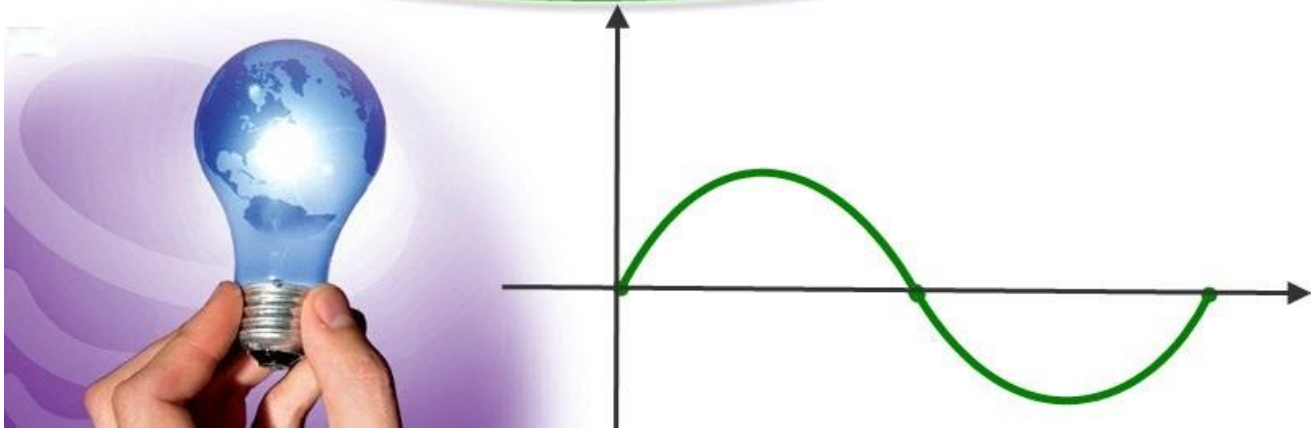
برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

موضوع پروژه:

# ارزیابی اثرات هارمونیک ها بر کیفیت توان الکتریکی

WikiPower.ir

برای خرید فایل wordاین پروژه اینجا کلیک کنید.

( شماره پروژه = ۴۰۱ )

پشتیبانی: ۰۹۳۵۵۴۰۵۹۸۶

هنگامی‌که استفاده از مبدل‌های الکترونیک قدرت در اواخر دهه ۱۹۷۰ معمول گردید، توجه بسیاری از مهندسین شرکت‌های برق درمورد توانایی پذیرش اعوجاج هارمونیکی توسط سیستم‌های قدرت را برانگیخت . پیش‌بینی‌های مأیوس‌کننده‌ای از سرنوشت سیستم‌های قدرت درصورت اجازه استفاده ازاین تجهیزات انجام گرفت. درحالی‌که بعضی ازاین نگرانی‌ها احتمالاً بیش از حد قلمداد گردیدند، ولی بررسی مفهوم کیفیت برق مدیون این افراد به‌دلیل پیگیری آنها درمورد این مسئله می‌باشد.

بروز هارمونیک در سیستم‌های برق اولین پیامد عناصر غیرخطی در شبکه است. به‌خاطر گسترش فزاینده استفاده از عناصر غیرخطی در سیستم‌های برق، مانند راه‌اندازها (درایورهای تنظیم سرعت) و مبدل‌های الکترونیکی قدرت، مقدار هارمونیک شکل موج جریان و ولتاژ به‌طور چشمگیری افزایش یافته است و بنابراین اهمیت موضوع کاملاً مشخص است.

WikiPower.ir

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

فهرست :

مقدمه

.....

.....۶

فصل اول

.....

.....۸

هارمونیک و تشکیل هارمونیک

.....۹

بررسی انواع هارمونیک

.....

۱۰..

مزایای فنی و اقتصادی کاهش هارمونیک‌ها

.....۱۲

فصل دوم

.....

.....۱۳

منابع تولید هارمونیک

.....

۱۴.....

WikiPower.ir

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

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

.....۱۵

بررسی استانداردها

.....

.....۱۸

فصل سوم

.....

.....۲۲

کیفیت توان الکتریکی

.....

.....۲۳

نامتعادلی ولتاژ

.....

.....۳۲

اجرای بحث کیفیت توان

.....

۳۶...

مبحث های کیفیت

.....

.....۵۱

WikiPower.ir

فصل چهارم

.....

.....۵۵

جبران توان راکتیو

.....

.....۵۶

اندازه گیری و بهبود کیفیت توان الکتریکی

.....۵۹

The How's and Why's of Harmonic **Distortion**

.....۶۶

منابع و مواخذ

.....

.....۷۵

WikiPower.ir

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

## چکیده

هنگامی‌که استفاده از مبدل‌های الکترونیک قدرت در اواخر دهه ۱۹۷۰ معمول گردید، توجه بسیاری از مهندسین شرکت‌های برق درمورد توانایی پذیرش اعوجاج هارمونیکی توسط سیستم‌های قدرت را برانگیخت . پیش‌بینی‌های مأیوس‌کننده‌ای از سرنوشت سیستم‌های قدرت درصورت اجازه استفاده ازاین تجهیزات انجام گرفت. درحالی‌که بعضی ازاین نگرانی‌ها احتمالاً بیش از حد قلمداد گردیدند، ولی بررسی مفهوم کیفیت برق مدیون این افراد به‌دلیل پیگیری آنها درمورد این مسئله می‌باشد.

بروز هارمونیک در سیستم‌های برق اولین پیامد عناصر غیرخطی در شبکه است. به‌خاطر گسترش فزاینده استفاده از عناصر غیرخطی در سیستم‌های برق، مانند راه‌اندازها (درایورهای تنظیم سرعت) و مبدل‌های الکترونیکی قدرت، مقدار هارمونیک شکل موج جریان و ولتاژ به‌طور چشمگیری افزایش یافته است و بنابراین اهمیت موضوع کاملاً مشخص است.

WikiPower.ir

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

**مقدمه**

بررسی مسائل هارمونیک‌ها منجر به تحقیقاتی گردید که نتایج آن نقطه‌نظرات متعددی درمورد کیفیت برق بود. به‌نظر برخی از محققین، اعوجاج هارمونیکی هنوز مهمترین مسئلـه کیفیت برق می‌باشد. مسائل هارمونیکی با بسیاری از قوانین معمولی طراحی سیستم‌های قدرت و عملکرد آن تحت فرکانس اصلی مغایر است. بنابراین مهندس برق با پدیده‌های ناآشنایی روبرو می‌شود که نیاز به ابزار پیچیده و تجهیزات پیشرفته برای حل مشکلات و تجزیه و تحلیل آنها دارد. گرچه تحلیل مسائل هارمونیکی می‌تواند دشوار باشد، ولی خوشبختانه همهٔ سیستم قدرت دارای مشکل هارمونیکی نیست و فقط درصد کمی از فیدرهای مربوط به سیستم‌های توزیع تحت‌تأثیر عوامل ناشی از هارمونیک‌ها قرار می‌گیرند. مشترکین برق در صورت وجود هارمونیک‌ها مشکلات زیادتری از شرکت‌های برق را تحمل می‌کنند. مشترکین صنعتی که از محرکه‌های موتور با قابلیت تنظیم سرعت، کوره‌های قوس الکتریکی، کوره‌های القایی، یکسوکننده‌ها ، اینورترها، دستگاه‌های جوش و نظایر آن استفاده می‌کنند، نسبت به مسائل ناشی از اعوجاج هارمونیکی ضربه‌پذیرتر از بقیهٔ مشترکین می‌باشند.

اعوجاج هارمونیکی یک پدیده جدید در سیستم‌های قدرت به شمار نمی‌رود. نگرانی ناشی از اعوجاج در بسیاری از دوره‌ها درسیستم‌های قدرت الکتریکی جریان متناوب وجود داشته و دنبال شده است. جستجوی منابع و مطالب تکنیکی دهه‌های قبل نشان می‌دهد که مقالات مختلفی دررابطه با این موضوع انتشار یافته است. اولین منابع هارمونیکی شناخته‌شده، ترانسفورماتورها بودند و اولین مشکل نیز در سیستم‌های تلفن پدید آمد. استفاده گروهی از لامپ‌های قوس الکتریک به‌دلیل مؤلفه‌های هارمونیکی توجهات خاصی را برانگیخت ولی این مسائل به اندازه اهمیت مسئله مبدل‌های الکترونیک قدرت در سال‌های اخیر نبوده است. خوشبختانه در طی این سال ها پژوهشگران متوجه شده اند که اگر سیستم انتقال به نحو مناسبی طراحی گردد، به‌نحوی که بتواند مقدار توان مورد نیاز بارها را به راحتی تأمین نماید، احتمال ایجاد مشکل ناشی از هارمونیک‌ها برای سیستم قدرت بسیار کم خواهدبود، گرچه این هارمونیک‌ها می‌توانند موجب مسائلی در

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

سیستم‌های مخابراتی شوند. اغلب در سیستم‌های قدرت مشکلات زمانی بروز می‌کنند که خازن‌های موجود در سیستم باعث ایجاد تشدید دریک فرکانس هارمونیکی گردند. دراین شرایط اغتشاشات و اعوجاجات، بسیار بیش از مقادیر معمول می‌گردند. امکان ایجاد این مشکلات در مورد مراکز کوچک مصرف وجود دارد ولی شرایط بدتر در سیستم‌های صنعتی به‌دلیل درجه زیادی از تشدید رخ می‌دهد.

WikiPower.ir

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

**هدف**

هدف از این تحقیق ارزیابی هارمونیک ها و منابع بوجود آورنده آنها وهمچنین تاثیرشان برروی کیفیت توان الکتریکی وپیامدهای فنی واقتصادی کاهش آنها و همچنین تاثیرشان بر تعادل ونا متعادلی ولتاژ وارزیابی تاثیر جبران توان راکتیو بر بهبود کیفیت توان الکتریکی و اجرای بحث کیفیت توان برابر با استاندارد ها و مباحث ان میباشد

WikiPower.ir

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

# فصل اول

## هارمونیک ها

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

## هارمونیک و تشکیل هارمونیک

هنگامی‌که استفاده از مبدل‌های الکترونیک قدرت در اواخر دهه ۱۹۷۰ معمول گردید، توجه بسیاری از مهندسین شرکت‌های برق درمورد توانایی پذیرش اعوجاج هارمونیکی توسط سیستم‌های قدرت را برانگیخت . پیش‌بینی‌های مأیوس‌کننده‌ای از سرنوشت سیستم‌های قدرت درصورت اجازه استفاده ازاین تجهیزات انجام گرفت. درحالی‌که بعضی ازاین نگرانی‌ها احتمالاً بیش از حد قلمداد گردیدند، ولی بررسی مفهوم کیفیت برق مدیون این افراد به‌دلیل پیگیری آنها درمورد این مسئله می‌باشد.

بروز هارمونیک در سیستم‌های برق اولین پیامد عناصر غیرخطی در شبکه است. به‌خاطر گسترش فزاینده استفاده از عناصر غیرخطی در سیستم‌های برق، مانند راه‌اندازها (درایورهای تنظیم سرعت) و مبدل‌های الکترونیکی قدرت، مقدار هارمونیک شکل موج جریان و ولتاژ به‌طور چشمگیری افزایش یافته است و بنابراین اهمیت موضوع کاملاً مشخص است.

WikiPower.ir

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

## بررسی انواع هارمونیک

بررسی مسائل هارمونیک‌ها منجر به تحقیقاتی گردید که نتایج آن نقطه‌نظرات متعددی درمورد کیفیت برق بود. به‌نظر برخی از محققین، اعوجاج هارمونیکی هنوز مهمترین مسئلـه کیفیت برق می‌باشد. مسائل هارمونیکی با بسیاری از قوانین معمولی طراحی سیستم‌های قدرت و عملکرد آن تحت فرکانس اصلی مغایر است. بنابراین مهندس برق با پدیده‌های ناآشنایی روبرو می‌شود که نیاز به ابزار پیچیده و تجهیزات پیشرفته برای حل مشکلات و تجزیه و تحلیل آنها دارد. گرچه تحلیل مسائل هارمونیکی می‌تواند دشوار باشد، ولی خوشبختانه همهٔ سیستم قدرت دارای مشکل هارمونیکی نیست و فقط درصد کمی از فیدرهای مربوط به سیستم‌های توزیع تحت‌تأثیر عوامل ناشی از هارمونیک‌ها قرار می‌گیرند. مشترکین برق در صورت وجود هارمونیک‌ها مشکلات زیادتری از شرکت‌های برق را تحمل می‌کنند. مشترکین صنعتی که از محرکه‌های موتور با قابلیت تنظیم سرعت، کوره‌های قوس الکتریکی، کوره‌های القایی، یکسوکننده‌ها ، اینورترها، دستگاه‌های جوش و نظایر آن استفاده می‌کنند، نسبت به مسائل ناشی از اعوجاج هارمونیکی ضربه‌پذیرتر از بقیهٔ مشترکین می‌باشند.

اعوجاج هارمونیکی یک پدیده جدید در سیستم‌های قدرت به شمار نمی‌رود. نگرانی ناشی از اعوجاج در بسیاری از دوره‌ها درسیستم‌های قدرت الکتریکی جریان متناوب وجود داشته و دنبال شده است. جستجوی منابع و مطالب تکنیکی دهه‌های قبل نشان می‌دهد که مقالات مختلفی دررابطه با این موضوع انتشار یافته است. اولین منابع هارمونیکی شناخته‌شده، ترانسفورماتورها بودند و اولین مشکل نیز در سیستم‌های تلفن پدید آمد. استفاده گروهی از لامپ‌های قوس الکتریک به‌دلیل مؤلفه‌های هارمونیکی توجهات خاصی را برانگیخت ولی این مسائل به اندازه اهمیت مسئله مبدل‌های الکترونیک قدرت در سال‌های اخیر نبوده است.

خوشبختانه در طی این سال ها پژوهشگران متوجه شده اند که اگر سیستم انتقال به نحو مناسبی طراحی گردد، به‌نحوی که بتواند مقدار توان مورد نیاز بارها را به راحتی تأمین نماید، احتمال ایجاد مشکل ناشی از هارمونیک‌ها برای سیستم قدرت بسیار کم خواهدبود، گرچه این هارمونیک‌ها می‌توانند موجب مسائلی در سیستم‌های مخابراتی شوند. اغلب در سیستم‌های قدرت مشکلات زمانی بروز می‌کنند که خازن‌های موجود در سیستم باعث ایجاد تشدید دریک فرکانس هارمونیکی گردند. دراین شرایط اغتشاشات و اعوجاجات، بسیار بیش از مقادیر معمول می‌گردند. امکان ایجاد این مشکلات در مورد مراکز کوچک مصرف وجود دارد ولی شرایط بدتر در سیستم‌های صنعتی به‌دلیل درجه زیادی از تشدید رخ می‌دهد.

WikiPower.ir

**علت ایجاد اعوجاج هارمونیکی**

اعوجاج هارمونیکی در سیستم‌های قدرت ناشی از عناصر غیرخطی می‌باشد. عنصر غیرخطی عنصری است که جریان آن متناسب با ولتاژ اعمالی نمی‌باشد افزایش چند درصدی ولتاژ ممکن است باعث شود که جریان دوبرابر شده و نیز موج جریان شکل دیگری به خود بگیرد. این مورد ساده ای از منبع تولید اعوجاج در سیستم قدرت می‌باشد.

هر شکل موج اعوجاجی پریودیک را می‌توان به صورت جمع موج‌های سینوسی بیان نمود. یعنی وقتی که شکل موج از یک سیکل به سیکل دیگر تغییر نکند، این موج را می‌توان به صورت جمع امواج سینوسی خالص که درآن فرکانس هر موج سینوسی، مضرب صحیحی از فرکانس اصلی موج اعوجاجی است نمایش داد. این موج‌های سینوسی که فرکانس آن‌ها ضریب صحیحی از فرکانس اصلی می‌باشند، هارمونیک‌های مؤلفه اصلی گویند. جمع این موج‌های سینوسی به سری فوریه معروف است این مفهوم ریاضی اولین بار توسط فوریه ریاضیدان فرانسوی مورد توجه قرار گرفت.

WikiPower.ir

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

## مزایای فنی و اقتصادی کاهش هارمونیک‌ها

اگرچه بحث تفصیلی درمورد خسارات هارمونیک‌ها ، پیچیده است ولی می‌توان در یک جمع‌بندی اجمالی مزایای کاهش هارمونیک‌ها را به‌شرح زیر بیان نمود:

1) کاهش تلفات تجهیزات الکتریکی و شبکه برق‌رسانی

2) آزادسازی ظرفیت تجهیزات شبکه مانند موتورهای الکتریکی و ترانسفورماتورها

3) افزایش طول عمر تجهیزات به‌دلیل کاهش تلفات و کاهش درجه حرارت

4) کاهش احتمال رزونانس موازی و سری در شبکه

5) افزایش راندمان موتورهای الکتریکی

6) کاهش خطای عملکرد رله‌ها ، تجهیزات کنترلی و حفاظتی شبکه ناشی از تأثیرات هارمونیک‌ها

7) کاهش خطای قرائت دستگاه‌های اندازه‌گیری و کنتورها و در نتیجه کاهش خطای مبالغ دریافتی از مشترکین

8) بهبود رضایت مشترکین به‌دلیل بهبود کیفیت توان

WikiPower.ir

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

## تجهیزات آسیب‌پذیر

موتورهای الکتریکی ازجمله وسایلی هستند که درمعرض بیشترین اثر نامطلوب هارمونیک‌ها قراردارند، هارمونیک حاصل‌از ولتاژ تغذیه باعث تلفات بالاتر در موتورهای الکتریکی شده که باعث کاهش ظرفیت نامی می‌شود. کاهش عمر و فرسوده شدن عایق‌بندی موتور به‌خاطر افزایش دمای داخلی بالاتراز میزان نامی، از دیگر اثرات نامطلوب هارمونیک‌ها در موتورهای الکتریکی است.

سیستم عایق‌بندی آسیب‌پذیرترین قسمت یک موتور الکتریکی درمقابل افزایش دمای حاصل‌از هارمونیک است.تسریع در فرسایش، خطا و مشکلات عایقی و کاهش عمر معمول‌ترین نشانه‌های مشاهده شده در سیستم‌های عایقیِ درمعرض اضافه حرارت، می‌باشد.

WikiPower.ir

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

# فصل دوم

# منابع تولید هارمونیک

WikiPower.ir

## منابع تولید هارمونیک

پیدایش عناصر نیمه هادی و المان‌های غیرخطی نظیر دیود ، تریستور و ... و استفادهٔ فراوان از آنها در شبکه‌های قدرت عامل جدیدی برای ایجاد هارمونیک در سیستم‌های قدرت به‌وجود آورد. کاربرد این عناصر را می‌توان در تجهیزات و سیستم‌های قدرت زیر دید:

-کوره‌های قوس الکتریکی و القایی

-یکسوکننده‌ها و مبدل‌های الکترونیک قدرت

-تجهیزات مورد استفاده در کنترل‌کننده‌های سرعت ماشین‌های الکتریکی(VSD )

-کاربرد SVC بعنوان ابزار مهمی درکنترل توان راکتیو

-بارهای غیرخطی شامل دستگاه‌های جوشکاری

-جریان مغناطیسی ترانسفورماتور

از سوی دیگر عوامل زیر را نیز می‌توان به عنوان تولیدکنندهٔ هارمونیک در نظر گرفت:

-تولید شکل موج غیر سینوسی توسط ماشین‌های سنکرون ناشی از وجود شیارها و عدم توزیع یکنواخت سیم‌پیچی‌های استاتور

-توزیع غیر سینوسی فوران مغناطیسی در ماشین‌های سنکرون

همچنین صنایع زیر را می‌توان از جمله عوامل تولید هارمونیک در شبکه‌های الکتریکی محسوب نمود:

-صنایع شامل مجتمع‌های شیمیایی و پتروشیمی و نیز صنایع ذوب آلومینیم که از یکسوکننده‌های پرقدرت برای تولید برق DC مورد نیاز انجام فرآیندهای شیمیائی و ذوب آلومینیم استفاده می‌کنند. با توجه به قدرت بالا، این یکسوکننده‌ها هارمونیک قابل ملاحظه‌ای در شبکهٔ قدرت به وجود می‌آورند.

-استفاده از سیستم‌های الکترونیک قدرت در سیستم حمل و نقل برقی مانند اتوبوس برقی و متروها باعث می‌شود سطوح زیادی از هارمونیک به سیستم توزیع تزریق شود.

-بارهای غیرخطی مانند کوره‌های قوس الکتریکی که در صنایع ذوب‌آهن استفاده می‌شود از عوامل تولید

هارمونیک در مقیاس بزرگ می‌باشند.

**بررسی نقش لامپ های کم مصرف در تولید هارمونیک و اثرات آن بر شبکه های توزیع**

از آنجایی که روشنایی یکی از عوامل مهم مصرف انرژی الکتریکی درساعات اوج شبکه می باشد و به تنهایی در حدود ۳۵ در صد بار پیک رأ شامل می شود. سعی در تعویض فرهنگ و کاهش مصرف انرژی الکتریکی مربوط به روشنایی کمکی در جهت حمل شبکه و به خصوص مدیریت بار در ساعات اوج مصرف می باشد. با توجه به پیشرفت ساخت تجهیزات الکترونیک صنعتی و در راستای آن لامپ های جدید با مصرف کم که دارای بهره وری قابل ملاحظه میباشد. فکر استفاده از این لامپ ها و تعویض تدریجی لامپ های موجود در راستای اهداف بیان شده و صرفه جویی انرژی در سال های اخیر مورد توجه قرار گرفته استفاده است. از جمله نکات مورد توجه در این رابطه عبارتد از:

الف_توجیه اقتصادی کاربرد زیاد لامپ های کم مصرف در شبکه سراسری در نتیجه کاهش پیک بار اکتیو

ب-توجیه استهلاک هزینه نسبتاً گران خرید لامپ های فوق با توجه به مصرف کم انرژی و طول عمر زیاد آن از دید مصرف کننده

ج_توجیه کاهش مشکلات مدیریت بار با توجه به استفاده از این نوع لامپ ها در پیک بار

لازمه تبلیغ برای تغییر فرهنگ مصرف لامپ های موجود با لامپ های کم مصرف جدید ضرورتاً نیاز به بررسی و تحلیل کارشناسانه پیرامون اثرات مختلف این موضوع دارد تا با پیش بینی مسائل احتمالی ناشی

از این پدیده بتوان تمهیدات لازم را به مورد اجرا گذاشت. در این رابطه سعی شده است به کمک آزمایش تجربی بر روی دو نمونه از این لامپ ها (ساخت داخل و خارج کشور) به اندازه گیری مشخصه های الکتریکی آنی پرداخته با توجه به نتایج عملی بدست آمده روی اثرات سوء استفاده کنندگان از لامپ های فوق بر روی شبکه و در اولیت اول شبکه های توزیع، بحث و بررسی صورت پذیرد. آزمایشات نشان می دهد که لامپ های مورد نظر دارای ضریب قدرت پائین و ضریب کل اعوجاج هارمونیکی بالایی می باشند.بنابراین اگر استفاده از این لامپ ها افزایش یابد و سهم عمده ای از بار روشنایی کل شبکه را در برگیرداحتمال زیان دیدن کیفیت ولتاژ شبکه افزایش یافته و در این صورت بر روی دیگر تجهیزات شبکه و مصرف کننده با مشکلات جدید روبرو خواهیم شد.

WikiPower.ir

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

**بدست آوردن مشخصه های الکتریکی لامپ های کم مصرف:**

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

لامپ فلورسنت کم مصرف با بهره نوری بالا ، ساخت کارخانه اسرام و توان مصرفی ۲۳ وات با عمر نزدیک به ۸۰۰۰ ساعت و شدت روشنایی معادل لامپ رشته ای ۱۲۰ وات

لامپ فلورسنت کم مصرف با بهره نوری بالا ، ساخت کارخانه داخلی و توان مصرفی ۲۰ وات ،با عمر نزدیک به ۸۰۰۰ ساعت و شدت روشنایی لامپ رشته ای ۱۰۰ وات

کارایی لامپ های فوق با توجه به مشخصات زیر مورد تجزیه و تحلیل قرار می گیرد.

۱-بهره نوری بالا

۲-توان مصرفی پایین

۳-ضریب توان ضعیف

۴-درصد کل اعوجاج هارمونیک های تولیدی

بحث و بررسی در سه مورد اول در مقالات مختلفی تحلیل شده است و توجه اصلی بر روی فاکتور چهارم معطوف می باشد.

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

زمانی که نسبت بار لامپ ها به کل شبکه کسر کوچکی را شامل شود تاثیر قابل ملاحظه ای را در برنخواهد داشت ولی اگر درصد مصرف لامپ های فوق افزایش یابد جریان هارمونیکی سهم عمده ای از جریان شبکه را به خود اختصاص خواهد داد که این موضوع مشکلات خاص خود را به همراه خواهد داشت. برای نشان دادن تاثیر سو استفاده کلان از این لامپ ها بر روی کیفیت ولتاژ شبکه جهت سادگی تجزیه و تحلیل از

یک مجتمع اداری آموزشی با مشخصات زیر به عنوان نمونه ای از بار های غیر خطی که در نتیجه استفاده از لامپ های کم مصرف فلورسنت بوجود آمده است سود برده و نتایج مطالعه فوق بعنوان معیاری برای کل شبکه تعمیم داده می شود.

کل مصرف در پیک بار ۱۰۰کیلو ولت در ضریب قدرت پس فاز ۸۵ درصد فرض شده است.

با روشنایی مجتمع فوق ۵۰ درصد کل بار در نظر گرفته شده است که توسط لامپ های رشته ای با ضریب قدرت یک و بدون هارمونیک تولیدی می باشند.

قدرت اتصال کوتاه فاز شینه ۴۰۰ ولت متصل به بار ۵ مگا وات آمپر می باشد.

**تحلیل استفاده از لامپ های کم مصرف:**

WikiPower.ir

با توجه به قدرت اتصال کوتاه ، راکتانس معادل شبکه ۰/۰۲۳ اهم و نتیجتا اندوکتانس معادل برابر یک دهم میلی هانری بدست می آید.

محاسبات لازم جهت بدست آوردن ضریب کل اعوجاج ولتاژ شینه مصرف کننده نیاز به حل معادلات مداری در فرم زمانی دارد.

**بررسی استانداردها:**

در این دو استاندارد دو گرایش دیده می شود. استانداردهای IEC مقدار مجاز تزریق هارمونیک وسیله برقی را مشخص می کند و استانداردهای IEEE مقدار مجاز آلودگی هارمونیکی در نقطه اتصال سیستم توزیع با مصرف کننده را مشخص می کند. با قبول استاندارد IEEE باید به وسایل الکترونیک قدرت یک سخت افزار

اضافه کرد و یا آنها را دوباره طراحی کرد. سخت افزار اضافی، یک مدار شکل دهنده جریان خط است که می تواند فعال یا نافعال باشد. به عنوان مثال استفاده از یک MOSFET قدرت و یک سلف در طرح یکسو کننده تکفاز است که یکسوکننده را به نوع یکسوکننده تقویت تبدیل می کند.

در مقابل با قبول استانداردIEEE ، شرکت برق و مصرف کننده برق (به جای سازنده وسیله برقی) وظیفه کاهش هارمونیک را به عهده دارند.

اختلاف قابل ملاحظه دیگر اینکه استانداردهای IEC به Cénélec پیشنهاد شده است و موقعی که Cénélecآنها را بپذیرد (همچنانکه IEC ۱۰۰۰ ۳ ۲ را پذیرفت)، آنها به عنوان استانداردهای اروپایی پذیرفته می شوند، یعنی رعایت این استانداردها با وضع قوانینی در اروپا اجباری می شود. در حالی که رعایت استانداردهای IEEE تنها توصیه است اجباری نیست.

یک موضوع حل نشده دیگر، تعریف مولفه های جریان و توان (مثلا توان راکتیو) در شرایط غیرسینوسی در شبکه های توزیع است. برای بررسی شرایط غیرسینوسی دو روش حوزه فرکانسی و حوزه زمانی مطرح است. شرکتهای توزیع علاقه مندند کیفیت خرابی (و آلودگی ) موج را در حوزه فرکانس و توسط چند مولفه محدود هارمونیکی نمایش دهند و بررسی کنند.

مزیت روش فرکانسی این است که اندازه گیری خرابی موج در حوزه فرکانس ساده تر از اندازه گیری آن در حوزه زمان است. اما در سیستمهای تغذیه عملی و همچنین برای کنترل فیلترهای اکتیو قدرت، بررسی در حوزه زمان مناسبتر است.

در مورد کاربردهای صنعتی، یعنی توانهای بیش از KW ۳، قوانین و استانداردهایی که این مصرف کننده ها را از نظر آلودگی هارمونیکی محدود کند وجود ندارد. البته استاندارد IEEE ۵۱۹ ۱۹۹۲ توانهای بالا را

پوشش می دهد. اما الزام آور نیست و استاندارد اروپایی IEC ۱۰۰۰ ۳ ۴ هنوز در حد پیش نویس است و قابل اجرا نیست.

در حال حاضر حداقل ضریب توان و مقدار خرابی جریان (یا ولتاژ) در نقطه اتصال مشترک شرکت برق و مصرف کننده(PCC) ، موضوع مهم مورد بحث بین شرکت برق و مصرف کننده است. لازم به ذکر است که محدوده مجاز خرابی جریان (یا ولتاژ) در نقطه اتصال مشترک به طور قابل ملاحظه ای به ظرفیت جریان اتصال کوتاه در این نقطه بستگی دارد.

برای مدتهای طولانی تنها محدودیت شرکتهای توزیع روی مصرف کننده های بزرگ، توان راکتیو مصرفی بود که این کار با نصب یک بانک خازنی مناسب در محل بار برطرف می شد. اخیراً شرکتهای برق به محدود کردن جریان هارمونیکی تزریق شده به شبکه توجه بیشتری کرده اند و مصرف کننده های صنعتی را مجبور به استفاده از فیلترهای تنظیم پذیر یا فیلترهای پایین گذر برای حذف هارمونیک کرده اند. متاسفانه این فیلترها به خاطر امپدانس کم آنها در فرکانسهای هارمونیکی ، جریان هارمونیکی شدیدی جذب می کنند و اگر ولتاژ تغذیه حتی خرابی کمی هم داشته باشد این جریان زیاد باعث تشدید خرابی ولتاژ تغذیه می شود. مشکل دیگر این جبران کننده های نافعال که در نقاط مختلف شبکه نصب شده اند این است که ممکن است با یکدیگر تداخل کرده و عبور جریانهای حاصل از پدیده تشدید در اندوکتانس خطوط، ولتاژهای هارمونیکی پیش بینی نشده ای روی سایر مصرف کننده ها تولید کنند.

در گذشته با ابتکار در طراحی و آرایش ترانسفورماتورها و مبدلهای الکترونیک قدرت نظیر آرایش ستاره – مثلث و آرایش زیگزاگ یا متوالی کردن دو مبدل یکسان که با هم اختلاف فاز دارند هارمونیک تزریقی به خط را کاهش می دادند. اما امروزه با ظهور کلیدهای نیمه هادی با کنترل خاموشی نظیر GTO و IGBT

ترکیبها و آرایشهای مختلف به آسانی قابل انجام است و به کمک این وسایل می توان یکسوکننده با کنترل عرض پالسی (یکسوکننده PWM) با کمترین میزان هارمونیک و ضریب توان نزدیک به یک ساخت در راه حلهای جدید، برای حذف هارمونیک از جبران کننده های سوئیچ استفاده می شود که به عنوان فیلتراکتیو عمل می کنند. این جبران کننده ها بر اساس دستور سیستم کنترل می توانند هر شکل موج جریان آلوده کننده را جذب و حذف کنند. در این روش بدون اینکه ولتاژ تغذیه خراب شود، جریانهای راکتیو و هارمونیکی حذف می شوند. همچنین بارهای جبران شده شبیه بار مقاومتی عمل می کنند. در نتیجه پدیده تشدید از بین رفته و عملکرد کل سیستم قدرت نیز بهبود پیدا می کند.

تکنولوژی جبران کننده های سوئیچ بر کلیدهای نیمه هادی قدرت مانند IGBT و GTO استوار است بنابراین هزینه آن در مقایسه با فیلتر نافعال زیاد است. بنابراین گرایش کنونی به طراحی سیستمهای جبران کننده مجتمعی است که با ترکیب جبران کننده های نوع سوئیچ و نوع نافعال، ضمن برآورده کردن مشخصه مطلوب، هزینه را حداقل کند.

WikiPower.ir

**آیا کاهش آلودگی باعث ناپایداری نمی شود؟**

بسیاری از وسایل الکترونیک قدرت طوری طراحی شده اند که صرف نظر از تغییرات ولتاژ شبکه توان ثابتی از شبکه دریافت کنند. در نتیجه موقعی که ولتاژ خط در حال کاهش است آنها جریان بیشتری از خط می کشند، در نتیجه در مقیاس سیگنال کوچک به عنوان یک مقاومت منفی ظاهر می شوند و این عملکرد می تواند برای پایداری شبکه مشکل جدی ایجاد کند.

البته در حال حاضر بارهای با توان ثابت شیوع زیادی ندارند، در نتیجه عواقب این مساله به طور ریشه ای بررسی نشده است اما در آینده که فشار بر مصرف کننده ها برای کاهش هارمونیک بیشتر می شود، بارهای با توان ثابت شیوع بیشتری خواهد یافت و مساله ناپایداری به خاطر عملکرد بارهای با توان ثابت یک خطر

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

جدی خواهد بود.

### برآورد هزینه

کیفیت نامطلوب برق، سالیانه خسارت زیادی را باعث می شود، یکی از عوامل مهم کیفیت نامطلوب برق، آلودگی هارمونیکی است. بنابراین اگر آلودگی هارمونیکی بسیاری از بارها کاهش یابد، از قسمت مهمی از خسارتها جلوگیری می شود. اما حدف این هارمونیکها نیز خود نیاز به صرف هزینه و نصب وسایل جانبی دارد، پس باید میزان سرمایه گذاری و حجم خسارات برآورد شود. به عنوان یک نمونه جالب، با کاهش هارمونیکها در وسایل توان پایین – به عنوان مثال در رایانه های شخصی – تنها به خاطر صرفه جویی در کاهش تلفات سیم کشی ساختمان در مدت کمتر از سه سال سرمایه دستگاه جانبی برگشت داده می شود

WikiPower.ir

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

# فصل سوم

# کیفیت توان الکتریکی

WikiPower.ir

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

## کیفیت توان الکتریکی

کیفیت توان در سالهای اخیر به طور جدی مورد توجه موسسات برق و مصرف‌کنندگان در برخی از کشورها قرار گرفته است. عامل اصلی ضرورت بازنگری مساله، گسترش بکارگیری تجهیزات جدید الکتریکی در شبکه‌هاست. کاربرهای جدید مانند: میکروپروسسورها، کامپیوترها، وسایل الکترونیکی سیستم‌های تغذیه و کنترل الکتروموتورها و فرآیند تولید کوره‌های القایی، لامپهای کم‌مصرف و ... از یک سو حساسند و به توان الکتریکی با کیفیت مطلوب نیاز دارند و در ارزیابی کیفیت توان برق با توجه به ویژگیهای تجهیزات جدید و توقعات مشترکین بخصوص در محیط رقابت اقتصادی علاوه بر مدت زمان برق‌دار بودن، از جمله: پدیده‌های گذرای ضربه‌ای یا نوسانی، کاهش و افزایش کوتاه‌مدت ولتاژ، انحراف شکل موج و اعوجاج آن، تغییر فرکانس، فلیکر و عدم تعادل ولتاژبایدمورد توجه قرار گیرد.

۱- فلیکر: نوسانات ولتاژ ناشی از راه‌اندازی تجهیزات خاص در کارخانجات، کارگاه‌ها و یا منازل نظیر موتورها، کوره‌های قوس الکتریکی و ... باعث فلیکر می‌شود.

۲- هارمونیک‌ها: در شرایط هارمونیکی، مفاهیم توان‌های راکتیو و ظاهری با آنچه که در شرایط شکل موج سینوسی خالص وجود دارد، متفاوت است. که این عامل باعث ایجاد توان اعوجاجی می‌شود که فقط در شرایط غیرسینوسی وجود دارد. در این مقاله سعی شده است با یک مثال ساده برخی از تفاوت‌های اساسی و اصولی که در مفاهیم اولیه توان در شرایط هارمونیکی وجود دارد، نشان داده شود.

۳- عدم تعادل ولتاژ: در شرایط نرمال دامنه ولتاژ سه فاز با هم برابر و اختلاف فاز بین آنها برابر ۱۲۰ درجه است. هرگونه عدم تعادل برابر در دامنه ولتاژ و یا تغییر در اختلاف فاز بین ولتاژهای سه فاز نامتعادلی ولتاژ نامیده می‌شود. در این مقاله کوشش شده است بر استانداردهای معتبر موجود در زمینه کیفیت توان خصوصاً کمیت عدم تعادل ولتاژ اشاره شود و روابط مربوط به تحلیل شبکه سه فاز در شرایط

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

عدم تعادل و روش محاسباتی برای ولتاژ و جریان در شبکه ارایه شود.

۴- درخصوص روش‌های جبران‌سازی عدم تعادل ولتاژ در صنایع، پس از ارایه علل و تاثیرات عدم تعادل بر روی مصرف‌کننده‌های الکتریکی با تاکید بر وری الکتروموتورها در مورد روش‌های جبران‌سازی آن و فناوری‌های موجود در این زمینه بحث می‌شود. این فناوری‌ها بر پایه ادوات FACT بنا شده است که در این مقاله با تاکید بر روی SVCها به دلیل سادگی کاربرد آن بیان شده است. SVCها ترکیبی از خازن های ثابت، تریستورهای سوئیچ‌کننده خازن و سلفهای کنترل‌کننده تریستورها هستند که به عنوان جبران کننده از آنها استفاده می‌شود.

WikiPower.ir

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

## تعریف کیفیت توان

از کیفیت توان می‌توان دو برداشت متفاوت ارایه داد. به عنوان مثال شرکت‌های برق کیفیت توان را مترادف با قابلیت اطمینان تعریف کرده‌اند. در عوض سازندگان وسایل الکتریکی کیفیت توان را بصورت کارکرد مناسب دستگاه‌ها بر اساس مشخصات منبع تغذیه تعریف می‌کنند. ولی آنچه به عنوان کیفیت توان در این مقاله مورد استفاده قرار گرفته است عبارت است از هرگونه مشکلی که باعث تغییر در ولتاژ، جریان یا فرکانس شوند و موجب خرابی و یا عملکرد نادرست تجهیزات مصرف‌کننده شود.

در رابطه با عوامل ایجادکننده مساله کیفیت توان، سوء تفاهم‌های زیادی وجود دارد. به طور کلی در یک سیستم قدرت تنها کیفیت ولتاژ را می‌توان کنترل کرد و کنترل مناسبی بر روی جریانهایی که بارهای مختلف می‌کشند، وجود ندارد. بنابراین استانداردهای موجود کشورهای صنعتی در حوزه کیفیت برق عمدتاًحدود مجاز ولتاژ منبع را مشخص می‌کند. شبکه‌های برق جریان متناوب طوری طراحی می‌شوند که در یک ولتاژ سینوسی با فرکانس و دامنه مشخص کار می‌کند. هرگونه انحراف قابل توجه در دامنه فرکانس و ... یک مساله کیفیت برق خواهد بود.

## عوامل تاثیرگذار بر کیفیت برق

### فلیکر

فلیکر در حقیقت یک احساس شخصی از کم و زیاد شدن میزان روشنایی است که بصورت سوسوزدن نور لامپهای رشته‌ای ظاهر می‌شود.

### عوامل تاثیرگذار بر فلیکر

هر پدیده‌ای که باعث تغییرات مقدار موثر ولتاژ منبع تغذیه می‌شود به عنوان عامل ایجادکننده فلیکر شناخته می‌شود.

سوئیچ کردن بارهای مختلف می‌تواند باعث به وجود آمدن پدیده فوق شود، زیرا عموماًجریان هجومی در

ملاحظه راه‌اندازی (سوئیچ کردن) از جریان حالت دائمی بیشتر است.

راه‌اندازی موتورها یکی از منابع معمول و اصلی ایجاد فلیکر در شبکه‌ها است. این دسته‌بندی کلی از موتورها شامل انواع فنها، پمپها، کمپرسورها، دستگاههای تهویه مطبوع، یخچال‌ها، آسانسورها و غیره است. همچنین بارهایی که به صورت متناوب کار می‌کنند مانند دستگاههای جوش قوسی یا نقطه‌ای، کوره‌های قوسی یا القایی باعث تغییرات ناگهانی در ولتاژ تغذیه شده و در نتیجه باعث ایجاد فلیکر می شوند. از منابع دیگر ایجاد کننده فلیکر می‌توان به سوئیچ کردن خازنهای تصحیح ضریب قدرت در شبکه اشاره کرد.

WikiPower.ir

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

### منحنی مشخصه حساسیت فلیکر ولتاژ

جهت تعیین محدوده مجاز فلیکر،تاکنون منحنی مشخصه‌های مختلفی از سوی کشورها و کمپانیهای مختلف ارایه شده و مورد استفاده فراوان نیز قرار گرفته‌اند. صرفنظر از نوع بار، به ازای تعداد مشخصی نوسان در مدت زمان مشخص و یا به عبارت دیگر در یک فرکانس نوسانات مشخص، اگر درصد تغییرات ولتاژ از یک حدکمتر باشد، فلیکر اصلاًتشخیص داده نمی‌شود. از طرف دیگر یک مقدار مشخص از درصد تغییرات ولتاژ، با تغییر فرکانس نوسانات فلیکر می‌تواند غیرقابل احساس، قابل احساس و یا آزاردهنده باشد.

بنابراین با توجه به موارد یاد شده در بالا نتیجه می‌شود که تشخیص پدیده فلیکر و تعیین مجاز یا غیرمجاز بودن آن به سه عامل زیر بستگی دارد.

- منحنی مشخصه حساسیت فلیکر که تعیین کننده حدود مجاز آن است.
- فرکانس تغییرات اندازه ولتاژ
- درصد تغییرات اندازه ولتاژ

### روشهای جبران و تصحیح فلیکر

قبل از اینکه به روشهای جبران و تصحیح پدیده فلیکر پرداخته شود لازم است با توجه به موارد ذکر شده در بالا به چند نکته در مورد وضعیت سیستم و بارهای عامل فلیکر اشاره شود.

- بارهای متصل به سیستم‌های ضعیف (Weak System) در مقایسه با همان بارها که به سیستم بهم پیوسته (Stiff System) وصل شده است فلیکر قابل توجه‌تری را ایجاد می‌کند.
- مقدار فلیکر در نزدیکی منابع ایجادکننده آنها بیشترین مقدار است. مشترکانی که از همان ترانس که منبع فلیکر به آن وصل شده تغذیه‌کنند اثرپذیری بیشتری از سایر مشترکانی دارند که از ترانس‌های مجزایی استفاده می‌کنند.
- دامنه تغییرات ولتاژ ایجاد شده در اولیه بطور قابل توجهی کمتر از آنچه در ثانویه مشاهده می‌شود،

است. اکنون روشهای ممکن برای کاهش فلیکر غیرقابل قبول به مقدار مجاز بررسی می‌شود. لازم به ذکر است که برای هر نوع بار عامل فلیکر، می‌توان یکی از روشهای ارایه شده را با توجه به کیفیت عملکرد و جنبه اقتصادی آن روش استفاده کرد.

**راه‌اندازی موتوری/ وسایل تنظیم‌کننده سرعت**

راه‌اندازی موتورها یکی از مهمترین عوامل ایجاد فلیکر ولتاژ در شبکه‌های برق است. جریان راه‌اندازی اغلب موتورها چندین برابر جریان بار کامل موتور است تا کوپل راه‌اندازی کافی جهت راه‌انداختن موتور ایجاد شود. KVA بزرگ راه‌اندازی و ضریب قدرت پایین باعث اختلال شدید در ولتاژ شین متصل به موتور می‌شود. یک راه‌اندازی موتور (Motor Starter) با کم کردن ولتاژ متصل به موتور در لحظه راه‌اندازی، KVA اولیه را کاهش داده و در نتیجه اختلال ولتاژ کم خواهد شد.

از راه‌اندازهای اولیه موتور می‌توان به راه‌اندازی ستاره- مثلث اشاره کرد. پیشرفت عناصر نیمه‌هادی قدرت استفاده از راه‌اندازی موتوری الکترونیکی (ASD) باعث شد که راه‌اندازهای ستاره- مثلث در مرحله پایین تری از آنها قرار گیرند.

WikiPower.ir

**خازنهای موازی**

اتصال دائم خازنهای موازی باعث کم شدن اثر پدیده فلیکر نمی‌شود حتی ممکن است وضعیت را کمی بدتر هم بکند اما خازنهای موازی که با بار سوئیچ می‌شوند می‌توانند باعث کاهش افت ولتاژ شوند. در این حالت، اولاًسوئیچ کردن مکانیکی خازنها در مواقعی که قطع و وصل‌های مداوم در زمانهای کوچک لازم باشد مناسب نیست ثانیاً قطع و وصل کردن آنها خود باعث اضافه ولتاژ و اختلالات ولتاژ می‌شود.

**خازنهای سری**

استفاده از خازنهای سری در مدار تغذیه یک بار عامل ایجاد فلیکر، باعث کاهش فلیکر ولتاژ می‌شود. خازن سری باعث حذف قسمتی از راکتانس سلفی مسیر تغذیه می‌شود و در نتیجه امپدانس سری مدار تغذیه کاهش می‌یابد و افت ولتاژ در مسیر تغذیه کم می‌شود.

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

اندازه ظرفیت بانکهای خازنی باید به نحوی انتخاب شود که مقدار فلیکر در قابل قبول قرار گیرد.

همچنین باید به مساله تشدید در مدار توجه شود البته در اغلب مواقع استفاده از خازن سری برای بارهای عامل فلیکر که قدرتشان نسبت به کل بار فیدر کوچک است موفقیت‌آمیز است.

همچنین در صورتی که مقدار جبران‌کننده سری در مقایسه با راکتانس خط کوچک باشد (کمتر از ۵۰ درصد امپدانس شبکه) وقوع هر نوع اختلافی غیرمحتمل است.

### کندانسورهای سنکرون (SynchronousCondensers)

کندانسورهای سنکرون با کاهش امپدانس دیده شده در سربار می‌توانند باعث کاهش فلیکر ولتاژ شوند. مقدار تصحیح بستگی به اندازه راکتانسهای زیرگذرا و گذرای کندانسور سنکرون دارد. از لحاظ عملی استفاده از کندانسورهای سنکرون برای تصحیح فلیکر ناشی از بارهای کوچک اقتصادی نیست.

### تغییر دادن سیستم (Changes System)

با تغییر دادن شکل سیستم می‌توان بارهایی که عامل ایجاد نوسان ولتاژ هستند را از دیگر مشترکان جدا کرد. بعضی از روشهای تغییر سیستم عبارتند از ساختن خطوط جدید، اضافه کردن ترانسفورماتور، تغییر دادن ولتاژ خط تغذیه، جابجایی بارها، افزایش سطح مقطع فیدر و ... این روشها به طور موثری نوسان ولتاژ را کاهش می‌دهند اما روشهای نسبتاًگرانی هستند و اغلب از لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه نیستند.

### جبران کننده‌های استاتیکی توان راکتیو (VarCompenssators SVC: Static)

یک Cigre SVC یک تولیدکننده توان راکتیو موازی است که خروجی آن به نحوی تغییر می‌کند تا پارامتر مشخصی را در سیستم قدرت ثابت نگه دارد. در جبران‌کننده‌های عملی، تولید و کنترل توان راکتیو خروجی یک SVC انحصاراً بوسیله کلیدهای تریستوری متصل به بانکهای خازنی یا سلفی انجام می‌شود.

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

مقدار بانکهای خازنی یا ثابت است و یا بوسیله سوئیچهای تریستوری به صورت پله‌ای تغییر می‌کند و راکتورها نیز با سوئیچینگ تریستورها اندازه امپدانسشان تغییر می‌کند.

**انواع SVC**

- راکتورهای با کنترل تریستور (Reactor TCR:Thyristor-Controlled)
- خازنهای موازی با کنترل تریستور (Capacitor TSC:Thyristor-Switched)
- ترکیب TSC, TCR

زمان پاسخ SVC حدوداً ۲ تا ۳ سیکل است در نتیجه آنها را برای کاربردهای کنترل سریع و مداوم توان راکتیو مناسب می‌سازد. روشهای اشاره شده در قبل نظیر خازنهای موازی و یا سری در کنترل نوسانات ولتاژ سریع و متناوب جوابگو نیستند و برای جبران اینگونه نوسانات نیاز به جبران‌کننده‌ای سریع مانند SVC است.

**هارمونیک‌ها**

WikiPower.ir

یکی از مسائل و مشکلات کیفیت برق در سیستمهای توزیع، فوق توزیع و انتقال مساله هارمونیکها است که توجه زیادی را به خود جلب کرده است.

شرکت‌های برق باید تمهیداتی را ارایه کنند تا از آسیب‌دیدگی تجهیزات مشترکین، اعم از خانگی و صنعتی جلوگیری شود. از طرف دیگر با توجه به اینکه ایجاد یک موج کاملاًسینوسی از طرف شرکت‌های برق نمی‌تواند تضمین شود، لذا مشترکین باید اعوجاجات تولید شده توسط تجهیزات خود را محدود کنند.

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

## منابع تولید هارمونیک

- سیستم‌های HVDC
- تجهیزات مورد استفاده در کنترل‌شونده‌های سرعت ماشین‌های الکتریکی
- استفاده زیاد از یکسوکننده‌ها برای شارژ باطری‌ها
- جریان مغناطیسی ترانسفورماتور
- بارهای غیرخطی شامل دستگاه‌های جوشکاری
- کوره‌های القایی و الکتریکی
- تولید شکل موج سینوسی توسط ماشینهای سنکرون ناشی از وجود شیارها و عدم توزیع یکنواخت سیم پیچهای استاتور
- کاربرد S.V.C به عنوان ابزار مهمی در کنترل توان راکتیو

## مقادیر موثر و اعوجاجهای هارمونیکی کلی

چندین نوع اندازه‌گیری معمولی برای نشان دادن حجم و اندازه‌هارمونیک یک شکل موج توسط یک عدد وجود دارد. یکی از معمولی‌ترین آنها مجموع اغتشاش هارمونیکی (T.H.D) است، که می‌توان آن را برای ولتاژ یا جریان بدست آورد.

که M2 مقدار موثر مولفه‌ها هارمونیک hام از کمیت M است. T.H.D مقدار موثر مولفه‌های هارمونیکی یک موج مغشوش شده است و نشانگر مقدار انرژی گرمایی هارمونیکها نسبت به مقدار اصلی است.

## روشهای مقابله با هارمونیکها

در کاهش قابل ملاحظه هارمونیکها مربوط به تجهیزات در بار کار زیادی نمی‌توان انجام داد. ولی آنچه واضح است اساساً هارمونیکهای مشکل‌ساز خواهد بود اگر:

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

۱- منبع جریانهای هارمونیکی بسیار زیاد باشد.

۲- مسیری که جریانهایی از آن عبور می‌کند خیلی طولانی باشد، که باعث اغتشاش زیاد ولتاژ تلقی شود.

۳- پاسخ سیستم باعث تشدید یک یا چند هارمونیک شود.

برای کنترل هارمونیکها راه‌حل‌های ساده وجود دارند که عبارتند از:

WikiPower.ir

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

### فیلترگذاری

قراردادن فیلتر موازی نزدیک به منبع اغتشاش باعث اتصال کوتاه شدن جریانهای هارمونیکی شود. این کار باعث می‌شود که جریانها به منبع نرسد. قراردادن فیلترگذاری فیلتر سری است که باعث مسدود شدن جریانهای هارمونیکی می‌شود. این یک مدار تنظیم‌کننده موازی است که امپدانس بالایی برای جریان هارمونیکی بوجود می‌آورد. یکی از کاربردهای آن در سیم خنثای خازن ستاره است و برای اینکه از عبور جریانهای مضرب سه جلوگیری کند.

### اصلاح پاسخ فرکانسی سیستم

قراردادن یک راکتور برای از کار انداختن تشدید سیستم به دلیل وجود تشدیدهای زیاد بین اندوکتانس سیستم و خازن موازی می‌تواند فیلتری به وجود آورد تا خازن تشدید نشود.

نوع دیگر تغییر محل خازن به نقطه‌ای از سیستم که امپدانس اتصال کوتاه متفاوت با تلفات بیشتری داشته باشد. این روش اغلب ارزانترین راه‌حل برای شرکت برق و مشتری‌های صنعتی است.

WikiPower.ir

## نامتعادلی ولتاژ

### عدم تعادل ولتاژ تغذیه (Voltage Unbalance)

– عدم تعادل ولتاژهای تغذیه، با عدم تعادل در جریانهای سه فاز همراه بوده برقراری مولفه معکوس را در موتور موجب شده، درجه حرارت رتور و سیم‌پیچها را افزونی می‌بخشد.

درصد عدم تعادل جریانها بر حسب درصد عدم تعادل ولتاژها برای سه حالت مختلف کار موتور شامل شرایط کار بی‌باری، برقراری جریان بار اسمی و توقف موتور طی کار عادی به صورت Stalling یا Rotor- Locked: نشان داده شده است.

با بروز عدم تعادل، مولفه جریان معکوس در سیم‌پیچها برقرار شده، میدان مغناطیسی دو برابر را تولید

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

می‌کند، تحت تاثیر فرکانس دو برابر میدان، میزان افت حرارتی تا چند برابر افزایش یافته، به منظور حفظ درجه حرارت ثابت سیم‌پیچها، لازم است قدرت موتور یا جریان برقرار شده تقلیل یابد. در استانداردهای آمریکا (NEMA) حداکثر عدم تعادل ولتاژ سه فاز تغذیه موتورها ۱٪ تعیین شده است که تامین آن دشوار است. به همین علت در برخی از کشورها برای مصرف‌کننده‌های صنعتی و کشاورزی مقدار آن ۳٪ تعیین شده است. کاهش بار مکانیکی موتور نسبت به قدرت اسمی موتور با توجه به درصد عدم تعادل ولتاژ تغذیه نشان داده شده است. درصد عدم تعادل برای موتورها به شرح زیر برآورد می‌شود.

عدم تعادل ولتاژ و درصد آن به شرح فوق درجه حرارت را فزونی بخشیده عمر موتور را تقلیل می‌دهد.

طبق آزمایشات انجام شده درجه حرارت موتور متناسب با مجذور درصد عدم تعادل طبق رابطه زیر تعیین می‌شود:

کاهش عمر عایق با توجه به میزان افزایش درجه حرارت تحت تاثیر عدم تعادل از رابطه زیر تعیین می شود:

?t – میزان افزایش درجه حرارت نسبت به درجه حرارت قابل قبول عایق:

بر طبق رابطه فوق در صورتی که درجه حرارت به میزان ۱۰ درجه سانتی‌گراد افزایش یابد، در این صورت Y= بوده، کاهش عمر ایزولاسیون را به میزان ۵۰٪ نشان می‌دهد.

میزان کاهش عمر موتور با استفاده از روابط (۳-۳) برای موتور با درجه حرارت قابل قبول عایق معادل ۴۰ درجه سانتی‌گراد و با توجه به عدم تعادل ولتاژ تغذیه در جدول ۱-۳ ارایه شده است.

به طور کلی تقلیل عمر موتور در قبال هر ۱۰ درجه سانتی‌گراد افزایش درجه حرارت ناشی از عدم تعادل ولتاژ ۵۰٪ در نظر گرفته می‌شود. به همین علت انجام پیش‌بینی‌های لازم در کاهش عدم تعادل ولتاژ سه فاز و تشخیص به موقع آن حائز اهمیت فراوان است.

**تاثیر نامتعادلی ولتاژ بر الکتروموتورها:**

در شرایط نامتعادلی ولتاژ طبق قانون مولفه‌های نامتقارن می‌توان به کمک ولتاژ موجود را با سه مولفه مثبت، منفی و صفر تقسیم کرد. وقتی موتور شروع به چرخش می‌کند، روتور در توالی جریان مثبت نزدیک سرعت سنکرون می‌چرخد و توالی جریان منفی یک چرخش مخالف توالی مثبت خواهد داشت. این جریان القایی فرکانسی تقریباً دو برابر فرکانس نامی یعنی HZ 100 خواهد داشت. این گرمای اضافی قابل محاسبه توسط منحنیهای محدوده گرمایی ارایه شده توسط تولیدکنندگان موتورها نیست. زیرا این منحنی‌های با فرض توالی مثبت و تقارن کامل ولتاژ تهیه شده است. دمای غیرقابل کنترل باعث نقصان و کاهش عمر عایق سیم‌بندی الکتروموتورها می‌شود و همانطور که گفته شده تقریباً با هر ۱۰ درجه سانتی گراد افزایش دما عمر عایق نصب می‌شود.

امپدانس روتور در برابر مولفه منفی بسیار کوچک است، پس جریان مولفه منفی هم زیاد و گشتاور هم زیاد می‌شود.

این عامل باعث کاهش گشتاور و سرعت در الکتروموتورها می‌شود که این گشتاور ممکن است برای عملکرد الکتروموتورها باشد و افزایش سطح سروصدا و لرزش را در پی خواهد داشت.

**اثر نامتعادلی ولتاژ بر الکتروموتور ارسال مایعات گازی پالایشگاه پارسیان:**

در گزارشهای اولیه بهره‌برداری پالایشگاه در مواقعی از طول روز مخصوصاً بین ساعتهای ۱۱ الی ۱۶ صدای کارکرد غیرعادی، افزایش دمای غیرنرمال و لرزش روی الکتروموتورها ظاهر می‌شود تا حدی که در پاره‌ای از اوقات ناچار به خاموش کردن الکتروموتور شده و ارسال مایعات را با وقفه روبرو کرده است.

با بررسیهای کامل که توسط گروه مکانیک به عمل می‌آید و تستهایی که توسط دستگاه ویبروسنج VT60 به عمل می‌آید و تحلیلهای منحنی‌های مربوط فرض مبنی بر وجود عیب و ایراد روی بیرینگهای

الکتروموتور مزبور از بین می‌رود و تحلیلها نشان از وجود ایراد بر روی الکتروموتور مزبور دارد. با انتقال الکتروموتور به کارگاه و بررسیهای دقیق روی روتور اثر آنبالانسی مکانیکی مشاهده نشده و به این ترتیب مساله از مشکل مکانیکی به مشکل الکتریکی سوق داده شد. بررسیهای به عمل آمده از رله SR469 در لحظات بروز موارد فوق نزدیک به ۳۰ مورد است،

همانگونه که در بندهای قبل توضیح داده شد، مطابق استاندارد NEMA درصد نامتعادلی ولتاژ در موارد گفته شده به ترتیب ۴،۹ و ۵،۷ درصد است و به تبع آن نامتعادلی جریان در حدود ۲۳ و ۵، ۲۸ درصد است که در واقع درصد بسیار بزرگی است. طبق رابطه مولفه‌های نامتقارن خواهیم داشت.

که در آن عملگر ۱<۱۲۰ و V0 و V1و V2 به ترتیب مولفه‌های صفر، مثبت و منفی ولتاژ است که مشابه همین رابطه برای جریان نیز تعریف می‌شود. با جایگذاری داده‌ها روی فرمول و جایگذاری نتایج در روابط، امپدانسهای صفر، مثبت و منفی به ترتیب ۹۷>-۶,۸۶ و ۴,۲<۱۹,۴ و ۳/۱۶>-۶۳ به دست می‌آیند. با دقت در نتایج در می‌یابیم امپدانس منفی حدود ۴ برابر امپدانس مثبت و امپدانس صفر حدود ۳۰ برابر آن است که با جاگذاری این امپدانس‌ها در فرمول گشتاور که با توان دوم مقاومت و راکتانس رابطه عکس دارد. افزایش گشتاور منفی و با توجه به آن لغزش S- را در پی‌داشته و کاهش گشتاور مثبت را خواهیم داشت که کاهش گشتاور توسط رله ۴۶۹که قادر به اندازه‌گیری گشتاور مثبت است، تایید می شود.امپدانس مولفه صفر باعث گرم شدن دمای موتور می‌شود که در بندهای قبل به تفصیل توضیح داده شده است و داده‌های رله ۴۶۹ این موضوع را تایید می‌کند و کاهش گشتاور مثبت یا افزایش منفی باعث تولید صدای غیرعادی روی الکتروموتور می‌شود.

## نتیجه‌گیری

با توجه به مطالعات انجام شده در مورد کیفیت برق، یکی از مسائل مهمی که تاثیر بسزایی بر روی

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

تجهیزات برقی دارد، توجه به مساله کیفیت برق است که متاسفانه در ایران کمتر به این مساله پرداخته می‌شود. وجود عوامل هارمونیک‌زا، مانند منابع مختلف DC، دستگاه‌ها و موتورهایی با جریان استارت بالا می‌تواند کیفیت برق را مورد تهدید جدی قرار دهد و باید راه‌حلی برای جلوگیری از آنها پیدا کرد.

در مطالعه انجام گرفته بر روی الکتروموتور موجود در پالایشگاه پارسیان، نامتعادلی ولتاژ روی پارامترهای کارکرد موتور تاثیر بسزایی گذاشته است و برای به حداقل رساندن این نامتعادلی بخصوص در مناطق گرمسیر به دلیل مصارف غیرمتعادل تکفاز می‌توان از آرایش متناسب و معقول پخش بار سود جست و یا بهترین و تازه‌ترین ایده استفاده از S.V.Cها جهت جبران هر نوع نامتعادلی در سیستم است که با توجه به استفاده پالایشگاه پارسیان از برق سراسری، تجهیزات برقی به شدت در معرض عدم تعادل ولتاژ قرار دارد و مطالعات اساسی در این مورد نیاز است که این مهم در حال انجام است و امید است که با حصول نتیجه کامل در مقاله‌ای دیگر نتایج حاصله مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

WikiPower.ir

## اجرای بحث کیفیت توان

مبحث کیفیت انرژی الکتریکی یا کیفیت توان یکی از موضوعاتی است که در سالیان اخیر بطور جدی مورد توجه بهره برداران و مصرف کنندگان شبکه های الکتریکی قرار گرفته است. تخمین زده می شود که خسارات ناشی از اغتشاشات کیفیت توان فقط در کشور امریکا همه ساله حدود ۱۰۰ میلیارد دلار باشد. معهذا سرمایه گذاری برای مقابله با این اغتشاشات بسیار کمتر از خسارات وارده می باشد.

بدون شک کیفیت تولید انرژی الکتریکی در حال حاضر از گذشته بهتر می باشد. گذشته از این شبکه های انتقال و توزیع نیز گسترده تر شده و از تکنولوژیهای جدیدتر و قابل اعتمادتر بهره می برند. پس چرا مبحث کیفیت توان با اهمیت تر شده و امروزه بطور جدی تری دنبال شده و در مورد آن تحقیقات پردامنه صورت می پذیرد؟ در واقع جواب این مسئله را باید از دو جنبه مورد بررسی قرار داد. اولا

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

پیشرفت تکنولوژی موجب شده است انواع بارهای غیرخطی با ماهیت شکل موجهای غیرسینوسی در شبکه پراکنده شوند. وجود این بارها موجب انحراف شکل موج از حالت ایده آل سینوسی گردیده و اغتشاشات کیفیت توان را پدید می آورد. از طرف دیگر امروزه بسیاری از بارها توسط سیستمهای حساس الکترونیکی و میکروپروسسوری کنترل می گردند. این سیستمها به اغتشاشات مختلف موجود در شبکه حساس بوده و عملکرد آنها براحتی می تواند مختل گردد. همین اختلالات می توانند باعث خسارات هنگفتی گردند که در بالا به آن اشاره گردید. بنابراین سرمایه گذاری و مطالعه برای بهبود کیفیت توان و جلوگیری از خسارات فوق الذکر امروزه بسیار مورد توجه قرار گرفته است.

در این راستا **شرکت برق منطقه ای اصفهان** اقدام به ارزیابی و کنترل کیفیت توان در شبکه و مشترکین نموده است و تا کنون پارامترهای کیفیت توان شبکه و مشترکین در بیش ازپانصد نقطه بررسی شده است.

از طرف دیگر آئین نامه تعرفه های تکمیلی برق، مشترکین را ملزم به رعایت جهت کاهش آلودگیهای کیفیت توان ایجاد شده توسط آنها می نماید.

در این مبحث آموزشی ابتدا اغتشاشات مختلف کیفیت توان مورد توجه قرار گرفته و علل ایجاد و اثرات مخرب آنها بررسی می گردد. سپس راهکارهای مبارزه با این اغتشاشات توضیح داده می شود. در ادامه تعدادی از استانداردهای ملی مرتبط با کیفیت توان ذکر می گردد. نهایتاً تعدادی از تجهیزاتی که توسط آنها مصرف کنندگان می توانند از آسیب های ناشی از اغتشاشات کیفیت توان محفوظ بمانند بر شمرده می شود.

## ۱-کیفیت توان چیست؟

شبکه های الکتریکی و مصرف کننده ها بر اساس ولتاژ سینوسی با دامنه و فرکانس ثابت طراحی می گردند. هر گونه انحراف از این حالت ایده آل بعنوان یک اغتشاش شناخته شده و می تواند باعث اختلال

در کار شبکه و مصرف کننده ها گردد. مجموعه روش های دسته بندی، اندازه گیری و بهبود اغتشاشات فوق الذکر در مبحثی تحت عنوان " کیفیت توان " مورد مطالعه قرار می گیرند.

## ۲- اغتشاشات کیفیت توان، علل و اثرات آنها

اصولا اغتشاشات کیفیت توان دلایل متعدد و متنوعی می تواند داشته باشد. از طرف دیگر مکانیزم اثر گذاری و ایجاد اختلال در شبکه و مصرف کنندگان نیز بسته به ماهیت اغتشاش می تواند متفاوت باشد. بهمین دلیل در مطالعات کیفیت توان و تدوین استانداردهای مربوطه سعی می گردد اغتشاشات فوق الذکر بر اساس ماهیت آنها دسته بندی گردد. در این بخش این دسته بندی بر اساس استانداردهای معتبر موجود ارائه می گردد.

WikiPower.ir

### ۲-۱- هارمونیک ها و میان هارمونیکها (Harmonics and Interharmonics)

همانگونه که ذکر شد اغتشاشات شبکه تغییر شکل موج ولتاژ و یا جریان نسبت به فرم ایده آل سینوسی آن می باشد. هارمونیکها آن دسته از اغتشاشاتی هستند که بصورت پریودیک و با مضرب صحیحی از فرکانس شبکه تکرار می گردد بنابراین باید توجه داشت که تغییر شکلهای غیرپریودیک در چهارچوب هارمونیکها نمی گنجد. در صورتیکه پریود تکرار این اغتشاشات مضرب صحیحی از فرکانس شبکه نباشد به آنها **میان هارمونیک** گفته می شود.

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

**علت ایجاد**

۱- بارهای غیرخطی نظیر کوره های قوس الکتریکی، لامپهای تخلیه گازی و کلیه ادوات الکترونیک قدرت

نظیر درایوهای الکتریکی و یکسوکننده ها

۲- اشباع ترانسفورمرهای قدرت

**اثرات**

۱- عملکرد نادرست دستگاههای حساس

۲- عملکرد ناصحیح دستگاههای اندازه گیری

۳- ترکیدن خازنها یا سوختن فیوز آن

۴- عملکرد اشتباه سیستم های حفاظتی

۵- تداخل با خطوط مخابراتی

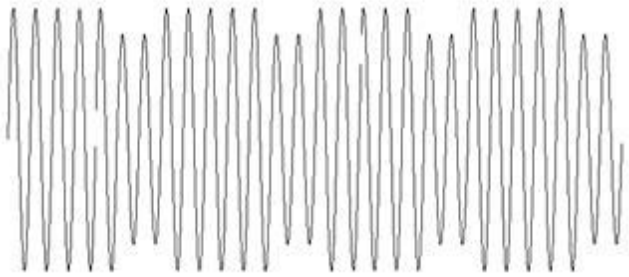
۶- تلفات و استهلاک تجهیزات

**نکته**

باید توجه داشت که خازنهای تصحیح ضریب توان می تواند باعث تشدید هارمونیکها و نه تولید آنها شوند.

**۲-۲- نوسانات ولتاژ (Voltage Flucuations)**

تغییرات پریودیک پوش ولتاژ سینوسی شبکه با عنوان نوسانات ولتاژ دسته بندی می گردند. شایع ترین این نوسانات آنهائی هستند که منجر به پدیده چشمک زدن یا فلیکر (Flicker) در نور لامپها می گردند.



**علل ایجاد**

۱- کوره های قوس الکتریکی

۲- دستگاهای جوشکاری

۳- راه اندازی پی در پی موتورها

۴- درایوهای الکتریکی با ماهیت بار متناوب

**اثرات**

۱- چشمک زدن آزاردهنده نور لامپ

۲- عملکرد نادرست رله های حفاظتی در شرایطی که دامنه نوسانات زیاد باشد.

WikiPower.ir

### ۲-۳- عدم تعادل ولتاژ(Voltage Imbalance or Unbalance)

عدم تعادل ولتاژ به شرایطی اطلاق می شود که مقادیر دامنه ولتاژ سه فاز با یکدیگر متفاوت بوده و یا زاویه بین فازها مساوی نباشد. هر دو حالت فوق بطور همزمان نیز می تواند اتفاق بیفتد.

**علل ایجاد**

۱- بارهای نامتعادل تکفاز

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

۲- خطاها در شبکه

**اثرات**

تلفات بیشتر بخصوص درکارکردموتورهای سه فاز

### ۲-۴- شکاف (Notch)

شکافها در ولتاژ شبکه از عملکرد یکسوکننده های قدرت بوجود می آیند. اگر چه شکافها شبیه هارمونیکها ماهیت تناوبی دارند، معهذا در مطالعات کیفیت توان این اغتشاشات بصورت جداگانه دسته بندی می گردند.

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

**علل ایجاد**

یکسوکننده های قدرت

**اثرات**

عملکرد نادرست سیستمهای حساس

### ۲-۵- نویز (Noise)

سیگنالهای ناخواسته ای که دارای طیف فرکانسی کمتر از ۲۰۰ RHz بوده و روی ولتاژ و جریان شبکه سوار می گردند نویز نام دارد.

WikiPower.ir

**علل ایجاد**

۱- منابع تغذیه سوئیچینگ

۲- بارهای قوسی

۳- زمین نامناسب در سیستم

**اثرات**

عملکرد نادرست بعضی از لوازم الکترونیکی و مخابراتی حساس

### ۲-۶- تغییرات فرکانس (Frequency Variation)

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

هر گونه تغییر در فرکانس قدرت شبکه نسبت به مقدار نامی آن (۵۰ یا ۶۰ هرتز) تغییر فرکانس نام دارد.

باید توجه داشت که در شبکه های مدرن بهم پیوسته امروزی این واقعه بندرت اتفاق می افتد. معهذا در شبکه های ایزوله امکان وقوع این پدیده بیشتر است.

WikiPower.ir

**علل ایجاد**

۱- وصل مجموعه ای از بارهای بزرگ

۲- خروج مجموعه ای بزر گ از نیروگاهها

**اثرات**

۱- کاهش توان موتورهای بزرگ واختلال درکار آنها

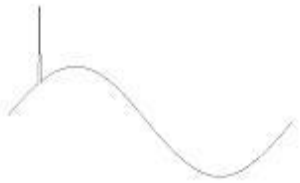
۲- عملکرد ناصحیح سیستمهای حساس به فرکانس

**۲-۷- پدیده های گذرا ( Transients)**

این اغتشاشات پدیده های ناخواسته ای هستند که بصورت لحظه ای (و نه پریودیک) در شکل موجهای ولتاژ یا جریان شبکه ظاهر می گردند. بطور کلی پدیده های گذرا به دو دسته قابل تقسیم هستند:

**۲-۷-۱ گذرای ضربه ای (Impulsive Transients)**

یک پدیده گذرای ضربه ای عبارتست از تغییر ناگهانی در شرایط ماندگار ولتاژ، جریان و یا هر دو که در فرکانسی غیر از فرکانس قدرت رخ داده و دارای یک پلاریته باشد.



**علل ایجاد**

صاعقه

**اثرات**

خرابی تجهیزات و دستگاههای برقی در اثر شکست عایقی

**۲-۷-۲ گذرای نوسانی (Oscillatory Transients)**

تغییر ناگهانی در شرایط ماندگار ولتاژ، جریان و یا هر دو در فرکانس غیرقدرت و با پلاریته مثبت و منفی (بصورت تناوبی) گذرای نوسانی نام دارد.

**علل ایجاد**

۱- کلیدزنی خازن ها و ترانسفورمرهای قدرت

۲- پدیده فرورزونانس

**اثرات**

خرابی و عملکرد نادرست تجهیزات

WikiPower.ir

## ۲-۸- تغییرات ولتاژ (Voltage Variations)

هر گونه تغییر در مقدار موثر ولتاژ در فرکانس اصلی نسبت به مقدار نامی با نام تغییرات ولتاژ شناسائی می گردند. در استانداردها بر اساسی طبیعت متفاوت این تغییرات دسته بندیهای متفاوتی انجام می گیرد. مطابق استاندارد ملی ایران تغییرات ولتاژ بصورت زیر طبقه بندی می گردند:

### ۲-۸-۱- تغییرات بلند مدت ولتاژ

طبق استاندارد وزارت نیرو تغییرات در دامنه ولتاژ نسبت به مقدار نامی به مقدار بیش از ۵٪ و برای مدت زمان بیش از ۱ دقیقه با نام تغییرات بلند مدت ولتاژ شناخته می گردد. در استانداردهای مختلف مقدار ۵٪

ممکن است برای سطوح مختلف ولتاژ متفاوت باشد. در مواردی که برای مدت زمانی بیش از ۱ دقیقه با قطع کامل ولتاژ روبرو باشیم به پدیده قطعی بلند مدت گفته می شود.

### ۲-۸-۲- تغییرات کوتاه مدت ولتاژ

این تغییرات خود به سه دسته زیر تقسیم می گردد:

**کمبود ولتاژ (Sag)**

کمبود ولتاژ عبارت است از کاهش بین ۰/۱ تا ۰/۹ پریونیت در مقدار موثر ولتاژ در فرکانس قدرت و زمان تداوم ۰/۵ سیکل تا یک دقیقه. کمبود به سه دسته آنی، لحظه ای و موقتی تقسیم می شود. در صورتی که این افت ولتاژ بیشتر از یک دقیقه طول بکشد این پدیده را افت ولتاژ گویند.

**علت ایجاد**

۱- خطاهای روی شبکه

۲- راه اندازی موتورها

۳- قطع بانکهای خازنی

۴- وصل بارهای بزرگ

**بیشبود ولتاژ (Swell)**

بیشبود ولتاژ در مقابل کمبود معرفی شده است. بیشبود عبارتست از افزایش موقتی در مقدار موثر ولتاژ به اندازه ۱/۱ تا ۱/۸ پریونیت در مقدار موثر ولتاژ و برای مدت ۰/۵ سیکل تا ۱ دقیقه، در صورتیکه زمان تداوم بیش از یک دقیقه طول بکشد این پدیده را افزایش ولتاژ می نامند.

**علت ایجاد**

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

۱- خطاهای تکفاز به زمین

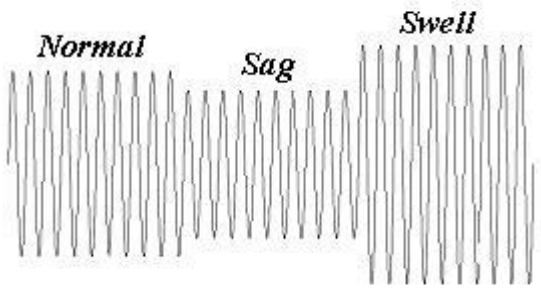
۲- قطع بارهای بزرگ

۳- وصل بانکهای خازنی

**اثرات**

افزایش ولتاژ لحظه ای روی دستگاهها

خرابی برقگیرهای متال اکسید اگر به مرحله عمل برسند.




**قطعی ولتاژ (Interruption)**

کاهش شدید (کمتر از ۱۰٪ مقدار نامی) یا قطع کامل ولتاژ تغذیه از یک فاز و یا بیشتر را در زمان بین 10ms تا یک دقیقه قطعی ولتاژ گویند.

**۳- نظارت بر کیفیت توان**

برای مطالعه و بازرسی کیفیت توان، علاوه بر بازدید محلی و بررسی انواع بارهای مشترک، اندازه گیری شاخصهای کیفیت توان در دوره های زمانی مشخص (مثلا یک هفته) انجام می شود. در این دوره زمانی تجهیزات اندازه گیری در محل نصب شده و پارامترهای مورد نظر اندازه گیری و ذخیره می شوند.

یکی از پارامترهای مهم در فرایند نظارت، انتخاب محل نصب دستگاههای اندازه گیری است. معمولا نقطه اتصال مشترک به شبکه (PCC) و یا در کنار تجهیزات حساس به کیفیت توان نقطه مناسبی برای نصب

دستگاههای اندازه گیری است. موضوع مهم دیگر پارامترهائی است که اندازه گیری می شوند. در حالت کلی این پارامترها شامل ولتاژ، جریان، مولفه های هارمونیکی آنها، فرکانس، توان و فلیکر می شود. در هر حال برای اندازه گیری باید از دستگاههای استاندارد آنالیز کیفیت توان استفاده نمود.

## ۴- راهکارهای بهبود کیفیت توان

اصولا باید توجه داشت که اغتشاشات کیفیت توان مربوط به کل شبکه الکتریکی شامل شبکه های توزیع و مصرف کننده ها می باشند. بهمین خاطر برای بهبود کیفیت توان لازم است هر دو طرف ، یعنی مصرف کننده ها و متولیان شبکه، با تفاهم و با علم به نحوه تاثیر گذاری هر طرف با یکدیگر همکاری نمایند. با توجه به مطلب فوق، راهکارهای بهبود کیفیت توان را به دو دسته کلی می توان تقسیم نمود.

### ۴-۱- راهکارهای مربوط به شرکتهای برق و توزیع

WikiPower.ir

تعدادی از این راه حلها عبارتند از:

۱- کاهش احتمال وقوع اتصال کوتاه شامل، هرس کردن شاخه درختان و شستشوی مقره ها

۲- کاهش، کنترل و استاندارد کردن مقاومت زمین

۳- تنظیم بار ترانس های توزیع

۴- کاهش اثرات مخرب صاعقه، پیوستگی سیستم زمین و استفاده از برقگیر مناسب

۵- گسترش و نوسازی شبکه

۶- نصب راکتور ضد تشدید به همراه خازنهای تصحیح ضریب توان (Detuning Reactor)

۷- استفاده از تکنولوژیهای نوین

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

۸- نصب فیلترهای مناسب جهت محدود کردن مولفه های هارمونیکی و عدم انتقال آلودگی از یک نقطه به نقطه دیگر.

### ۴-۲- راه حلهای مربوط به مصرف کنندگان

اصولا لازم است مصرف کنندگان بگونه ای برنامه ریزی نمایند که خود کمترین تاثیر را در ایجاد اغتشاشات کیفیت توان و انتشار آن در شبکه داشته باشند. در غیر اینصورت حتی مدرن ترین شبکه ها نیز نمی توانند انرژی عاری از اغتشاش را بصورت اقتصادی تامین نمایند. بعضی از راهکارهای مرتبط با این زمینه عبارتند از:

۱- استفاده از بارهائی که آلودگی کمتر ایجاد می کنند شبیه یکسوکننده های ۱۲ پالسه و یکسوکننده های با ضریب قدرت واحد (PFC)

۲- توزیع مناسب بارهای تکفاز

۳- استفاده از فیلترهای هارمونیکی (پسیو، اکتیو و هیبرید) در محل بارهای آلوده کننده

۴- استفاده از جبران کننده های استاتیکی توان راکتیو موازی (DSTATCOM, SVC)

۵- استفاده از راکتور محدود کننده جریان

## ۵- استانداردهای کیفیت توان

برای نظارت بر کیفیت توان الکتریکی، استانداردهایی برای پارامترهای مختلف تعریف شده است. در جدول های زیر برخی از استانداردهای صنعت برق ایران ارائه می گردد.

### جدول ۱- حدود مجاز اعوجاج ولتاژ

| ماکزیمم اعوجاج ولتاژ مجاز در شینه های با ولتاژ های مختلف به درصد نسبت به ولتاژ نامی با فرکانس ۵۰ هرتز | | |
|---|---|---|
| ولتاژ شینه | اعوجاج تکی ولتاژ هارمونیک | اعوجاج کلی ولتاژ (THD) |
| ۳۸۰ولت و ۲۰کیلوولت | ۳/۰ | ۱/۵ | ۵/۰ |
| ۶۳و۱۳۲کیلوولت | ۱/۵ | ۰/۷ | ۲/۵ |
| ۲۳۰و۴۰۰کیلوولت | ۱/۰ | ۰/۵ | ۱/۵ |

WikiPower.ir

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

**جدول ۲- حدودمجاز اعوجاج ولتاژ هارمونیکی مشترکین**

| بزرگی مشترک یا درصد ماکزیمم جریان مصرفی بدون هارمونیک نسبت به جریان اتصال کوتاه محل تغذیه. | ماکزیمم اعوجاج تکی ولتاژ هر هارمونیک به درصد نسبت به ولتاژ فرکانس اصلی. | تعداد مشترک تغذیه شده از پست. |
|---|---|---|
| ۱۰ | ۲/۵ الی ۳ | پست برق اختصاصی است وتنها برای استفاده یک مشترک می باشد. |
| ۵ | ۲ الی ۲/۵ | یک یا دو مشترک بزرگ از پست تغذیه می گردند. |
| ۲ | ۱ الی ۱/۵ | چند مشترک تقریباً بزرگ از پست تغذیه می گردند. |
| ۱ | ۰/۵ الی ۱ | حدود ۵ الی ۲۰ مشترک متوسط از پست تغذیه می گردند. |
| ۰/۱ | ۰/۰۵ الی ۰/۱ | تعداد زیادی مشترک کوچک از پست تغذیه می گردند. |

WikiPower.ir

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

جدول ۳- حدود هارمونیکی

| بزرگی مشترک یا درصد ماکزیمم جریان مصرفی بدون هارمونیک نسبت به جریان اتصال کوتاه محل تغذیه | اعوجاج تکی جریان هر هارمونیک مشترک | | | | | | | | | | اعوجاج کلی جریان |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | n<11 | | 11<n<17 | | 17<n<23 | | 23<n<35 | | n>35 | | |
| | فرد | زوج | فرد | زوج | فرد | زوج | فرد | زوج | فرد | زوج | |
| **R>5** | ۴ | ۱ | ۳ | ۰,۵ | ۱,۵ | ۰,۴ | ۰,۶ | ۰,۱ | ۰,۳ | ۰,۱ | ۵ |
| **5>R>2** | ۷ | ۱,۷ | ۳,۵ | ۰,۹ | ۲,۵ | ۰,۶ | ۱ | ۰,۲ | ۰,۵ | ۰,۱ | ۸ |
| **2>R>1** | ۱۰ | ۲,۵ | ۴,۵ | ۱,۱ | ۴ | ۱ | ۱,۵ | ۰,۴ | ۰,۷ | ۰,۲ | ۱۲ |
| **1>R>0.1** | ۱۲ | ۳ | ۵,۵ | ۱,۴ | ۵ | ۱,۲ | ۲ | ۰,۵ | ۱ | ۰,۲ | ۱۵ |
| **R<0.1** | ۱۵ | ۳,۸ | ۷ | ۱,۷ | ۶ | ۱,۵ | ۲,۵ | ۰,۶ | ۱,۴ | ۰,۳ | ۲۰ |

WikiPower.ir

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

جدول ۴- حدود مجاز فیلیکر در شبکه

| ولتاژ شبکه<br>نوع شاخص فلیکر | ۴۰۰ ولت<br>(فشار ضعیف) | ۲۰ و ۳۰ کیلوولت<br>(فشارمتوسط) | ۴۰۰-۲۳۰-۱۳۲-۶۳ کیلوولت<br>(فشارقوی) |
|---|---|---|---|
| کوتاه مدت | ۱ | ۰,۹ | ۰,۸ |
| بلندمدت(PN) | ۰,۸ | ۰,۷ | ۰,۶ |

جدول ۵- حدود مجاز درصد عدم تعادل ولتاژ

| ولتاژ شبکه | ۴۰۰ولت- ۲۰ و ۳۰ کیلوولت | ۴۰۰-۲۳۰-۱۳۲-۶۳ کیلوولت |
|---|---|---|
| درصد عدم تعادل ولتاژ | ۲ | ۱ |

مبحث های کیفیت

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

# فصل ۱- کیفیت برق

در چندین دهه قبل زمانیکه برق به عنوان یک کالای تجاری مطرح گردید ، هزینه‌ای از مصرف کنندگان برق دریافت می شد که معادل هزینه انرژی اولیه برای تولید برق و هزینه‌های سربار آن بود.

چند دهه بعد، شرکتهای متولی تولید برق متوجه شدند که هزینه دیگری باید از مصرف‌کنندگان اخذ شود زیرا مشاهده شد که نوع دیگری از توان در شبکه بین مصرف کننده و تولید کننده وجود دارد که به نام توان راکتیو یا مجازی نامیده شد، تولید کننده برای تولید آن هزینه‌ای نمی‌پرداخت و برای مصرف کننده نیز کاری انجام نمی‌داد در نتیجه برای تولیدکنندگان هزینه‌ای نداشت و برای مصرف‌کنندگان فایده‌ای نداشت اما مشکلاتی برای شبکه برق و تولیدکنندگان برق ایجاد می کرد از جمله ، اشغال ظرفیت خطوط و تجهیزات و افزایش تلفات انتقال ، محدودشدن تحریک نیروگاهها و ... که باعث شد شرکتهای برق جریمه‌ای به عنوان جریمه توان راکتیو از برخی مشترکین دریافت نمایند.

توان راکتیو مقدار توانی بود که بین مصرف‌کننده و تولیدکننده بصورت نوسانی جابجا می شود.

در برق عناصر مقاومتی توان راکتیو تولید نمی‌نمایند ولی خازن و سلف توان راکتیو تولید می‌نمایند با این تفاوت که رفت و برگشت توان در آنها با شبکه 180 اختلافی فاز دارد یعنی خازن در نیم سیکل اول از شبکه انرژی می گیرد در نیم سیکل دوم همان انرژی را به شبکه برمی‌گرداند ولی سلف عکس آن است. درنتیجه برای حذف توان راکتیو، هر مصرف‌کننده باید به اندازه سلف خود خازن و یا به اندازه خازن خود، سلف قرار دهد تا این جابجایی انرژی در دو نیم سیکل بین این دو عنصر صورت گیرد و مصرف کننده با تولیدکننده توان راکتیو تبادل ننماید.

این قضیه ادامه داشت تا اینکه در دهه اخیر شرکتهای برق متوجه شدند که مصرف‌کننده‌ها از دید توان اکتیو و راکتیو با هم مساوی نیستند. بعنوان مثال، یک مصرف کننده که 10KW برق را برای لامپ روشنایی مصرف می کند با یک مصرف کننده که 10KW برای جوشکاری مصرف میکند از دید شرکت برق یکسان نیستند ولی هر دو یک هزینه برق پرداخت می‌کنند در حالی که دستگاه جوشکاری مشکلات متعددی نظیر نوسانات ولتاژ ، صدمه به لوازم خانگی و .. را همراه دارد.

در اینجا بود که موضوعی به نام کیفیت مصرف برق مطرح شد و شرکتهای برق به وضع قوانینی پرداختند که در آن هزینه سومی به عنوان کیفیت مصرف برق مشخص شد که در آن هزینه پرداختی مصرف‌کنندگان فقط به مقدار توان اکتیو و راکتیو آنها بستگی ندارد و به نحوه مصرف برق بستگی دارد.

در ادامه چنانچه برق را به یک رودخانه‌ای تشبیه نمائیم که از نیروگاهها سرچشمه می‌گیرد و در طول مسیر خود ( توسط شبکه ) به مصرف کننده‌های مختلفی انشعاب می‌گیرد. یک مصرف‌کننده که برق را با کیفیت بد مصرف می نماید، در این مثال مانند این است که در محل مصرف آب رودخانه آن را آلوده می‌نماید بر اساس نوع آلودگی و حجم آن، این آلودگی می تواند به انشعابها بالاتر رودخانه نیز سرایت نماید و از آن طریق آب مصرفی دیگر مصرف کنندگان نیز آلوده گردد.

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

این موضوع دقیقاً در شبکه های برق رخ می دهد و بر اساس نوع و مقدار آلودگی یک مصرف کننده به مصرف کنندگان دیگر آسیب می بیند یک مثال ساده آن ، همان کم نور شدن یا سوسوزدن است لامپ خانه شما است در هنگامی که در همسایگی شما جوشکاری در حال انجام کاراست.

از طرف دیگر مصرف‌کنندگان برق نیز با توجه به اینکه دستگاههای برقی روز به روز حساستر می‌شوند نیاز به برق سالمتر و با کیفیت بهتر دارند که در دهه اخیر مصرف‌کنندگان نیز مدعی خرید برق با کیفیت مورد نظر خود هستند و این موضوع بحث کیفیت توان ( POWER QUALITY ) را جدی تر نموده است.

برای اندازه گیری کیفیت مصرف برق پارامترهایی مطرح شدند که عبارتند از : هارمونیک ،فلیکر، افت ولتاژ ، اضافه ولتاژ ، حالتهای گذرا و ... که در شماره های بعد به شرح هر یک از آنها پرداخته می‌شود.

## ۱,۱,۱,۱,۱,۱,۱,۱ بهبود کیفیت برق

از آنجا که انرژی مولد و متحرک ماشین آلات صنعتی انرژی الکتریکی می‌باشد کیفیت و سالم بودن آن در تولید با کیفیت و سطح بالا، بسیار مؤثر می‌باشد. اخیراً با توجه افزایش آلاینده‌های کیفیت برق نظیر بارهای غیرخطی، بارهای الکترونیکی و الکترونیک قدرتی، کیفیت انرژی الکتریکی کاهش یافته و منجر به زیانهای بسیاری برای صنایع گردیده است.

بهبود کیفیت برق و کاهش عوامل آلاینده آن ( نظیر هارمونیکها، افت و خیزهای ولتاژ و ...) می‌تواند مزایای زیر را برای صنایع در بر داشته باشد:

- جلوگیری از اغتشاشات و عملکرهای ناصحیح سیستمهای الکترونیکی و کنترلی
- جلوگیری از کاهش طول عمر تجهیزات برق نظیر ترانسفورماتورها، کابلها، سیستمهای الکترونیکی و کنترلی نظیر کنترل دورها، PLCها و ...
- جلوگیری از تلفات انرژی و خطای سیستمهای اندازه‌گیری

خدمات ما در این راستا عبارتند از :

۱- بررسی ، اندازه گیری و تحلیل وضعیت برق: با اندازه‌گیری و تحلیل و بررسی بارهای مصرفی در کارخانه به تعیین وضعیت کارخانه از نظرآلودگی و درجه تخریب تجهیزات و برآیند اقتصادی از آنها و رفع مشکلات سیستمهای کنترلی می‌پردازد.

۲- خدمات مشاوره‌ای: در ادامه خدمات مشاوره‌ای در زمینه بهبود کیفیت برق، جلوگیری از تخریب و کاهش طول عمر تجهیزات و ... می‌پردازد. خدمات مشاوره‌ای ما بسیار تخصصی می‌باشد.

۳- ارائه تجهیزات بهبود کیفیت برق: ما بصورت منحصر بفرد، در کشور ارائه کننده تجهیزات کنترل و بهبود کیفیت برق می‌باشیم.

علاوه بر ارائه راه‌کارهای پیشگیرانه و ارائه پیشنهادات اصلاحی، تجهیزاتی نظیر فیلترهای پسیو، راکتورها، چوکها، ترانسفورماتورها و ... که حذف یا کاهنده هارمونیکهای می‌باشند ارائه می نمائیم.

WikiPower.ir

۴- دوره آموزشی برق کیفیت برق: از دیگر فعالیتهای ما برگزاری دوره آموزشی بهبود کیفیت برق می‌باشد. با توجه به افزایش آلاینده‌های انرژی الکتریکی و افزایش خرابیها و عملکردهای ناصحیح سیستمهای کنترلی در صنایع آموزش کادر فنی در صنایع در راستای اهداف زیر لازم می‌باشد:

- جلوگیری از ایجاد آلاینده‌های الکتریکی
- رفع اشکالات ناشی از کیفیت پائین برق
- افزایش طول عمر تجهیزات
- استفاده بهینه از تجهیزات و ماشین آلات

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

با توجه به افزایش آلاینده‌های شبکه های برق و افزایش حساسیت ماشین آلات صنعتی، **وزارت نیرو اقدام به صدور بخشنامه‌ها و محدودیتهایی برای صنایع و مصرف کنندگان آلوده کننده شبکه های برق نموده است**، لذا کلیه صنایع مجبور به حفظ حدود استاندارد کیفیت توان می‌باشند تا از ایجاد اشکال و آلودگی شبکه های برق جلوگیری گردد و حقوق دیگر مصرف کنندگان رعایت گردد.

در این راستا وزارت نیرو به شرکتهایی مورد تأئید خود مجور ممیزی و ارزیابی کیفیت توان داده است تا به مصرف کنندگان و صنایع پس از اندازه گیری، تحلیل، ارائه راه کار و کاهش عوامل آلاینده ، **تأئیدیه‌ای مبنی بر رعایت حدود استاندارد کیفیت برق** ارائه نمایند.

WikiPower.ir

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

# فصل چهارم

## جبران توان راکتیو

## وتاثیر ان بر کیفیت توان الکتریکی

WikiPower.ir

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

## جبران توان راکتیو

جبران سازی توان راکتیو یکی از ابزار بهینه سازی هزینه انرژی و برگشت سریع سـرمایه است. در طول چند سال گذشته با بهره گیری از مواد جدید و روشهای تولید پیشرفته، خازنهایی با تلفات بسیار اندک در حجم های کوچک ساخته شده است. با توسـعه وتولیـد کنتاکتـورهای خـازنی و رگـولاتورهای میکـروپرسسوری بسیار پیشـرفته که تضمین کننده رفتار مناسب وبهینه بانک خازنی به تغییرات بار است،

بانکهای خازنی کاملا قابل اعتماد گردیده‌اند.با این وجود دلایل بسیاری بر لزوم آشنایی مشاوران و مصرف کنندگان باجنبه های پیچیده این موضوع وجود دارد. بدلیل افزایش اعوجاجهای هارمونیکی درشبکه های فشار ضعیف و متوسط ، طراحی بانکهای خازنی بسیار مشـکل و پیچیده شده اند. یکسو سازها، کنترلرهای الکترونیکی موتورها، مبـدلهای فرکـانس و دیگر بارهای الکتـرونیکی برای جبـران توان راکتیو مصرفی، نیاز به خازن دارند و در عین حال این مصرف کنندگان مولد هارمونیک هستند. در صورت نزدیک بودن فرکانس رزونانس مجموعه ترانس و خازن به فرکانس هارمونیکها، امکان وقوع خطر بسیار محتمل است.بنابراین به منظور اجتناب از مسایل و هزینه های بعدی قویا پیشنهاد میگردد تا افراد با تجربه برای دستیابی به طرحی مناسب مورد مشاوره قرارگیرند.اغلب دستگاهها و مصرف کنندگان الکتریکی برای انجام کار مفید نیازمند مقداری توان راکتیو برای مهیا کردن شرایط لازم برای انجام کار می باشند .بعنوان مثال " موتورهای الکتریکی A.C" برای تبدیل انرژی الکتریکی به انرژی مکانیکی، نیازمند تولید شار مغناطیسی در فاصله هوایی موتور هستند. ایجاد شار تنها توسط تـوان راکتیـو امکان پذیر و با افزایش بار مکانیکی موتور مقدار توان راکتیو بیشتری مصرف می گردد.

عمده مصرف کنندگان انرژی راکتیو عبارتند از:

-(1سیستم های الکترونیک قدرت

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

الف)- مبدل های(AC/DC (Rectefiers

ب)- مبدل های (DC/AC (Inverters

ج)- مبدل های(AC/AC (Converters

د)- چاپرها(( Choppers

(2مصرف کنندگان یا تجهیزاتی که دارای مشخصه غیر خطی هستند .

(3مصرف کنندگانی که در شکل موج ولتاژ محل تغذیه خود اعوجاج (هارمونیک (ایجاد می‌نمایند.

(4متعادل ساز های بار های نا متعادل

WikiPower.ir

(5تثبیت کنندههای ولتاژ

(6کورههای القایی

(7کورههای قوس الکتریکی

(8سیستم های جوشکاری AC , DC

همانگونه که ذکر شد مصرف انرژی راکتیو اجتناب ناپذیر است.انتقال انرژی راکتیو، انتقال جریان الکتریکی است و انتقالش نیازمند به کابل با سطح مقطع بزرگتر، دکل های فشار قوی مقاومتر و در

نتیجه هزینه های مازاد است. همچنین افزایش تلفات الکتریکی و کاهش راندمان شبکه را نیز به همراه دارد. در مواردی مانند کاربردهای الکترونیک قدرت و متعادل سازی بارهای نامتعادل حتی انتقال انرژی راکتیو هم کار ساز نبوده و باید انرژی در محل تولید گردد.خازن اصطلاحا تولید کننده انرژی راکتیو است، اما خازن توان راکتیو تولید نکرده بلکه مصرف کننده آن نیز میباشد. فقط در زمانی که سلف انرژی راکتیو در خود ذخیره می نماید (ازشبکه می کشد) خازن، انرژی ذخیره شده خود را به شبکه تحویل می دهد و در زمانی که سلف انرژی ذخیره شده اش را به شبکه پس می دهد خازن از شبکه انرژی می کشد .حال اگر سلف و خازن در کنار هم قرار گیرند، هنگامیکه خازن انرژی می دهد سلف آن انرژی را می گیرد و زمانی که خازن انرژی می گیرد سلف انرژی می دهد که موجب تعادل انرژی بین سلف و خازن گشته و دیگر تبادل انرژی بین مصرف کننده و شبکه صورت نمی گیرد.

## اندازه گیری و بهبود کیفیت توان الکتریکی

امروزه کیفیت برق برای شرکتها و مصرف کنندگان انرژی الکتریکی از اهمیت خاصی برخوردار است.لوازمی همچون کامپیوترها، لوازم الکتریکی ودستگاههای صنعتی قابل برنامه ریزی و کنترل کننده ها، نسبت به اغتشاش در برق بسیار حساسند. از سوی دیگر، استفاده از لوازم تولیدکننده اغتشاش در سیستم قدرت مانند منابع الکترونیک قدرت و کنترل دور موتورها روند رو به افزایشی یافته است.مؤسسه Power tech با همکاری شرکت مادر خود یعنی شرکت B.C.Hydro اقدام به برآورد کیفیت توان در دو منطقه کرده است. یکی از این دو، برآورد دو ساله توان مصرف کنندگان B.C.Hydro در بخش توزیع و دیگری برآورد سه ساله کیفیت توان شرکت برق کانادا بوده است.

برای انجام این برآوردها، Powertech نرم افزاری تهیه کرده است که بطور اتوماتیک، اندازه و طول دوره زمانی پارازیتها را تعیین می کند که در استاندارد ANSI/IEEE شماره Power Quality 446, آمده است و مشخص می نماید که آیا اغتشاشات ثبت شده مشکل ساز می باشند یا خیر ؟

برنامه مذکور، قابلیت تجزیه و تحلیل تغییرات ولتاژ در طولانی مدت را نیز داراست. نتایج این تجزیه و تحلیل بصورت هیستوگرامهایی که محدوده تغییرات ولتاژ و مقدارمیانگین آن را نشان می دهند، نمایش داده می شود.

همچنین نرم افزاری برای اندازه گیری طولانی مدت هارمونیکها نیز ارائه گردیده است. این نرم افزار به تشخیص مشکلات منابع رزونانس هارمونیکی کمک کرده و می توان با استفاده از آن و به کمک استاندارد هارمونیکهای IEEE شماره 519 ،میزان هارمونیک ایجاد شده در شبکه توسط هر مشترک را تعیین کرد.

می توان در آزمایشگاهها با استفاده از آزمایشهای خاص به میزان هارمونیک تولیدی توسط منابع الکترونیک قدرت و بالاست(چوک) لامپهای فلورسنتها پی برد. هارمونیکها و علی الخصوص هارمونیک سوم، می توانند لوازم متصل به شبکه را تحت تاثیر قرار داده و هم برای مشترک و هم برای شرکت برق مشکلات جدی را ایجاد نمایند. در سیستمهای سه فاز، بالا بودن جریان هارمونیک سوم می تواند باعث اضافه بار شدن سیم نول ساختمانها گشته و تلفات ترانسفورماتورها را افزایش داده و درنتیجه باعث داغ شدن بیش از حد و پیری زودرس آنها گردد.

کارشناسان این مؤسسه می توانند با استفاده از اسیلوسکوپهای دیجیتالی و تجزیه و تحلیل کامپیوتری به میزان هارمونیک موجود در برق مصرفی تا هارمونیک مرتبه صدم ( و در صورت نیاز، مراتب بالاتر از آن ) پی ببرند.

این مؤسسه توانایی انجام کلیه آزمایشهای ایمنی بر روی لوازم الکتریکی را نیز داراست. این موسسه می تواند تجهیزاتی اعم از اتصالات فشار قوی، برقگیرها، رابطهای الکتریکی و تجهیزات الکترونیکی تولیدکننده امواج ضربه را بر طبق استاندارد ANSI/IEEE شماره C62.41 (1991) مورد آزمایش قرار دهد. تستهای با سطح 6kv یا 3kA با روندی روتین قابل انجام می باشند.

## انتقال توان الکتریکی، به روشHVDC

HVDC یا سیستم های انتقال توان جریان مستقیم ولتاژ بالا، با سیستم های معمول جریان متناوب متفاوت است و به عنوان سیستمی برای انتقال توان های زیاد به کار می رود. این سیستم اولین بار در دهه ۱۹۳۰م در سوئد در ASEA به وجود آمد و اولین نصب تجاری آن در اتحاد جماهیر شوروی بین دو شهر مسکو و کاشیرا و نیز یک سیستم ۱۰ تا ۲۰ مگاواتی در گاتلند سوئد در سال ۱۹۵۴م انجام شد. افزایش انتقال AC در انتقال توان الکتریکی، انتقال به روش DC بیش از آنکه یک قاعده باشد یک استثناست. محیط هایی وجود دارد که سیستم انتقال جریان مستقیم در آنها راه حل متعارف است مانند کابل های زیر دریا و در اتصالات بین سیستم های غیر سنکرون (با فرکانس های مختلف). اما برای اغلب شرایط موجود انتقال توان به صورت جریان متناوب کماکان مناسب است. در تلاش های اولیه انتقال توان الکتریکی، از جریان مستقیم استفاده می شد. اما به هر حال در این دوران سیستم جریان متناوب برای انتقال توان بین نیروگاه ها و ماشین آلات استفاده کننده از این انرژی بر سیستم انتقال توان جریان مستقیم فائق آمد. مزیت اصولی سیستم جریان متناوب قابلیت استفاده از ترانسفورماتور برای انتقال موثر سطح ولتاژ به کار رفته در توان انتقالی بود. با توسعه ماشین های جریان متناوب موثر، مانند موتور القایی، استفاده از جریان متناوب معمول شد. ( جنگ جریان ها را مشاهده کنید.) توانایی انتقال سطح ولتاژ یک امر مهم اقتصادی و فنی است که بایستی مد نظر قرار گیرد، با وجود اینکه ولتاژهای بالا سخت تر مورد استفاده واقع می شوند و خطرناک تر هستند، اما سطح جریان پایین تری که برای ولتاژ های بالا مورد نیاز است، برای یک سطح توان معین منجر به استفاده از کابل های کوچکتر و تلفات توان کمتری به صورت گرما می شود. انتقال توان همچنین می

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

تواند توسط ولتاژ حداکثر محدود شود. یک خط جریان مستقیم که در ولتاژ حداکثری برابر یک خط جریان متناوب کار می کند، می تواند توان بسیار بیشتری را به نسبت جریان متناوب تحت این محدودیت ولتاژ حمل کند. بنابراین با مناسب بودن ولتاژ بالا برای انتقال توان زیاد و مناسب بودن ولتاژ پایین تر برای بهره برداری های صنعتی و داخلی، استفاده از سیستم جریان متناوب به دلیل قابلیت تبدیل سطح ولتاژ آن به سطوح مختلف، برای انتقال توان عام شد. هیچ وسیله معادلی برای ترانسفورماتور در جریان مستقیم وجود ندارد و بنابراین به کارگیری ولتاژ مستقیم بسیار مشکل تر است. مزیت های HVDC بر انتقال جریان متناوب علی رغم اینکه سیستم انتقال توان جریان متناوب غالب است اما در برخی از کاربردها، HVDC ترجیح داده می شود: کابل های زیر دریا (مانند کابل ۲۵۰ کیلومتری بین سوئد و آلمان) انتقال توان زیاد در مسافت های بلند از یک نقطه به یک نقطه دیگر و بدون تپ های میانی، برای مثال در مناطق دور افتاده. افزایش ظرفیت یک شبکه برق در شرایطی که نصب سیم های اضافی مشکل زا یا هزینه بردار است. امکان انتقال توان بین سیستم های توزیع غیر سنکرون جریان متناوب. کاهش سطح مقطع سیم کشی و دکل های برق برای یک ظرفیت انتقال داده شده. HVDC می تواند در هر هادی توان بیشتری را انتقال دهد چرا که برای یک توان نامی داده شده ولتاژ ثابت در یک خط جریان مستقیم پایین تر از حداکثر ولتاژ در یک خط جریان متناوب است. این ولتاژ ضخامت عایق و فاصله گذاری بین هادی ها را تعیین می کند. اتصال نیروگاه های معین به شبکه توزیع پایدار کردن شبکه های برقی که بیشتر AC هستند. خطوط بلند زیر دریا دارای ظرفیت خازنی بالایی هستند. این امر موجب می شود که توان جریان متناوب به سرعت و به شدت به صورت تلفات راکتیو و دی الکتریک حتی در کابل های با طول ناچیز تلف شود. HVDC می تواند توان بیشتری در هر هادی انتقال دهد چرا که برای یک توان نامی ولتاژ ثابت در یک خط جریان مستقیم پایین تر از ولتاژ حداکثر یک خط جریان متناوب است. این ولتاژ تعیین کننده ضخامت عایق به کار رفته و فاصله بین هادی هاست. این روش، استفاده از سیم ها و مسیرهای موجود را برای انتقال توان بیشتر در منطقه ای که مصرف توانش بالاتر است را ممکن می سازد و موجب کاهش هزینه ها می شود.

مزیت های احتمالی بهداشتی سیستم HVDC بر سیستم جریان متناوب برای مدتی این گمان وجود داشت که بین میدان القایی یک جریان متناوب (خصوصاً در فرکانس های عمومی خطوط که ۵۰ و ۶۰ هرتز است) و امراض خاصی ارتباط وجود دارد. یکی از خواص سیستم جریان مستقیم این است که دیگر چنین میدان های مغناطیسی متناوبی وجود ندارند. اخیرا در مطالعات آزمایشگاهی نشان داده شده است که چنین میدان های متناوبی منجر به افزایش اشباع رادیکال های آزاد در جرم خون حیوانات می شود (این افزایش می تواند توسط آنتی اکسیدان ها جلوگیری شود). رادیکال های آزاد به عنوان علل احتمالی تعدادی از بیماری ها شناخته شده اند. مزایای این سیستم تنها شامل آنهایی می شود که در معرض خطوط انتقال زندگی می کنند چرا که مشکلات احتمالی میدان های مغناطیسی با انتقال جریان متناوب جریان زیاد و نیز ترانسفورماتورها، موتورها و ژنراتورهای مرتبط با این جریان و حتی وسایل خانگی عادی مانند ماشین اصلاح الکتریکی با سیم پیچ و (خصوصا) مسواک های الکتریکی که به صورت القایی شارژ می شوند، ارتباط دارد. اتصالات بین شبکه های جریان متناوب با به کار گیری فن آوری تریستور تنها شبکه های جریان متناوب سنکرون را می توان به هم متصل کرد؛ یعنی شبکه هایی که با سرعت یکسان و فاز مشابه نوسان می کنند. بسیاری از مناطقی که مایل به اشتراک گذاشتن توان هایشان هستند دارای شبکه ای غیر سنکرون هستند. ارتباطات جریان مستقیم به چنین مناطقی این امکان را می دهد که به هم متصل شوند. اما بهر حال سیستم های جریان مستقیمی که بر پایه ترانزیستورهای IGBT هستند اتصال سیستم های غیر سنکرون جریان متناوب را ممکن می سازند و نیز امکان کنترل ولتاژ متناوب و عبور توان راکتیو را فراهم می آورند. حتی یک شبکه سیاه را می توان به این روش به شبکه مورد نظر متصل کرد. سیستم های تولید توان نظیر باتری های فتو ولتایی تولید جریان مستقیم می کنند. توربین های آبی و بادی تولید جریان متناوبی در فرکانسی وابسته به سرعت شاره ای که آنرا به حرکت در می آورد، می کنند. در حالت اول جریان مستقیم ولتاژ بالا را می توان مستقیما برای انتقال توان به کار برد. در حالت دوم ما دارای یک سیستم غیر سنکرون هستیم که به همین دلیل پیشنهاد می شود که از یک اتصال جریان مستقیم استفاده کنیم. در هر یک از

این حالات ممکن است که تشخیص داده شود که انتقال HVDC مستقیما از نیروگاه تولید کننده به کار ببرند به ویژه در صورتی که سیستم در مناطق نامساعد قرار داشته باشد. به طور کلی یک خط توان HVDC دو منطقه جریان متناوب از شبکه توزیع برق را به هم متصل می کند. سیستم آلات تبدیل جریان متناوب به جریان مستقیم گران هستند و هزینه قابل توجهی را در انتقال توان به خود اختصاص می دهند. تبدیل از جریان متناوب به جریان مستقیم را یک سو سازی و تبدیل از جریان مستقیم به جریان متناوب را اینورژن می نامند. برای فاصله ای بیش از یک فاصله معین ( که حدود ۵۰ کیلومتر برای کابل های زیر دریا و احتمالا ۶۰۰ تا ۸۰۰ کیلومتر برای کابل های هوایی است) کاهش هزینه ناشی از به کار گیری تجهیزات الکترونیک قدرت برای سیستم جریان مستقیم از هزینه این تجهیزات بیشتر است و عملا به کاربری این سیستم در خطوط هوایی بسیار بلند مقرون به صرفه است. چنین فاصله ای که در آن هزینه ها با درآمد ها برابر می شود را یک فاصله یربه یر (مساوی) می نامند. علم الکترونیک همچنین اجازه این را به ما می دهد که توسط کنترل اندازه و جهت جریان توان، شبکه برق را مدیریت کنیم. بنابراین یک مزیت اضافی وجود ارتباطات HVDC پایداری افزایش یافته بالقوه در شبکه انتقال است. یک سو سازی و اینورت کردن اجزا یک سو کننده و اینورت کننده سیستم های اولیه از یک سو سازهای آرک ـ جیوه استفاده می کردند که قابل اعتماد نبودند. برای اولین بار شیرهای تریستوری در ۱۹۶۰م به کار گرفته شدند. تریستور یک نیمه هادی حالت جامد مشابه دیود است اما با یک ترمینال کنترلی اضافی که از آن در یک لحظه معین در سیکل جریان متناوب برای دادن فرمان به تریستور استفاده می شود. امروزه از ترانزیستور دو قطبی گیت عایق شده (IGBT) نیز به جای تریستور استفاده می شود. به دلیل اینکه ولتاژ در HVDC گاهاً حول ۵۰۰ کیلو ولت است و از ولتاژ شکست دستگاه های نیمه هادی بیشتر است، مبدل های HVDC با استفاده از تعداد زیادی نیمه هادی ساخته می شوند که سری شده اند. با این کار عملا ولتاژی که روی هر نیمه هادی می افتد کاهش می یابد و می توان از نیمه هادی های با ولتاژ شکست پایین تر که ارزان تر نیز هستند استفاده کرد. برای دادن فرمان به تریستور ها نیاز به یک مدار فرمانی داریم که با ولتاژی پایین عمل می

کند و می بایست از مدار ولتاژ بالای سیستم جدا شود. این کار معمولا به صورت اپتیکی یا نوری انجام می شود. در یک سیستم کنترل هایبرید تجهیزات الکترونیکی ولتاژ پایین پالس های نوری را در طول فیبرهای نوری به بخش ولتاژ بالا کنترل الکترونیکی ارسال می کنند. یک عنصر کلید زنی کامل بدون در نظر گرفتن ساختارش عموما یک شیر خوانده می شود. سیستم های یک سو سازی و اینورتری یک سوسازی و اینورژن اساسا یک مکانیزم را دارا هستند. بسیاری از پست های برق بگونه ای ساخته شده اند تا بتوانند هم به صورت یک سوساز و هم به صورت اینورتر عمل کنند. در سر جریان متناوب یک دسته از ترانسفورماتورها قرار داده می شوند که اغلب سه ترانسفورماتور تک فاز جدا از هم هستند که ایستگاه مورد نظر را از تغذیه جریان متناوب جدا می کنند تا بتوانند یک زمین محلی را ایجاد کنند و نیز تا یک ولتاژ مستقیم نهایی صحیح را تضمین کنند. سپس خروجی این سه ترانسفورماتور به یک پل یک سوساز شامل تعدادی شیر وصل می شود. ساختار اصلی شامل شش شیر است که هر سه شیر هر سه فاز را به یکی از دو سر ولتاژ مستقیم وصل می کند. اما به هر حال در این سیستم، به دلیل اینکه هر ۶۰ درجه یک تغییر فاز داریم یا به عبارتی یک ولتاژ شش پالسه داریم، هارمونیک های این ولتاژ هم قابل ملاحضه اند. یک ساختار بهبود یافته این سیستم از ۱۲ شیر (که اغلب به عنوان سیستم ۱۲ شیره شناخته شده) استفاده می کند. در این سیستم جریان متناوب ورودی را قبل از ترانسفورماتور ها به دو بخش تقسیم می کنیم. یک بخش را به یک اتصال ستاره از ترانسفورماتورها اعمال می کنیم و بخش دیگر را به یک اتصال مثلث از ترانسفورماتورها در نظر می گیریم. در این صورت شکل موج خروجی این دو ترانسفورماتور سه فاز با هم ۳۰ درجه اختلاف فاز خواهد داشت. حال ۱۲ شیری که داریم هر یک از این دو دسته سه فاز را به ولتاژ مستقیم وصل می کنند و در این صورت هر ۳۰ درجه یک تبدیل فاز خواهیم داشت، یا یک ولتاژ ۱۲ پالسه خواهیم داشت که این به معنی کاهش قابل ملاحضه هارمونیک ها است. علاوه بر تغییر دادن ترانسفورماتورها و شیرها، می توان توسط اجزا راکتیو، پسیو و مقاومتی مختلفی برای حذف هارمونیک های موجود بر روی ولتاژ مستقیم استفاده کرد. نگرش کلی قابلیت کنترل پذیری عبور جریان از طریق یک سو سازها و اینورتورهای HVDC

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

، کاربرد آنها در اتصالات بین شبکه های غیر سنکرون و کاربرد آنها در کابل های کارای زیر دریا به این معنی است که کابل های HVDC اغلب در مرزهای ملی و برای مبادلات توان به کار می برند. نیرو گاه های بادی داخل آب نیز نیازمند کابل های زیر دریا هستند و توربین های آنها نیز غیر سنکرون. از خطوط انتقال HVDC می توان در برقراری اتصالات بسیار بلند بین تنها دو نقطه استفاده کرد، برای مثال اطراف اجتماعات دور افتاده سیبری، کانادا و شمال اسکاندیناوی که در این صورت کاربرد این سیستم که دارای هزینه های کمتر از خطوط معمولی است منطقی به نظر می رسد. ساختار سیستم یک اتصال HVDC که در آن دو مبدل AC به DC در یک ساختمان به کار رفته اند و انتقال به صورت HVDC تنها بین خود ساختمان وجود دارد به عنوان یک اتصال HVDC پشت به پشت معروف است. این یک ساختار عمومی برای اتصال دو شبکه غیر سنکرون است. معمول ترین ساختار یک اتصال HVDC یک اتصال ایستگاه به ایستگاه است که در آن دو ایستگاه اینورتر / یک سو ساز توسط یک اتصال اختصاصی HVDC به هم متصل می شوند. این اتصالی است که به صورت زیادی در اتصال شبکه های غیر سنکرون در خطوط انتقال بلند و در کابل های زیر دریا به کار می رود. سیستم انتقال توان چند ترمیناله (که از سه ایستگاه یا بیشتر استفاده می کند) HVDC هم به علت هزینه های بالای ایستگاه های مبدل و اینورتر، از دو سیستم دیگر کمتر مورد استفاده قرار می گیرد. ساختار ترمینال های چندگانه می تواند سری یا موازی و یا هیبرید (ترکیبی از سری و موازی) باشد. از ساختار موازی برای ایستگاه های با ظرفیت بالا استفاده می شود در حالی که از ساختار سری برای ایستگاه های با ظرفیت کمتر استفاده می شود. سیستم های تک قطبی نوعا ۱۵۰۰ مگا وات را حمل می کنند. یک اتصال دو قطبی از دو سیم استفاده می کند، یکی در پتانسیل بالای مثبت و دیگری در پتانسیل بالای منفی. این سیستم دارای دو مزیت نسبت به اتصال تک قطبی است: اول اینکه می تواند توانی معادل دو برابر سیستم تک قطبی حمل کند که نوعا برابر ۳۰۰۰ مگا وات است ( جریان یکی است اما اختلاف پتانسیل بین سیم ها دو برابر است). دوم اینکه این سیستم می تواند با وجود خطا در یکی از سیم ها، و با استفاده از زمین به عنوان یک مسیر بازگشت به کار خود ادامه دهد. اتصالاتHVDC چند

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

ترمیناله که بیش از دو نقطه را به هم متصل می کنند ممکن هستند اما بندرت یافت می شوند. یک مثال از این اتصالات سیستم ۲۰۰۰ مگاواتی Hydro Quebec است که در سال ۱۹۹۲ م افتتاح شد

WikiPower.ir

# The How's and Why's of Harmonic Distortion

By John DeDad, Senior Director, Editorial and EC&M Development

Jun 1, 2006 12:00 PM

Harmonics problems counter many of the conventional rules of power system design and operation

At one time, almost all electrical loads were linear — those that weren't made up such a small portion of the total that they had little effect on electrical system operation. That all changed, however, with the coming of the solid-state electronic revolution.

Today, we have an environment rich in nonlinear loads, such as UPS equipment, computers, variable-speed drives, and electronic fluorescent lighting ballasts. Operation of these devices represents a double-edged sword. Although they provide greater efficiency, they can also cause serious consequences to power distribution systems — in the form of harmonic distortion.

Let's take a closer look at linear and nonlinear loads to get a better understanding of the how's and why's of this distortion.

**Linear loads and current waveforms.** Pure resistance, inductance, and capacitance are all linear. What that means is if we place a sine wave voltage of a certain magnitude across a circuit containing pure resistance, the current in the circuit follows Ohm's Law: I = E ÷ R. So, for a specific value of ohms, the relationship of volts and amperes is a straight line (**Figure 1**).

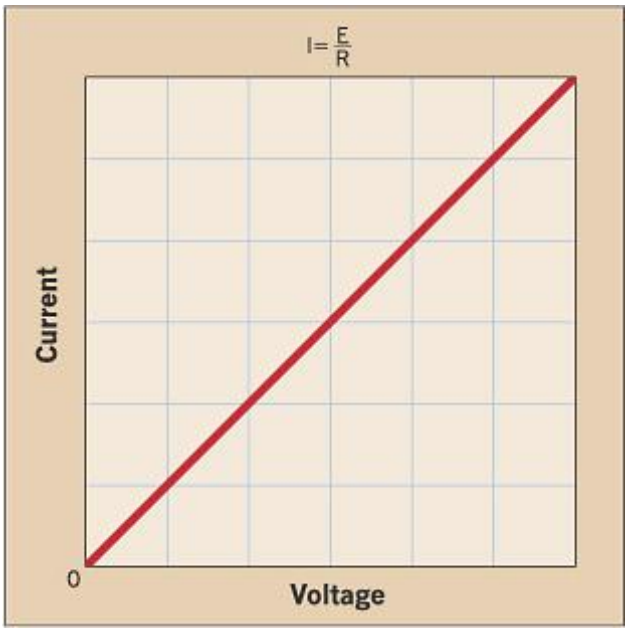



**Fig. 1.** With a linear load, the relationship between voltage and current is linear and proportional. The 45° diagonal line represents a fixed resistance.

For example, let's say we apply 100V across a 10-ohm resistor. Per Ohm's Law, the current would then be 10A. If we double the voltage to 200V, the resulting current is 20A. For 400V, the current would be 40A, etc.

**Inductances.** Ohm's Law, as it applies to these types of loads, is expressed as $I = E \div X_L$, where $X_L$ is the inductive reactance, which is equal to $2\pi fL$, which is equal to ohms. Here, current is directly proportional to the voltage drop and inversely proportional to both the self-inductance and the frequency (f). If the frequency is constant, say 60 Hz, the relationship of voltage and current is a straight line, as we've seen with resistance.

Note that this relationship involves magnitudes only. It does *not* give the phase relationship between voltage (E) and current (I). Here, voltage leads

current by 90°. Also, the ohmic value of $X_L$ increases in direct proportion to frequency. So, if frequency is doubled from, say 60 Hz to 120 Hz, $X_L$ will also double, etc., thus maintaining a linear relationship.

**Capacitances.** A similar situation holds for these types of loads. Here, the Ohm's Law equivalent is expressed as $I = E \div X_C$, where $X_C$ represents capacitive reactance, which is equal to $1 \div 2\pi fC$, which is equal to ohms. As with inductance, if the frequency is constant, the voltage and current relationship is a straight line. If, however, the frequency is doubled from 60 Hz to 120 Hz, the $X_C$ ohms will be half of what it was at 60 Hz. Nevertheless, the relationship is still a straight line.

**Nonlinear loads and current waveforms.** Solid-state electronics is based on the use of semiconductors. These materials are totally different in that their response to voltage is not a straight line. In general, the relationship of voltage to current is represented by a curve, as shown in **Figure 2**. Even this is misleading because each solid-state device will have a unique response curve that is different from that of other types of semiconductor-based devices.

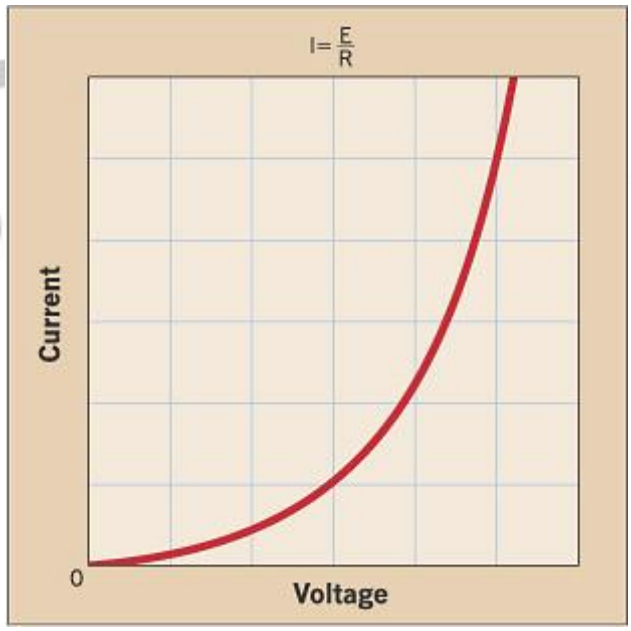



**Fig. 2.** With a nonlinear load, the line is curved, not straight as with a linear load. The amount of curvature is unique to each type of nonlinear semiconductor or device.

What this means is that with a nonlinear load, you cannot easily predict the relationship between voltage and current — unless you have an exact curve for each device. With equipment containing many solid-state devices, such an approach is impossible.

The only logical way is to use test instruments to plot the individual voltage-current relationships. The test results are often baffling. With an incoming source having a near perfect 60 Hz sine wave, the current will be significantly distorted. However, mathematical (Fourier) analysis of these distorted waves shows that they are made up of the fundamental sine wave — plus one or more harmonic current waves having a frequency that is a whole integer multiple of the fundamental frequency. For example, a 60 Hz fundamental, combined with 180 Hz and 300 Hz waves, will result in a specific type of distorted wave.

Any wave shape can be reproduced exactly by adding together a series of sine waves of particular frequency, amplitude, and timing, although it may require an infinite number of them. Therefore, nonsinusoidal waveforms consist of, and can be broken down into, some finite number of pure sine waves. The **chart** (click here to see chart) shows how harmonic current waveforms combine with the fundamental to form distorted waveforms.

**Voltage waveform distortion.** Ohm's Law also helps explain another phenomenon: distorted voltage waveforms caused by distorted current waveforms. Each harmonic current in a facility's electrical distribution system will cause a voltage at the same harmonic to exist when the harmonic current flows into an impedance. This results in voltage harmonics appearing at the

load bus. For example, a 5th harmonic current will produce a 5th harmonic voltage, a 7th harmonic current will produce a 7th harmonic voltage, etc.

The equation takes the form of E = (I × Z), where Z is the impedance of an electrical load in the circuit, which in the case of motors, transformers, and similar devices, is mostly inductive. Because a distorted current waveform is made up of the fundamental plus one or more harmonics currents, each of these currents flowing through the impedance will cause a voltage drop across the impedance.

The magnitude of the current and voltage waveform distortion will depend upon the relative size of the nonlinear loads with respect to that system, the type of equipment, and the source impedance. The amount of voltage distortion increases as the percentage of nonlinear loads increases. If you assume the load bus distortion stays within reasonable limits, say less than 5%, the amount of harmonic current generated by the load is generally constant.

WikiPower.ir

Let's talk about system impedance. According to the book, “Electrical Power Systems Quality” (Dugan, McGranaghan, Santoso, and Beaty, ISBN 0-07-138622-X), while the nonlinear load's harmonic currents cause the voltage distortion, the load itself has no control over the *amount* of distortion. If we put the same load in two different facilities with two different system impedances, we would have two different distortion values.

IEEE 519-1992, “Recommended Practices and Requirements for Harmonic Control in Electrical Power Systems,” recognizes this by basically saying:

- The control over the amount of harmonic current injected into the system takes place at the end-use application.
- Assuming the harmonic current injection is within reasonable limits, the control over the voltage distortion is exercised by the entity having control over the system impedance, which is often the electric utility.

While electric utilities everywhere generate very good sine wave voltages, we must remember that the distortion increases closer to the load — and that some loads chop the current into seemingly arbitrary waveforms. When passed through a system impedance, this current can actually cause voltage distortion.

WikiPower.ir

Sidebar: Speak the Same Language

Depending on what industry you're in, the word “harmonics” can mean two different things to two different people. In their book, “Electrical Power Systems Quality,” (ISBN 0-07-138622-X) authors Dugan, McGranaghan, Santoso, and Beaty point out that, by popular convention in the power industry, the majority of times the term “harmonics” is used by itself to refer to the load apparatus; therefore, the speaker is referring to harmonic *currents*. On the electric utility side, however, many use the term to mean harmonic *voltages*. So, when talking about “harmonics” with manufacturers, utility

people, technicians, etc., make sure everyone is on the same page to avoid any confusion.

Sidebar: All Loads are Not Created Equal

Motors, incandescent lighting, and heating loads are linear in nature. That is, the load impedance is essentially constant regardless of the applied voltage. As seen in **Fig. A**, the current in AC circuits increases proportionately as the voltage increases and decreases proportionately as the voltage decreases.

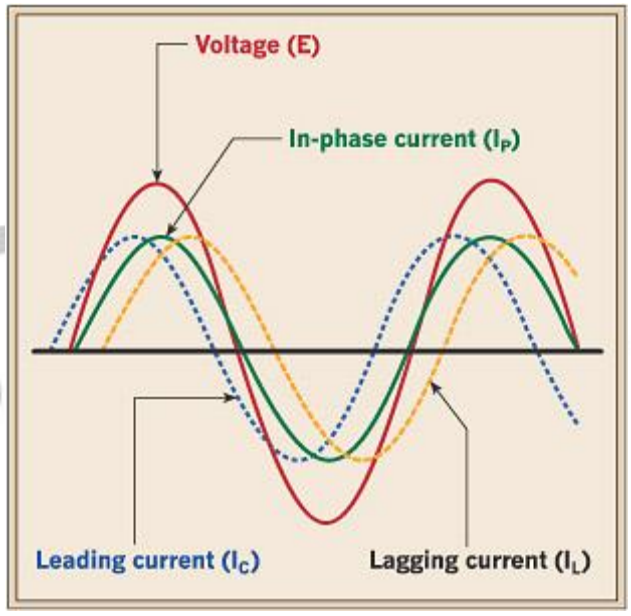



**Fig. A.** shown are plots of different linear load currents, $I_p$ is a pure resistive circuit current. $I_L$ is a partially inductive (lagging) circuit current. $I_C$ is a partially capacitive (leading) circuit current, which is uncommon.

The current in these circuits is *in phase* with the voltage for a *resistive* circuit, with a power factor (PF) of unity. It *lags* the voltage by some phase angle for the more typical *partially inductive* circuit (with a PF commonly between 0.80 and 0.95). And, it *leads* the voltage by some phase angle in a *capacitive* circuit.

Nevertheless, this current is always proportional to the voltage. For a sinusoidal voltage, the current is also sinusoidal.

Nonlinear loads, on the other hand, are loads in which the load current is not proportional to the instantaneous voltage. This is because the load current is often not continuous, as shown in **Fig. B** below. This is the result of the nonlinear load being switched on for only part of the cycle, as in a thyristor-controlled circuit, or pulsed, as in a controlled-rectifier circuit.

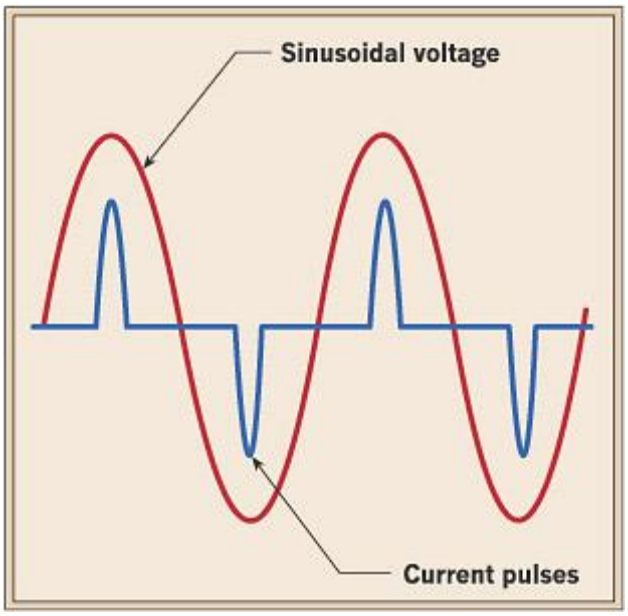



**Fig. B.** Shown is a nonlinear load current, which is drawn only at the peak of the voltage waveform. This is the result of the nonlinear load being switched on for only part of the cycle, as in a thyristor-controlled or pulsed piece of equipment, which incorporates a controlled-rectifier circuit.

Sidebar: Harmonic Current Contributions

Nonlinear loads, such as inverters, solid-state rectifiers used in welders, DC power supplies, variable-frequency drives, and electronic ballasts for lighting are sources of harmonics in the electrical system feeding these loads. There

are specific harmonics associated with each item of equipment, and equipment manufacturers can usually provide information on the magnitude and order of harmonics generated by their equipment.

However, depending on the design of the specific item of equipment, the harmonics may vary in frequency and magnitude as load changes occur on the equipment. The Table lists the typical magnitude and order of harmonics for certain loads. The numbers in the harmonic order columns are percentages of the fundamental 60 Hz current.

**Identifying and Mitigating Harmonics in AC Drive Applications**

By Rick Hoadley, Rockwell Automation

May 1, 2006 12:00 PM

WikiPower.ir

The goal in an industrial environment is to find cost-effective solutions for the specified drive and power distribution system

Common to any production operation is movement, usually driven by electric motors. Better control of this movement contributes to improved operational performance. Beyond performance, however, there's also the need to protect these motors to maximize return on investment.

For reliable control and improved protection, adjustable-speed drives are a common companion to motors. Although these drives offer inherent production benefits, they may also contribute to power quality issues, such as

line current harmonics. As a result, you should take a closer look at harmonics when evaluating mitigation strategies.

**Catch the wave.** Compared to DC motor drives, AC motor drives cause very few problems. However, poorly designed applications can result in power line voltage distortions, as shown in the flat-topped waves of **Fig. 1.** These voltage distortions can cause problems for other equipment connected to the same power lines, resulting in erratic operation of controls, dimming of lights, and overheating motors operating across the line. The distribution transformers and cables feeding these drives will also experience additional heating, which reduces the power use of those components.

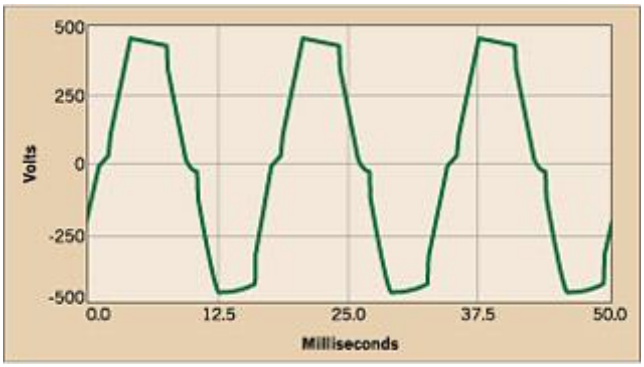



**Fig. 1.** A voltage waveform with severe flat topping can result from poorly designed motor drive applications.

Unlike the way in which a linear load draws current, such as an AC motor operating across the power line (**Fig. 2**), a typical AC drive draws current from a distribution transformer that's far from a sinusoidal waveform (**Fig. 3**). This occurs because the drive is taking current from the transformer only during certain times of the cycle to convert the 3-phase AC line voltage to a fixed DC voltage within the drive. The drive then pulse-width modulates this fixed DC voltage into variable frequency/variable voltage for the motor.

The AC-to-DC conversion is what causes the harmonics. Current flows only during part of the cycle, creating the odd-looking current waveform shown in Fig. 3. It's this distorted current that creates the voltage distortion. This is why a drive is considered a nonlinear load.

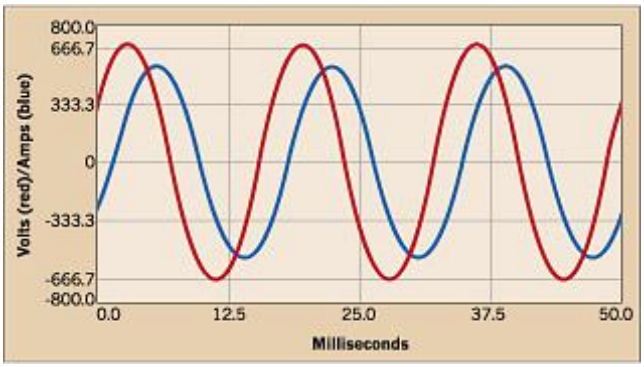



**Fig. 2.** This plot of motor lead voltage and current, nearly sinusoidal and undistorted, is from an AC motor running across a power line.

While the number of drives in an automation system may increase, it does not necessarily mean that those drives are the cause of all harmonic headaches. There are other pieces of equipment that rectify AC to DC and create harmonic distortion. This includes most of the equipment found on the plant floor, as well as phase-to-neutral nonlinear loads in the form of office machines like computer power supplies and copiers.

WikiPower.ir

Even fluorescent lighting ballasts can create harmonic distortion. That's why you must analyze all of the electrical loads that could potentially cause problems for a system before you rush out and fit filters to every drive.

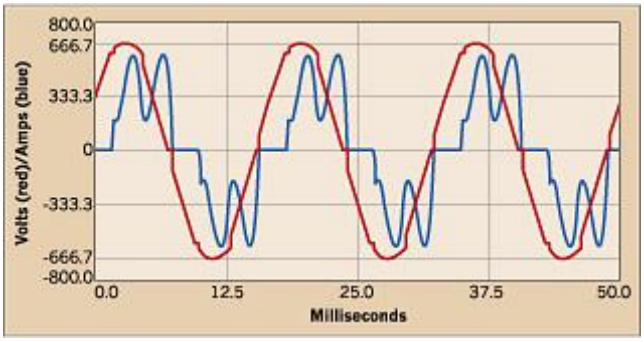



**Fig. 3.** This plot of AC drive input voltage and current indicates distortion due to the way in which the drive draws current from the power line.

**Where's the limit?** How much current harmonic distortion will cause a problem? As mentioned earlier, the current harmonics drawn by nonlinear loads — both phase-to-phase and phase-to-neutral — cause voltage distortion, which can cause improper operation of other equipment. IEEE Standard 519-1992, “IEEE Recommended Practices and Requirements for Harmonic Control in Electrical Power Systems,” provides the answer. This standard recommends maximum current distortion levels caused by nonlinear loads to limit the voltage distortion they would create, thereby reducing the likelihood of equipment failure due to those harmonics. **Table 1** and **Table 2** below, reproduced from the IEEE Standard 519, list the limits applicable for most typical drive systems. These limits were determined for use at the metering point in the plant, also known as the point of common coupling (PCC).

Many engineers have taken these limits and used them at other locations throughout their facilities in order to reduce the likelihood of harmonic disturbances. There are opposing viewpoints on whether or not these other locations should be considered PCCs. (You can find past articles on this topic by going to www.ecmweb.com and keying in "PCC" or "point of common coupling" in the search field on the upper right of the Home page.)

| Current Distortion Limits for General Distribution Systems (120V through 69kV) | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Maximum harmonic current distortion in percent of load | | | | | | |
| $I_{SC}/I_{Load}$ | <11 | 11<h<17 | 17<h<23 | 23<h<35 | 35<h | TDD (%) |
| <20 | 4.0 | 2.0 | 1.5 | 0.6 | 0.3 | 5.0 |
| 20 to 50 | 7.0 | 3.5 | 2.5 | 1.0 | 0.5 | 8.0 |
| 50 to 100 | 10.0 | 4.5 | 4.0 | 1.5 | 0.7 | 12.0 |
| 100 to 1,000 | 12.0 | 5.5 | 5.0 | 2.0 | 1.0 | 15.0 |
| >1,000 | 15.0 | 7.0 | 6.0 | 2.5 | 1.4 | 20.0 |
| *Even harmonics are limited to 25% of the odd harmonic limits above* | | | | | | |
| $I_{SC}$=maximum short circuit current at PCC | | | | | | |
| $I_{Load}$=maximum demand load current (fundamental frequency component) at PCC | | | | | | |

**Table 1.** Reproduction of table 10.3 from IEEE Standard 519-1992, listing recommended current distortion limits.

**Reducing harmonics.** There are several methods and products you can use to reduce the line current harmonics created by drives. Similarly, there is usually more than one way to approach a specific problem.

| Harmonic Voltage Limits | |
|---|---|
| (low-voltage systems) | |
| Application | Maximum THD (%) |
| Special applications — hospitals and airports | 3.0 |
| General system | 5.0 |
| Dedicated system — exclusively converter load | 10.0 |

**Table 2.** Reproduction of Table 10.2 from IEEE Standard 519-1992, listing recommended harmonic voltage limits.

It's not uncommon for electrical engineers and plant facility electrical maintenance personnel to oversize the solution in order to solve a perceived harmonics problem. This results in excess costs that could be avoided by better assessing the options. But cost is not the only factor that distinguishes one solution from another. For example, even though the addition of line reactors or passive filters can help reduce the current harmonics, they also

will reduce the DC bus voltage within the drive at full-speed, full-load conditions. This prevents the drive from providing full power to the motor, limiting the motor's output to about 95% of its rating. This is why multi-pulse solutions could be a better fit for many situations, since no derating is necessary — and it may be less expensive than other mitigation methods for drives above 200 hp.

Table 3 lists various harmonic mitigation methods, along with comments on what you need to know, and the respective typical harmonic current associated with a 100-hp drive operation.

- Not all drive applications have a harmonics problem.
- If there is a problem, the solution doesn't always have to involve adding expensive hardware to the system.
- While plants need to take precautions, remember that each application is different.

WikiPower.ir

The bottom line is to make informed decisions. Measure the load, determine how many potential harmonic sources exist, assess future conditions, and carefully consider the various options available. Then, based on the cost and benefits provided, select the solution that best meets your particular application needs.

*Hoadley is technical program manager for Rockwell Automation in Mequon, Wis.*

Sidebar

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

**Top 10 Rules For Mitigating Harmonics**

1. Take time to understand the benefits and drawbacks of each type of mitigation solution to assure you meet the requirements of the application — and that you can live with any negative effects created by the chosen harmonic reduction solution. Ask questions!
2. Identify the required point of common coupling (PCC), and apply techniques most cost effective for that location.
3. Perform a preliminary harmonic analysis on your system, and explore the effects of using various harmonic mitigation methods.
4. Add a line reactor (or DC link choke if possible) to all 6-pulse drives that do not have a DC link choke or an integral line reactor.
5. Design the system to separate linear and nonlinear loads to create a 5% voltage distortion system for the linear loads and a 10% voltage distortion system for the nonlinear loads.
6. For an even number of equally sized drives, consider a pseudo 12-pulse solution by placing half of the load on a phase shifting delta-wye (delta-star) transformer or using harmonic mitigating transformers.
7. For passive filters on generator power, select a filter with a dropout contactor terminal block for the filter capacitors. This will limit the leading power factor at no-load and stand-by operation.
8. Never use power factor correction capacitors at the input (or output) of a drive or in parallel with passive filters.
9. Consider the use of an active filter on a multiple drive system or motor control center lineup to correct for harmonic distortion.
10. Consider an active front-end if the application requires regenerative operation and harmonic compliance.

Sidebar

**Basics of Harmonics** Harmonics are deviations from the sinusoidal fundamental AC line voltage and current. Most North American electrical power operates at a frequency of 60 Hz. A harmonic frequency is an integer multiple of this fundamental frequency. So in a 60-Hz system, the second harmonic would be 120 Hz, the fifth would be 300 Hz, and so on.

The addition of any harmonic to the sinusoidal fundamental current or voltage will create distortion. The greater the amplitudes of the harmonics present, the greater the distortion in the electrical waveform. Simply put, whenever a voltage or current does not look like a perfect sinusoidal waveform, it contains harmonics.

WikiPower.ir

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

## منابع و ماخذ


توزیع انرژی الکتریکی — مهندس محمد قربانی

محاسبات عملی ترنسفورماتورها — فتح الله نظریان

مهندسی تاسیسات الکتریکی — دکتر حسن کلهر

طراحی جامع ماشین های الکتریکی — ترجمه دکتر حمید لسانی

گاتالوگهای ابزار خارجی

سایت انجمن مهندسی برق ایران

Electrical machinery winder n.vinogradov

IEC 34 international Electrotechnical commission


WikiPower.ir