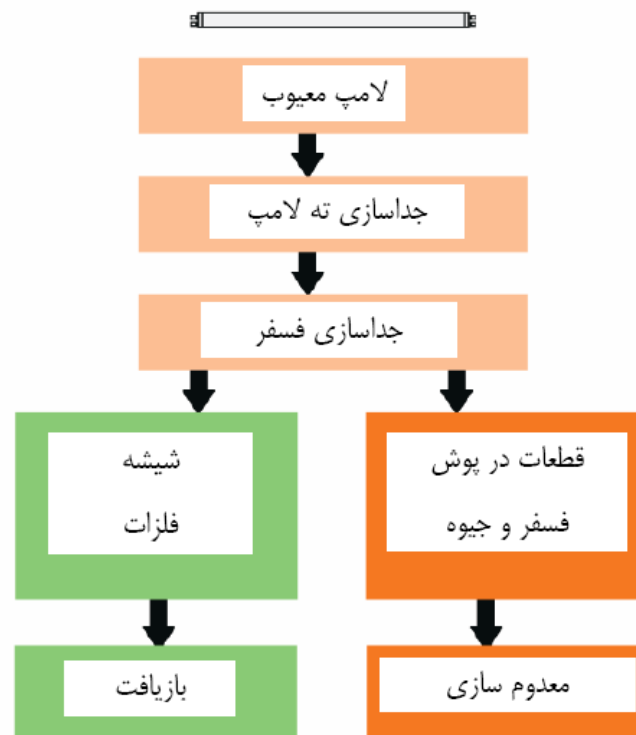
در این مرحله قسمتهای شیشه ای لامپ بوسیله دمیدن هوای فشرده از سایر بخشها جدا می شوند.

۲- جداسازی فسفر:

در این مرحله فسفر از سطح شیشه تیوپ بوسیله فشار هوای زیاد زدوده می شود و در محفظه های خاصی جمع آوری می گردد.

۳- جمع آوری شیشه:

شیشه های تمیز شده بوسیله دستگاه خاصی خرد می شوند و سپس بوسیله دستگاه مورد بازیابی قرار می گیرند تا از عدم وجود فلز درون آنها اطمینان حاصل شود. این شیشه ها می توانند برای تولید لامپهای جدید مورد استفاده قرار گیرند. شکل (۲-۶) شمای کلی این روش را نشان می دهد.



شکل (۲-۶) - روش برش ته

۲-۴-۲ روش قطعه قطعه کردن^۱:

این روش برای بازیافت همه لامپها کارایی دارد. این روش سه مرحله دارد:

۱- خرد کردن لامپها:

در این مرحله لامپها توسط دستگاه های مخصوصی کاملاً خرد می شوند.

۲- دانه بندی کردن قطعات:

در این مرحله لامپهای خرد شده به سه گروه دانه کوچک، دانه متوسط و دانه درشت تقسیم می شوند. این کار توسط الک های مخصوصی صورت می گیرد.

دانه درشت ها شامل درپوش لامپ و قسمتهای فلزی است. شیشه و پلاستیک قسمتهای متوسط به ضخامت تقریباً ۵ میلی متر را تشکیل میدهند. فسفر و گرد شیشه از این قسمت جدا می شوند. پلاستیک هم بوسیله حرارت از این

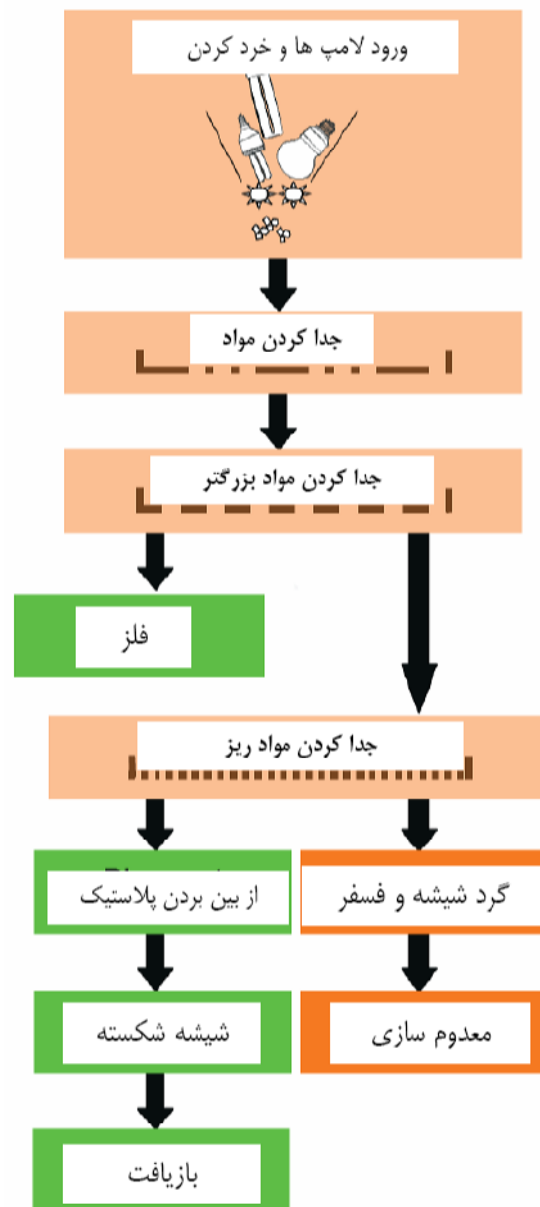
¹ Shredder method

مواد جدا می شود. بخش دانه ریز شامل فسفر پودر شده و گرد شیشه است که به صورت جداگانه جمع آوری می شود.

۳- استفاده از مواد جدا شده:

در این بخش هر یک از مواد جدا شده به بخش بازیافت مخصوص خود می رود و بازیافت می شود. عملیات جدا سازی جیوه در این مرحله انجام می شود. برای این منظور ابتدا مواد حرارت داده می شوند و جیوه به وسیله دستگاه تقطیر جدا می شود.

شکل (۲-۷) مراحل این روش را نشان می دهد.



شکل (۲-۷) - روش قطعه قطعه کردن

۲-۴-۳ روش شستشو:

این روش برای بازیابی حجم وسیعی از لامپها بدون در نظر گرفتن اندازه و شکل آنها مناسب است. لامپهای خراب و ضایعات کارخانه ها توسط این روش قابل بازیابی هستند.

این روش نیز سه مرحله دارد:

۱- خرد کردن و شکستن لامپ :

در این روش لامپهای جمع آوری شده توسط دستگاه های مخصوصی کاملاً خرد می شوند. معمولاً حجم بالایی از لامپها در این مرحله به دستگاه وارد می شوند.

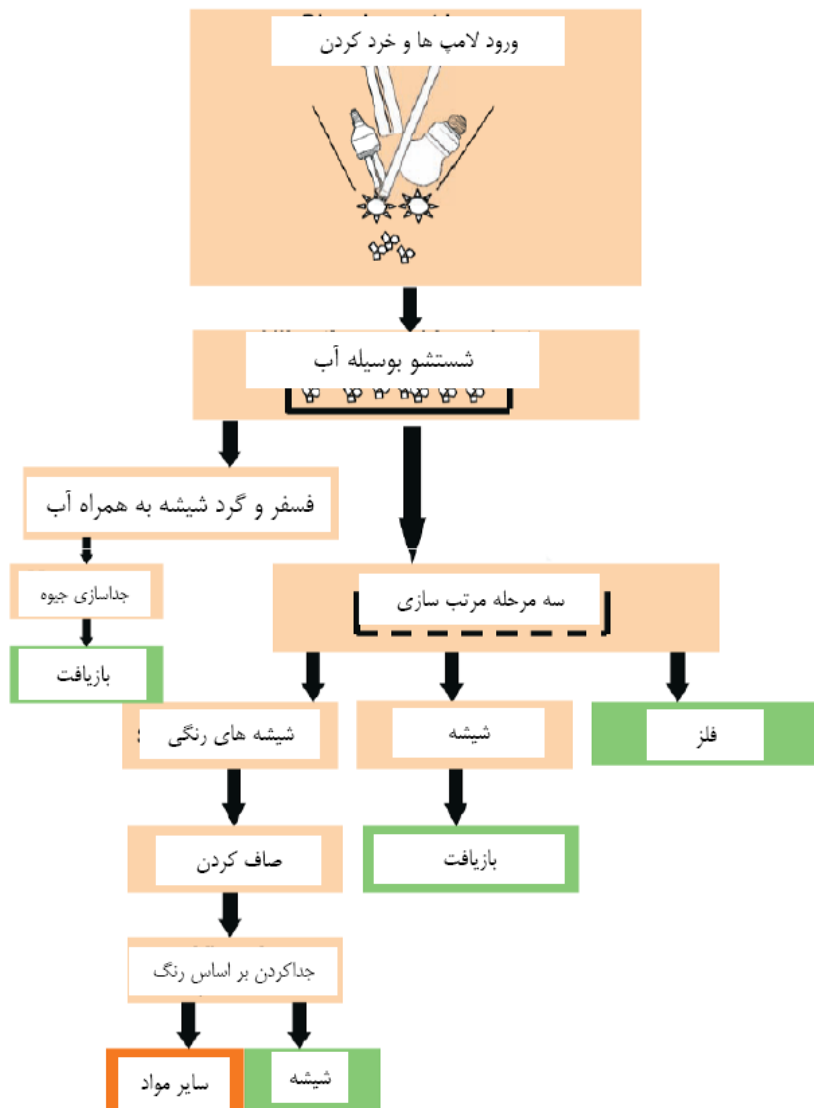
۲- جداسازی فسفر:

در این مرحله فسفر موجود در لامپ توسط آب در تانکرهای بزرگ متحرک شسته می شوند. آب با فشار به قطعات برخورد می کند و فسفر موجود را از سطح آنها پاک می کند. آب حاصل در مخارنی جمع می شود و فسفر به مرور زمان در آنها ته نشین می گردد. جیوه ای که به همراه فسفر جدا شده است بوسیله تقطیرگردان^۱ از فسفر جدا می شود.

۳- جدا سازی مواد :

سایر قطعات در این مرحله مجدداً شسته می شوند و پس از مرتب شدن هر یک به بخش مربوطه برای بازیابی می-روند. در این مرحله جداسازی فلز، شیشه و سایر مواد معمولاً به صورت خود کار صورت می گیرد. شکل (۲-۸) جزییات این روش را نشان می دهد.

¹ Rotary distillation

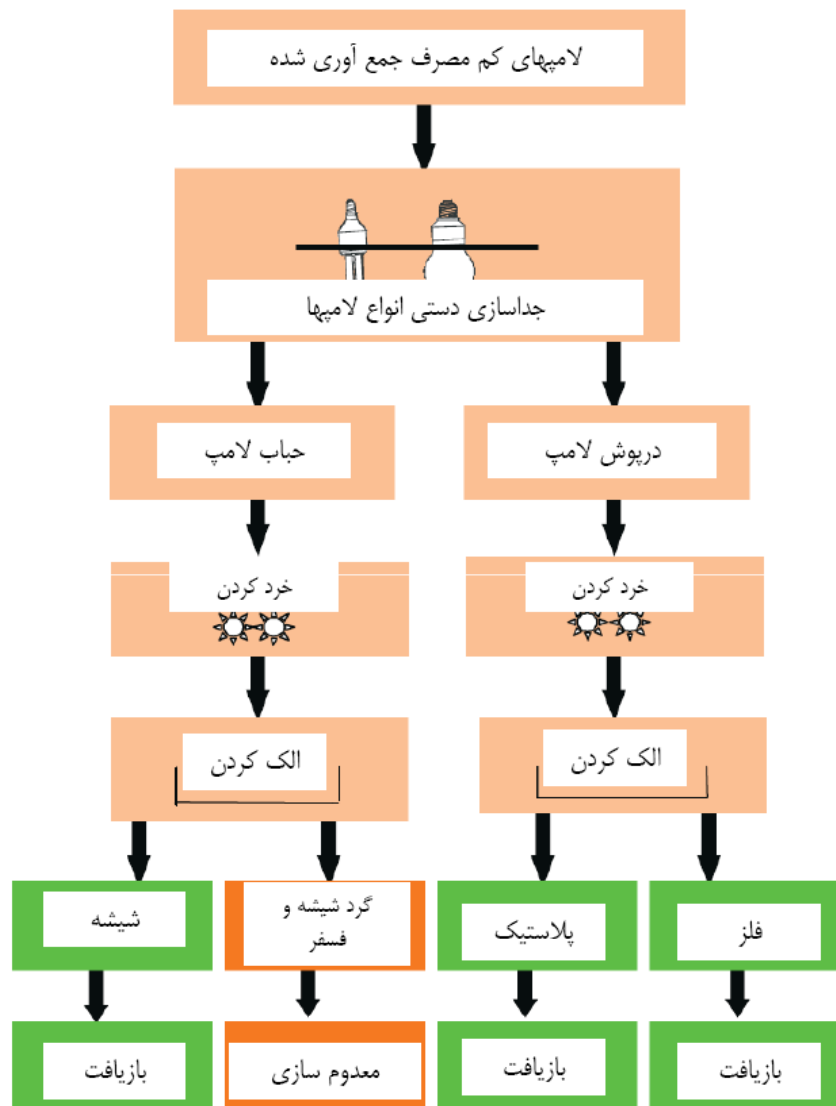


شکل (۲-۸) - روش شستشو

۲-۴-۴- روش بازیافت بر اساس نوع:

در این روش برخلاف روشهای قبلی لامپهای ابتدا بر اساس نوع دسته بندی می شوند و سپس عملیات بازیافت روی آنها صورت می گیرد.

مزیت این روش این است که حباب های حاوی مواد مضر و همچنین جیوه از همان ابتدا از سایر مواد جدا می شوند. در این روش مقدار بیشتری شیشه بدست می آید. نکته منفی این روش این است که لامپهای سوخته از همان ابتدا و بوسیله دست باید جدا شوند که کار زمانبری است. شکل (۲-۹) نحوه انجام کار در این روش را نشان می دهد.



شکل (۲-۹) - روش بازیافت بر اساس نوع

۲-۴-۵ روش جداسازی سانتریفوژی^۱:

این روش هم برای انواع لامپها کاربرد دارد. این شیوه چهار مرحله مختلف دارد:

۱- جداسازی قطعات:

^۱ Centrifugal

در این شیوه لامپها بدون خرد شدن به بخشهای مختلفی تقسیم می شوند. بخشهای پلاستیکی و شیشه ای و همچنین قطعات الکترونیکی بالاست به صورت جدا گانه و بدون شکستن دسته بندی می شوند. فسفر هم در این بخش جدا شده و جمع آوری می گردد.

۲- عملیات حرارتی:

در این مرحله قسمتهای شیشه ای به صورت جداگانه حرارت می بینند و بازیافت می شوند.

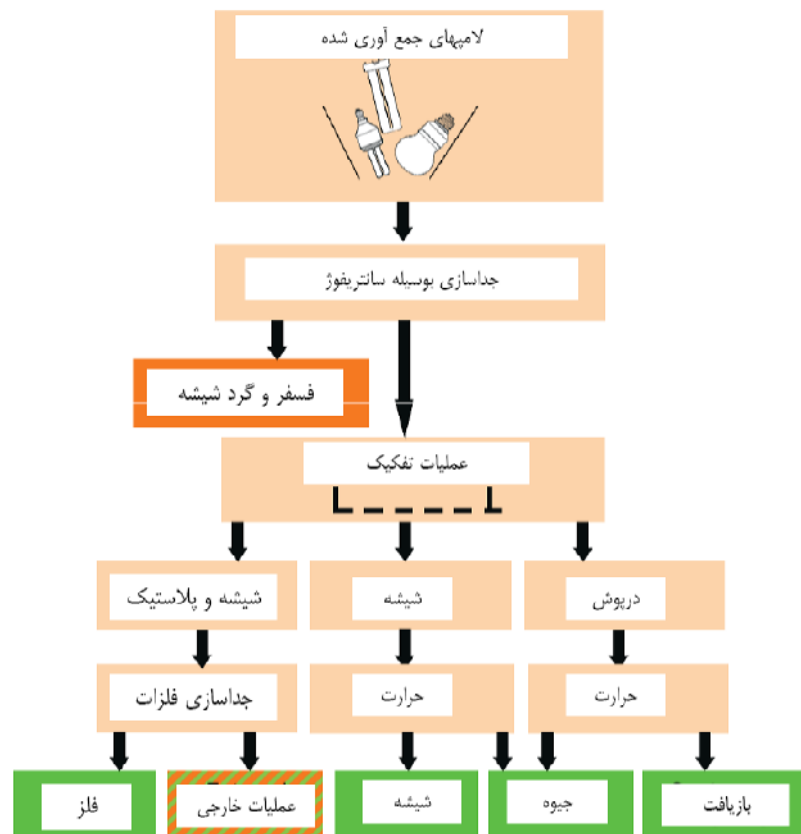
۳- جداسازی فلزات:

در این مرحله بخشهای فلزی توسط آهنرباهای قوی از سایر بخشها جدا می شود. بخشهای پلاستیکی نیز در این مرحله تفکیک خواهند شد.

۴- بازیافت:

در این مرحله بخشهای هر یک از بخشهای جدا شده طی مراحل مخصوص به خود بازیافت می شود و فسفر نیز طی مراحل خاصی معدوم می گردد.

شکل (۲-۱۰) نحوه انجام این روش را نشان می دهد.



شکل (۲-۱۰) - روش جدا سازی سانتریفوژی

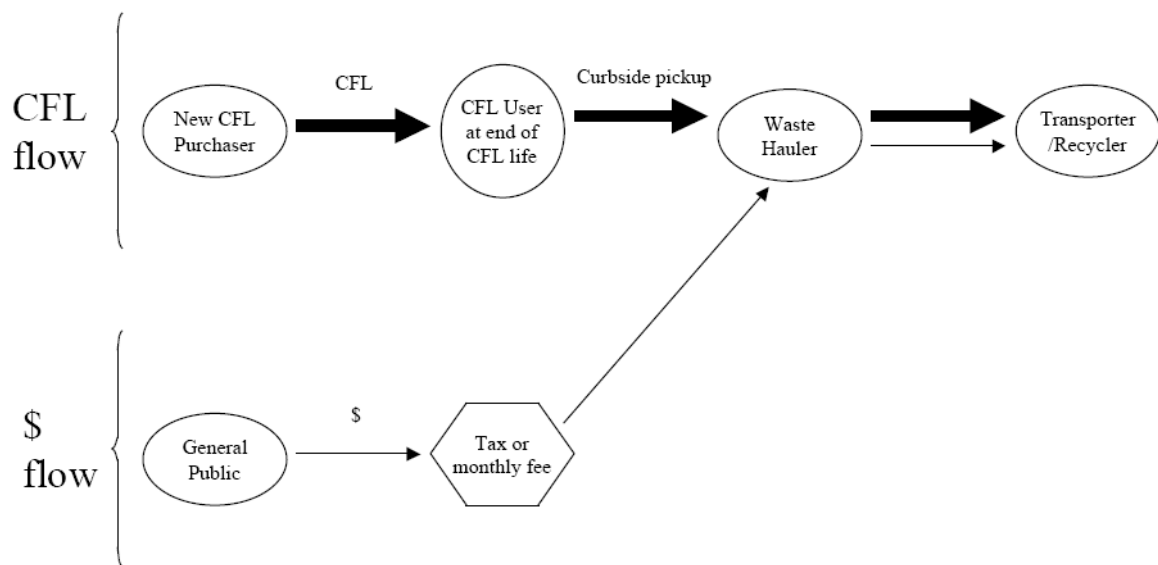
نتیجه گیری کلی:

مقدار و محل آزاد شدن جیوه ای که در اثر استفاده گسترده از لامپهای کم مصرف حاصل می شود می تواند سلامت انسان و محیط زیست را به خطر بیندازد. در حالی که کشور ما همگام با کشورهای پیشرفته دنیا در راه استفاده از مزایای بیشمار لامپهای کم مصرف گام بر می دارد شایسته است که برنامه هایی در جهت جمع آوری و بازیافت این قبیل لامپها صورت گیرد تا احتمال ایجاد مشکلات زیست محیطی و بهداشتی کاملاً برطرف گردد. در این گزارش ابتدا لزوم تدوین یک برنامه کامل جمع آوری و بازیافت لامپ بررسی شده است و سپس روشهای اجرایی و فنی به صورت مجزا مورد بحث قرار گرفته اند. این روشها از نظر کمی و کیفی دارای مزایا و مشکلاتی هستند که استفاده از هر کدام از آنها باید با بررسی های جامع و کاملی صورت گیرد. در این گزارش صرفاً بررسی های اجمالی صورت گرفته است و تدوین یک برنامه جمع آوری جامع و کامل باید به شکل دقیق تری بررسی شود. سعی شده است در این گزارش از تجربیات سایر کشورها در این زمینه نیز بهره برداری شود.

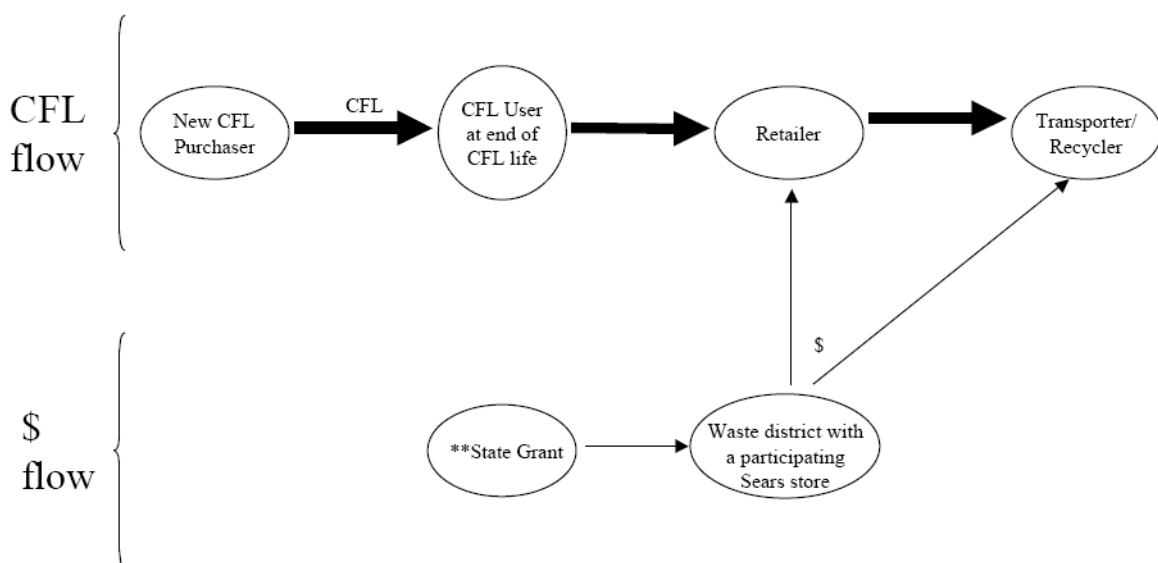
پیوست ۱:

در این بخش ۱۰ نوع از گزینه‌هایی که برای بازیافت لامپهای کم مصرف وجود دارند با در نظر گرفتن مسایل اقتصادی مطرح شده‌اند.

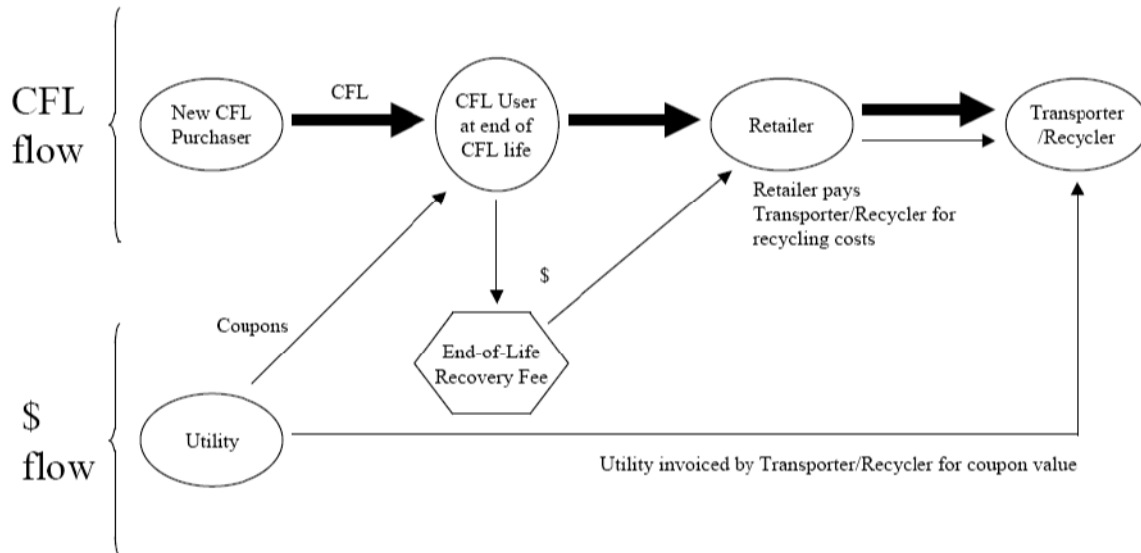
گزینه ۱:



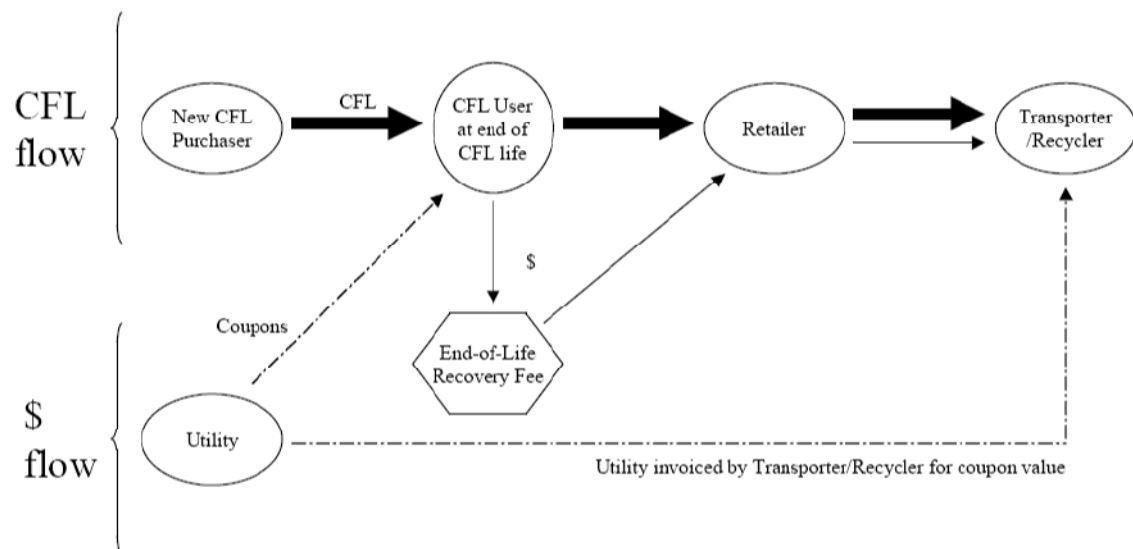
گزینه ۲:



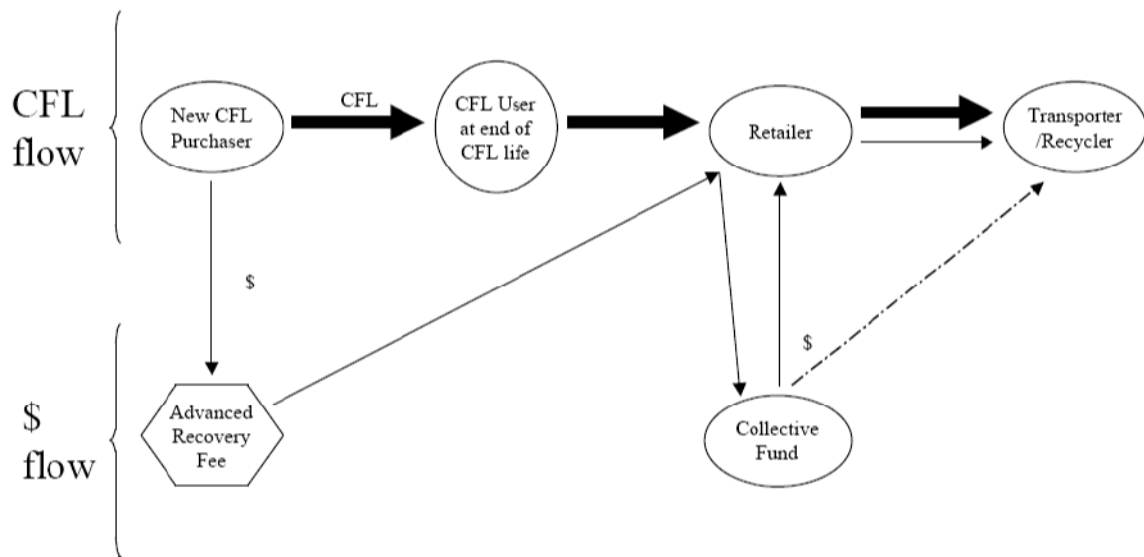
گزینه ۳:



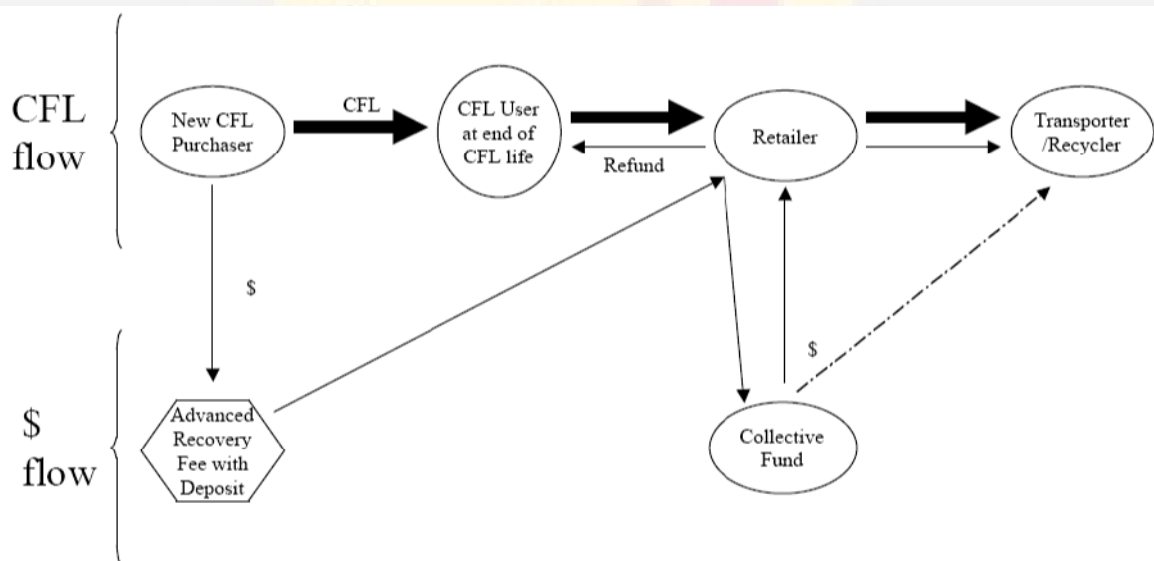
گزینه ۴:



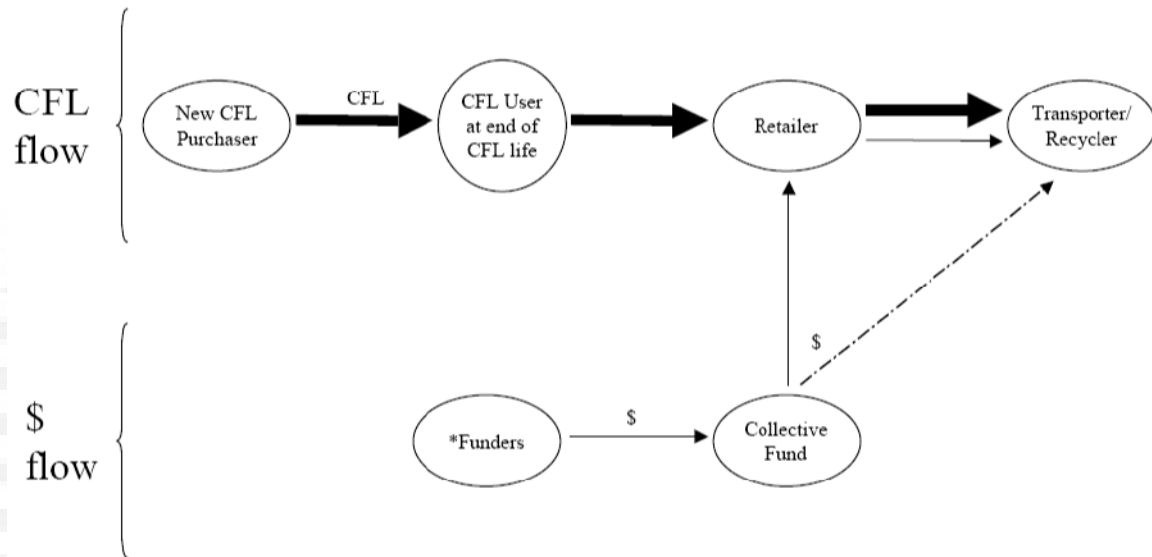
گزینه ۵:



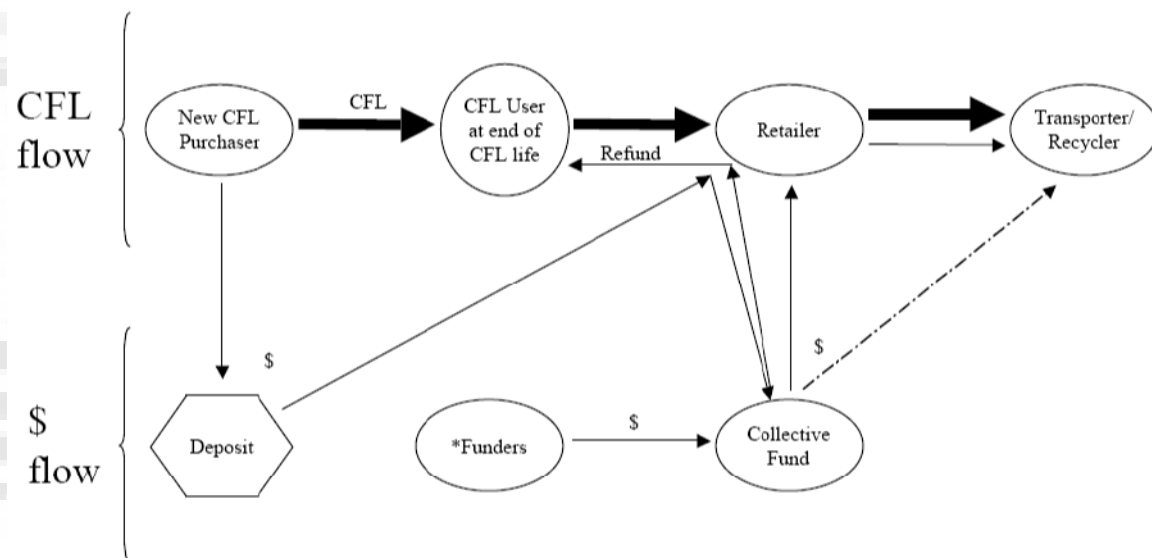
گزینه ۶:



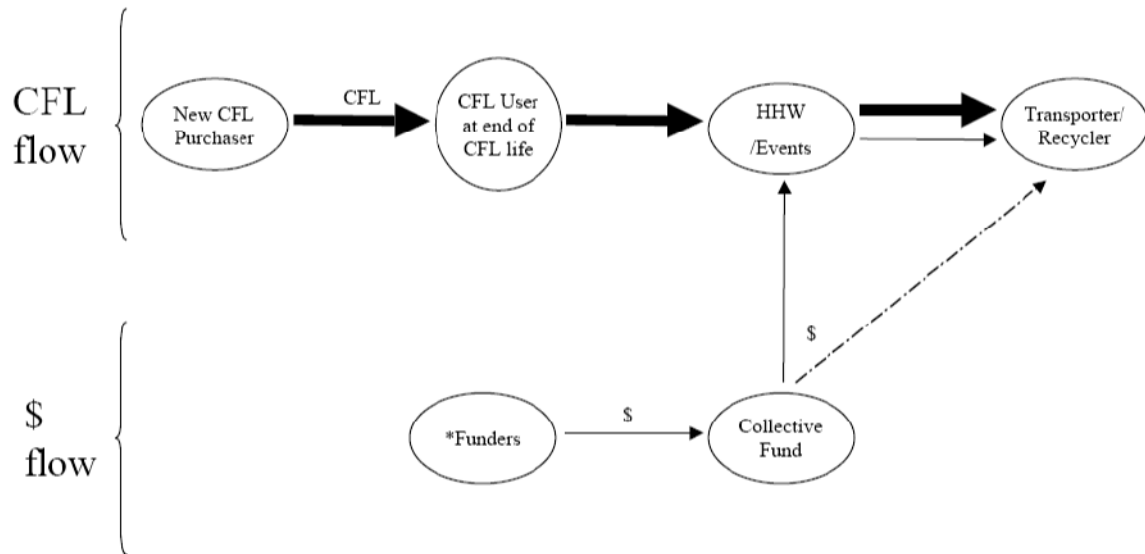
گزینه ۷:



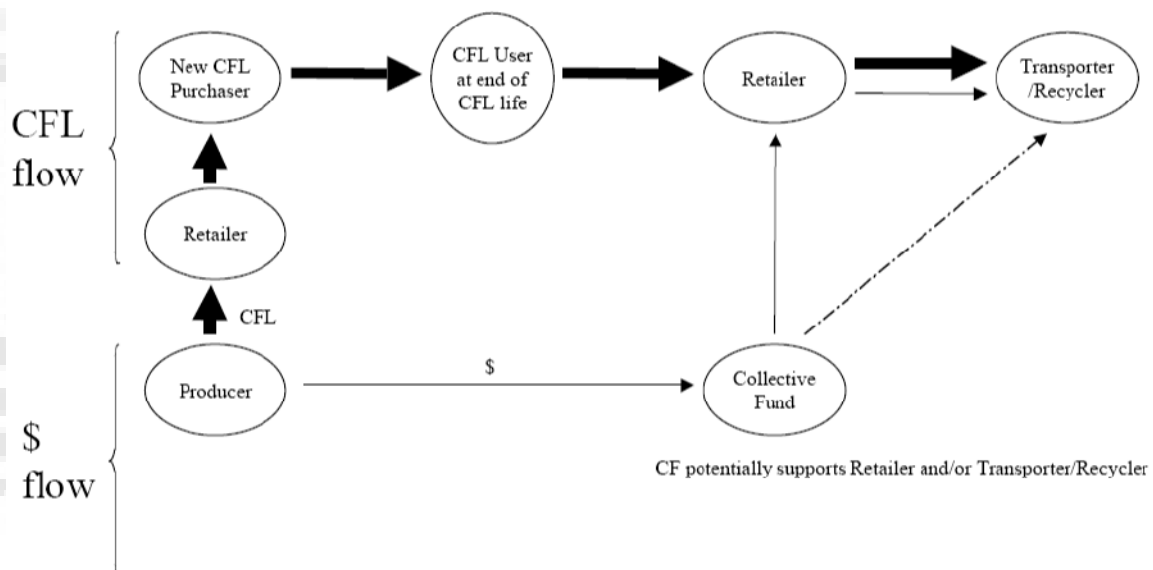
گزینه ۸:



گزینه ۹:



گزینه ۱۰:



مراجع:

- 1- "Mercury - spills, disposal and site cleanup - what to do if a fluorescent light bulb breaks". *U.S. Environmental Protection Agency*. 2007-10-25. <http://www.epa.gov/mercury/spills/index.htm#fluorescent>. Retrieved 2008-01-15
- 2-"Compact Fluorescent Light Bulbs (CFLs): Issues with Use and Disposal", Linda Luther, Analyst in Environmental Policy Resources, Science, and Industry Division
- 3-"A Ban on Incandescent Lamps? An Analysis of the Proposed NRcan Lighting Standard", Michael Gestwick
- 4-"Environmental and Health Concerns Associated with Compact Fluorescent Lights", Environmental Petition submitted to the Auditor General of Canada
June 2008
- 5- Parsons, D. 2006. "The Environmental Impact of Compact Fluorescent Lamps and Incandescent Lamps for Australian Conditions." *The Environmental Engineer* 7.
- 6-"Comparison of Life-Cycle Analyses of Compact Fluorescent and Incandescent Lamps Based on Rated Life of Compact Fluorescent Lamp", Laurie Ramroth Rocky Mountain Institute, February 2008
- 7-"Frequently Asked Questions Information on Compact Fluorescent Light Bulbs (CFLs) and Mercury", energystar.gov
- 8-Toose, L. K., & Mackay, D. (2004). Adaptation of fugacity models to treat speciating chemicals with constant species concentration ratios. *Environmental science & technology*, 38(17), 4619-4626.
- 9- Calwell, Granda, Gordon and Ton. "Lighting the Way to Energy Savings, Volume 2."

Natural Resources Defence Council. December 2004.

10- Fluorescent Lamp Recycling in Washington State Recycling Levels, Stakeholder Analysis, and Policy Options

سازمان بهره‌وری انرژی ایران (سابا)

گزارش شماره ۵

"بررسی نمونه ای مناطق شهر تهران و

اندازه گیری پارامترهای کیفیت توان شبکه

برای یافتن مقدار بهینه استفاده از لامپ کم

مصرف"

تهیه کننده:



شرکت مهندسی مفرغ

تلفن: ۰۲۱-۲۲۲۳۶۰۹۱-۲۲۲۳۴۵۰۴

دورنگار: ۰۲۱-۲۲۲۱۶۴۶۰



فهرست:

فهرست:	۰
مقدمه:	۱
فصل اول: روش انجام پروژه:	۲
۱-۲- جمع آوری اطلاعات در مورد مناطق نمونه:	۶
۱-۳- اندازه گیری پارامترهای کیفیت توان شبکه:	۶
۱-۴- توزیع لامپ کم مصرف:	۶
۱-۵- اندازه گیری پارامترهای کیفیت توان شبکه (پس از حضور لامپ):	۶
۱-۶- تحلیل و نتیجه گیری:	۷
فصل دوم:	۸
اندازه گیری های انجام گرفته:	۸
۲-۱- نحوه اندازه گیری:	۹
۲-۱-۱- پست افسانه:	۱۱
۲-۱-۲- پست برج مینیاتور:	۱۳
۲-۱-۳- پست دبیرستان:	۱۶
۲-۱-۴- پست درکه ۱:	۱۹
۲-۱-۵- پست اقبالی:	۲۲
۲-۱-۶- پست فرمانیه ۲:	۲۴
۲-۱-۷- پست گل سنگ:	۲۷
۲-۱-۸- پست جمشید:	۳۰
۲-۱-۹- پست کیهان:	۳۳
۲-۱-۱۰- پست محلاتی ۱۳:	۳۶
۲-۱-۱۱- پست سعادت:	۳۹
۲-۱-۱۲- پست سهیل:	۴۲
۲-۱-۱۳- پست توس:	۴۵
۲-۱-۱۴- پست ظهیرالدین:	۴۸
۲-۱-۱۵- پست بازار قائم:	۵۱
۲-۱-۱۶- پست ایزد:	۵۴
نتیجه گیری:	۵۷
مراجع:	۵۸

مقدمه:

همانطور که در گزارش های قبلی از این مجموعه گزارش های ذکر گردید. کاربرد لامپهای کم مصرف در شبکه توزیع نیازمند رعایت برخی ملاحظات است. در بخشهای قبلی شبیه سازی های نرم افزاری و تحلیل های فنی لازم در این مورد صورت گرفت که نتایج آن به صورت گزارش های تحلیلی ارائه گردید. در این بخش از پروژه سعی شده است جنبه های عملی تری از کاربرد لامپهای کم مصرف مد نظر قرار گیرد. در حقیقت هدف از انجام این بخش بررسی تطابقی نتایج حاصل از شبیه سازی های نرم افزاری و اندازه گیری های عملی می باشد. همانطور که در گزارش های قبلی از پروژه " تعیین پارامترهای مختلف شبکه و دسته بندی مناطق از نظر رفتار مصرف و مقدار بهینه استفاده از لامپ کم مصرف " ذکر شد مقدار لامپهای کم مصرف در هر منطقه با توجه به نوع مصرف و ویژگیهای هر منطقه تاثیر متفاوتی را از جهت کاهش مصرف انرژی و تغییر در پارامترهای مختلف شبکه خواهد داشت. متفاوت بودن تاثیر لامپهای کم مصرف در مناطق مختلف نکته کلیدی است که در این گزارش های قبلی مورد تاکید قرار گرفت. این گزارش در ادامه مسیر پروژه به شرح عملیات اجرایی به منظور اندازه گیری های میدانی^۱ و جمع بندی نتایج حاصل از اندازه گیری ها می پردازد.

¹ Field Study

فصل اول: روش انجام

پروژه

در این فصل روش صحیح برای اندازه‌گیری‌ها تشریح می‌شود. همانطور که قبلاً اشاره شد تطابق نتایج حاصل از شبیه‌سازی و محاسبات فنی نکته مهمی است که باید مورد بررسی قرار گیرد. به این منظور لازم است که اندازه‌گیری پارامترهای شبکه بر اساس یک روش مناسب صورت گیرد تا بتوان به نتایج اندازه‌گیری‌ها کاملاً اطمینان نمود. از آنجایی که هدف تحلیل مسایل جانبی در ارتباط با لامپهای کم مصرف است بنابراین اندازه‌گیری‌ها باید به شکلی باشد که بر مبنای حضور یا عدم حضور لامپهای کم مصرف در شبکه استوار باشد. بر همین اساس لازم است ابتدا پارامترهای مهم شبکه قبل از استفاده گسترده از لامپ برداشت شود و اندازه‌گیری‌های بعدی نیز پس از توزیع مقدار مشخصی لامپ صورت گیرد. فلوچارت شکل (۱) نحوه انجام این پروسه را نشان می‌دهد.



شکل (۱) فلوچارت نحوه انجام فعالیت

مراحل انجام کار را می‌توان به شکل زیر خلاصه کرد:

۱- انتخاب مناطق مناسب

۲- جمع‌آوری اطلاعات در مورد الگو و میزان مصرف در مناطق

۳- نصب ثبات و اندازه‌گیری‌های مربوطه

۴- توزیع لامپهای کم مصرف به میزان لازم

۵- نصب ثبات و اندازه‌گیری‌های ثانویه

۶- تحلیل و نتیجه‌گیری

در ادامه هر یک از مراحل فوق‌الذکر به تفکیک بررسی می‌شوند.

۱-۱- انتخاب محدود جغرافیایی مناسب:

از آنجایی که در شهر تهران مناطق جمعیتی متفاوتی از لحاظ نوع و میزان مصرف وجود دارد بنابراین لازم است که در مرحله نخست مناطق مناسب جغرافیایی برای اندازه‌گیری‌ها انتخاب شوند. میزان در آمد، سطح تحصیلات، مسایل فرهنگی و... عواملی هستند که الگوی مصرف را در هر منطقه مشخص می‌کنند. بر همین اساس باید مناطقی انتخاب شود که از نظر بافت تقریباً یکسان باشند و ضمناً با شرایط مورد نظر برای اندازه‌گیری‌ها حداکثر تطابق را داشته باشند. یافتن مناطقی با بافت یکسان در تهران مشکل است بنابراین مناطقی انتخاب شوند که حداکثر یکنواختی لازم را دارا باشند. سعی شده است مناطق به سه دسته مجزا تقسیم بندی شوند. این تقسیم بندی بر مبنای احتمال ایجاد تغییر در پارامترهای کیفیت توان در نظر گرفته شده است. طبق آمارهای موجود سهم متوسط مصرف روشنایی از مصرف خانگی متوسط در کشور حدوداً ۳۰ درصد است. [۱] بنابراین مناطق مختلف را می‌توان به صورت زیر دسته بندی کرد:

۱- مناطقی که استفاده گسترده از لامپ کم مصرف به هر میزان احتمالاً در آنها مشکلی خاصی را ایجاد

نخواهد کرد. در این مناطق سهم روشنایی در مصرف خانگی کمتر از ۱۵ درصد است.

۲- مناطقی که استفاده گسترده از لامپهای کم مصرف در آنها احتمالاً باعث ایجاد تغییرات اندکی (در حد قابل

قبول) در پارامترهای کیفیت توان خواهد شد. این مناطق از مقدار متوسط مصرف روشنایی پیروی می‌کنند

و سهم روشنایی در آنها از ۱۵ درصد بیشتر است اما از ۳۰ درصد کل مصرف خانگی تجاوز نمی‌کند.

۳- مناطقی که استفاده گسترده از لامپهای کم مصرف در آنها احتمالا باعث تغییر قابل ملاحظه پارامترهای کیفیت توان خواهد شد و اثرات سوئی را روی عملکرد تجهیزات شبکه و مصرف کنندگان خواهد داشت. در این مناطق سهم روشنایی از مصرف خانگی بیشتر از مقدار متوسط (۳۰ درصد) است. بدیهی است که این تقسیم بندی بر اساس نتایج حاصل از شبیه سازی های رایانه ای صورت گرفته است و تطابق آنها با واقعیت های موجود در شبکه در بخشهای مربوط به تحلیل اندازه گیری ها تعیین خواهد شد.

۱-۲- جمع آوری اطلاعات در مورد مناطق نمونه:

در این مرحله از پروژه لازم است اطلاعات مورد نیاز هر یک از مناطق انتخاب شده جمع آوری و دسته بندی گردد. به این منظور پرسشنامه هایی تهیه و در اختیار مشترکین قرار می گیرد. تا الگوی مصرف و میزان تقریبی مصرف روشنایی هر یک از مشترکین مناطق مختلف به صورت تقریبی مشخص شود. لازم به یادآوری است که نتایج این آمار گیری فقط در ارتباط با سهم و میزان مصرف روشنایی کاربر دارد.

۱-۳- اندازه گیری پارامترهای کیفیت توان شبکه:

پس از جمع آوری اطلاعات آماری از مناطق انتخاب شده لازم است که اندازه گیری های پارامترهای کیفیت توان شبکه مانند جریان، ولتاژ، توان راکتیو، ضریب قدرت، اعوجاج هارمونیک و... انجام شود تا بتوان تاثیر لامپ کم مصرف را قبل و بعد از استفاده از آن کاملا سنجید. در این مرحله دستگاه های ثبت ION به مدت یک هفته در پست های توزیع منطقه نصب می شوند و اطلاعات کامل پس از یک هفته از آنها استخراج می شود.

۱-۴- توزیع لامپ کم مصرف:

در این مرحله با توجه به اطلاعات به دست آمده از مراحل قبلی باید تعداد مشخصی لامپهای کم مصرف در مناطق انتخاب شده توزیع گردد تا بتوان تاثیر لامپهای کم مصرف را کاملا ارزیابی کرد.

۱-۵- اندازه گیری پارامترهای کیفیت توان شبکه (پس از حضور لامپ):

در این بخش باید دستگاه های اندازه گیری مجددا در شبکه (پستهای توزیع) نصب گردد و مقادیر اندازه گیری شده با مقدارهای قبلی به دست آمده از مرحله ۳ مقایسه شوند.

۱-۶- تحلیل و نتیجه گیری:

در این مرحله اطلاعات به دست آمده از مراحل قبلی مقایسه می شوند و تحلیل های کاملی در ارتباط با آنها صورت می گیرد و نهایت نتیجه گیری های مورد نیاز صورت می گیرد.

لازم به ذکر است که به دلیل رشد استفاده از لامپهای کم مصرف در کشورمان طی سالهای گذشته و اقبال عمومی ایجاد شده نسبت به استفاده از این گونه لامپها و همچنین فعالیتهای انجام گرفته توسط ارگانهای ذیربط در توزیع لامپهای کم مصرف عملاً امکان اندازه گیری های مرحله سوم وجود ندارد و در این مورد باید به سوابق موجود در شرکتهای توزیع که مربوط به سالهای گذشته هستند اکتفا نمود. برای اطلاعات بیشتر می توان گزارش شرکت مهندسین مشاور روشنایی نور گستر با عنوان " اثرات هارمونیکی استفاده انبوه از لامپ کم مصرف " مراجعه کرد. این گزارش در بهمن ماه ۱۳۸۲ تهیه شده است و با توجه به وضعیت شبکه در آن تاریخ امکان اندازه گیری های قبل و بعد از توزیع لامپ موجود بوده است. اندازه گیری های انجام گرفته طی پروژه فوق الذکر مبنای مناسبی برای نتیجه گیری های بعدی خواهد بود.

با توجه به موارد یاد شده، در این بخش از پروژه مرحله توزیع لامپ عملاً قابل انجام نبود بنابراین اندازه گیری پارامترهای شبکه در شرایط فعلی صورت گرفته است و تا حد امکان سعی شده است برای بعضی از پستها که اطلاعات آرشویی آنها در شرکتهای توزیع موجود بوده است؛ اطلاعات قبل و بعد نیز تحلیل شوند.

فصل دوم: اندازه‌گیری‌های انجام گرفته

در این مرحله ابتدا مناطق مختلف تهران از نظر بافت و میزان مصرف مورد شناسایی گرفت. همانطور که قبلاً هم اشاره شد هدف تعیین میزان تاثیر استفاده از لامپهای کم مصرف روی شبکه و تجهیزات مصرف کنندگان است بنابراین در این بخش سعی شده است مناطقی با تنوع کافی به منظور اندازه گیری ها انتخاب شوند. مقدار مصرف متوسط روشنایی در کل مصرف یک خانه را در شهر تهران ۳۰ درصد در نظر گرفته می شود بنابراین اگر مقدار متوسط مصرف را در شهر تهران ۱/۵ کیلووات فرض کنیم (مصرف همزمان) بنابراین مقدار متوسط مصرف روشنایی ۰/۴۵۰ وات بدست می آید که معادل ۴/۵ عدد لامپ ۱۰۰ وات معمولی است. پس می توان مقدار متوسط مصرف روشنایی در شهر تهران را معادل ۴/۵ لامپ ۱۰۰ وات رشته ای در نظر گرفت.

۲-۱- نحوه اندازه گیری:

برای اندازه گیری پارامترهای کیفیت توان شبکه از دستگاه ثابت ION7330 استفاده شده است. این نوع دستگاهها را می توان در پستهای توزیع نصب نمود. این سیستمها توانایی سنجش پارامترهای مختلفی را دارند. که جریان، ولتاژ، ضریب قدرت و هارمونیک از آن جمله هستند. به توجه به مقدار حافظه این دستگاه ها می توان آنها را از چند روز تا حتی ۱ ماه درون پستها نصب نمود. زمان نمونه برداری این سیستم ها قابل تنظیم است اما معمولاً مقدار ۱۵ دقیقه برای نمونه گیری در نظر گرفته می شود. پس از انجام نمونه گیری ها می توان اطلاعات ثبت شده را از طریق پورت ها RS232 روی رایانه های شخصی منتقل کرد. بسته به شرایط حاکم بر پستهای توزیع در این پروژه هر ثبت بین ۲ روز تا ۱۰ روز درون پست نصب شده است. با توجه به زیاد بودن رکورد های ثبت شده فقط مقداری از آنها در این گزارش ذکر می شوند. همه اطلاعات به صورت CD جداگانه ارسال خواهد شد.

با توجه به تنوع اطلاعات ثبت شده توسط دستگاه های ثبت فقط پارامترهای جریان، ضریب قدرت، هارمونیک های ولتاژ و هارمونیک های جریان در جداول مربوطه ذکر شده اند و از درج اطلاعات دیگری مانند ولتاژ، هارمونیک های فرد و زوج، توان راکتیو و اکتیو و.... خود داری شده است.

از آنجایی که نمونه برداری هر ۱۵ دقیقه ۱ بار انجام شده است. بنابراین رکورد های ثبت شده بسیار زیاد هستند (روزی ۹۶ عدد) بنابراین سعی شده است که رکورد ها با فاصله و تعداد مساوی برای هر پست انتخاب شوند.

یعنی برای هر پست ۱۲ رکورد در نظر گرفته شده است که نشان دهنده یک طول شبانه روز می باشد. بنابراین ردیف های موجود در سمت راست جداول صرفا عدد مربوط به نمونه را نشان می دهد.

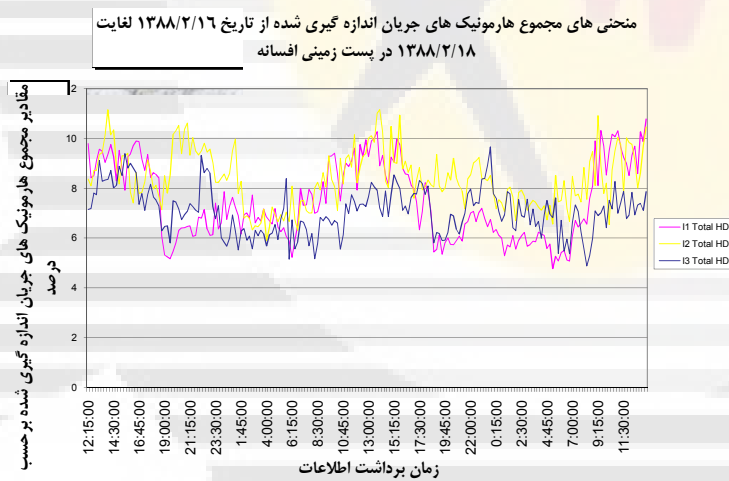
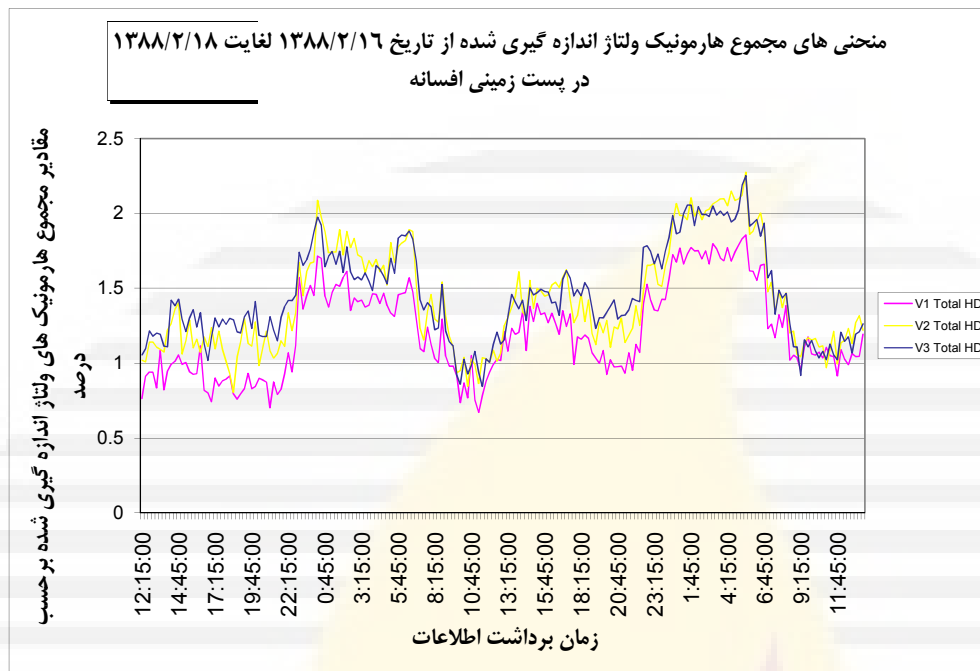
در ترسیم نمودارهای از تمامی رکورد های موجود برای هر پست استفاده شده است بنابراین دقت نمودار ها در قیاس با جداول بیشتر است.

I_n و PF_n به ترتیب مقدار جریان و ضریب قدرت فاز n را نشان می دهند و V_{nHD} و I_{nHD} نیز به ترتیب مقدار هارمونیکهای ولتاژ و جریان فاز n نشان خواهند داد.

مجموعا در ۵۶ عدد از پستهای توزیع برق تهران ثبات نصب گردید و اطلاعات مربوط به جریان، ولتاژ وسایر پارامترها استخراج گردید. در ادامه تعدادی از این پستها به عنوان نمونه ذکر می شوند.

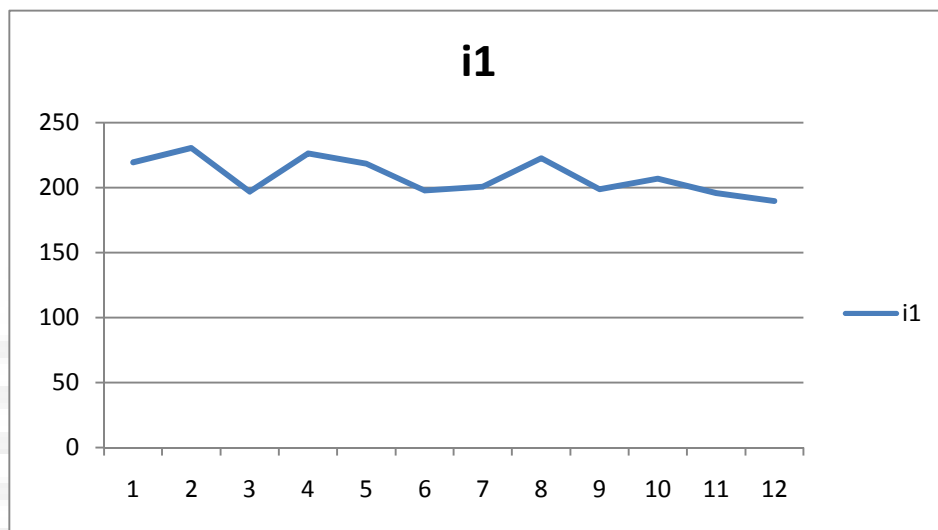
۲-۱-۱- پست افسانه:

ردیف	نام پست: افسانه			منطقه: امام حسین			تعداد مشترکین: ۴۴ درصد روشنایی: ۳۵/۳۳ درصد لامپ کم مصرف: ۶۹/۱۱					
	I ₁ HD	I ₂ HD	I ₃ HD	V ₁ HD	V ₂ HD	V ₃ HD	PF ₁	PF ₂	PF ₃	I ₁	I ₂	I ₃
۱	7.150 15	8.370 62	9.792 43	1.0543 8	1.0183 1	0.7631 74	-92.86	- 85.7589	- 92.182	278.422	225.716	237.255
۲	7.187 42	8.103 81	8.423 93	1.0955 7	1.0069 1	0.9139 25	- 94.0616	- 87.9514	- 92.337 9	286.882	240.297	267.929
۳	7.818 81	8.713 62	8.508 29	1.2144 1	1.1393 2	0.9390 89	- 93.8881	- 88.5636	- 93.332 2	260.906	235.327	259.181
۴	7.745 79	8.719 13	9.098 57	1.1796 2	1.1412 3	0.9387 7	- 90.5912	- 89.5773	- 92.543 2	264.748	237.813	257.309
۵	9.123 47	9.356 06	9.561 9	1.1993	1.1064 1	0.8339 78	- 90.3827	-89.938	- 92.694 8	241.954	240.707	242.153
۶	8.288 63	9.437 87	9.481 27	1.1922 1	1.0912 1	1.0854 1	- 91.4168	- 89.7733	- 93.205 2	248.433	234.643	260.461
۷	8.338 72	10.13 57	9.035 48	1.1128 2	1.0740 8	0.8207 32	- 90.2183	- 90.3306	- 91.765 4	228.785	234.137	242.12
۸	8.365 96	11.15 38	9.361 5	1.1092	1.2225 2	0.9478 56	- 87.3561	- 88.8655	- 91.353 6	231.853	222.501	248.266
۹	8.724 37	10.14 33	9.756 33	1.4198 6	1.2638 7	0.9914 12	-89.705	- 86.9519	- 92.873	226.203	235.201	238.28
۱۰	8.027 75	10.34 83	9.274 91	1.3833 7	1.3596 9	1.0109 7	- 92.4314	- 88.0845	- 91.328 6	240.867	219.715	225.442
۱۱	8.123 77	8.855 29	8.291 43	1.4272 4	1.4016 6	1.0532 3	- 88.9302	-86.524	- 91.013 7	240.069	236.591	244.998
۱۲	8.892 13	8.170 04	9.526 39	1.2935 1	1.0601 8	0.9920 9	- 93.1481	- 91.0991	- 93.004 9	225.26	259.183	217.246

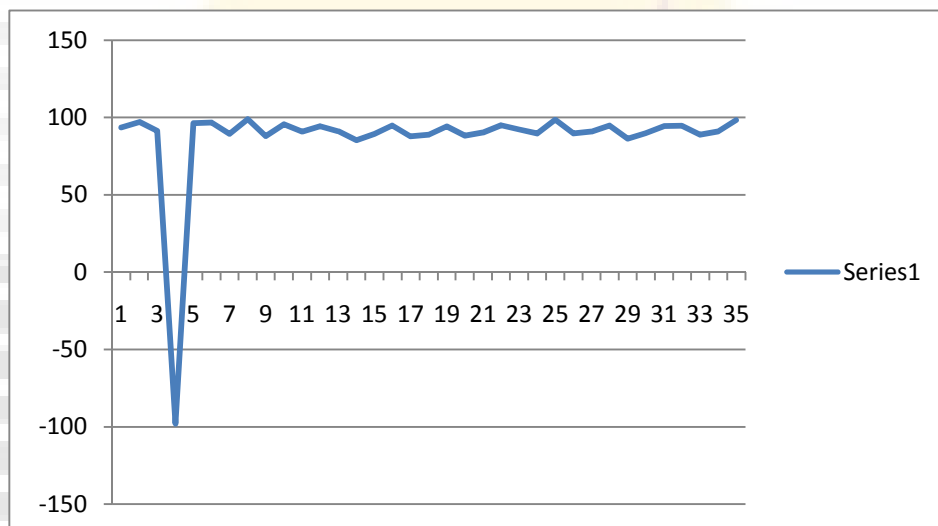


۲-۱-۲ پست برج مینیاتور:

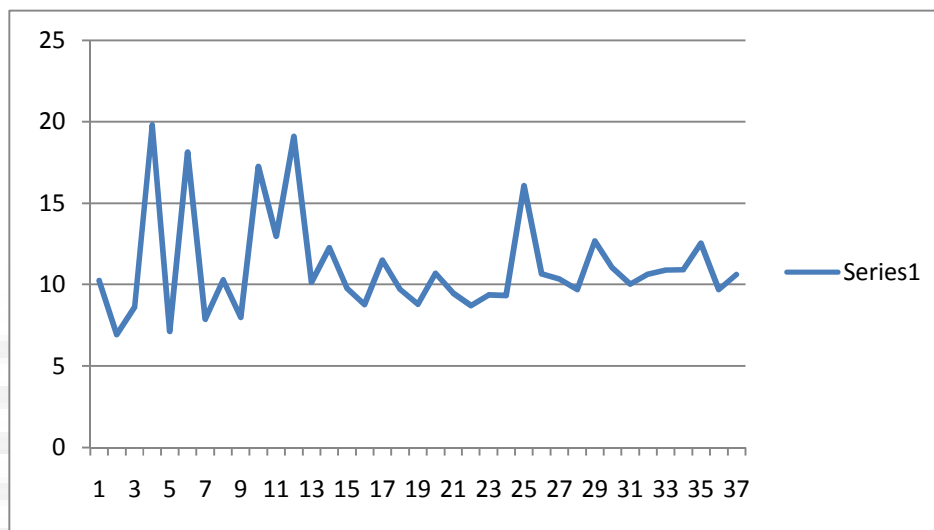
ردیف	نام پست: برج مینیاتور			منطقه: خ دماوند			تعداد مشترکین: ۶۸ درصد روشنایی: ۳۴/۲۳ درصد لامپ کم مصرف: ۷۶/۲۱					
	I ₁ HD	I ₂ HD	I ₃ HD	V ₁ HD	V ₂ HD	V ₃ HD	PF ₃	PF ₂	PF ₁	I ₃	I ₂	I ₁
۱	8.71 4087	10.2 344 9	9.53 805 2	2.040 36	1.849 056	2.300 949	95.42 965	94.63 56	98.12 238	407.93 78	407.32 98	408.63 81
۲	6.29 7486	6.91 969 9	6.93 831 5	1.926 537	1.776 409	2.130 381	93.15 685	91.67 959	97.49 782	409.31 63	409.11 43	410.11 29
۳	7.99 5155	8.60 052 8	8.68 891 1	1.918 837	1.781 818	1.967 308	97.78 326	97.18 638	99.19 968	403.79 25	403.43 13	404.49 1
۴	17.1 2005	19.7 978 2	17.9 289 5	2.327 779	2.318 55	2.557 442	86.78 041	84.55 158	93.02 58	397.09 21	396.64 22	397.62 67
۵	5.78 2726	7.11 388 5	6.51 691 8	1.719 671	1.634 07	1.759 922	84.38 854	80.93 478	90.20 153	401.07 86	400.60 14	401.78 99
۶	13.8 2195	18.1 318 1	14.2 600 1	2.031 077	1.897 087	2.114 158	94.68 634	92.70 425	97.83 186	403.71 9	403.25 54	404.42 39
۷	6.92 0946	7.85 396 8	7.04 726 5	1.628 021	1.594 221	1.786 436	86.46 221	83.82 571	91.22 482	401.04 49	400.69 96	401.84 48
۸	7.47 2643	10.2 705 4	9.13 349 2	1.600 103	1.534 976	1.750 515	88.43 6	84.85 925	94.02 534	402.33 05	401.84 35	403.28 36
۹	7.35 9159	7.97 346 9	7.76 659	1.790 739	1.479 792	1.814 139	93.66 468	91.02 866	96.40 369	406.66 54	406.32 07	407.66 14
۱۰	13.6 8721	17.2 474	14.3 28	2.159 573	2.091 786	2.193 897	92.19 411	90.98 721	97.07 154	407.51 08	407.15 81	408.42 74
۱۱	12.6 67	12.9 695 6	12.1 422 5	2.160 058	1.911 209	2.301 809	89.35 336	85.68 947	93.60 84	411.20 59	410.80 34	412.07 15
۱۲	16.6 0158	19.0 945 6	16.5 066 1	2.337 153	2.251 181	2.510 084	93.42 168	91.42 011	97.33 569	413.32 04	413.16 41	414.24 12



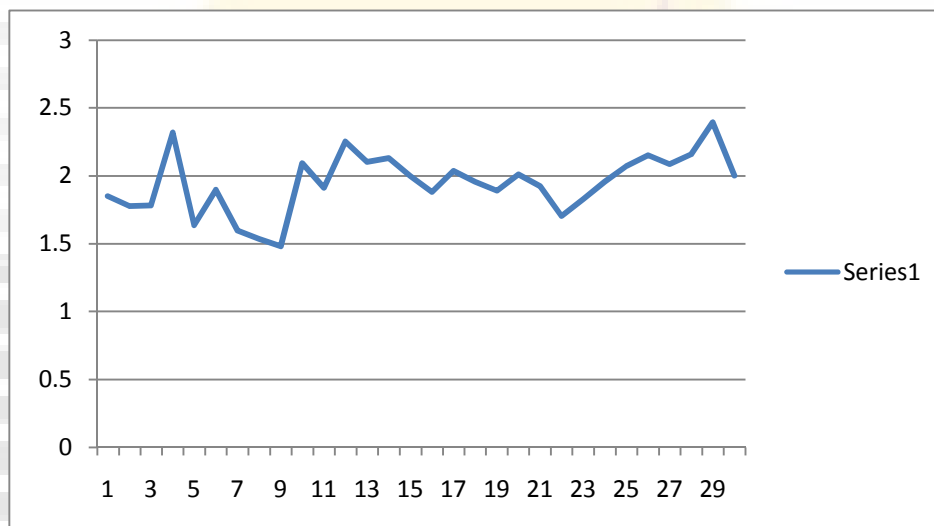
نمودار جریان فاز ۱ پست برج مینیاتور



نمودار تغییرات ضریب قدرت پست برج مینیاتور



نمودار تغییرات هامونیک‌های جریان پست برج مینیاتور

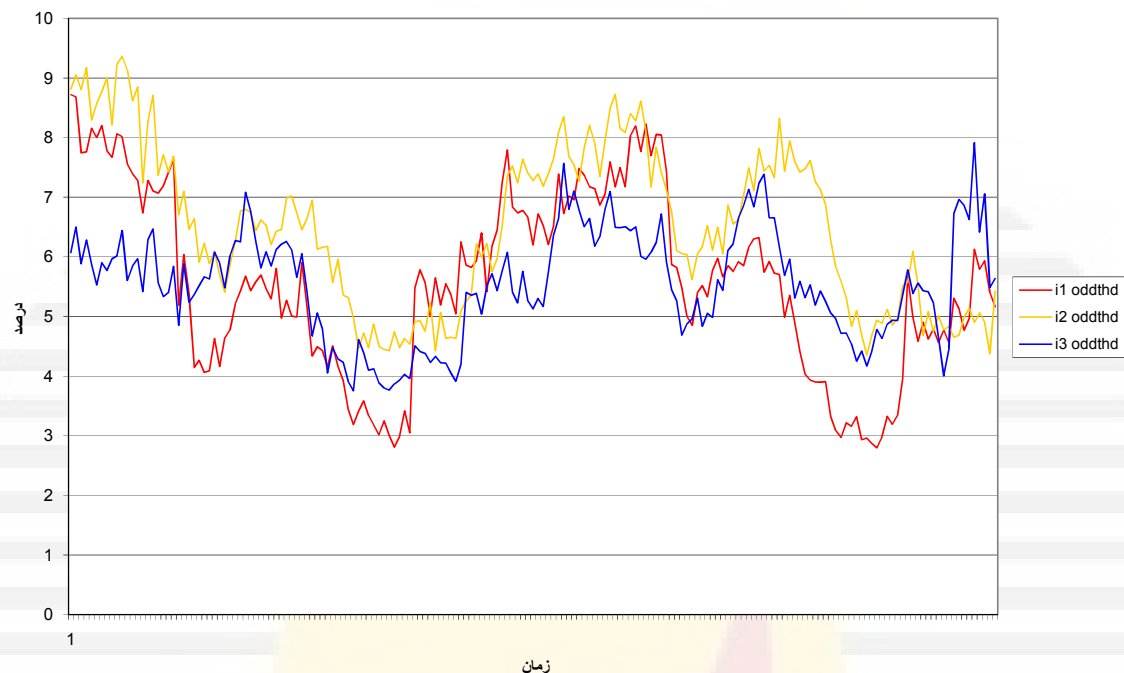


نمودار تغییرات هارمونیک های ولتاژ پست برج مینیاتور

۲-۱-۳ پست دبیرستان:

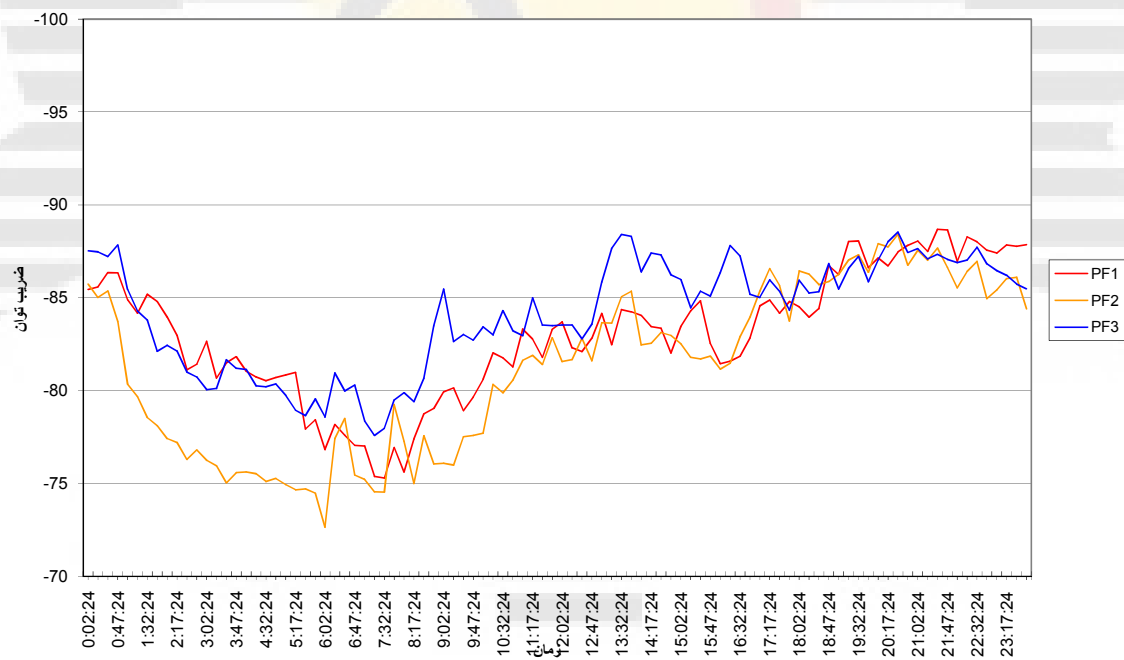
تعداد مشترکین: ۵۲ درصد روشنایی: ۲۵/۱۳						منطقه: شمیران			نام پست: دبیرستان			ردیف
درصد لامپ کم مصرف: ۲۵/۶۲												
I ₁	I ₂	I ₃	PF ₁	PF ₂	PF ₃	V ₁ HD	V ₂ HD	V ₃ HD	I ₁ HD	I ₂ HD	I ₃ HD	
325.67 32	311.23 42	312.27 55	- 87.56 99	- 80.05 6	- 83.10 84	-	-	-	6.08 1794	8.82 998	8.71 966 2	۱
302.68 69	312.62 54	315.33 91	- 85.99 31	-81.45	- 83.46 48	-	-	-	6.51 8876	9.06 112 2	8.70 532	۲
297.69 65	316.75 28	314.83 04	- 85.99 7	- 80.03 06	- 83.52 87	-	-	-	5.91 3365	8.82 763	7.75 601 2	۳
294.13 46	311.77 09	299.50 74	- 85.50 91	- 80.49 89	- 82.06 22	-	-	-	6.31 66	9.18 597	7.76 420 3	۴
293.89 62	327.22 74	318.76 15	- 84.23 31	- 81.83 62	- 82.53 19	-	-	-	5.87 0132	8.29 732	8.15 929 9	۵
277.15 37	318.52 68	307.01 05	- 82.23 37	- 79.86 02	- 81.96 09	-	-	-	5.52 9239	8.59 160 4	8.00 153 4	۶
277.16 63	322.26 06	307.59 09	- 83.27 41	- 80.93 86	- 83.17 12	-	-	-	5.90 5293	8.77 725 4	8.20 135 9	۷
266.34 19	316.67 56	316.19 07	- 82.56 7	- 80.75 91	- 83.49 73	-	-	-	5.77 1594	9.00 386 4	7.78 027 4	۸
256.23 11	324.73 09	301.79 25	- 82.22 62	- 82.50 49	- 83.77 98	-	-	-	5.96 9322	8.22 580 4	7.67 701 3	۹
260.74 2	301.59 98	290.79 53	- 82.65 64	- 80.80 3	- 83.24 91	-	-	-	6.01 9589	9.23 203 8	8.06 535 7	۱۰
267.74 4	306.30 62	300.60 35	- 82.20 06	- 81.99 6	- 83.84 35	-	-	-	6.44 3321	9.38 748 2	8.01 474 4	۱۱
283.34 81	310.20 39	317.64 29	- 83.37 77	- 82.10 65	- 84.16 71	-	-	-	5.60 3155	9.14 724	7.56 839 1	۱۲

نمودار هارمونیک جریان



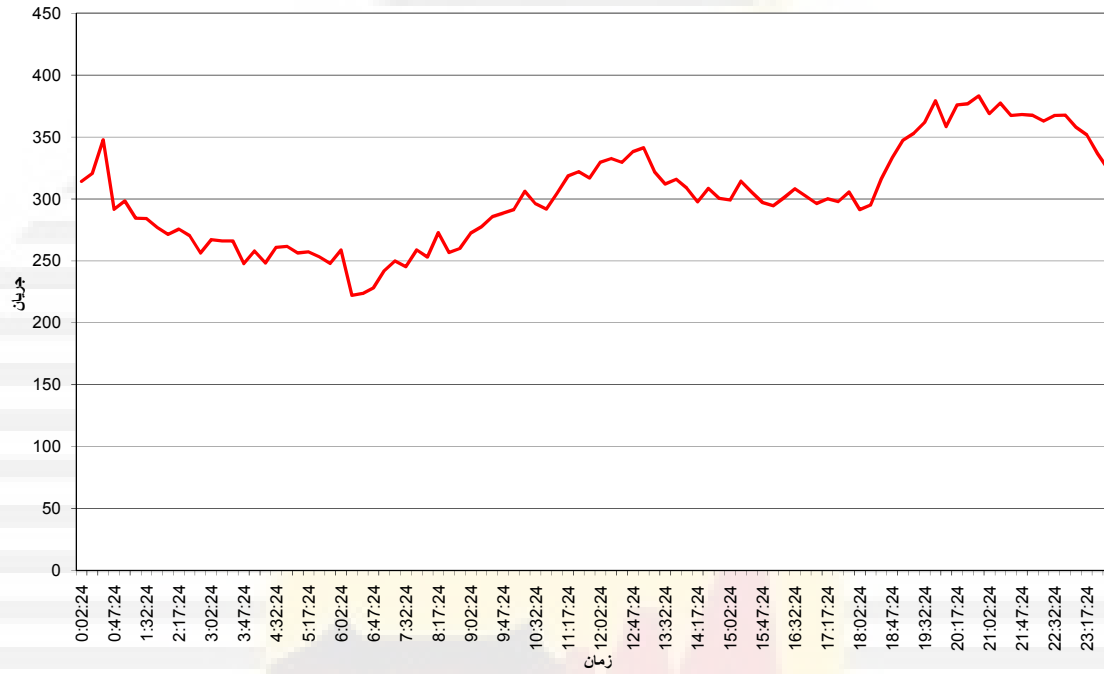
نمودار هارمونیک های جریان پست دبیرستان

نمودار ضریب توان



نمودار ضریب توان پست دبیرستان

جریان متوسط

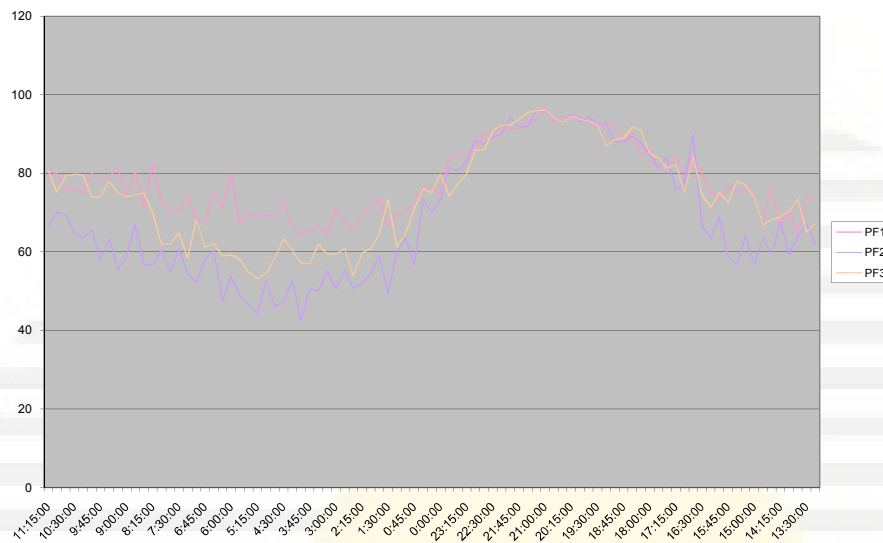


نمودار متوسط جریان پست دیبرستان

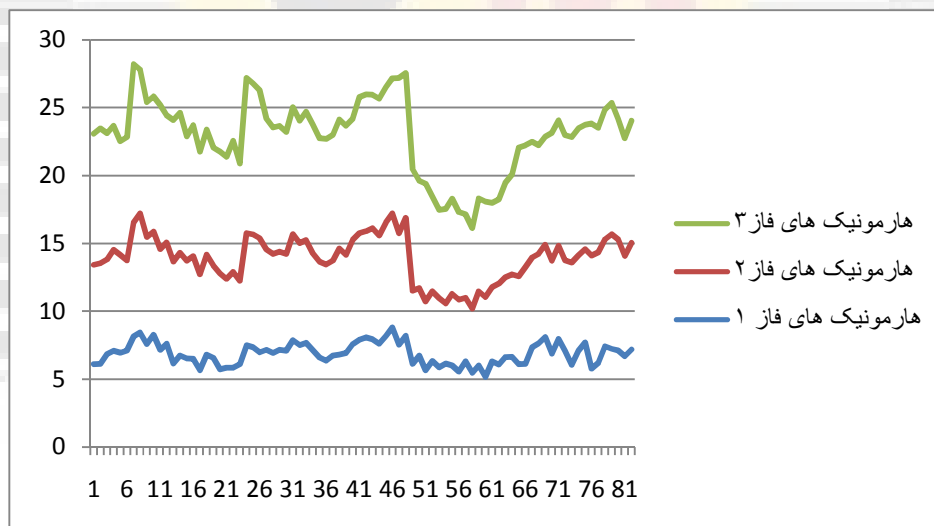
۲-۱-۴- پست درکه ۱:

تعداد مشترکین: ۲۰ درصد روشنایی: ۲۷/۲۳						منطقه: درکه			نام پست: درکه ۱			ردیف
درصد لامپ کم مصرف: ۲۹/۲۲												
I ₁	I ₂	I ₃	PF ₁	PF ₂	PF ₃	V ₁ HD	V ₂ HD	V ₃ HD	I ₁ HD	I ₂ HD	I ₃ HD	
124.62 84	120.32 67	141.06 18	80.82 194	66.61 144	79.56 711	1.956 302	1.717 877	1.961 017	9.66 0251	7.29 900 6	6.10 236 6	۱
124.19 44	126.91 91	131.52 04	75.22 163	70.00 047	79.93 376	1.988 28	1.920 246	2.095 397	9.94 6058	7.40 667 6	6.12 030 8	۲
124.94 78	119.99 92	130.13 99	79.40 719	69.55 725	75.95 833	2.019 971	1.845 467	2.023 181	9.29 1514	6.95 941 2	6.85 542 4	۳
125.46 68	120.30 75	130.44 43	79.74 942	64.86 507	76.29 485	2.049 366	1.866 947	2.094 273	9.13 4527	7.44 223 4	7.08 609 4	۴
130.57 99	121.30 14	133.01 44	79.63 226	63.39 911	74.95 029	1.857 336	1.843 077	1.997 59	8.39 7288	7.19 446 8	6.94 266 8	۵
130.77 55	133.23 53	135.56 74	74.01 662	65.51 017	80.02 701	2.008 104	1.861 916	2.028 992	9.08 3632	6.62 434 7	7.11 911 5	۶
123.55 73	123.98 01	139.44 91	73.88 643	57.98 337	77.64 251	2.225 466	2.257 064	2.301 587	11.6 5483	8.39 362	8.14 055 3	۷
128.77 26	121.85 91	133.33 02	78.00 101	63.35 533	79.28 972	2.222 809	2.327 438	2.318 415	10.5 8801	8.78 458 8	8.42 028 1	۸
121.21 56	123.05 02	133.61 13	74.97 076	55.53 111	81.26 376	1.977 684	2.002 078	2.010 759	9.93 0251	7.89 273 9	7.57 322 5	۹
125.15 96	124.61 13	130.02 82	73.96 611	58.74 086	74.31 218	2.096 237	2.001 209	2.002 697	9.93 7907	7.60 616 5	8.26 127 3	۱۰
126.43 96	128.00 47	132.09 18	74.52 062	66.96 292	80.53 842	2.031 035	1.987 707	1.983 155	10.6 1357	7.40 934 8	7.15 875 4	۱۱
127.37 13	125.50 17	130.25 96	74.96 365	56.62 745	71.21 673	2.054 457	2.017 869	2.031 609	9.34 7345	7.45 387 1	7.61 669 2	۱۲

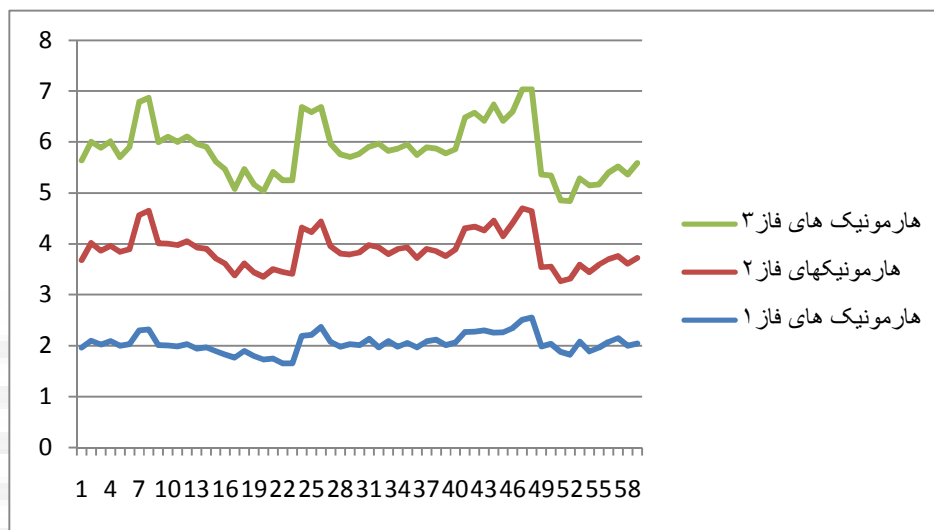
نمودار ضریب توان



نمودار تغییرات ضریب توان پست درکه ۱



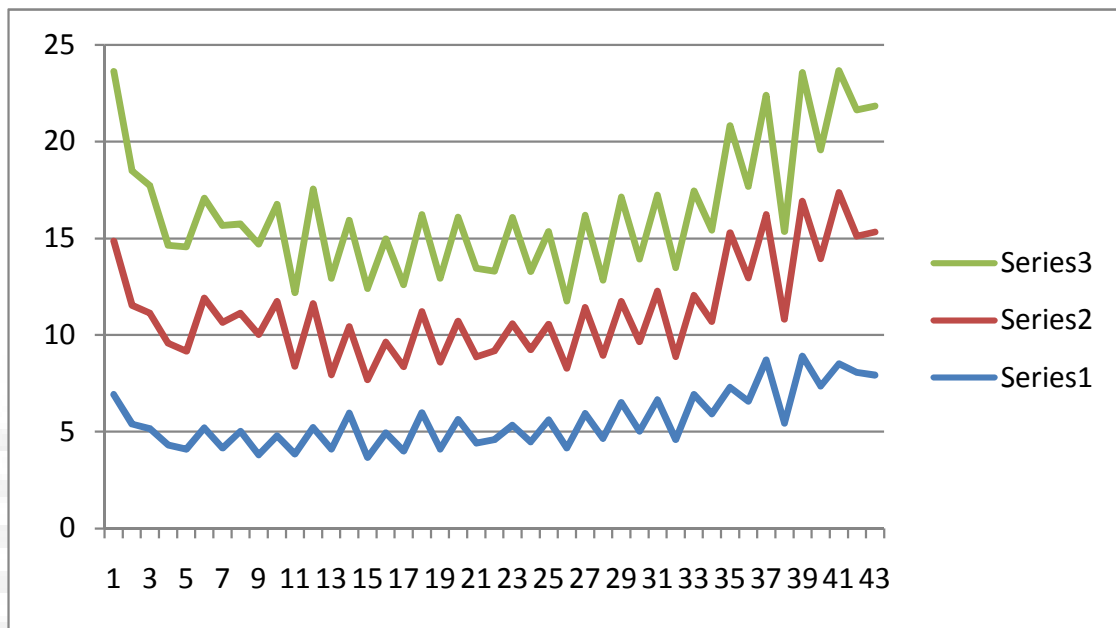
نمودار هارمونیک های جریان پست درکه ۱



نمودار تغییرات هارمونیک های ولتاژ پست درگاه ۱

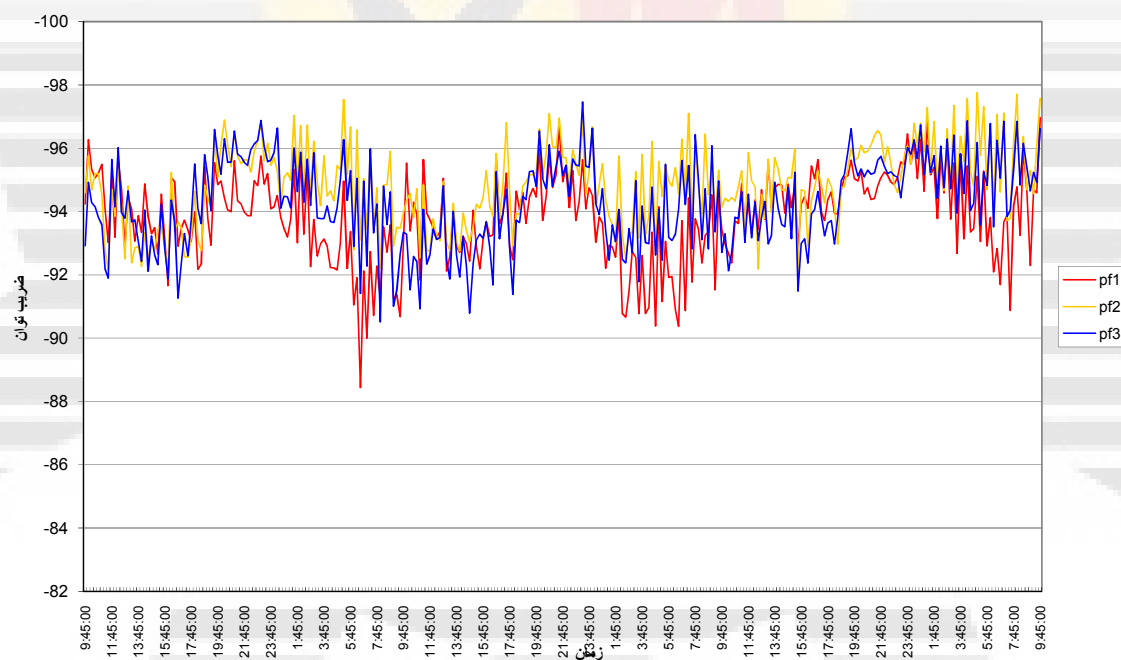
۲-۱-۵- پست اقبالی:

تعداد مشترکین: ۷۱ درصد روشنایی: ۳۶/۳۶ درصد لامپ کم مصرف: ۸۰/۲۲						منطقه: آفریقا			نام پست: اقبالی			ردیف
I ₁	I ₂	I ₃	PF ₁	PF ₂	PF ₃	V ₁ HD	V ₂ HD	V ₃ HD	I ₁ HD	I ₂ HD	I ₃ HD	
357.58 54	359.13 81	353.73 07	92.92 01	94.58 74	94.23 93	2.847 97	3.205 43	3.323 39	8.76 968	7.92 272	6.93 298 6	۱
314.09 52	307.42 75	323.63 2	94.92 27	95.76 06	96.27 22	2.826 08	3.168 2	3.142 32	6.94 4153	6.13 287	5.40 158	۲
351.55 34	331.90 81	374.57 29	94.27 94	94.68 07	95.33 98	2.762 07	3.749 7	3.255 27	6.58 7119	5.97 289 9	5.15 502	۳
355.77 36	330.26 01	334.73 37	94.15 03	95.20 4	95.06 06	3.289 36	3.731 5	3.309 5	5.05 4274	5.26 076	4.30 858 1	۴
358.20 96	365.92 15	399.59 3	93.82 02	95.19 64	95.20 4	3.049 57	3.282 75	3.393 04	5.38 9791	5.05 888 5	4.09 946 2	۵
353.56 7	386.64 53	431.27 51	93.58 26	94.53 7	95.49 99	3.155 72	3.515 41	3.285 03	5.14 6141	6.71 609 6	5.19 473	۶
339.71 96	367.20 29	381.61 38	92.18 47	92.80 23	94.08 62	2.834 42	3.894 09	3.379 68	4.98 8533	6.50 008 5	4.16 103 3	۷
351.66 34	377.04 76	373.00 58	91.89 49	92.14 02	93.02 09	3.018 02	3.965 59	3.695 52	4.60 914	6.09 100 1	5.02 831 2	۸
302.49 26	366.43 9	314.93 51	95.64 47	94.70 97	95.25 13	3.317 68	3.542 95	3.857 28	4.66 3838	6.21 384 7	3.80 333 3	۹
362.38 26	385.18 37	367.60 55	94.14 54	93.84 76	93.18 53	3.613 28	3.599 47	3.812 03	5.01 9474	6.93 588 8	4.79 800 3	۱۰
316.68 82	370.20 76	300.57 22	96.01 64	95.33 66	95.63 3	3.955 58	4.159 59	4.404 12	3.78 7104	4.54 666	3.83 954 9	۱۱
370.03 35	409.16 39	336.84 66	93.97 16	94.16 03	94.66 55	4.129 57	4.303 98	4.163 32	5.92 7096	6.39 554 2	5.21 148 1	۱۲



نمودار تغییرات هارمونیک های جریان پست اقبالی

نمودار ضریب توان

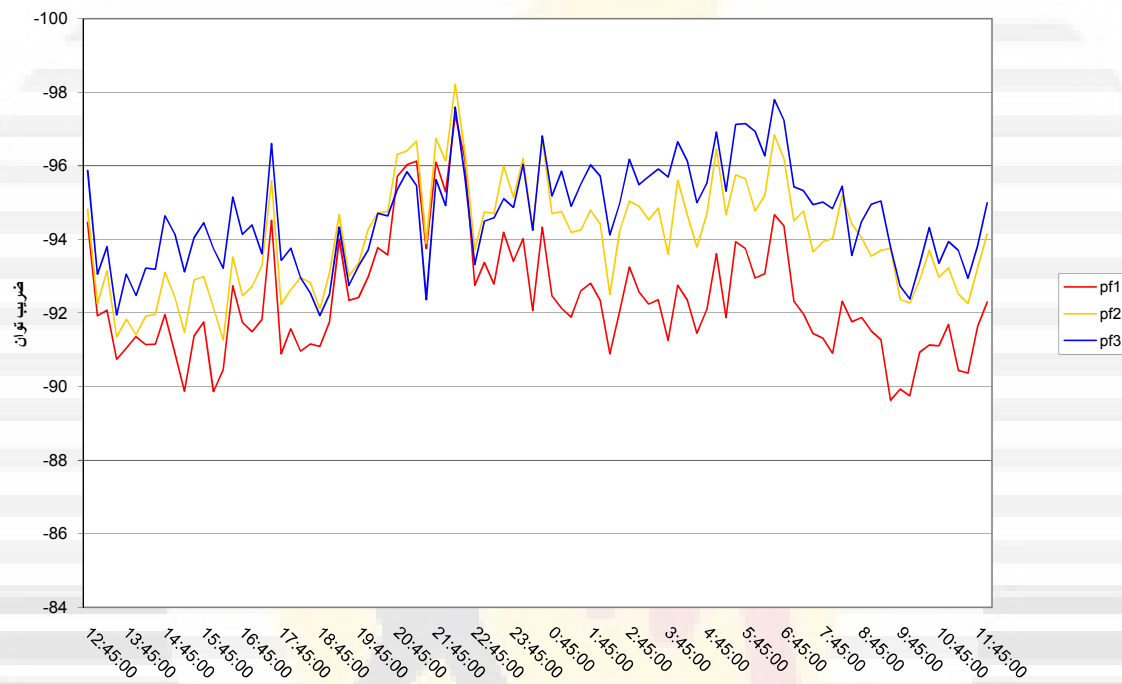


نمودار ضریب توان پست اقبالی

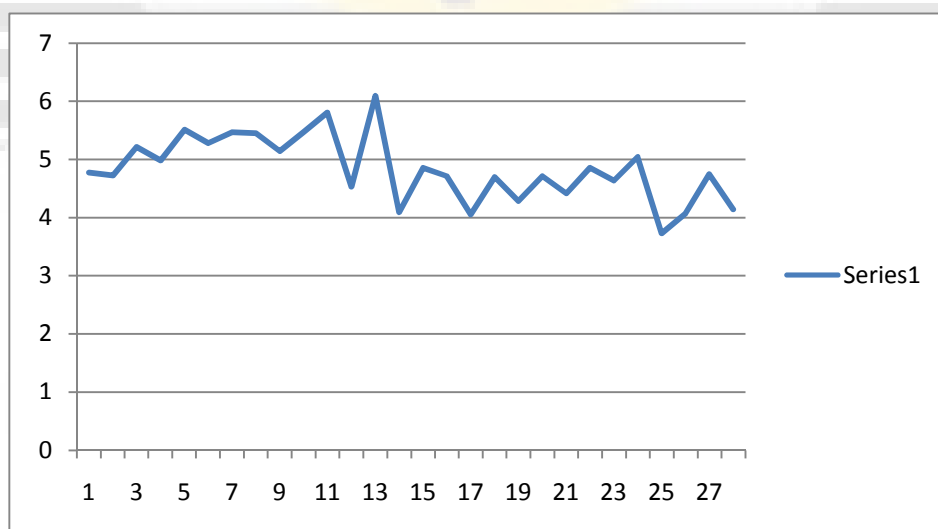
۲-۱-۶- پست فرمانیه ۲:

تعداد مشترکین: ۱۵۷ درصد روشنایی: ۲۹/۷۷ درصد لامپ کم مصرف: ۷۳/۵۴						منطقه: فرمانیه			نام پست: فرمانیه ۲			ردیف
I ₁	I ₂	I ₃	PF ₁	PF ₂	PF ₃	V ₁ HD	V ₂ HD	V ₃ HD	I ₁ HD	I ₂ HD	I ₃ HD	
785.43 33	758.48 29	799.11 9	- 95.87 8	- 94.81 79	- 94.46 78	4.760 242	3.551 347	4.790 456	4.76 0242	3.55 134 7	4.77 137 4	۱
802.48 51	818.54 74	855.11 74	- 93.05 49	- 92.24 77	- 91.92 55	4.354 239	3.892 575	4.725 442	4.34 0639	3.84 620 6	4.72 544 2	۲
738.38 67	778.22 19	776.32 87	- 93.80 17	- 93.15 59	- 92.07 28	5.160 402	3.787 117	5.209 192	5.14 2918	3.74 659	5.20 919 2	۳
793.33 42	833.76 93	859.63 25	- 91.93 71	- 91.34 51	- 90.74 53	4.466 953	3.973 842	4.982 37	4.46 6953	3.94 833 7	4.98 237	۴
733.66 15	757.21 41	794.02 93	- 93.05 52	- 91.82 71	- 91.04 42	5.052 04	4.441 046	5.539 93	5.03 3899	4.44 104 6	5.50 943 3	۵
764.92 48	789.83 14	812.74 33	- 92.47 84	- 91.40 85	- 91.35 89	4.853 328	4.256 62	5.288 217	4.84 3327	4.25 662	5.27 952 4	۶
764.83 12	769.03 41	788.51 23	- 93.22 28	- 91.91 7	- 91.14 34	4.567 836	4.293 082	5.486 381	4.56 7836	4.27 152 5	5.46 315 7	۷
772.42 71	791.76 79	812.34 56	- 93.18 8	- 91.96 45	- 91.15 42	4.740 834	4.788 994	5.460 372	4.74 0834	4.76 821 9	5.44 733 6	۸
743.59 6	758.35 11	775.59 75	- 94.64 34	- 93.10 4	- 91.96 01	5.011 977	4.740 904	5.149 999	5.01 1977	4.74 090 4	5.14 037 1	۹
723.69 43	715.89 49	750.73 74	- 94.15 04	- 92.44 53	- 90.91 46	5.505 371	5.347 528	5.488 783	5.49 3691	5.32 309 7	5.46 952 2	۱۰
729.10 77	746.69 31	782.41 29	- 93.11 44	- 91.47 21	- 89.87 19	6.342 606	5.145 711	5.802 545	6.29 0462	5.12 881 9	5.80 254 5	۱۱
710.24 79	697.27 05	748.73 66	- 94.04 91	- 92.90 24	- 91.38 36	6.032 956	4.702 072	4.571 157	6.03 2956	4.63 315 7	4.53 055 5	۱۲

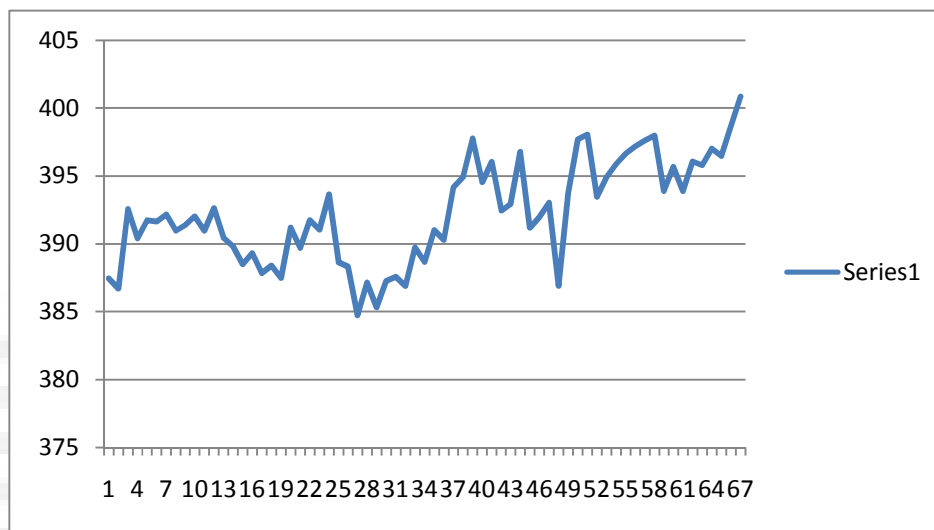
نمودار ضریب توان



نمودار تغییرات ضریب توان پست فرمانیه ۲



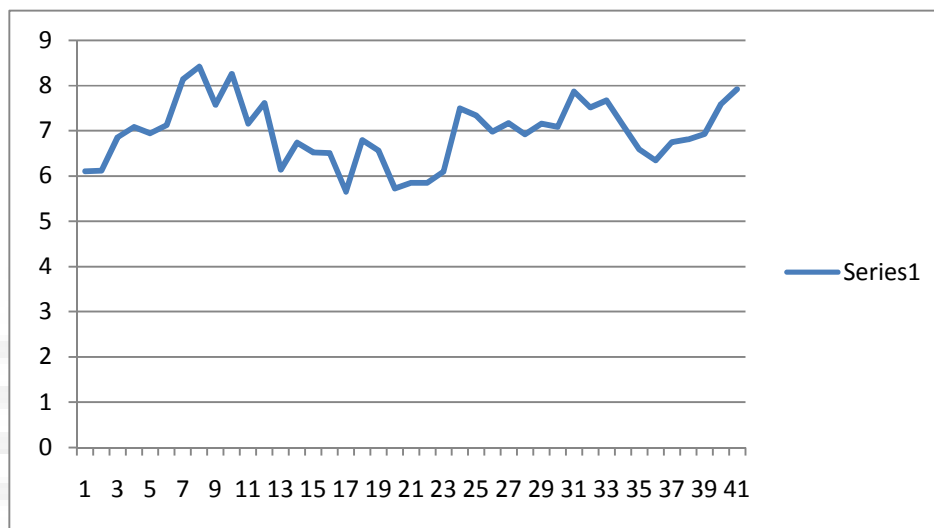
نمودار تغییرات هارمونیک های جریان در پست فرمانیه ۲



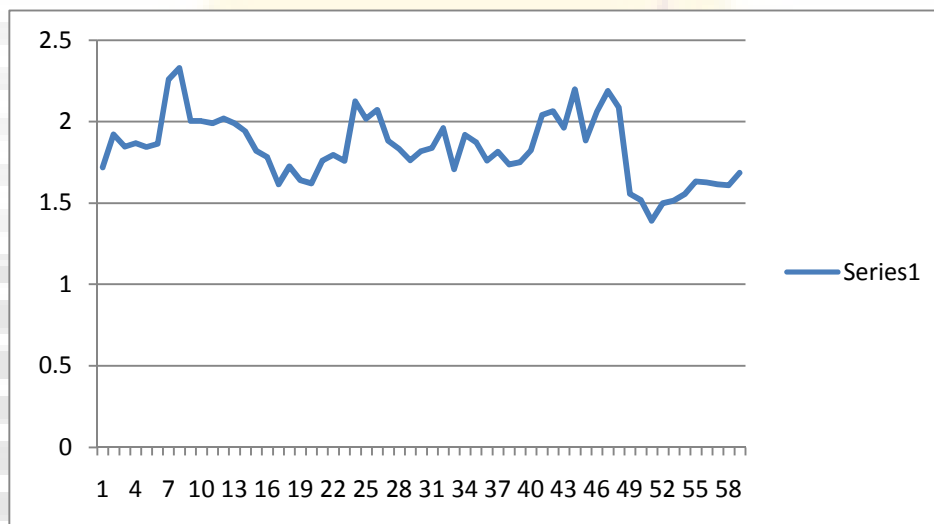
نمودار تغییرات جریان در پست فرمانیه ۲

۲-۱-۷- پست گل سنگ:

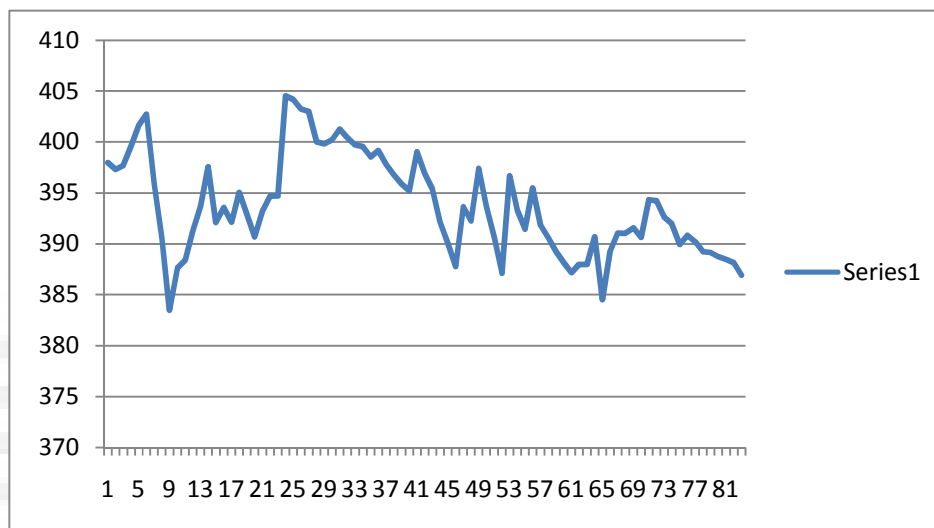
ردیف	نام پست: گل سنگ			منطقه: ولی عصر			تعداد مشترکین: ۱۲۵ درصد روشنایی: ۱۵/۴۵ درصد لامپ کم مصرف: ۴۴/۷					
	I ₁ HD	I ₂ HD	I ₃ HD	V ₁ HD	V ₂ HD	V ₃ HD	PF ₃	PF ₂	PF ₁	I ₃	I ₂	I ₁
۱	6.10 236 6	7.29 900 6	9.66 0251	1.961 017	1.717 877	1.956 302	84.51 77	86.61 79	84.13 05	628.78 41	528.53 75	626.96 11
۲	6.12 030 8	7.40 667 6	9.94 6058	2.095 397	1.920 246	1.988 28	83.01 64	87.00 36	84.17 03	590.57 23	504.03 47	604.18 51
۳	6.85 542 4	6.95 941 2	9.29 1514	2.023 181	1.845 467	2.019 971	83.96 53	-86.67	-83.16	638.10 31	506.31 76	592.97 97
۴	7.08 609 4	7.44 223 4	9.13 4527	2.094 273	1.866 947	2.049 366	84.39 83	86.82 28	-84.63	582.81 97	502.04 72	591.82 02
۵	6.94 266 8	7.19 446 8	8.39 7288	1.997 59	1.843 077	1.857 336	84.14 62	86.51 37	83.30 95	597.47 61	501.42 47	595.16 03
۶	7.11 911 5	6.62 434 7	9.08 3632	2.028 992	1.861 916	2.008 104	85.35 88	87.92 08	84.55 73	617.14 7	533.98 76	637.36 84
۷	8.14 055 3	8.39 362	11.6 5483	2.301 587	2.257 064	2.225 466	83.83 96	87.30 47	84.74 16	614.78 52	546.57 46	610.46 7
۸	8.42 028 1	8.78 458 8	10.5 8801	2.318 415	2.327 438	2.222 809	84.55 91	88.25 5	85.13 86	554.71 47	500.79 46	582.65 53
۹	7.57 322 5	7.89 273 9	9.93 0251	2.010 759	2.002 078	1.977 684	84.98 33	87.08 35	85.70 56	564.03 17	488.42 17	587.31 39
۱۰	8.26 127 3	7.60 616 5	9.93 7907	2.002 697	2.001 209	2.096 237	86.74 16	87.77 66	86.82 26	568.54 82	467.89 48	573.18 88
۱۱	7.15 875 4	7.40 934 8	10.6 1357	1.983 155	1.987 707	2.031 035	86.51 03	86.90 43	85.91 49	604.42 91	497.74 79	629.39 54
۱۲	7.61 669 2	7.45 387 1	9.34 7345	2.031 609	2.017 869	2.054 457	85.79 08	88.33 61	85.99 08	593.85 17	541.18 26	618.87 63



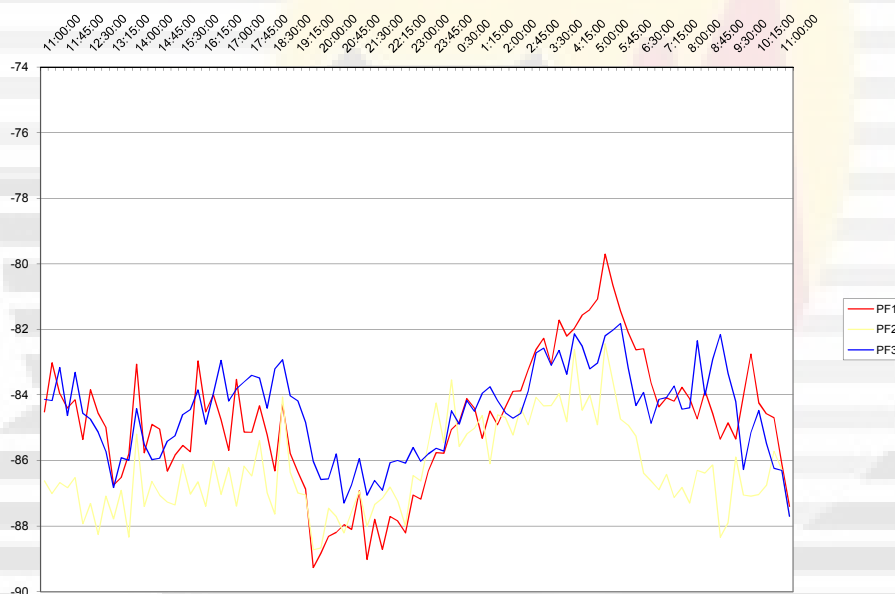
نمودار تغییرات هارمونیک های جریان پست گل سنگ



نمودار تغییرات هارمونیک های ولتاژ پست گل سنگ



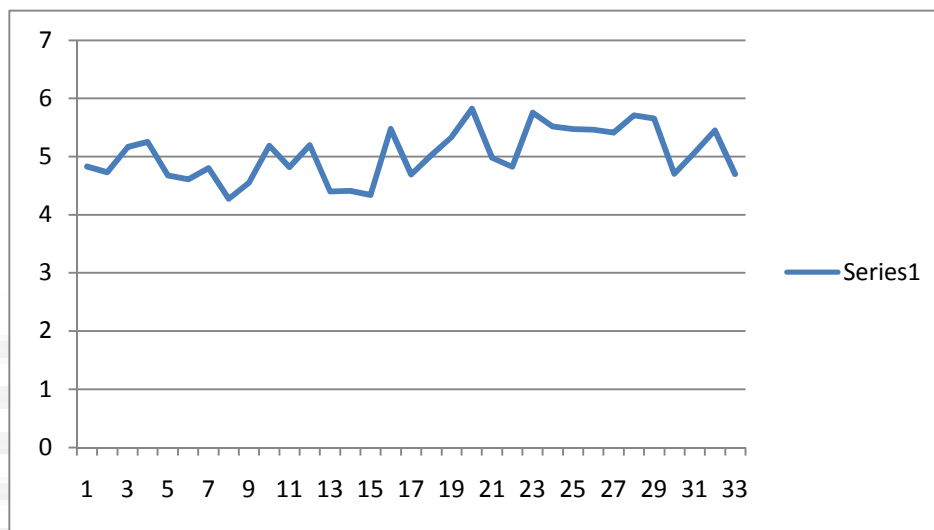
نمودار تغییرات جریان پست گل سنگ



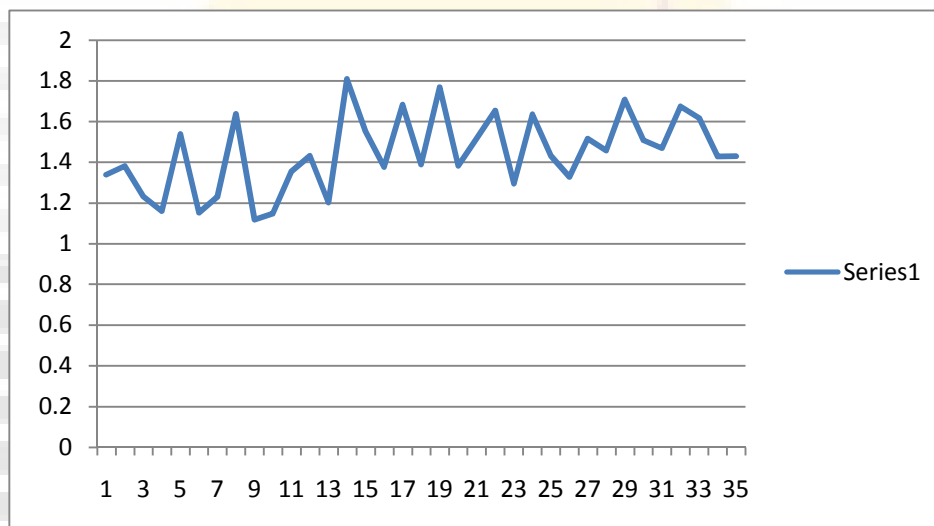
نمودار تغییرات ضریب قدرت پست گل سنگ

۲-۱-۸- پست جمشید:

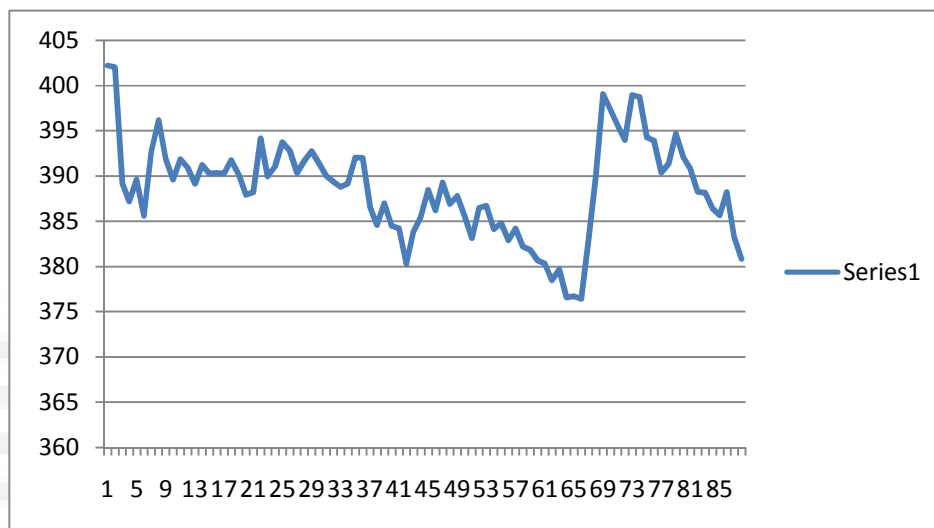
تعداد مشترکین: ۱۷۵ درصد روشنایی: ۲۵/۸۳ درصد لامپ کم مصرف: ۳۷/۵						منطقه: خ نظام آباد			نام پست: جمشید			ردیف
I ₁	I ₂	I ₃	PF ₁	PF ₂	PF ₃	V ₁ HD	V ₂ HD	V ₃ HD	I ₁ HD	I ₂ HD	I ₃ HD	
878.58 86	804.00 06	833.34 8	- 93.76 75	- 92.38 78	- 92.59 63	1.533 562	1.409 934	1.338 802	3.74 9218	4.76 678 8	4.82 821 2	۱
841.29 37	797.55 04	804.19 35	- 91.15 87	- 89.87 48	- 89.58 1	1.618 65	1.551 697	1.381 342	3.57 4844	4.87 603 5	4.72 643 9	۲
760.97 53	721.48 14	735.93 7	- 95.07 57	- 94.23 11	- 94.02 15	1.663 738	1.398 762	1.231 853	4.34 6879	4.61 739 6	5.16 364	۳
836.12 11	803.68 73	800.54 63	- 92.38 91	- 90.98 56	- 91.11 95	1.517 581	1.257 672	1.159 99	3.95 0714	4.33 750 6	5.25 268 8	۴
860.23 52	782.90 91	822.18 57	- 90.43 75	- 88.09 21	- 88.22 39	1.855 958	1.721 319	1.537 897	3.73 4754	3.86 231 2	4.67 185 4	۵
707.82 14	667.76 4	704.53 97	- 94.33 53	- 93.12 99	- 92.50 44	1.591 872	1.279 963	1.152 107	3.52 6667	3.65 446 9	4.60 506 1	۶
820.06 18	769.16 27	801.79 48	- 93.02 47	- 91.45 16	- 90.81 1	1.631 517	1.470 29	1.230 215	3.49 3355	4.10 783 8	4.79 881 5	۷
876.38 45	831.16 67	837.15 13	- 89.85 47	- 88.30 15	- 88.32 11	2.274 941	1.808 417	1.636 993	3.03 3853	3.71 075 8	4.27 186 3	۸
775.84 34	722.55 76	767.85 72	- 93.27 36	- 92.04 47	- 92.79 49	1.682 651	1.235 769	1.117 15	3.44 6424	5.18 47	4.54 992 5	۹
739.67 22	671.20 08	707.34 06	- 91.45 17	- 89.56 84	- 89.63 57	1.552 789	1.372 604	1.147 378	4.05 1523	4.85 343	5.18 751 4	۱۰
811.47 27	771.81 09	798.20 25	- 90.41 03	- 89.42 74	- 89.58 32	1.861 712	1.585 557	1.355 041	3.75 5804	3.88 569 3	4.81 878	۱۱
781.50 12	736.23 97	751.86 7	- 93.48 22	- 92.96 83	- 92.72 53	1.803 188	1.552 345	1.431 464	4.60 5135	4.53 139 9	5.19 804 2	۱۲



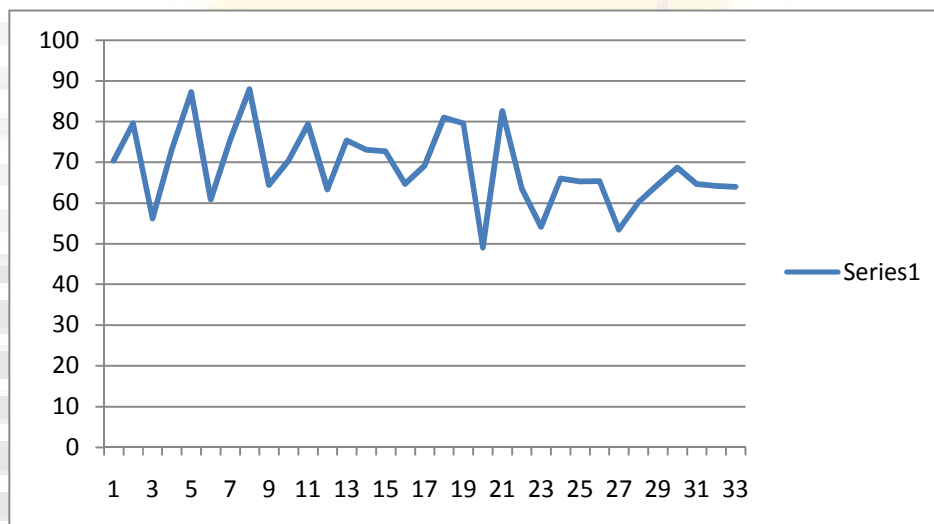
نمودار تغییرات هارمونیک‌های جریان پست جمشید



نمودار تغییرات هارمونیک‌های ولتاژ پست جمشید



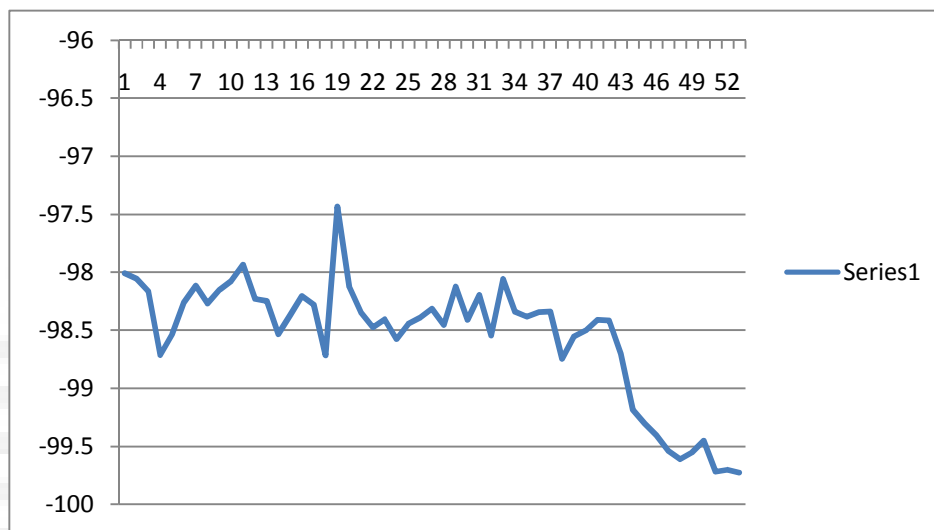
نمودار تغییرات جریان پست جمشید



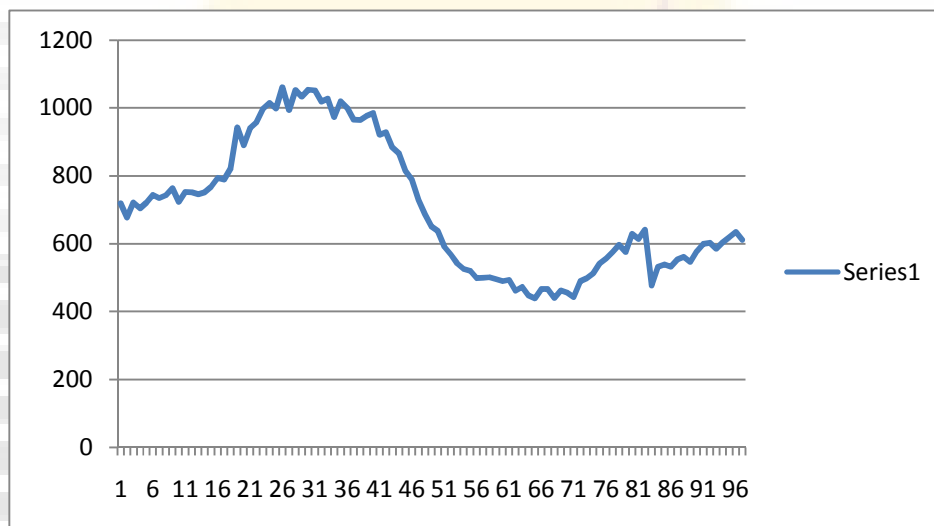
نمودار تغییرات ضریب قدرت پست جمشید

۲-۱-۹- پست کیهان:

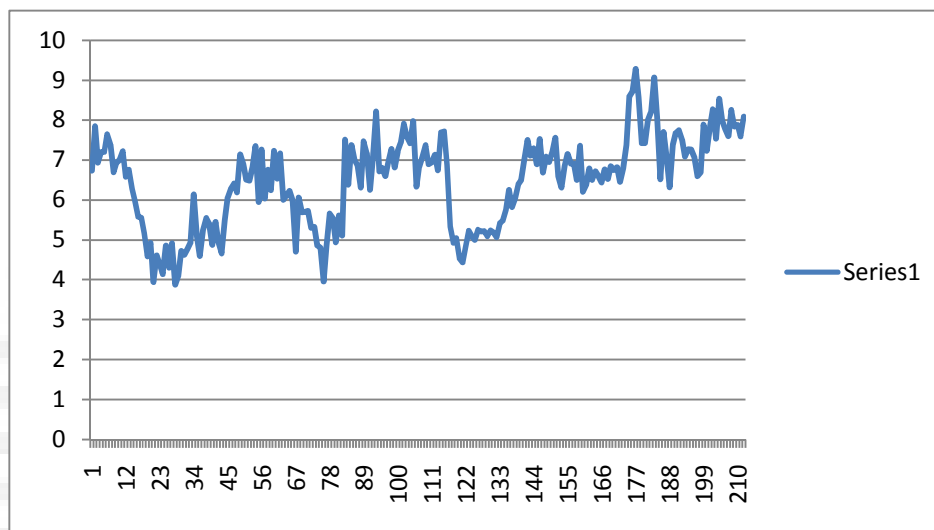
تعداد مشترکین: ۱۱۸ درصد روشنایی: ۲۵/۵۵ درصد لامپ کم مصرف: ۳۳						منطقه: خ وحیدیه			نام پست: کیهان			ردیف
I ₁	I ₂	I ₃	PF ₁	PF ₂	PF ₃	V ₁ HD	V ₂ HD	V ₃ HD	I ₁ HD	I ₂ HD	I ₃ HD	
594.37 7	576.41 2	719.24 9	98.80 75	99.22 79	98.00 76	1.866 47	1.361 46	1.654 862	7.61 698	7.27 127	6.73 127	۱
596.28 4	580.59 3	676.92 2	98.98 27	99.27 94	98.05 39	2.004 37	1.308 47	1.769 56	8.56 553	7.40 772	7.84 227	۲
617.14 4	558.57 1	721.02 2	99.30 18	99.13 1	98.16 65	2.011 75	1.411 85	1.766 29	7.83 585	8.16 217	6.93 312	۳
622.19 2	582.89 7	704.60 8	99.25 21	99.16 14	98.71 33	2.033 06	1.287 44	1.714 15	8.92 777	7.79 206	7.19 729	۴
601.05 4	596.46 8	721.63 7	99.19 71	99.25 62	98.53 33	2.280 55	1.598 71	1.980 45	9.51 127	7.29 851	7.20 66	۵
631.4 3	585.40 3	743.85 3	99.11 9	99.06 41	98.25 76	1.983 66	1.483 33	1.694 13	9.12 45	8.43 872	7.64 285	۶
646.34 3	593.51 3	734.31 3	98.97 22	98.97 54	98.11 55	2.219 2	1.469 98	1.937 17	9.81 386	8.25 045	7.39 061	۷
630.38 1	610.36 1	743.26 1	99.18 48	98.64 89	98.26 91	2.207 2	1.662 03	1.997 06	9.24 79	8.12 802	6.69 482	۸
661.42 6	603.58 2	763.52 7	98.92 23	98.66 57	98.15 12	2.043 85	1.689 59	1.970 75	8.81 139	8.48 961	6.93 414	۹
648.06 3	597.98 9	723.38 5	98.80 39	98.82 54	98.07 51	2.255 8	1.667 65	2.136 83	8.32 519	8.61 746	6.99 959	۱۰
647.63 4	650.03 9	752.52 9	98.87 85	98.72 59	97.93 5	2.075 39	1.581 63	2.025 27	8.36 242	7.72 597	7.22 011	۱۱
656.98 4	612.11 1	751.84 2	98.74 2	98.96 96	98.22 78	2.203 46	1.668 32	2.147 08	8.69 044	7.71 412	6.57 731	۱۲



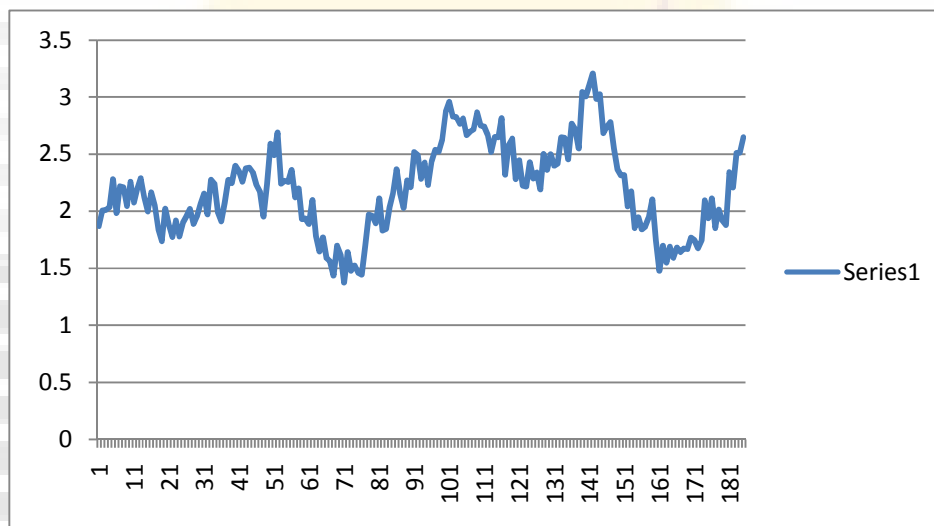
نمودار تغییرات ضریب قدرت پست کیهان



نمودار تغییرات جریان پست کیهان



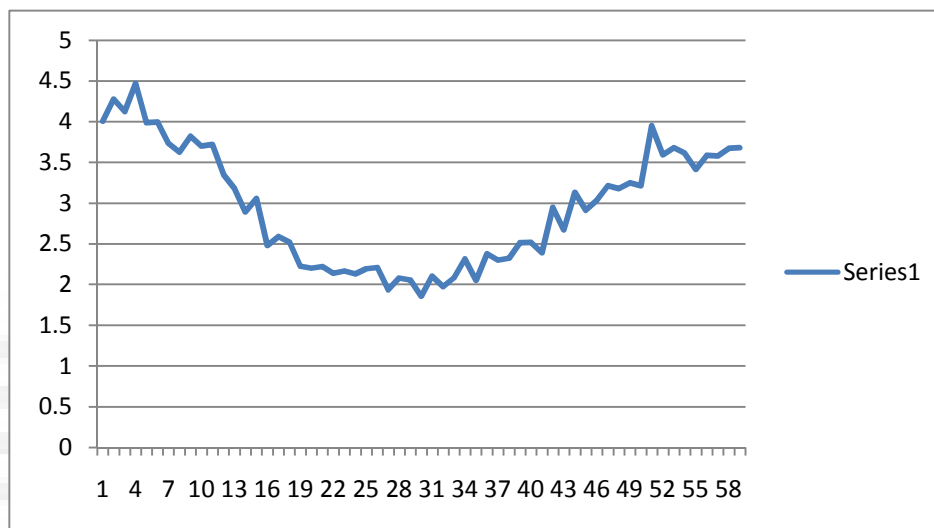
نمودار تغییرات هارمونیک های جریان پست کیهان



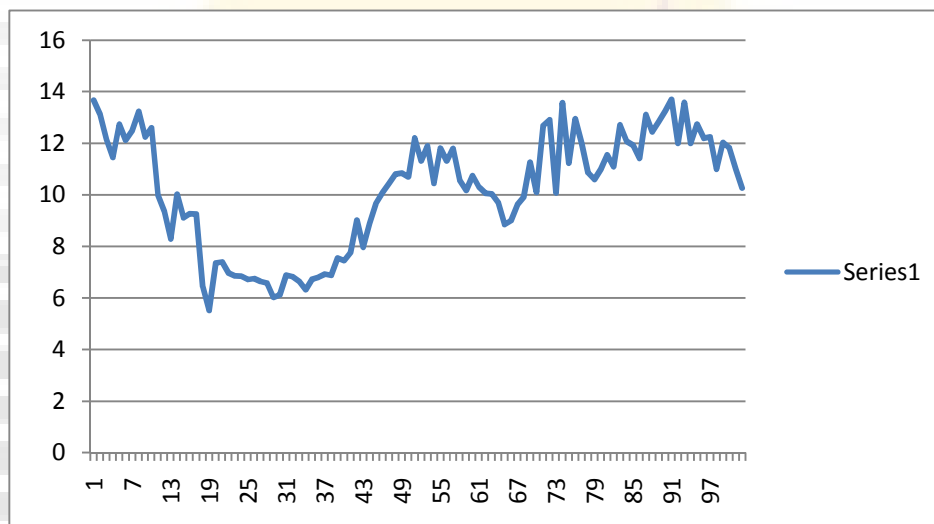
نمودار تغییرات هارمونیک های ولتاژ پست کیهان

۲-۱-۱۰- پست محلاتی ۱۳:

ردیف	نام پست: محلاتی ۱۳			منطقه: شهرک محلاتی			تعداد مشترکین: ۸۹ درصد روشنایی: ۳۷/۵۳ درصد لامپ کم مصرف: ۸۶					
	I ₁ HD	I ₂ HD	I ₃ HD	V ₁ HD	V ₂ HD	V ₃ HD	PF ₁	PF ₂	PF ₃	I ₁	I ₂	I ₃
۱	15.0 1909	13.4 626 5	13.6 672 4	4.245 39	4.327 894	4.003 773	78.28 07	77.55 81	76.45 22	448.80 62	525.39 4	474.69 73
۲	14.6 6638	13.1 508 1	13.1 298 2	4.341 688	4.258 862	4.276 045	76.86 21	76.01 64	75.65 63	427.91 85	499.45	448.66 81
۳	12.6 1169	11.8 822 5	12.1 517 5	4.326 529	4.304 278	4.120 8	77.35 41	-76.38	76.01 3	468.64 65	524.22 08	472.91 16
۴	12.4 8782	12.1 440 5	11.4 540 8	4.550 96	4.216 167	4.467 852	79.63 13	77.20 74	77.95 74	453.13 8	510.24 45	467.24 82
۵	12.8 613	12.3 747 9	12.7 387 4	4.245 224	4.071 094	3.983 155	78.52 17	76.08 02	77.39 98	457.16 39	519.93 38	475.39 57
۶	12.7 5686	12.2 315 2	12.1 247 5	4.027 504	3.669 237	3.993 849	76.68 37	74.32 61	77.56 58	408.84 14	462.40 39	447.15 19
۷	12.1 2322	10.8 229 7	12.4 759 4	3.722 866	3.843 861	3.728 264	77.14 93	76.68 88	77.28 93	396.72 38	465.05 07	436.31 88
۸	14.3 5192	11.3 367 1	13.2 312 7	3.501 021	3.811 357	3.623 246	-79.41	77.00 15	75.28 48	453.29 7	492.43 26	435.90 38
۹	12.2 2625	11.0 425 2	12.2 471 7	3.752 254	3.887 681	3.821 571	77.23 29	75.74 07	78.08 74	428.19 97	513.36 02	472.50 02
۱۰	13.8 8636	11.8 065 9	12.6 103 7	3.584 7	3.711 853	3.700 113	75.35 71	73.97 48	76.40 32	428.25 2	458.11 54	429.82 21
۱۱	11.4 7049	9.86 799 2	9.98 914 1	3.580 467	3.553 963	3.720 037	77.38 68	76.77 96	77.18 76	488.15 06	534.37 9	478.65 05
۱۲	10.7 4636	8.55 613	9.36 165 1	3.222 603	3.505 105	3.350 665	78.44 03	77.45 45	76.14 41	492.24 91	529.56 3	479.91 59

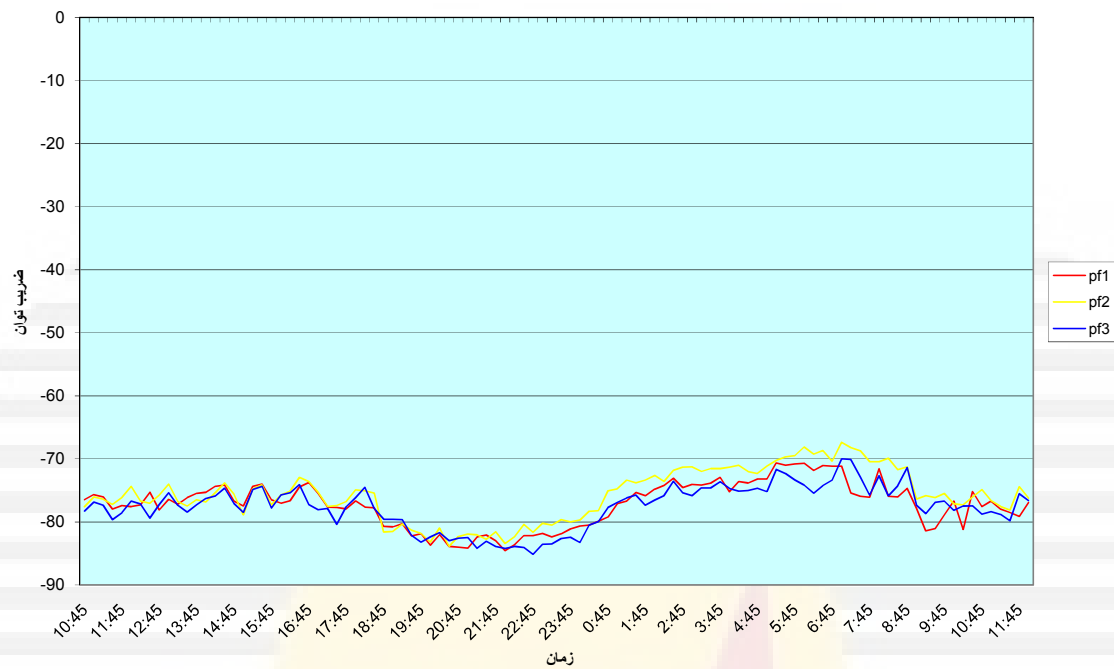


نمودار تغییرات هارمونیک های ولتاژ پست محلاتی ۱۳



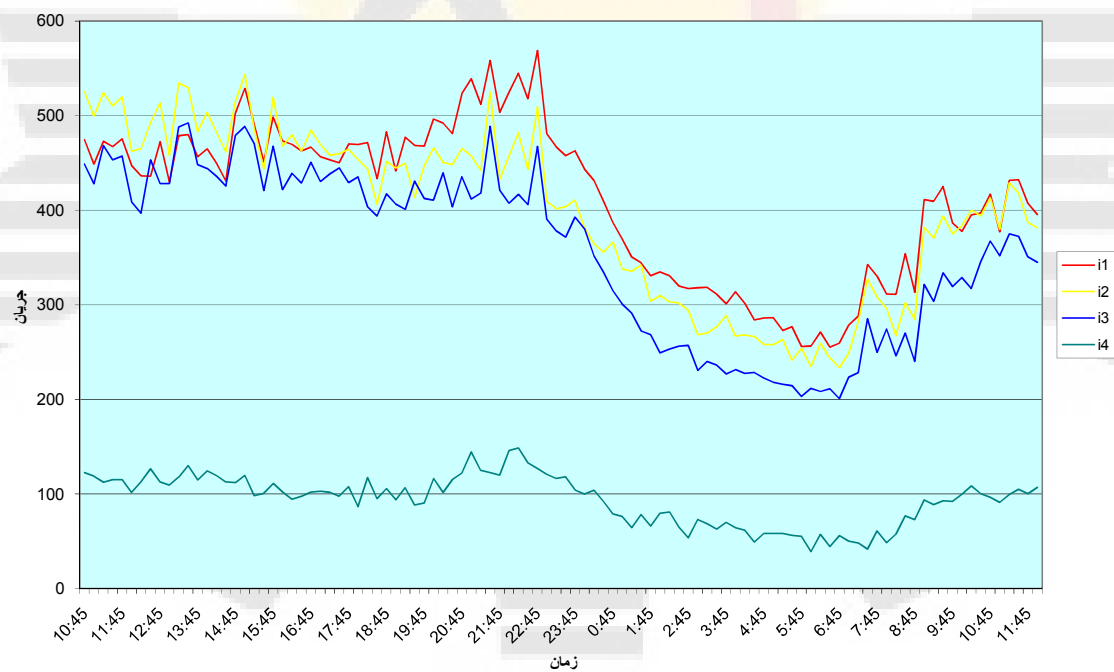
نمودار تغییرات هارمونیک های جریان پست محلاتی ۱۳

نمودار ضریب توان



نمودار تغییرات ضریب توان پست محلاتی ۱۳

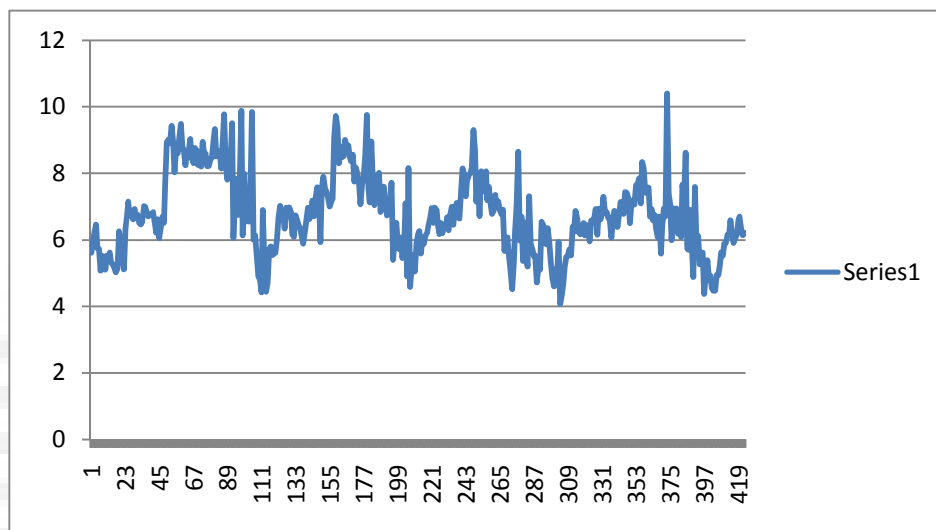
نمودار جریان



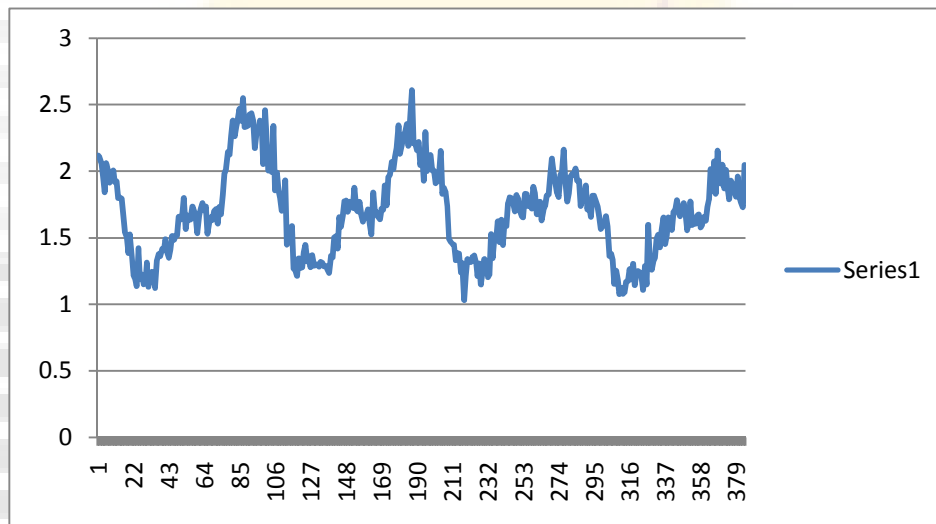
نمودار تغییرات جریان پست محلاتی ۱۳

۲-۱-۱۱- پست سعادت:

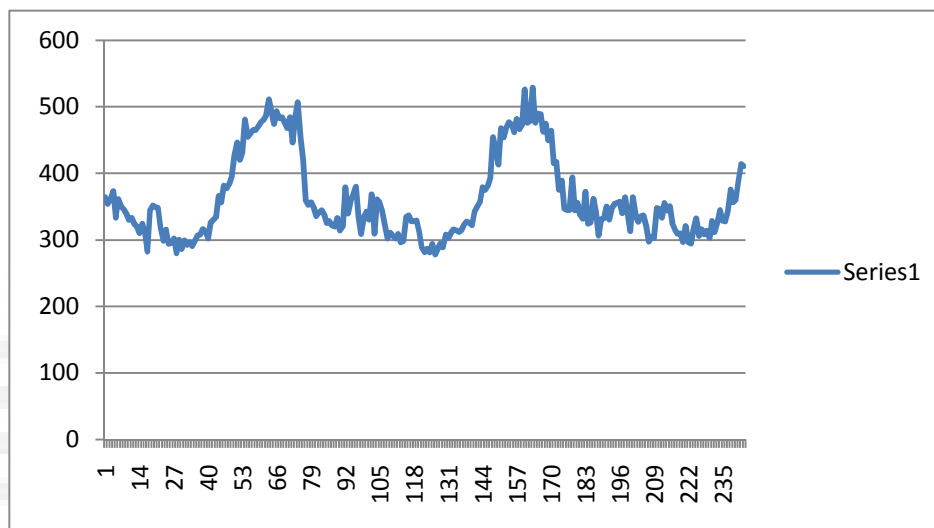
ردیف	نام پست:سعادت			منطقه: تجریش			تعداد مشترکین: ۷۷ درصد روشنایی: ۱۵/۶۳ درصد لامپ کم مصرف: ۵۹					
	I ₁ HD	I ₂ HD	I ₃ HD	V ₁ HD	V ₂ HD	V ₃ HD	PF ₃	PF ₂	PF ₁	I ₃	I ₂	I ₁
۱	6.66 5352	5.60 924 9	5.60 510 2	2.116 719	1.857 845	1.982 67	94.66 82	96.02 05	96.27 47	351.20 41	323.65 88	387.21 48
۲	6.89 1771	6.60 241 9	5.95 122 3	2.102 648	1.925 843	1.974 762	95.30 53	96.72 12	95.72 86	364.15 37	297.70 49	354.34 03
۳	6.24 4612	8.49 022 7	6.21 735	2.057 957	1.934 971	1.863 831	96.26 85	97.93 8	95.92 32	354.06 41	257.11 22	319.99 81
۴	6.66 4673	7.21 566 1	6.44 761 9	1.955 27	1.892 362	1.848 198	95.31 31	97.11 88	95.12 33	361.46 8	302.16 66	342.30 94
۵	6.65 7164	6.88 456 2	5.74 117 6	1.841 231	1.852 497	1.867 205	96.19 34	96.10 66	94.16 77	373.06 55	285.00 16	359.37 98
۶	6.36 0514	7.00 533 3	5.73 238 2	2.058 344	1.825 025	1.889 2	96.62 2	97.70 75	95.49 22	333.48 14	287.99 87	348.77 25
۷	7.53 7192	7.16 843 7	5.06 337 1	2.002 81	1.669 596	1.880 292	95.52 8	96.76 63	95.61 19	361.23 11	272.54 48	328.63 69
۸	6.24 9449	6.60 361 2	5.51 376 8	1.913 492	1.675 681	1.930 987	95.91 99	96.81 04	95.05 28	350.03 33	306.22 81	356.14 33
۹	6.61 4262	6.49 571 5	5.48 11	1.965 643	1.723 49	1.959 837	96.47 54	97.89 07	94.76 35	345.72 21	306.54 99	336.64 36
۱۰	6.59 9346	7.57 118 7	5.09 942 1	2.003 789	1.739 539	1.811 89	95.54 05	96.76 04	94.85 88	339.48 2	276.16 41	352.07 21
۱۱	6.27 7523	6.60 468 1	5.51 346 2	1.916 291	1.778 061	1.815 09	95.88 64	97.70 63	97.11 62	330.15 71	301.71 7	369.10 59
۱۲	7.46 9476	7.63 190 7	5.37 659 5	1.922 202	1.653 853	1.832 642	95.27 68	96.37 49	95.46 57	332.88 07	249.14 4	362.13 86



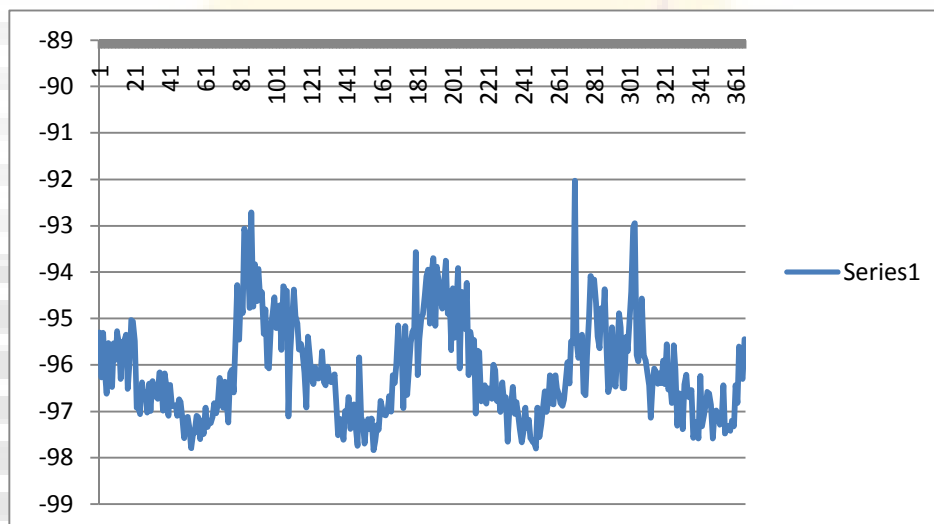
نمودار تغییرات هارمونیک های جریان در پست سعادت



نمودار تغییرات هارمونیک های ولتاژ در پست سعادت



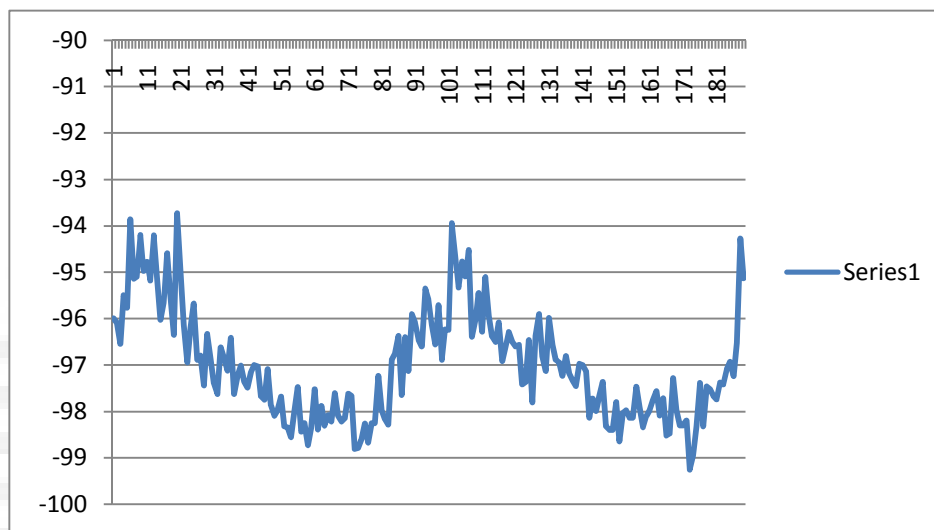
نمودار تغییرات جریان در پست سعادت



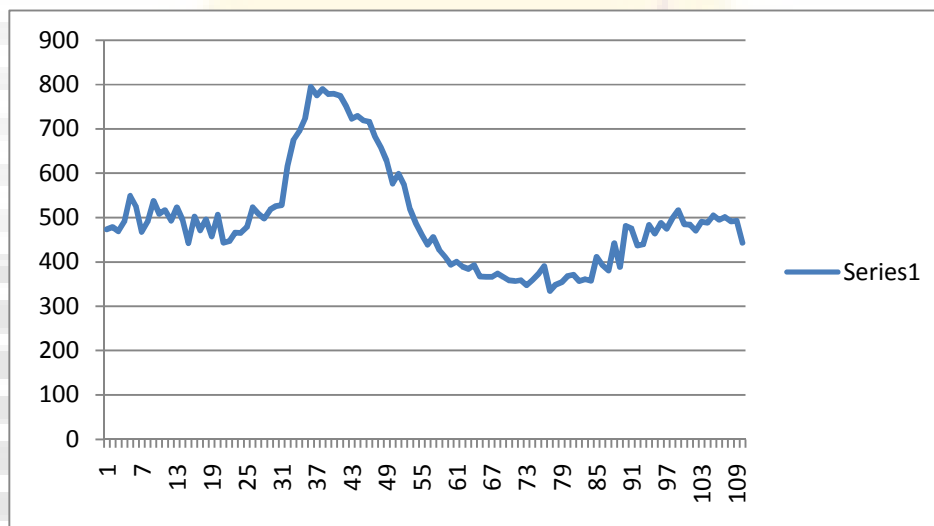
نمودار تغییرات ضریب قدرت در پست سعادت

۲-۱-۱۲ - پست سهیل:

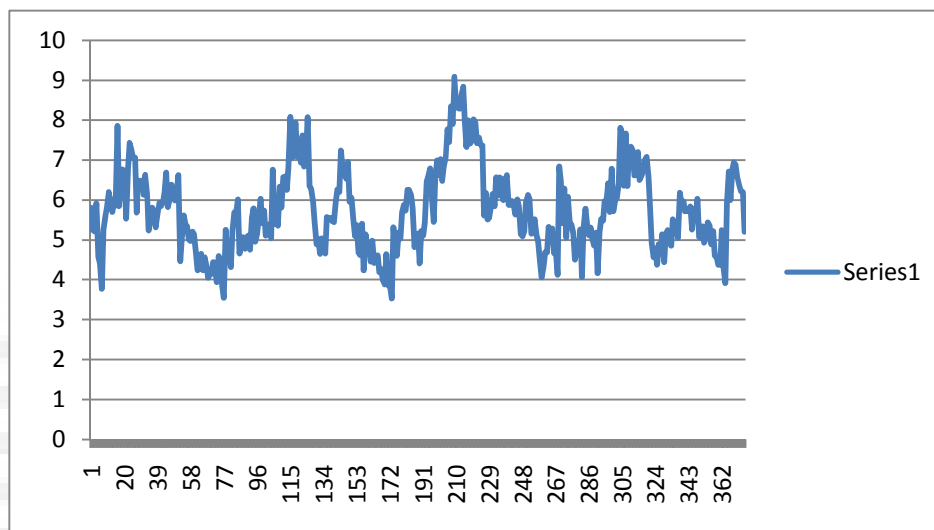
تعداد مشترکین: ۶۹ درصد روشنایی: ۳۰/۱۳						منطقه: قیطریه			نام پست: سهیل			ردیف
درصد لامپ کم مصرف: ۷۰												
I ₁	I ₂	I ₃	PF ₁	PF ₂	PF ₃	V ₁ HD	V ₂ HD	V ₃ HD	I ₁ HD	I ₂ HD	I ₃ HD	
349.75 4	475.24 1	450.13 1	- 97.13 44	- 97.74 86	- 97.31 32	2.720 45	2.559 25	2.656 14	6.19 099	6.99 462	5.79 75	۱
366.98 9	473.64 6	473.33 4	- 95.82 67	- 96.80 66	- 95.99 47	2.566 97	2.382 13	2.449 72	5.12 889	7.10 993	5.24 576	۲
345.83 9	499.75 6	478.45 2	- 97.37 19	- 98.48 65	- 96.08 3	2.656 06	2.541 87	2.719 62	6.78 413	6.98 643	5.21 011	۳
347.65 3	499.61 1	469.06 7	- 98.20 13	- 98.82 47	- 96.54 25	2.587 99	2.568 59	2.653 63	6.29 021	7.20 361	5.91 384	۴
343.90 3	499.13 9	490.98 9	- 98.11 31	- 98.83 01	- 95.49 7	2.595 04	2.429 41	2.617 72	7.15 1	7.47 77	4.58 651	۵
381.52 1	551.56 7	548.78 5	- 97.58 63	- 98.35 03	- 95.76 58	2.644 6	2.483	2.566 39	6.11 096	7.00 441	4.41 565	۶
369.49 5	542.29 1	525.13 9	- 97.05 71	- 97.83 51	- 93.85 9	2.595 15	2.586 3	2.490 06	5.99 822	7.07 02	3.76 8	۷
365.00 8	517.71	467.44 6	- 97.44 57	- 98.46 1	- 95.13 89	2.573 42	2.472 13	2.510 18	6.32 439	7.46 789	5.24 098	۸
343.42	514.20 6	491.23 3	- 97.57 03	- 97.90 75	- 95.09 13	2.725 84	2.645 86	2.747 34	6.63 107	7.20 405	5.58 721	۹
362.72 4	529.21 2	537.46	- 97.08 04	- 98.04 14	- 94.19 3	2.679 45	2.527 1	2.855 52	6.89 453	7.40 281	5.79 85	۱۰
376.61 7	528.36 4	507.69	- 97.53 72	- 98.18 45	- 94.97 17	3.125 13	2.992 59	2.952 18	6.67 824	8.41 397	6.19 054	۱۱
362.43 4	582.79 8	516.68 5	- 97.87 73	- 97.81 33	- 94.77 03	3.235 72	2.984 51	3.112 21	7.52 843	7.51 936	5.99 583	۱۲



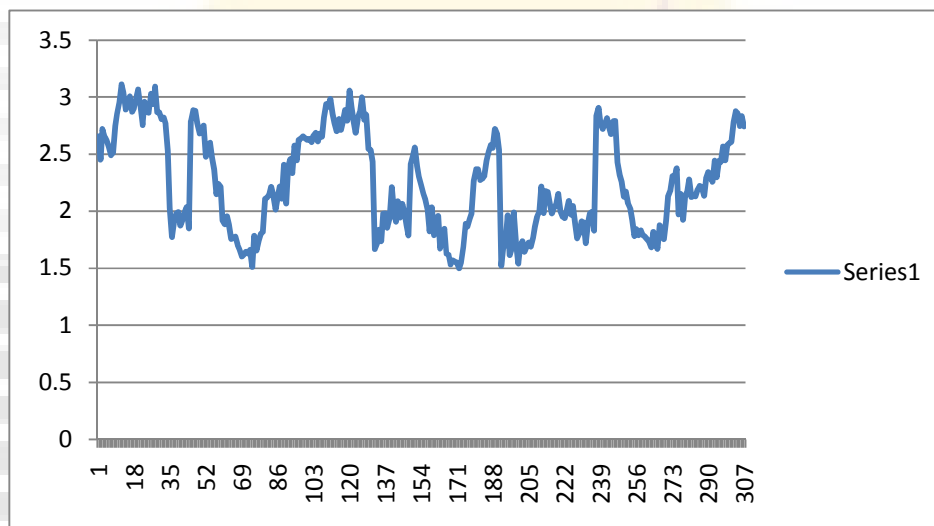
نمودار تغییرات ضریب قدرت در پست سهیل



نمودار تغییرات جریان در پست سهیل



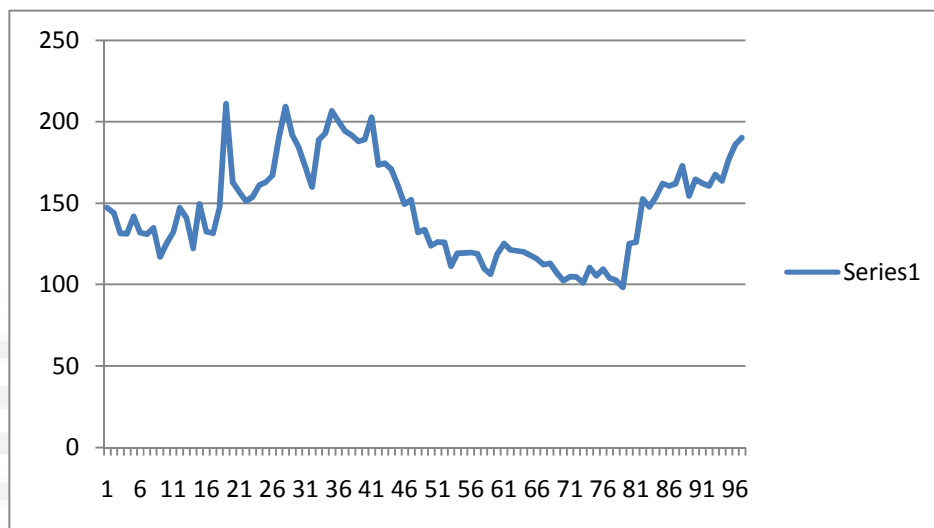
نمودار تغییرات هارمونیک های جریان پست سهیل



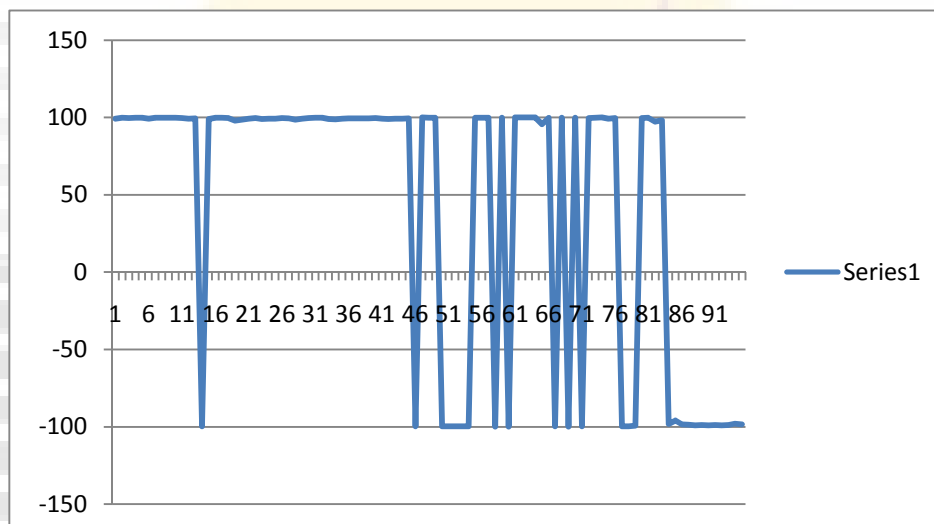
نمودار تغییرات هارمونیک های ولتاژ در پست سهیل

۲-۱-۱۳- پست توس:

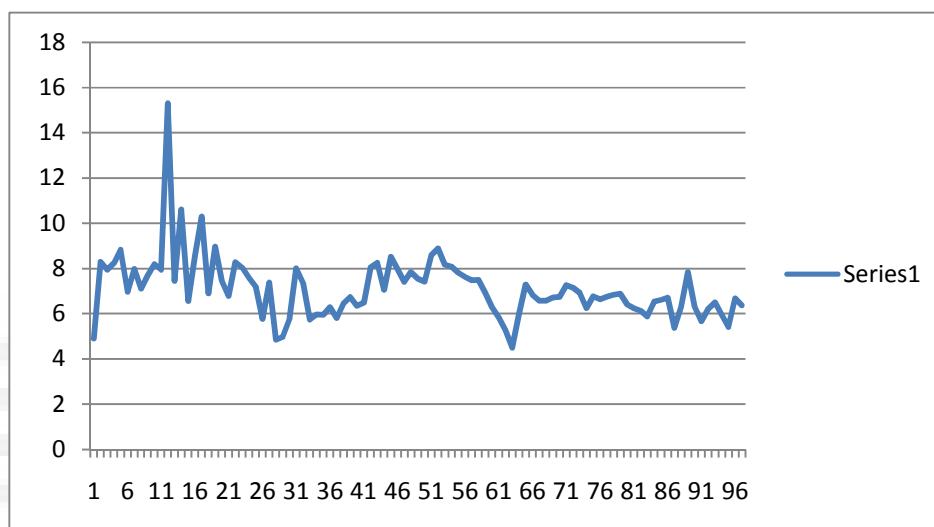
تعداد مشترکین: ۲۷ درصد روشنایی: ۳۱/۳۳						منطقه: مجیدیه			نام پست: توس			ردیف
درصد لامپ کم مصرف: ۶۶						V ₁ HD	V ₂ HD	V ₃ HD	I ₁ HD	I ₂ HD	I ₃ HD	
I ₁	I ₂	I ₃	PF ₁	PF ₂	PF ₃							
136.34 23	164.25 97	147.22 02	- 99.13 87	- 97.99 19	98.96 43	-	-	-	7.44 6365	4.90 223 4	7.17 876 2	۱
110.01 19	121.16 5	144.01	99.22 488	99.69 17	99.70 995	-	-	-	9.96 0382	8.28 859 1	6.78 296 9	۲
136.96 74	122.98 1	131.55 06	- 99.13 44	- 99.47 53	99.44 214	-	-	-	10.3 9032 3	7.93 477	6.98 921 6	۳
105.26 13	119.85 82	131.38 37	99.17 887	99.63 985	99.68 768	-	-	-	10.5 4124	8.23 309 2	7.31 721	۴
110.38 12	119.57	141.83 71	99.31 873	99.62 397	99.71 484	-	-	-	9.74 3073	8.82 212 9	7.01 698 1	۵
122.36 26	133.52 63	131.82 74	- 99.44 5	- 98.67 31	98.90 974	-	-	-	8.42 4716	6.96 052 8	6.57 204 3	۶
134.57 42	137.96 97	130.86 73	98.79 018	99.59 519	99.64	-	-	-	9.35 3982	7.97 197 2	7.77 420 8	۷
122.89 03	147.93 89	134.76 09	99.60 034	99.67 35	99.60 977	-	-	-	9.23 0469	7.10 694	7.74 154 9	۸
104.48 5	126.74 32	116.98 65	99.56 923	99.73 871	99.53 135	-	-	-	10.1 0275	7.68 595	8.61 019 7	۹
114.29 22	116.71 97	125.50 05	- 99.54 05	- 99.70 145	99.55 631	-	-	-	9.81 6916	8.18 295 8	8.68 843 7	۱۰
109.12 97	117.62 98	132.33 08	- 99.58 64	- 99.68 74	99.34 703	-	-	-	9.13 872	7.93 007 5	8.72 930 6	۱۱
132.55 34	138.87 74	147.09 64	99.29 427	99.12 07	99.01 433	-	-	-	13.9 0368 5	15.2 969 51	11.7 365 02	۱۲



نمودار تغییرات جریان پست توس



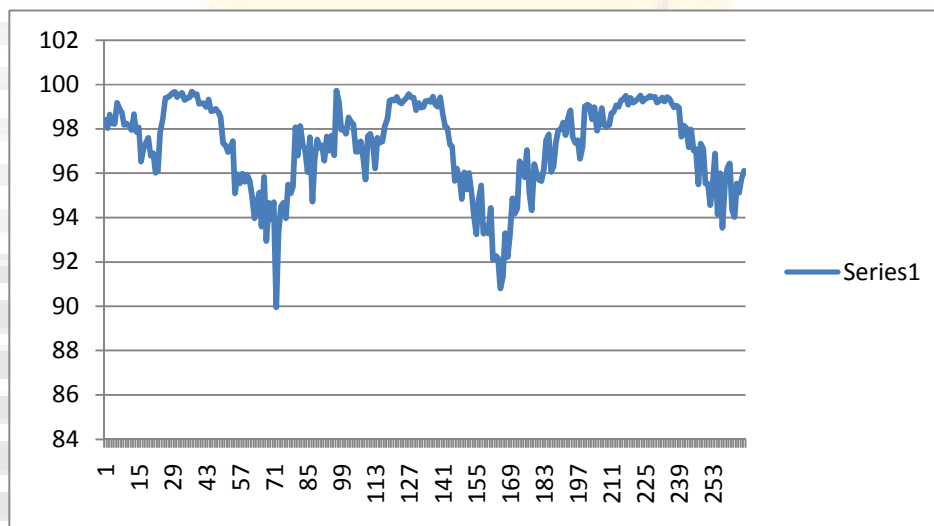
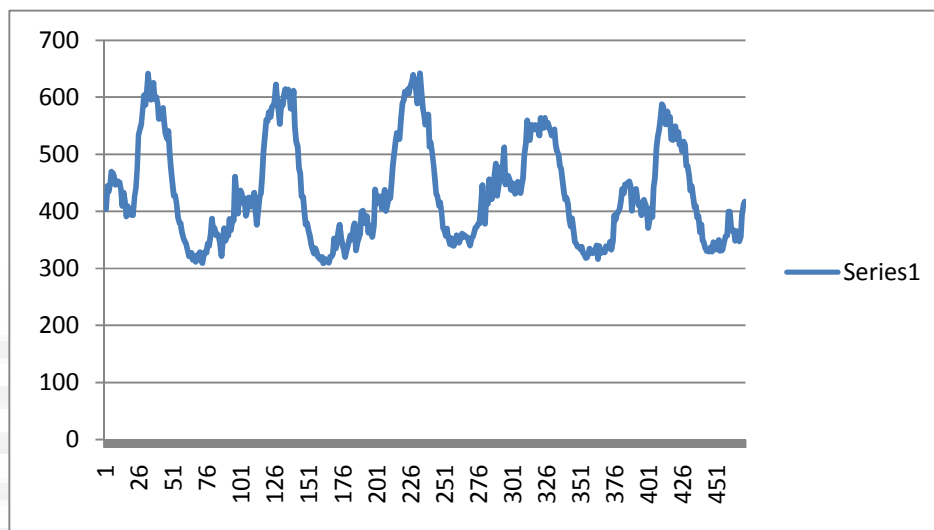
نمودار تغییرات ضریب قدرت پست توس

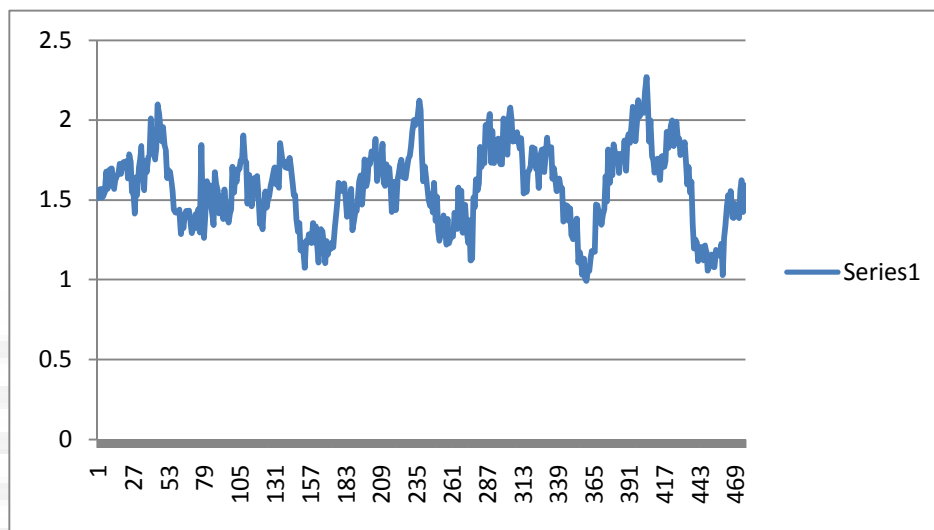


نمودار تغییرات هارمونیک های جریان در پست توس

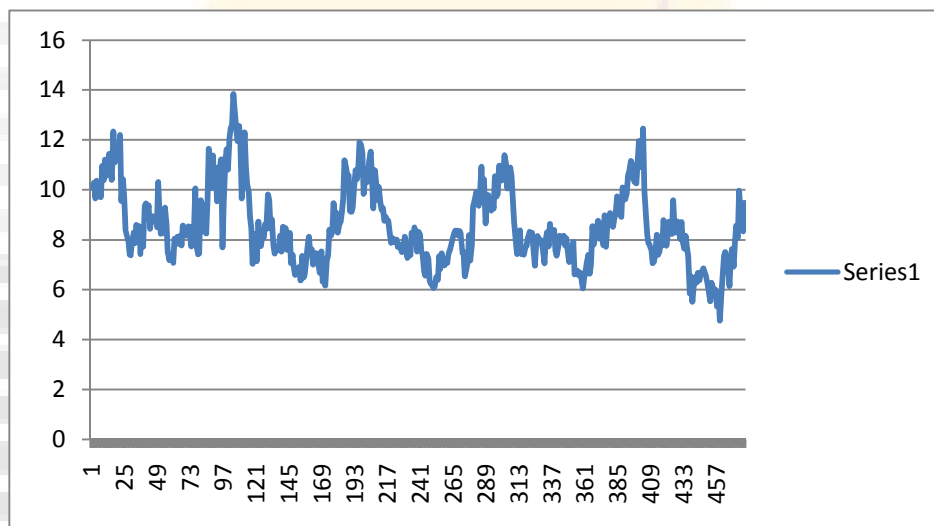
۲-۱-۱۴ - پست ظهیرالدین:

تعداد مشترکین: ۱۱۸ درصد روشنایی: ۱۹/۵۴ درصد لامپ کم مصرف: ۳۴/۷						منطقه: الهیه			نام پست: ظهیرالدین			ردیف
I ₁	I ₂	I ₃	PF ₁	PF ₂	PF ₃	V ₁ HD	V ₂ HD	V ₃ HD	I ₁ HD	I ₂ HD	I ₃ HD	
573.26 5	357.24 5	419.92 2	99.37 85	99.51 83	98.40 72	1.127 7	1.086 5	1.510 97	5.05 411	8.05 19	10.0 976	۱
535.55 9	343.68 9	403.86 3	98.37 4	99.40 53	98.02 73	1.335 52	1.162 08	1.563 86	6.19 743	9.32 987	10.0 827	۲
542.95 2	318.47 9	444.07 8	98.73 09	99.18 16	98.63 05	1.427 32	1.159 16	1.569 24	6.94 808	10.8 358	10.2 766	۳
566.79 5	329.42	434.60 5	99.09 74	99.05 68	98.23 46	1.416 42	1.166 54	1.513 41	6.67 119	10.5 98	9.65 086	۴
580.85	357.15	445.17	99.03 18	99.35 5	98.22 09	1.400 84	1.197 91	1.524 32	6.79 93	10.2 466	10.3 539	۵
603.25 4	363.48 1	469.47 3	99.39 54	99.47 44	99.17 08	1.405 74	1.277 45	1.544 43	6.75 119	9.70 601	9.73 242	۶
599.85 5	376.64 9	466.52 3	99.19 69	99.50 83	98.91 75	1.366 28	1.127 82	1.677 04	7.13 937	9.55 51	10.1 616	۷
613.72 4	376.90 3	460.79 9	99.49 14	99.48 46	98.72 86	1.408 72	1.300 89	1.568 61	6.04 24	9.01 954	9.70 437	۸
597.84 9	366.23 6	446.36 2	98.99 98	99.30 43	98.16 98	1.361 19	1.251 21	1.682 69	6.52 893	9.98 852	10.9 502	۹
575.53 8	356.95 9	452.76 1	98.89 78	99.20 34	98.22 97	1.535 94	1.146 66	1.690 45	7.41 504	10.5 943	10.3 874	۱۰
557.19 3	342.15 9	451.89 4	98.99 29	99.07 85	98.11 35	1.369 87	1.263 76	1.696 79	7.15 1	10.0 337	11.2 003	۱۱
568.40 3	350.06 4	450.46 4	99.16 56	99.29 62	97.94 73	1.393 39	1.246 61	1.624 62	6.69 498	10.3 739	10.5 947	۱۲





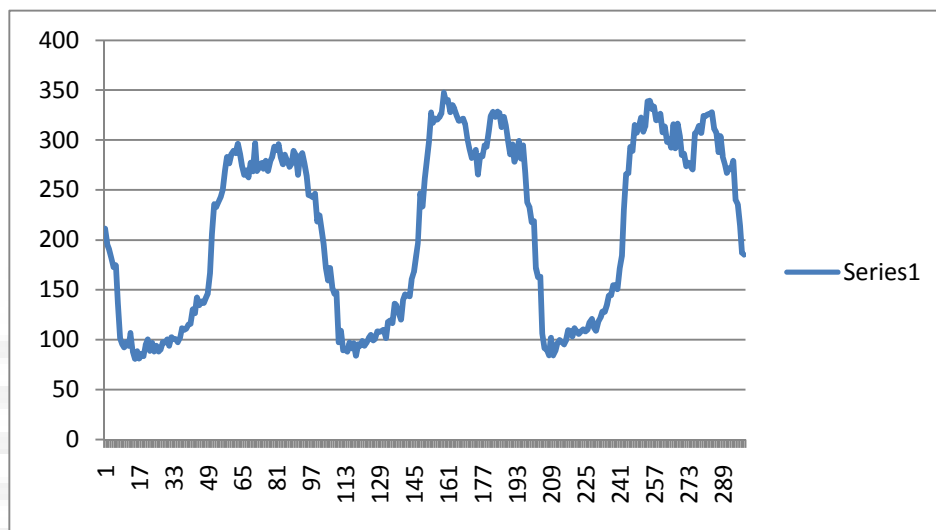
نمودار تغییرات هارمونیک های ولتاژ پست ظهیرالدین



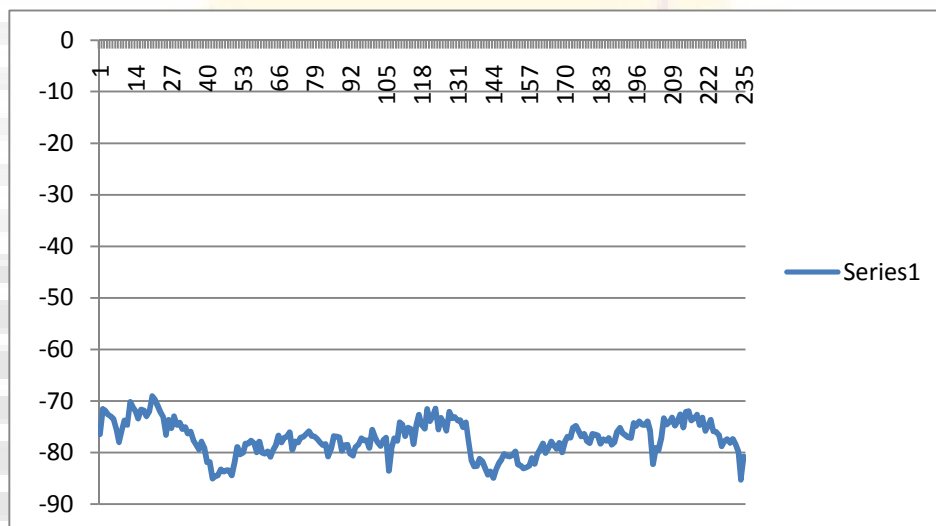
نمودار تغییرات هارمونیک های جریان پست ظهیرالدین

۲-۱-۱۵ - پست بازار قائم:

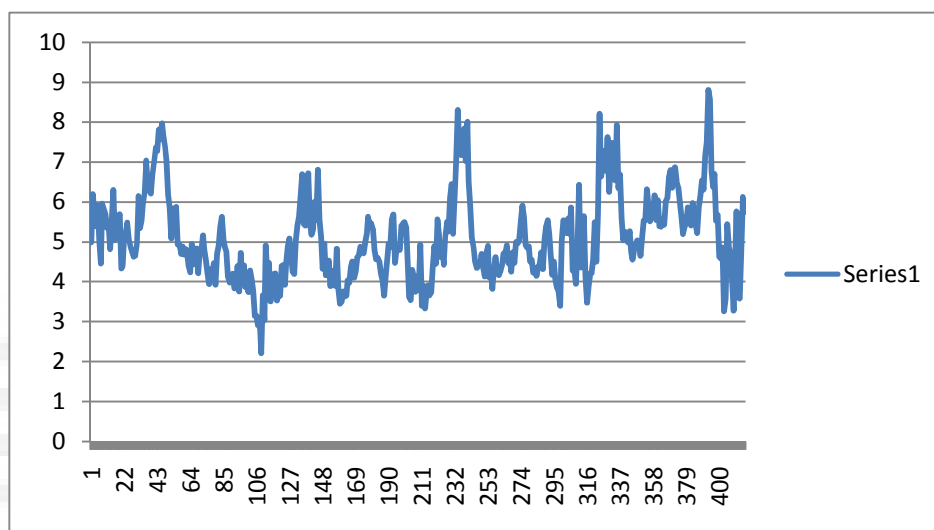
تعداد مشترکین: ۴۵ درصد روشنایی: ۳۶/۳۳ درصد لامپ کم مصرف: ۷۴/۰۴						منطقه: بازار تجریش			نام پست: بازار قائم			ردیف
I ₁	I ₂	I ₃	PF ₁	PF ₂	PF ₃	V ₁ HD	V ₂ HD	V ₃ HD	I ₁ HD	I ₂ HD	I ₃ HD	
155.71 41	215.04 72	211.26 07	- 79.33 6	- 76.08 95	- 76.46 78	-	-	-	5.65 7986	3.63 329 1	4.98 550 7	۱
144.05 94	210.46 05	195.63 38	- 78.93 17	- 76.54 47	- 71.55 95	-	-	-	6.02 4165	3.00 433 6	6.19 535 6	۲
147.42 75	209.08 59	190.26 22	- 77.99 26	- 76.49 87	- 71.88 71	-	-	-	5.57 5538	3.64 914 5	5.62 999 7	۳
154.27 4	198.83 94	181.83 07	- 78.52 44	- 74.84 73	- 72.68 79	-	-	-	5.50 3657	3.72 031 1	5.39 160 9	۴
147.02 43	165.95 51	172.46 68	- 78.78 1	- 74.19 04	- 72.99 71	-	-	-	5.62 3214	3.79 609 7	5.91 533 2	۵
118.24 92	165.30 41	174.26 73	- 79.10 06	- 75.00 81	- 73.57 17	-	-	-	6.60 9302	4.08 419 6	5.03 362 2	۶
112.90 68	133.45 33	136.79 84	- 82.28 15	- 76.88 42	- 75.52 4	-	-	-	6.78 3803	2.93 236	4.45 576 8	۷
111.32 69	119.12 19	101.77 68	- 80.22 86	- 75.78 36	- 77.97 76	-	-	-	6.18 2084	3.13 842 4	5.95 549 6	۸
100.94 19	88.390 91	95.146 56	- 80.62 24	- 82.98 68	- 75.68 24	-	-	-	5.28 4103	4.12 656 8	5.83 826	۹
97.206 01	93.144 3	92.171 84	- 79.00 85	- 83.03 75	- 73.76 78	-	-	-	4.81 2773	4.55 592 6	5.70 411 1	۱۰
89.398 33	71.617 29	97.042 31	- 79.95 64	- 79.34 66	- 74.63 4	-	-	-	5.59 7785	6.86 28	5.35 202 4	۱۱
107.03 12	74.626 15	93.665 43	- 77.06 42	- 74.89 23	- 70.21 51	-	-	-	4.56 597	5.58 089 7	5.44 408 8	۱۲



نمودار تغییرات جریان پست بازار قائم



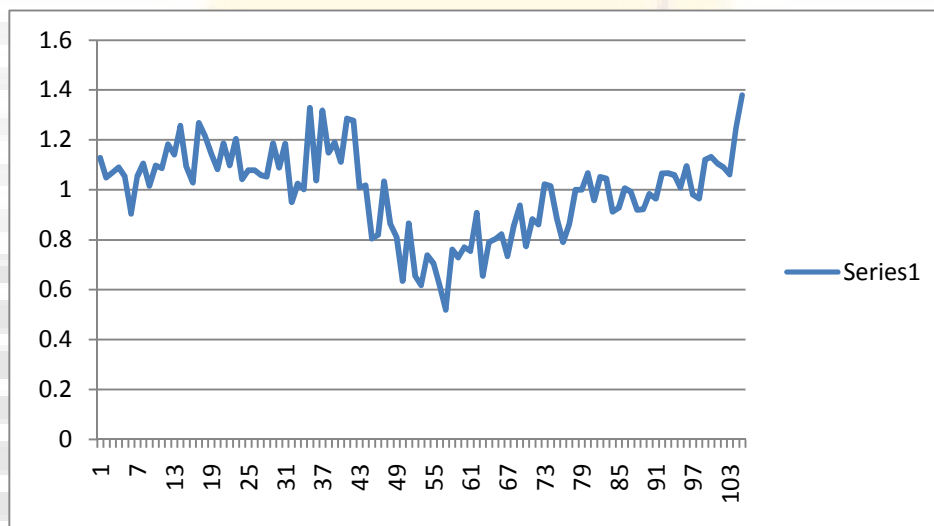
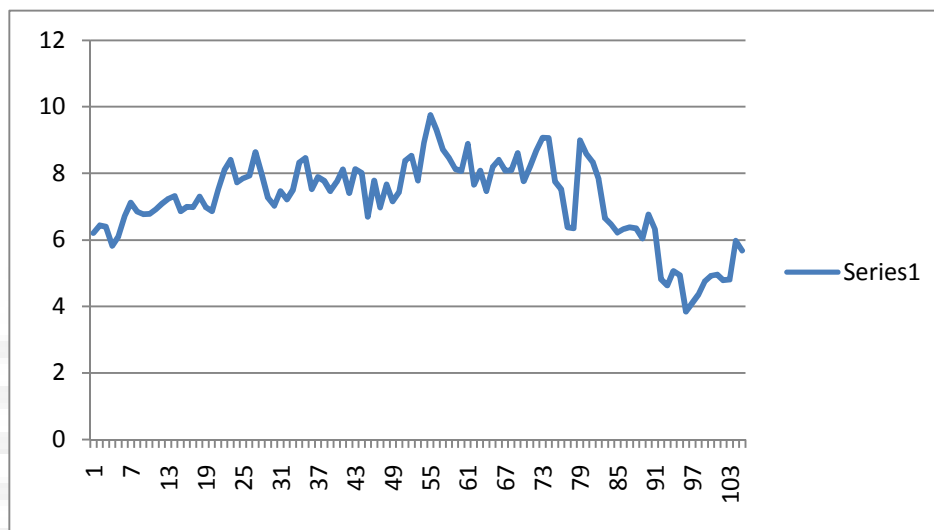
نمودار تغییرات ضریب قدرت پست بازار قائم

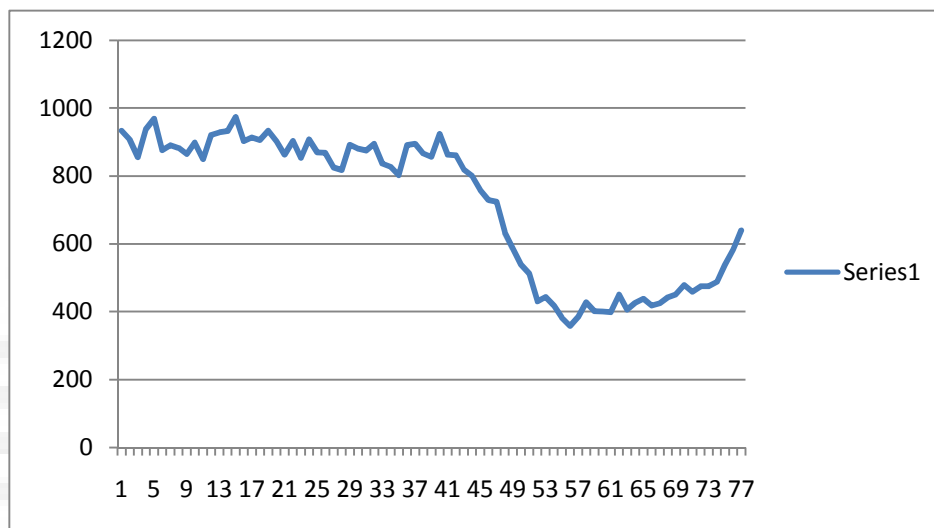


نمودار تغییرات هارمونیک های جریان پست بازار قائم

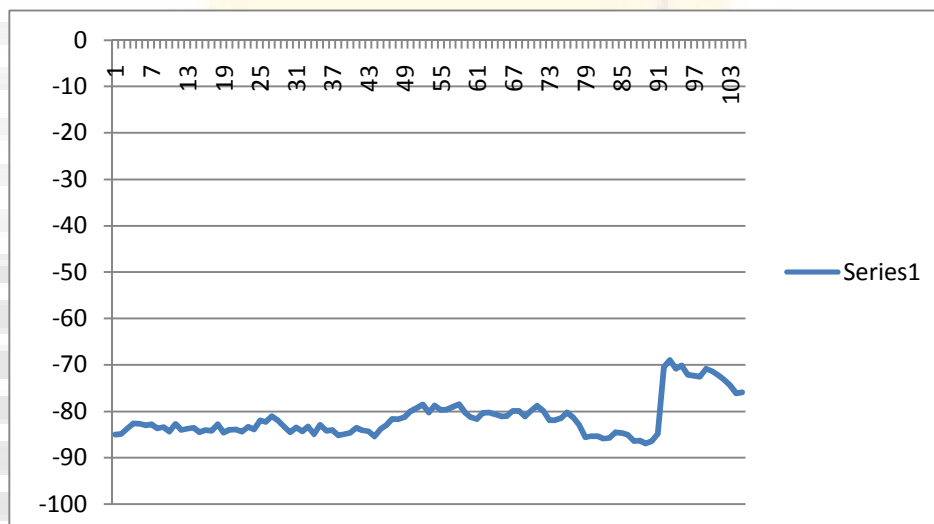
۲-۱-۱۶- پست ایزد:

ردیف	نام پست:ایزد			منطقه: خ میرداماد			تعداد مشترکین: ۱۹۱ درصد روشنایی: ۱۸/۸۳ درصد لامپ کم مصرف: ۱۴/۰۱					
	I ₁ HD	I ₂ HD	I ₃ HD	V ₁ HD	V ₂ HD	V ₃ HD	PF ₃	PF ₂	PF ₁	I ₃	I ₂	I ₁
۱	5.08 1635	4.76 822 3	6.20 112 2	1.128 486	0.858 427	1.173 361	84.96 75	84.37 06	88.77 94	932.98 9	971.34 49	924.89 47
۲	5.02 8569	4.86 939 1	6.43 447 3	1.048 888	0.864 8	1.237 116	84.86 37	84.57 5	88.19 3	907.69 58	923.65 87	890.82 29
۳	5.72 6416	5.04 201 8	6.39 211 1	1.069 119	0.901 676	1.181 676	83.66 52	83.94 67	87.06 26	855.22 82	893.29 78	858.53 33
۴	5.95 3283	5.12 302 4	5.82 332 1	1.090 2	0.793 706	1.210 07	82.56 9	84.49 35	87.32 33	937.76 46	921.91 31	871.36 75
۵	5.75 0735	5.02 661 8	6.10 197 2	1.054 5	0.854 807	1.177 798	82.63 6	85.09 6	87.02 53	969.62 27	961.92 49	893.05 75
۶	5.99 1335	5.65 948 3	6.71 188 6	0.904 289	0.897 455	1.201 823	82.96 16	83.53 72	87.69 27	876.21 02	835.62 85	816.51 98
۷	6.56 1926	5.84 307 1	7.11 909	1.052 893	0.885 536	1.190 126	82.79 23	84.06 49	86.37 48	891.41 17	865.69 1	812.56 35
۸	6.76 2344	6.14 414 2	6.85 066 7	1.105 429	0.897 67	1.141 826	83.66 08	83.63 37	86.01 76	882.72 74	841.37 65	786.53 77
۹	6.66 2737	5.67 973 4	6.76 662 5	1.015 376	0.862 366	1.268 964	83.37 11	84.40 63	85.63 42	864.67 27	876.01 51	758.75 57
۱۰	6.22 4822	5.49 005 3	6.78 018 3	1.098 162	0.883 628	1.171 963	84.38 36	83.70 19	86.22 21	898.19 4	827.58 28	836.48 9
۱۱	6.03 1192	5.61 995 8	6.91 105 7	1.085 692	0.947 842	1.279 881	82.68 61	84.08 21	86.82 44	849.55 84	878.70 58	803.09 76
۱۲	6.60 693	6.20 044 1	7.08 422 5	1.181 592	0.994 152	1.251 838	84.04 07	84.48 88	86.36 66	921.18 03	850.00 05	838.96 26





نمودار تغییرات جریان پست ایزد



نمودار تغییرات ضریب قدرت پست ایزد

نتیجه گیری:

طی این پروژه جمعاً پارامترهای کیفیت توان ۵۶ عدد پست در مناطق مختلف تهران اندازه گیری شد. سعی شده است که این پستها از مناطق مختلف با بافت و الگوهای مصرف متفاوتی انتخاب شوند. در اندازه گیری ها انجام شده از دستگاه های ثابت ION7330 استفاده گردید و سعی شده است که این دستگاه ها بین ۲ تا ۱۰ روز در هر پست قرار داده شوند و نتایج اندازه گیری ها پس از طی شدن این زمان استخراج گردد. این دستگاه ها در هر بار نصب می توانند ۱۶ پارامتر اساسی را اندازه گیری نمایند که در این پروژه مقادیر جریان، ولتاژ، هارمونیک های جریان و ولتاژ و ضریب قدرت اندازه گیری شد. قبل از نصب ثبات ها برآورد نسبی و تقریبی از سهم روشنایی در مصرف هر خانه محاسبه شد که به تفکیک برای هر پست در جداول مربوطه نشان داده شده است. این کار توسط پرسشنامه هایی از مناطق منتخب و به صورت تصادفی انجام شد.

نتایج اندازه گیری ها نشان می دهد که مصرف لامپهای کم مصرف به صورت گسترده در مناطقی که متوسط سهم روشنایی در مصرف خانگی شان کمتر از ۳۰ درصد است بسیار مطلوب و بهینه است. مصرف این گونه لامپها در مناطقی که سهم روشنایی بیشتر از این مقدار است توصیه نمی شود. از این گونه مناطق می توان به پست شهید محلاتی ۱۳ واقع در شهرک شهید محلاتی در شمال شرق تهران اشاره کرد که THD جریان و ولتاژ به شدت از مصرف لامپ کم مصرف متأثر شده است.

بر خلاف انتظار در مناطق تجاری مانند بازار تجریش مصرف لامپهای کم مصرف اثر آنچنانی در تغییر THD و ضریب قدرت نداشته است.

به عنوان یک نتیجه گیری کلی تا حد زیادی می توان نتایج حاصل از شبیه سازی ها و محاسبات را معتبر دانست و از آنها برای یافتن مناطق بهینه استفاده از لامپ کم مصرف بهره برداری نمود.

مراجع:

[۱]- ترازنامه انرژی سال ۱۳۸۸- توانیر