

نقش لامپ های تخلیه گازی در تولید هارمونیک در سیستم های قدرت

داریوش عبادی
دانشجوی کارشناسی ارشد

سید حمید فتحی
استادیار

سید حسین حسام الدین صادقی
دانشیار
داشکده مهندسی برق، دانشگاه صنعتی امیر کبیر

چکیده

در این مقاله رفتار لامپهای تخلیه گازی (بخار سدیم و جیوه)، که در روشنایی معابر، خیابانها، سالن های ورزشی و کارخانجات کاربرد فراوان دارند، و نقش آنها در تولید هارمونی در شبکه های قدرت به دو طریق شبیه سازی و اندازه گیری عملی مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته است. همچنین از آنجا که این نوع لامپ ها با ضریب قدرت پائین (حدود ۵/۵۵۰۰ / ۴۰ / ۰) کار می کنند، معمولاً جهت اصلاح ضریب قدرت از خازن های توزیع شده به همراه لامپ ها استفاده می گردد. اتصال خازن ها میتواند علاوه بر اصلاح ضریب قدرت بر هارمونی های تزریقی لامپ ها به شبکه نیز مؤثر باشد. با توجه به اینکه لامپ های مذکور بصورت تک فاز هستند و حتی الامکان بصورت متعادل بین سه فاز توزیع می شوند. مسئله هارمونی های مضرب سه و جمع شدن آنها در سیم نول از مسائلی مهمی است که در این مطالعه به آن پرداخته شده است. نتایج نشان می دهند که هارمونی های مضرب سه متناظر در هر فاز، در نقطه صفر اتصال ستاره با یکدیگر جمع شده و در سیم نول جاری می شوند. بطوریکه دامنه هارمونی مضرب سه در سیم نول برابر مجموع هارمونی متناظر در هر فاز می باشد. همچنین نتایج حاصل از شبیه سازی (با استفاده از نرم افزار Pspice5.1) و اندازه گیری عملی نشان میدهند که مقدار هارمونی های جاری شده در سیم نول در حالتی که نقطه صفر اتصال ستاره خازنهای اصلاح ضریب توان به سیم نول وصل باشد، بیشتر از حالتی است که اتصال مذکور از سیم نول قطع باشد. همانگونه که بیان شد به مطالعات ذکر شده در فوق از دو جنبه شبیه سازی و اندازه گیری عملی پرداخته شده است که مطابقت نسبتاً خوب بین نتایج شبیه سازی و اندازه گیری عملی حاکی از دقت کافی شبیه سازی می باشد.

The Role of Discharge Lamps In Harmonic Generation In Power Systems

S. H. Fathi
Assistant Professor

D. Ebadi
M.SC Student

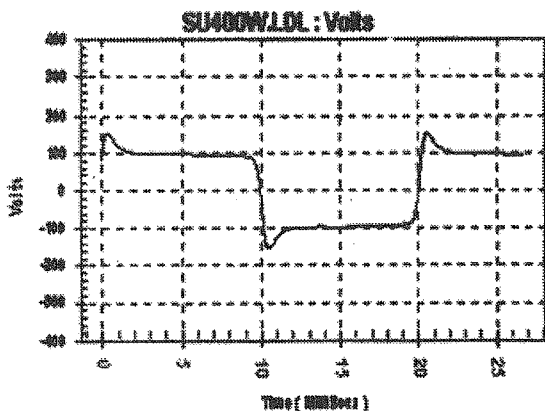
S. H. H. Sadeghi
Associate Professor
Department of Electrical Engineering,
Amirkabir University of Technology

Abstract

The behavior of discharge lamps (Na and Hg), which are widely used in the lighting of passages, streets, stadiums and factories, and their role in the generation of harmonic distortions in a power system have been studied both theoretically and experimentally. Due to the poor power factor (0.4-0.55), these lamps are usually equipped with capacitors, which can also affect the severity of harmonic generation. To reduce system unbalance status, three single-phase components are commonly installed in equal numbers within the three phases. As a result, triplen harmonics are basically additive in the neutral, generating a dominant third harmonic current. It is shown that the third harmonic current is larger when the capacitors star-point is disconnected. The good agreement between the theoretical results and their experimental counterparts demonstrates the validity of the theoretical model used in this paper.

لامپ های تخلیه گازی، هارمونی، ضریب قدرت، ضریب اعوجاج کلی (THD)، هارمونی مضرب سه.

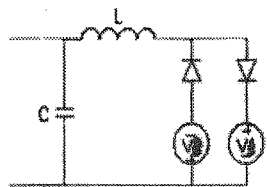
شکل (۳) شکل موج ولتاژ اندازه گیری شده دو سر لامپ بخار سدیم (۴۰۰ وات) را نشان می دهد، که خود مؤید مربعی بودن شکل موج ولتاژ دو سر لامپ تخلیه گازی می باشد.



شکل (۳) شکل موج اندازه گیری شده ولتاژ دو سر لامپ بخار سدیم (۴۰۰ وات).

چراغ صنعتی علاوه بر لامپ شامل قسمت های دیگری نیز می باشد که نام و وظایف آنها بطور مختصر به شرح زیر است:

- ۱- چوک (بالاست): عبارتست از یک القاگر با هسته آهنی که وظیفه آن ایجاد ولتاژ بالا جهت یونیزاسیون گاز موجود در لامپ، در لحظه روشن شدن و وظیفه دیگر آن محدود کردن جریان لامپ پس از روشن شدن می باشد.
- ۲- ایگنیتور (IGN): وظیفه آن مانند وظیفه استارت در لامپ های مهتابی (فلورسنت) است (باقطع جریان عبوری از خود باعث تولید ولتاژ بالا در چوک می شود). این المان در لامپ های بخار سدیم مورد استفاده قرار می گیرد و در لامپ های بخار جیوه بدلیل وجود کنتاکت کمکی در ساختمان لامپ جهت راه اندازی، نیازی به استفاده از ایگنیتور نیست. چون این المان پس از روشن شدن لامپ از مدار خارج می شود، لذا در شبیه سازی منظور نشده است.
- ۳- بعضی از چراغ ها دارای خازن تصحیح ضریب قدرت نیز می باشند. بنابه توضیحات فوق مدار معادل یک چراغ صنعتی با خازن اصلاح ضریب قدرت در شکل (۴) نشان داده شده است.



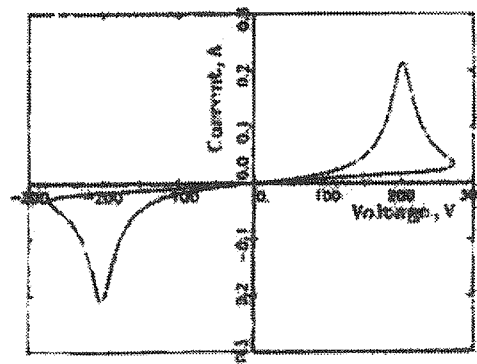
شکل (۴) مدار معادل چراغ صنعتی.

مقدمه

یکی از انواع بارهای غیر خطی و مولد هارمونیک در شبکه قدرت لامپ های تخلیه گازی است که کاربرد فراوانی در روشنایی معابر، میادین و سالن های ورزش و کارخانجات دارند [۱].

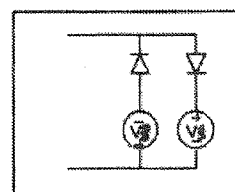
یک لامپ تخلیه گازی قدرت بسیار ناچیزی در مقایسه با ظرفیت شبکه مصرف می کند، لذا پهنای نمی تواند اثر قابل ملاحظه ای بر شبکه داشته باشد [۲]. لیکن با توجه به تعداد بسیار زیاد آنها در شبکه، آثار آنها از جمله آلودگی هارمونیکی، قابل توجه خواهد بود.

مشخصه ولت-آمپر نمونه ای از لامپ های تخلیه گازی در شکل (۱) نشان داده شده است [۲].



شکل (۱) مشخصه ولت-آمپر نمونه لامپ تخلیه گازی.

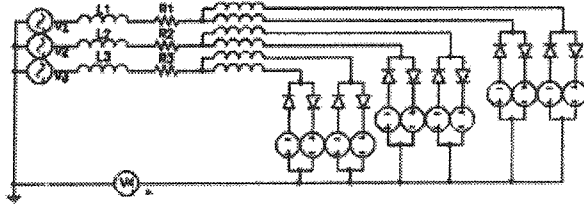
همچنانکه در این شکل مشاهده می شود پس از شکست و ایجاد قوس الکتریکی، ولتاژ دو سر لامپ نسبتاً ثابت می ماند که با توجه به شکل فوق این قوس در هر نیم سیکل ایجاد شده و ولتاژ دو سر لامپ در هر نیم سیکل تقریباً ثابت و برابر ولتاژ قوس الکتریکی می باشد [۲]. بنابر این می توان ولتاژ دو سر لامپ را با تقریب نسبتاً خوبی موج مربعی (با دامنه برابر ولتاژ قوس الکتریکی) در نظر گرفت. با توجه به توضیحات فوق لامپ تخلیه گازی را می توان مطابق شکل (۲) مدل نمود. در این شکل V_s ولتاژ قوس الکتریکی می باشد.



شکل (۲) مدل مداری لامپ تخلیه گازی.

۱- لامپهای تخلیه گازی بدون خازن اصلاح ضریب توان

در این قسمت به تحلیل نتایج حاصل از شبیه سازی و اندازه گیری عملی لامپهای تخلیه گازی پرداخته می شود. شکل (۵) مدار سه فاز لامپ های تخلیه گازی شبیه سازی شده را نشان می دهد. در این شکل $R_{1,2,3}$ و $L_{1,2,3}$ نشان دهنده اندوکتانس و مقاومت منبع می باشند.



شکل (۵) مدار سه فاز لامپ تخلیه گازی (بدون خازن).

در اندازه گیری عملی دو چراغ بطور موازی مورد استفاده قرار گرفته است. لذا در شبیه سازی نیز جهت تشابه و یکسان بودن نتایج از دو چراغ موازی در هر فاز استفاده شده است. اندازه گیری عملی با استفاده از آنالایزر LEM2050 انجام گرفته که نرخ نمونه برداری در این آنالایزر هارمونیکی ۱۲۸ نمونه در هر سیکل می باشد. جدول (۱) لیست لامپ های تخلیه گازی مورد آزمایش و اندازه گیری عملی را نشان می دهد.

جدول (۱) مشخصات لامپ های مورد آزمایش.

نوع لامپ	توان (وات)	تعداد لامپ در هر فاز
سدیم	۲۱۰	۲
سدیم	۲۵۰	۲
سدیم	۴۰۰	۲
جیوه	۲۵۰	۲
جیوه	۴۰۰	۲

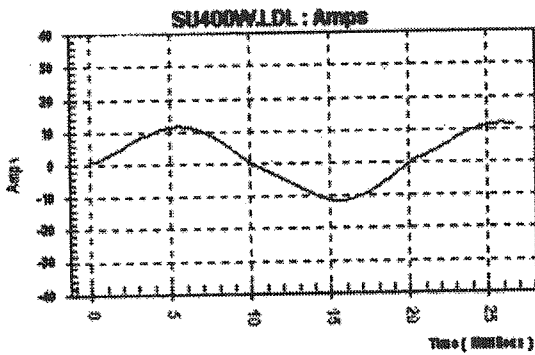
در شبیه سازی سعی شده است تا مقادیر واقعی المان های چراغ قرار داده شود، بطوریکه در مدار شکل (۵) مقدار اندوکتانس بالاست ۱۳۰ میلی هانری و ولتاژ قوس الکتریکی ۱۰۰ ولت در نظر گرفته شده است که این مقادیر مربوط به لامپ تخلیه گازی بخار سدیم ۴۰۰ وات می باشد، تا بتوانیم مقایسه صحیحی بین نتایج اندازه گیری و شبیه سازی داشته باشیم. شکل (۶) شکل موج و طیف هارمونیکی جریان فازمدار شکل (۵) را نشان می دهد. همچنین شکل (۷) نتایج حاصل

از اندازه گیری متناظر با شکل (۶) را نشان می دهد که تشابه نسبتاً خوبی بین آنها برقرار است. همچنانکه در شکل (۶) مشاهده می شود هارمونی های مرتبه سوم، پنجم و هفتم دارای بیشترین دامنه می باشند. نتایج اندازه گیری شکل (۷) صحت نتایج شبیه سازی را تأیید می نماید. بنابراین طیف هارمونیکی جریان فاز لامپ تخلیه گازی دارای هارمونی های مرتبه فرد می باشد که بیشترین دامنه هارمونیکی مربوط به هارمونی مرتبه سه است.

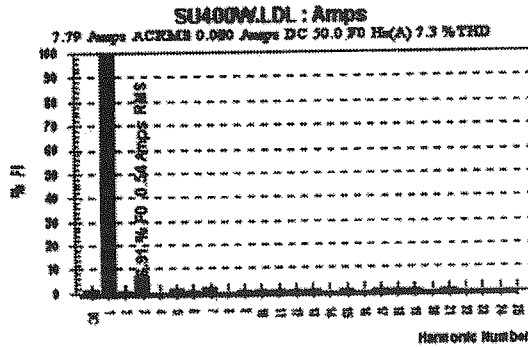
شکل (۸) شکل موج و طیف هارمونیکی جریان نول مربوط به نتایج شبیه سازی را نشان می دهد. همانگونه که مشاهده می شود هارمونی غالب در شکل یادشده هارمونی مرتبه سوم است که طیف هارمونیکی مربوطه نیز این موضوع را نشان می دهد. با مقایسه شکل (۸-ب) با شکل (۶-ب) به وضوح مشاهده می شود که دامنه هارمونی سوم در شکل (۸-ب) سه برابر دامنه هارمونی متناظر در شکل (۶-ب) می باشد. همچنین ملاحظه می گردد که هارمونی های توالی مثبت و منفی از جریان نول حذف شده اند.

به طور کلی در سیستم های سه فاز با اتصال ستاره، جمع جریان سه فاز در نقطه صفر اتصال ستاره برابر صفر می باشد و لذا جریانی از سیم نول جاری نمی شود (فرض بر تعادل بین سه فاز و عدم آلودگی جریان فازها می باشد). حال اگر جریان هر فاز شامل هارمونی های توالی مثبت، منفی و صفر باشد، باز هم بدلیل اختلاف فاز ۱۲۰ درجه بین جریان فازها جمع هارمونی های توالی مثبت و منفی در نقطه صفر ستاره مساوی صفر خواهد بود. ولی هارمونی های مضرب سه در سه فاز به دلیل همفاز بودن، در نقطه صفر ستاره جمع شده و در سیم نول جاری می شوند. بطوریکه در صورت تعادل سیستم سه فاز، اندازه دامنه هارمونی های مضرب سه در سیم نول سه برابر دامنه هارمونی های متناظر در هر یک از سه فاز می باشد. ولی اگر سیستم سه فاز دارای عدم تعادل باشد، در سیم نول علاوه بر وجود مؤلفه اصلی، جمع دامنه هارمونی های مضرب سه متناظر در هر فاز را در سیم نول خواهیم داشت. نتایج اندازه گیری نیز این موضوع را تأیید می کنند، بطوریکه دامنه هارمونی سوم در طیف هارمونیکی جریان فاز مدار لامپ (۷-ب) برابر ۰/۵۴ آمپر مؤثر بوده و در شکل (۹) برابر ۱/۶۵ آمپر مؤثر (سه برابر دامنه هارمونی سوم جریان فاز لامپ) است. همانطوریکه مشاهده می شود هارمونی اصلی در شکل (۹) ۵۰ هرتز است که ناشی از عدم تقارن در سه فاز است.

یک لامپ تخلیه گازی بدلیل قدرت کم به تنهایی نمی تواند اثر قابل ملاحظه ای از نظر هارمونیکی بر شبکه داشته باشد.

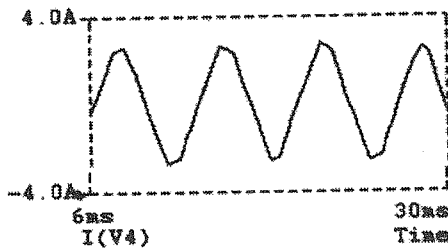


(الف)

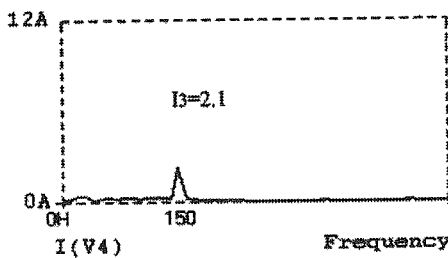


(ب)

شکل (۷) جریان فاز لامپ (الف) شکل موج و
 (ب) طیف هارمونیکي جریان فاز مدار لامپ تخلیه گازی (بدون خازن).



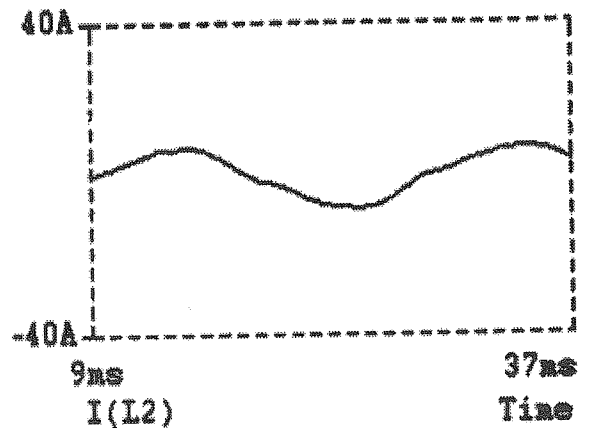
(الف)



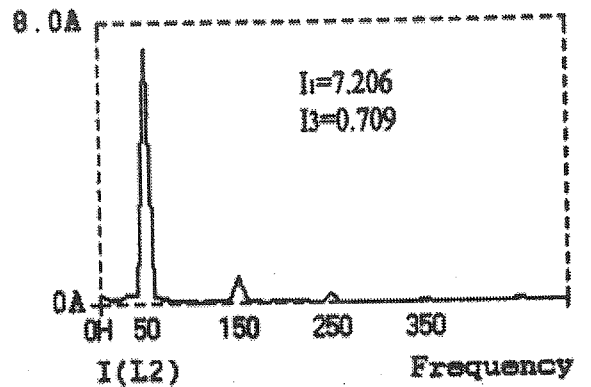
(ب)

شکل (۸) جریان نول (الف) شکل موج و
 (ب) طیف هارمونیکي جریان نول مدار شکل (۵).

لیکن از آنجا که معمولاً تعداد زیادی از این نوع لامپ ها مورد استفاده قرار می گیرد، آلودگی هارمونیکي ناشی از آنها در خور توجه است. شکل (۱۰) شکل موج و طیف هارمونیکي جریان سه فاز و سیم نول مربوط به قسمتی از روشنائی محوطه در مجتمع صنایع لاستیک کرمان که از طریق اندازه گیری عملی بدست آمده است را نشان می دهد. در این شکل عدم تعادل جریان سه فاز (دلیل اصلی آن تقسیم نامساوی لامپ ها در سه فاز می باشد) و جمع شدن دامنه هارمونی های مرتبه سه متناظر در هر فاز و جاری شدن آنها در سیم نول شکل (۱۰-د) مشاهده می شود. بعلاوه شکل (۱۰) نشان دهنده تولید هارمونی قابل ملاحظه در هر فاز بوده و همانگونه که ذکر شد علت آن استفاده از تعداد زیادی لامپ در هر فاز می باشد.



(الف)



(ب)

شکل (۶) جریان فاز لامپ
 (الف) شکل موج و (ب) طیف هارمونیکي جریان فاز مدار شکل (۵).

در مدار لامپ های تخلیه گازی موجود در جدول (۱) در دو حالت با خازن و بدون خازن اصلاح ضریب توان را نشان می دهند در جدول (۲) ستون سوم نشان دهنده افزایش ضریب قدرت در مدار لامپهای تخلیه گازی با قرار دادن خازن اصلاح ضریب توان در مدار لامپ می باشد. وجود خازن سبب تزریق مؤلفه راکتیو جریان شده، لذا جریان و توان راکتیو مصرفی از دید شبکه کاهش می یابد که ستون های یک و دو جدول (۲) بترتیب نشان دهنده این موضوع می باشند. همچنین با مشاهده ستون سوم جدول (۲) میتوان نکات زیر را بیان نمود:

۱- کوچکترین ضریب قدرت قبل از اصلاح (استفاده از خازن) مربوط به لامپ بخار سدیم با توان ۲۱۰ وات و برابر ۰/۳۷۷ می باشد.

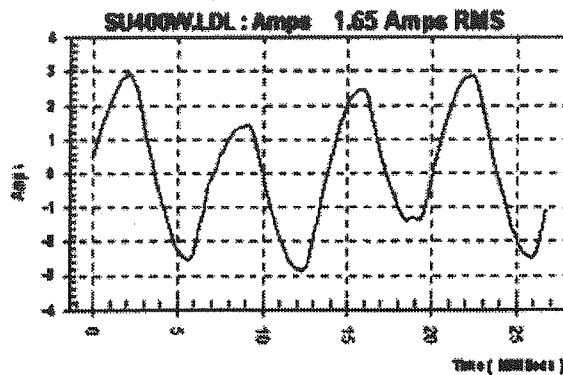
۲- بیشترین ضریب قدرت پس از اصلاح مربوط به لامپ بخار جیوه با توان ۲۵۰ وات و برابر ۰/۸۴ می باشد.

۳- با توجه به بند ۲ با وجود اصلاح هنوز ضریب قدرت کمتر از حد قابل قبول (از نظر شرکت های برق منطقه ای ضریب قدرت قابل قبول ۰/۹ می باشد) بوده و حاکی از آن است که خازن بکار رفته کافی نیست و بهتر است از خازن بزرگتر استفاده شود.

مدار سه فاز لامپ تخلیه گازی (باخازن) شبیه سازی شده در شکل (۱۱) نشان داده شده است.

در این مدار با انتخاب سه مقدار خازن متفاوت و شبیه سازی و محاسبه ضریب قدرت در سه مرحله برای لامپ تخلیه گازی ۲۵۰ وات نتایج زیر بدست آمده است:

ضریب قدرت به ازای خازن ۲۵،۱۶ و ۴۵ میکروفاراد بترتیب برابر ۰/۶۴، ۰/۷۳۳، ۰/۹۹۵ می باشد که با توجه به نتایج بدست آمده می توان گفت که با انتخاب خازن مناسب میتوان ضریب قدرت را به واحد نزدیکتر کرد.



شکل (۹) شکل موج اندازه گیری شده جریان سیم نول مدار لامپ تخلیه گازی (بدون خازن).

۲- استفاده از خازن اصلاح ضریب توان در مدار لامپ های تخلیه گازی

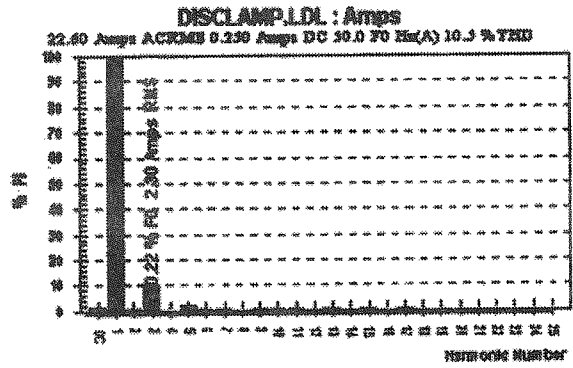
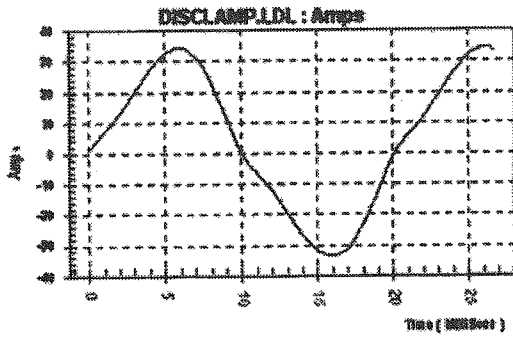
همانگونه که در شکل (۴) مشاهده شد جهت محدود کردن جریان لامپ تخلیه گازی و ایجاد ولتاژ بالا برای راه اندازی لامپ، مدار لامپ نیاز به چوک (بالاست) دارد که همین امر موجب کاهش ضریب قدرت می شود. همانطوریکه در جدول (۲) مشاهده می شود ضریب قدرت قبل از اصلاح (بدون خازن) بین ۰/۳۷۷ و ۰/۵۴۳ می باشد.

استفاده از تعداد زیاد این لامپ ها در کارخانجات، میادین ورزشی و... موجب کاهش قابل ملاحظه ضریب توان شبکه برق مربوطه می گردد، که این مشکل با خازن گذاری محلی در مدار لامپ تا حدودی بر طرف می شود. در تاسیسات مورد مطالعه بسته به توان لامپ، ۲۱۰ تا ۲۵۰ وات از خازن ۱۶ یا ۱۸ میکروفاراد و برای لامپ های ۴۰۰ وات از خازن های ۲۵ میکروفاراد استفاده شده است.

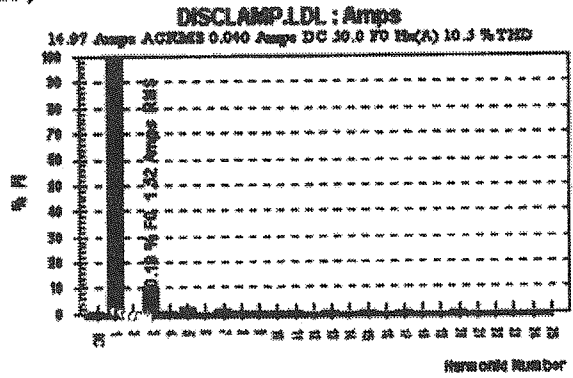
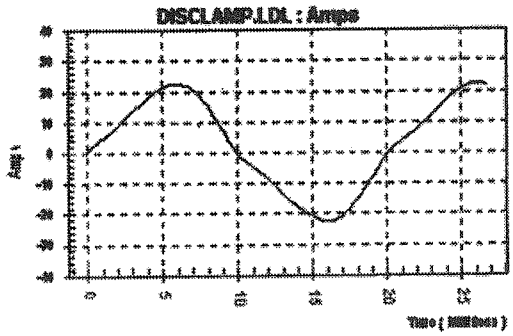
جدول (۲)، ستون های (۱، ۲ و ۳)، بترتیب مقادیر جریان، توان راکتیو و ضریب توان حاصل از نتایج اندازه گیری عملی

جدول (۲) جریان [آمپر] - توان راکتیو [وار] - ضریب قدرت و THD% اندازه گیری شده مربوط به لامپ های تخلیه گازی.

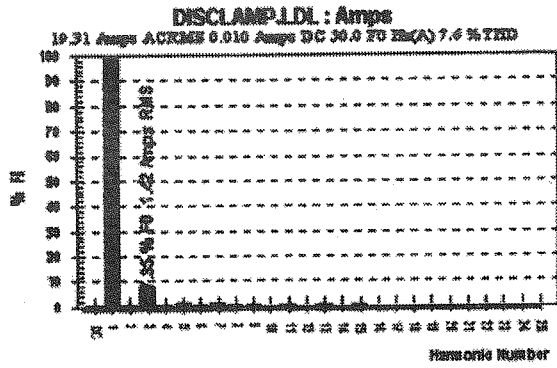
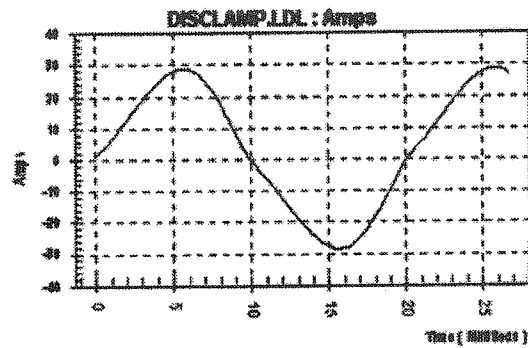
%THD(I)	ضریب توان		توان راکتیو (وار)		جریان (آمپر)		نوع لامپ	
	بدون خازن	با خازن	بدون خازن	با خازن	بدون خازن	با خازن		
۱۳/۹	۸/۲	۰/۶۵۷	۰/۳۷۷	۴۸۵	۱۰۴۶	۲/۷۶	۵/۰۸	سدیم ۲۱۰
۱۵	۶/۶	۰/۶۸۲	۰/۳۸۶	۵۳۴	۱۱۰۴	۳/۳	۵/۲۴	سدیم ۲۵۰
۱۲/۴	۷/۳	۰/۶۳۸	۰/۴۱۸	۹۵۶	۱۷۱۴	۵/۴۷	۸/۳۸	سدیم ۴۰۰
۱۴/۸	۹/۴	۰/۸۴	۰/۵۲۱	۳۵۶	۷۴۶	۲/۹۴	۳/۹۵	جیوه ۲۵۰
۱۴/۸	۹/۱	۰/۸۳۱	۰/۵۳۴	۵۶۸	۱۲۸۵	۴/۶۱	۶/۹۷	جیوه ۴۰۰



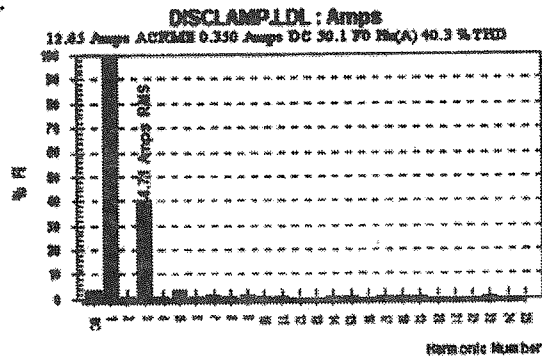
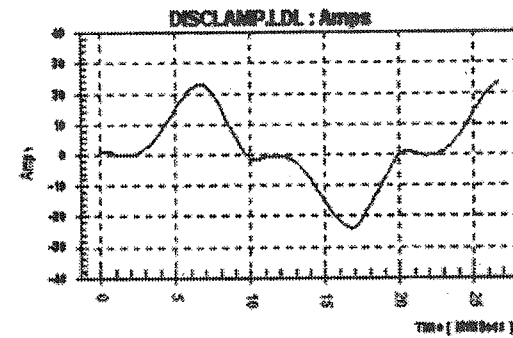
(الف)



(ب)



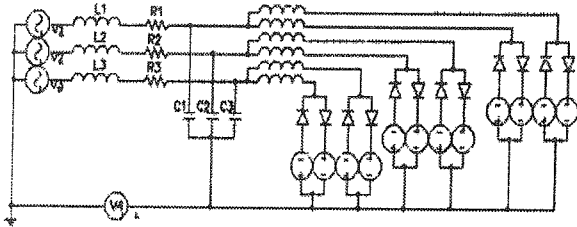
(ج)



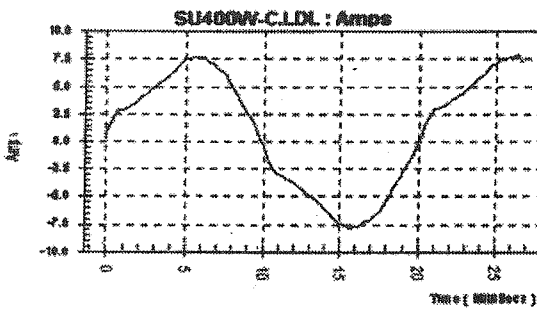
(د)

شکل (۱۰) موج اندازه گیری شده و طیف هارمونیک جریانی فاز a (ب) فاز b (ج) فاز c (د) سیم نول مربوط به قسمتی از روشنایی محوطه (بدون خازن) در مجتمع صنایع لاستیک کرمان.

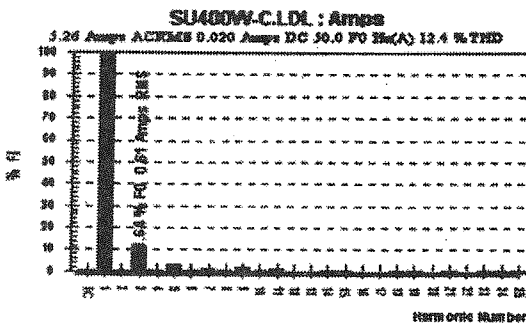
مربوط به حالتی که نقطه اتصال ستاره خازن ها از سیم نول قطع می باشد را نشان می دهد. این شکل کاهش جریان را در مقایسه با شکل (۱۳) نشان می دهد که تأییدی بر صحت نتایج حاصل از شبیه سازی انجام شده در این حالت



شکل (۱۱) مدار سه فاز لامپ تخلیه گازی (باخازن).

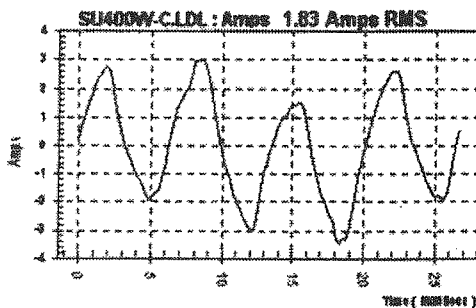


(الف)



(ب)

شکل (۱۲) جریان فاز پس از اصلاح ضریب قدرت (الف) شکل موج جریان (ب) طیف هارمونیکی مربوطه.



شکل (۱۳) شکل موج جریان سیم نول مدار لامپ تخلیه گازی پس از اصلاح ضریب قدرت.

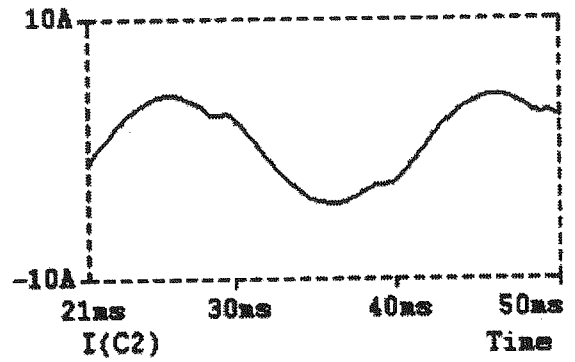
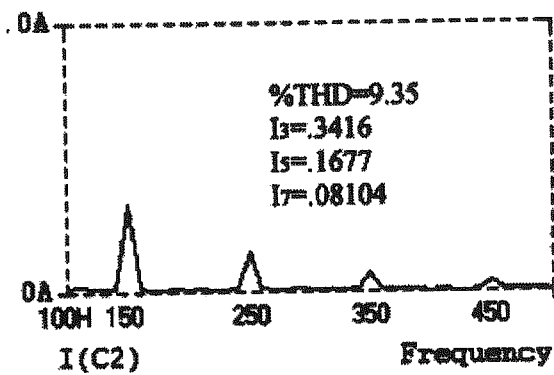
نکته دیگری که در جدول (۲) مشاهده می شود افزایش در صد ضریب اعوجاج کلی (THD%) پس از اصلاح ضریب قدرت لامپ تخلیه گازی می باشد. اگر چه مقایسه شکل های (۷) و (۱۲) نشان میدهند که مقدار هارمونی های جریان فاز پس از اصلاح ضریب قدرت اندکی افزوده شده است، لیکن افزایش THD% به طور عمده بدلیل کاهش مؤلفه اصلی جریان در اثر افزودن خازن می باشد.

لازم به توضیح است که عبور جریان هارمونیکی از امپدانس منبع باعث ایجاد هارمونی در ولتاژ فاز می گردد که به نوبه خود جریان هارمونیکی متناظر در خازن ها ایجاد نموده و با هارمونی های قبلی جریان جمع و سبب افزایش دامنه هارمونی های جریان فاز می گردد.

۳- اثر قطع نقطه صفر اتصال ستاره خازن از سیم نول

با مقایسه شکل های (۹ و ۱۳) مشاهده می شود که مقدار جریان جاری شده در سیم نول پس از اصلاح ضریب قدرت بیشتر از حالت قبل از اصلاح می باشد. علت این مسئله همانگونه که در قسمت قبل بیان شد اینست که جریان مصرفی توسط لامپ های مذکور آلوده به هارمونی بوده و با توجه به وجود امپدانس منبع، هارمونی های جریان باعث تولید هارمونی ولتاژی شوند. بنابراین با توجه به شکل (۱۱) ولتاژ دو سر خازن ها آلوده به هارمونی بوده و با توجه به خطی بودن امپدانس خازن، جریان خازن ها در شکل (۱۴) آلوده به هارمونی با مرتبه هارمونی های موجود در طیف هارمونیکی جریان فاز می باشد. بنابراین هارمونی های مضرب سه موجود در جریان خازن های اصلاح ضریب توان در نقطه صفر اتصال ستاره با یکدیگر جمع شده و به جریان نول اضافه می گردد که همین امر سبب افزایش مقدار جریان نول می گردد. لذا جهت جلوگیری از تزریق این جریان در سیم نول می توان نقطه صفر اتصال ستاره خازن ها را از سیم نول قطع کرد.

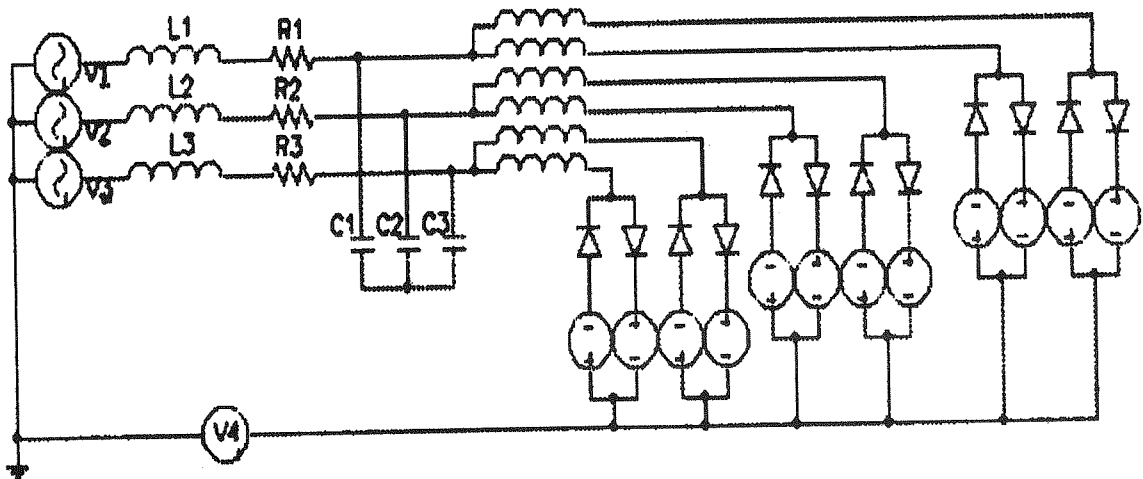
شکل (۱۵) مدار سه فاز لامپ تخلیه گازی در حالتی که نقطه صفر اتصال ستاره از سیم نول قطع می باشد را نشان می دهد. بدلیل سه سیمه بودن اتصال ستاره خازن ها جریان در آنها نمی تواند دارای هارمونیکی سوم باشد. شکل (۱۶) شکل موج و طیف هارمونیکی جریان خازن C_3 در شکل (۱۵) را نشان می دهد. همانگونه که در این شکل مشاهده می شود هارمونی سوم و مضارب آن بسیار ناچیز بوده و در مقایسه با شکل (۱۴) دامنه هارمونی های مذکور قابل صرف نظر می باشد. لذا جریان سیم نول شکل (۱۱) از ۵۴۵/۲ آمپر به ۲/۵۰۰ آمپر در شکل (۱۷) کاهش می یابد. شکل (۱۸) جریان سیم نول حاصل از نتایج اندازه گیری عملی



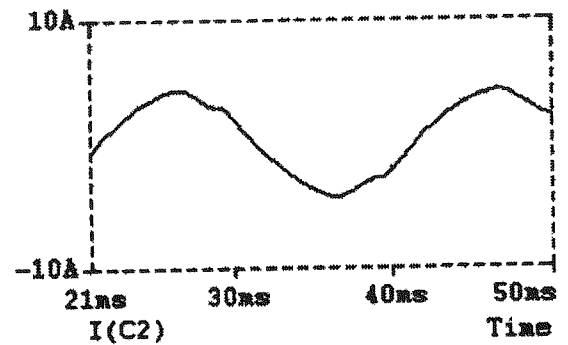
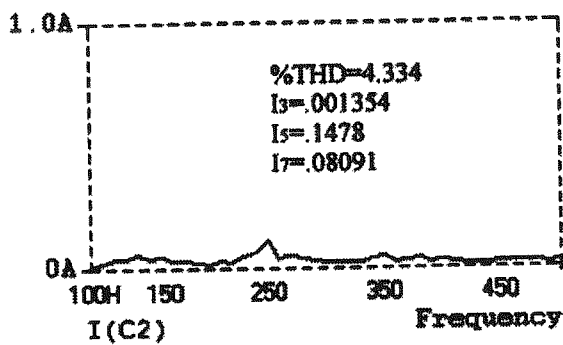
(ب)

(الف)

شکل (۱۴) جریان خازن C3 شکل (۱۱) الف) شکل موج جریان ب) طیف هارمونیکی مربوطه.



شکل (۱۵) مدار سه فاز لامپ تخلیه گازی (نقطه صفر اتصال ستاره خازن ها از سیم نول قطع است).



(ب)

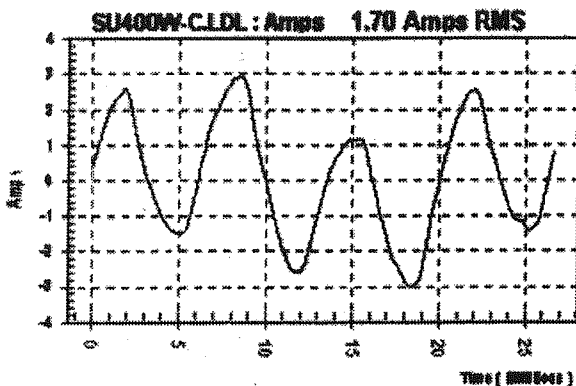
(الف)

شکل (۱۶) جریان خازن C3 در شکل (۱۵) الف) شکل موج جریان ب) طیف هارمونیکی مربوطه.

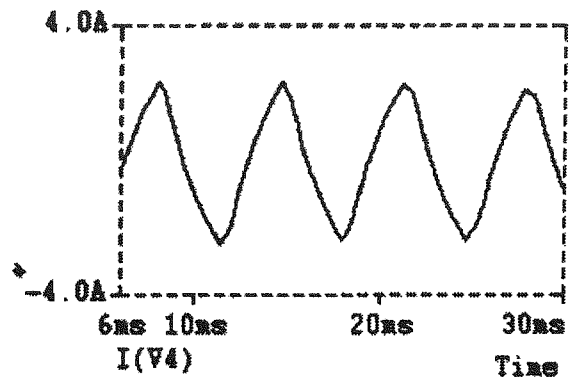
انتظار می رود جریان عبوری از آن ناچیز و فقط مربوطه به عدم تقارن بار باشد، ممکن است در عمل به دلیل حضور هارمونی های مضرب سه جریان نسبتاً زیادی را حمل نماید. عدم پیش بینی این مسئله می تواند مشکلاتی را در شبکه قدرت بوجود آورد.

در صورت اصلاح ضریب توان، میزان اعوجاج هارمونیکی و THD% جریان فاز و سیم نول نسبت به حالت قبل بیشتر می شود. افزایش اعوجاج هارمونیکی ناشی از مشارکت هارمونی های جریان خازن است که خود در اثر هارمونی های تولید شده در ولتاژ منبع به دلیل جریان غیرسینوسی لامپ بوجود می آید. افزایش THD% علاوه بر اینکه متأثر از هارمونی های تولید شده توسط خازن است لیکن عمدتاً ناشی از حذف مؤلفه راکتیو جریان پس از اصلاح ضریب قدرت می باشد.

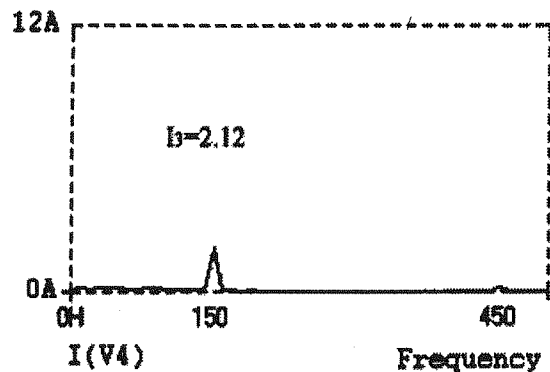
همچنین نشان داده شد که جریان سیم نول در حالتی که نقطه صفر اتصال ستاره خازن از سیم نول باز می شود کمتر از حالتی است که نقطه مذکور به سیم نول وصل باشد که علت این موضوع تزریق جریان هارمونی مضرب سه توسط خازن های اصلاح ضریب توان در حالت وصل نقطه صفر ستاره خازن ها به سیم نول می باشد. لذا اگر از خازن اصلاح ضریب توان در مدار لامپ استفاده می شود بهتر است که نقطه صفر اتصال خازن ها از سیم نول قطع باشد.



شکل (۱۸) شکل موج جریان سیم نول مدار لامپ سه فاز (نقطه صفر اتصال ستاره خازن شناور).



(الف)



(ب)

شکل (۱۷) جریان نول (الف) شکل موج جریان (ب) طیف هارمونیکی مربوط به مدار شکل (۱۵).

نتیجه گیری

اعوجاج هارمونیکی و ضریب قدرت لامپ های تخلیه گازی در دو حالت با خازن و بدون خازن اصلاح ضریب توان با استفاده از نتایج شبیه سازی و اندازه گیری عملی بررسی و تحلیل گردید که تطابق خوب بین نتایج حاکی از دقت و صحت آنهاست.

یکی از نکات قابل تأمل اینست که به دلیل مشخصه غیرخطی لامپ های تخلیه گازی جریان فازها آلوده به هارمونی بوده هارمونی های مضرب سه در سیم نول جمع می شوند و مقدار قابل ملاحظه ای را تشکیل دهند. بنابراین سیمی که

مراجع

- [1] J. Arrillaga, D. A. Bradley YP. S. Bodger, "Power System Harmonics", John Wiley & Sons, July 1989.
- [2] "Fluorescent lamps and lighting, by W. Elenbass (and others), Holland, philips Technical library, 1985.
- [3] A. Model of Mercury Arcs Lamp's Terminal V-I Behavior" IEEE Transaction on Industry Appliacation, Vol. IA-178, No.4, July-August 1981, pp. 419-426.
- [4] "A Harmonic Domain computational Package for Nonlinear Problems and it Application to Electric Arcs" E. Acha A. semlyen N. Rajakovic IEEE Transaction on Power Delivery, Vol. 5, No. 3, July-1990, pp. 1390-1397.