نقش هارمونیک در بهبود کیفیت توان

MASHHAD TADBIR

www.mashhadtadbir.com

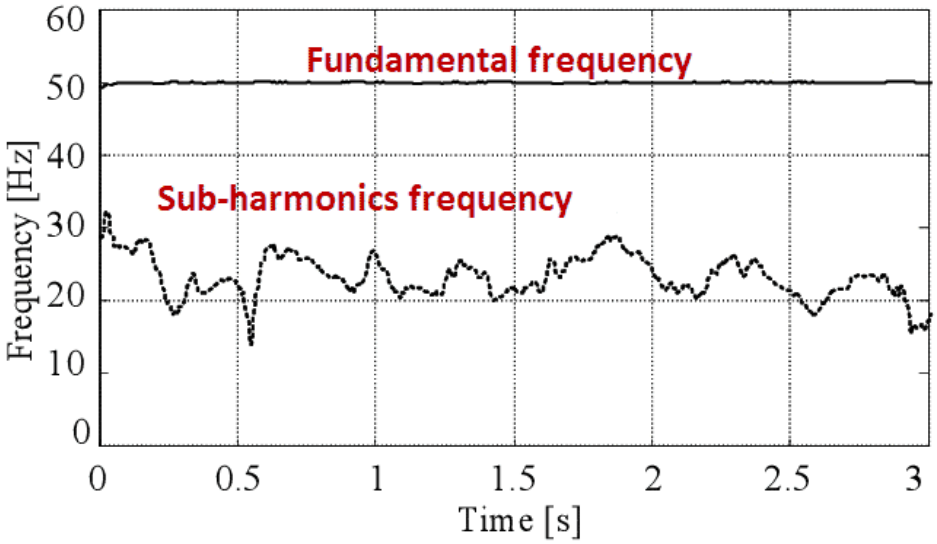
انتشار یا اشتراک این محتوا با ذکر منبع بلامانع می باشد.

حذف هارمونیک و کاهش خطرات مرتبط

زندگی مدرن امروزی بدون برق بی معنی است. بنابراین وجود منبع تغذیه ایمن و پایدار برای ایجاد حس آرامش بسیار اهمیت دارد. یکی از بزرگ‌ترین مشکلات شبکه‌های انتقال و توزیع برق، وجود هارمونیک‌ها است. وجود هارمونیک در سیستم‌های الکترونیک به این معنی است که جریان و ولتاژ دچار اعوجاج شده و از شکل موج سینوسی خود منحرف می‌شوند. بروز هارمونیک‌ها دلایل بسیار زیادی مانند وجود اینورترها یا منابع تغذیه سوئیچینگ و... در سیستم برق دارد. در این مطلب، با تعریف کلی، دلایل بروز، اثرات مخرب و روش حذف هارمونیک آشنا می‌شویم.

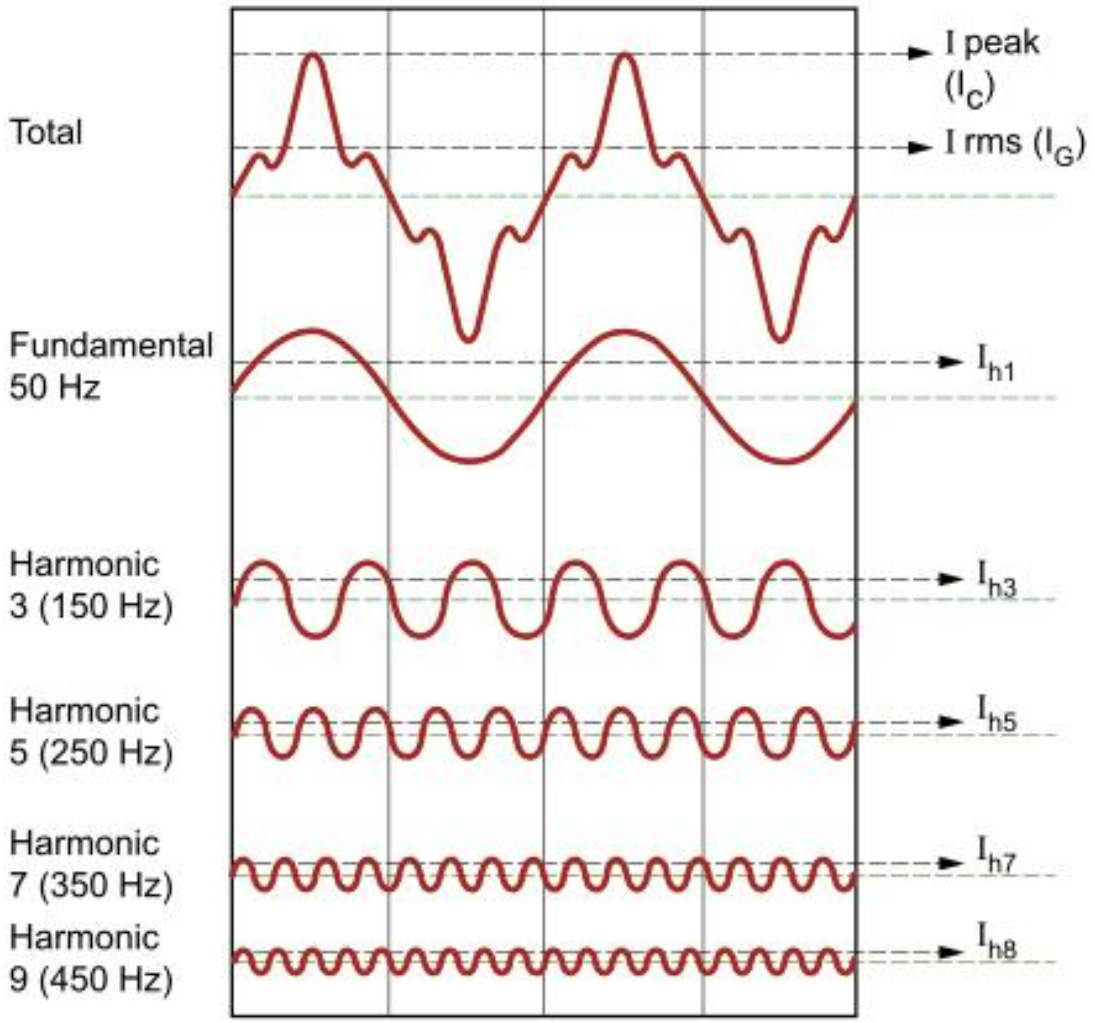
تعریف کلی هارمونیک و THD (Total Harmonic Distortion)

برای حذف هارمونیک، در ابتدا باید با تعریف این مفهوم و THD آشنا شوید. شکل موج منبع تغذیه AC ایده آل یک موج سینوسی خالص بدون هیچ نویزی است. اما در عمل، داشتن یک منبع برق ایده آل امکان پذیر نیست. به زبان ساده، هارمونیک ها یکی از انواع اعوجاج هستند که باعث ایجاد تغییر در شکل موج اصلی می شوند.



Sub-Harmonics in Power system

هارمونیک‌ها مضرب صحیحی از فرکانس توان اصلی هستند. برای مثال در سیستم توزیع برق، فرکانس توان اصلی ۵۰ هرتز است و هارمونیک‌ها مضاربی از ۵۰ یعنی ۱۰۰ یا ۱۵۰ و ... هستند. وجود هارمونیک در سیستم نشانه‌های زیادی مانند گرم شدن بیش از اندازه ترانسفورماتورها، سوسو زدن چراغ‌ها و خرابی قطع‌کننده‌ها دارد. به‌طور کلی هارمونیک‌ها به علت واردن کردن فشار بار به تجهیزات الکترونیکی، می‌توانند بسیار خطرناک باشند. چرا که می‌توانند باعث اشباع ترانس، ایجاد تریپ‌های ناخواسته، پیری زودرس عایق اجزای سیستم توزیع و ... شوند. به همین خاطر باید به دنبال راهی برای حذف هارمونیک در سیستم توزیع خود باشیم.



به‌طور کلی وضعیت هارمونیک‌ها در سیستم را می‌توان با روش‌های مختلفی بررسی کرد. یکی از این روش‌ها، THD است که مجموعه اثرات هارمونیک را نمایش می‌دهد. در این روش، THD به‌عنوان یک پارامتر کیفی عمل کند و نشان می‌دهد که شکل موج چقدر منطبق بر شکل موج سینوسی است. مقدار این پارامتر کیفی با درصد بیان می‌شود و هرچه شکل موج سینوسی شبکه کیفیت بهتری داشته باشد، درصد THD نیز کم‌تر می‌شود. در نتیجه هرچه میزان THD کم‌تر باشد، سیستم برق اتلاف انرژی کم‌تری دارد و عمر بیشتری خواهد داشت.

فرمول محاسبه هارمونیک و THD

$$hf_n = \frac{A_n}{A_1}$$

$$A_n = \sqrt{a_n^2 + b_n^2}$$

$$a_n = \frac{2}{T}\int_{t_1}^{t_1+T} f(l)\ cosnw_0\ l\ dl$$

$$b_n = \frac{2}{T}\int_{t_1}^{t_1+T} f(l)\ l\ dl$$

Harmonics
A_n - value of nth harmonic
A_1- value of first harmonic
n = 1,2,....
w_0 - angularfundemental frequency= $2\pi f_0 = 2\pi/T$
nw_0- nth harmonic angular frequency

$$\mathrm{THDV}_{phase}(\%) = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{63} {V_{Phase\ n}}^2}}{V_{phase\ 1}} * 100$$

Phase voltage THD(Total Harmonic Distortion)
V_1 - value of first harmonic
n - number of harmonic

$$\mathrm{THDI}(\%) = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{63} {I_n}^2}}{I_1} * 100$$

Current THD(Total Harmonic Distortion)
I_1 - value of first harmonic
n - number of harmonic

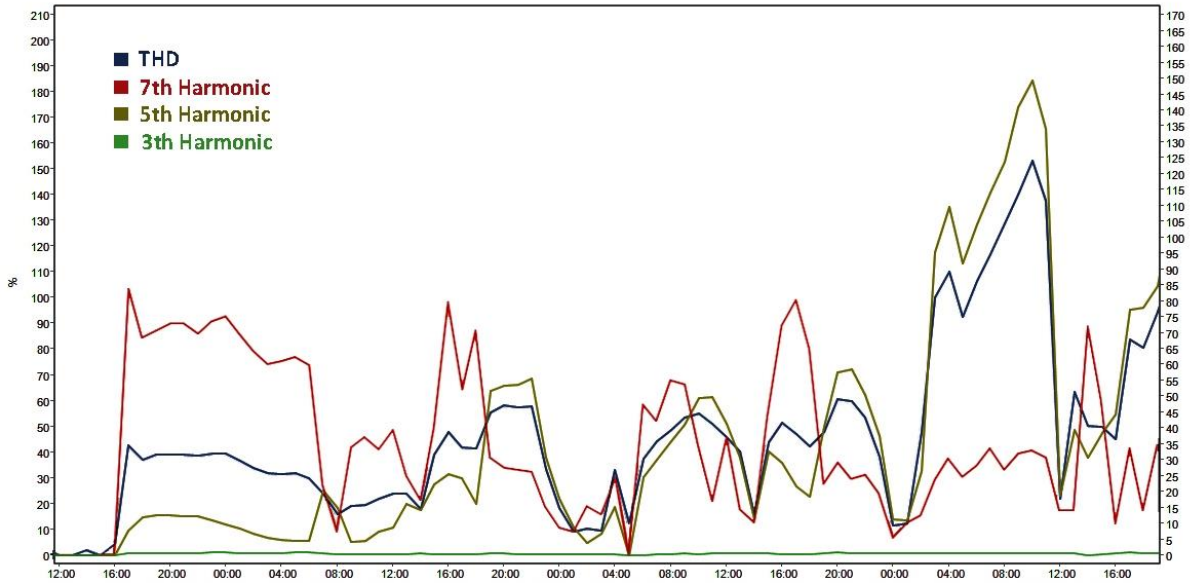
$$\mathrm{THDV}_{Line}(\%) = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{63} {V_{Line\ n}}^2}}{V_{Line\ 1}} * 100$$

Phase-to-phase voltage THD(Total Harmonic Distortion)
V_1 - value of first harmonic
n - number of harmonic

علت وجود هارمونیک در سیستم‌های برق

به‌طور کلی دلیل اصلی تولید هارمونیک‌ها در سیستم‌های برق، بارهای غیر خطی هستند. زمانی که ولتاژی با شکل موج سینوسی به بارهای غیر خطی وارد می‌شود، جریان مصرفی شکل موج غیر سینوسی خواهد داشت. حال اگر امپدانس سیستم توزیع و انتقال برق کم باشد، میزان اعوجاج ولتاژ هارمونیک نیز مقدار کمی

خواهد داشت. می‌توان گفت که هارمونیک اصطلاحی است که برای تعریف اعوجاج شکل موج سینوسی با فرکانس‌های مختلف استفاده می‌شود.



بروز هارمونیک‌ها می‌تواند بر تجهیزات سیستم توزیع و همچنین بارهای متصل به آن تاثیر بگذارد. از جمله بارهای غیر خطی که می‌توانند باعث ایجاد هارمونیک شوند، می‌توان به منابع تغذیه سوئیچینگ، یکسوکننده‌ها، دستگاه‌های الکترونیکی مانند چاپگرها، رایانه‌ها، تلویزیون‌ها، سرورها و سیستم‌های مخابراتی اشاره کرد.

اثرات مخرب هارمونیک‌ها

شاید تصور کنید که شما به حذف هارمونیک سیستم توزیع خود نیازی ندارید. اما باید گفت که هارمونیک‌ها اثرات بسیار مخربی بر سیستم توزیع شما می‌گذارند. برای مثال، هارمونیک‌ها می‌توانند گرمای ترانسفورماتورها را به‌شدت بالا ببرند و در نتیجه باعث خرابی این تجهیزات شوند.

در ادامه برخی از اثرات مخرب هارمونیک‌ها را بررسی می‌کنیم:

- **وارد شدن جریان بیش از حد به سیستم:** سیستم‌های سه‌فاز از سه هادی فاز مجزا و یک هادی خنثی‌کننده تشکیل شده‌اند. اگر تمام این هادی‌ها فاز جریان یکسانی نداشته باشند، جریان‌های فاز

یکدیگر را خنثی نمی‌کنند. حال باید گفت که منابع تغذیه سوئیچ‌دار تجهیزاتی مانند رایانه‌ها، هارمونیک سوم بالایی دارد. در این تجهیزات، هارمونیک سوم بیشتر می‌شود و در نتیجه ممکن است به سیم خنثی تعبیه شده، جریان بسیار بالاتری از حد مجاز وارد شده و آتش‌سوزی به‌وجود بیاید

- **افزایش گرمای ترانسفورماتورها:** ترانسفورماتورهایی که بارهای تولیدکننده هارمونیک را تغذیه می‌کنند، با جریان گردابی آسیب می‌بینند. این تلفات متناسب با مجذور جریان هارمونیک و فرکانس متناظر با آن افزایش پیدا می‌کند. در نهایت، این امر باعث گرم شدن بیش از حد ترانسفورماتورها و از بین رفتن مواد عایق آن‌ها می‌شود.
- **خرابی بانک‌های خازنی:** در بسیاری از شبکه‌های توزیع از خازن‌ها برای تصحیح ضریب قدرت استفاده می‌شود. حال اگر این قطعات تحت تاثیر هارمونیک ولتاژ قرار گیرند، گرم شده و آسیب می‌بینند. یکی دیگر از اثرت مخرب هارمونیک‌ها برا خازن‌ها، تلفات جریان است. چرا که در صورت وجود هارمونیک ولتاژ، خازن با ولتاژ و جریانی متناسب با فرکانس هارمونیک تحریک می‌شود و در نتیجه باعث ایجاد تلفات می‌گردد.
- **افزایش گرما و گشتاورهای ضربه‌ای در موتور:** یکی دیگر از اثرات مخرب هارمونیک‌ها، تاثیرگذاری آن‌ها بر موتورها و ژنراتورهای موجود در شبکه است. هارمونیک‌ها می‌توانند با افزایش حرارت و ایجاد جریان‌های هارمونیکی در روتور، اثرات بسیار مخربی از خود بر جای بگذارند.

کاربرد پاور آنالایزرها در بررسی و حذف هارمونیک‌ها

استفاده از پاور آنالایزرها برای بررسی و حذف این نویزها بهترین و موثرترین ابزار به‌شمار می‌آیند. چرا که با استفاده از پاور آنالایزر می‌توان کیفیت توان برای تعیین شکل موج ولتاژ و جریان در طیف‌های فرکانس مرتبط را به‌خوبی تجزیه و تحلیل کرد. یکی دیگر از مزایای استفاده از پاور آنالایزرها این است که شما می‌توانید در سیستم‌هایی که نشانه‌ای از بروز هارمونیک ندارند نیز، آن را شناسایی و تجزیه و تحلیل کنید.

به‌طور کلی پاورآنالایزرها برای اندازه‌گیری پارامترهایی مانند اعوجاج هارمونیک، ولتاژ، جریان و ... کاربرد دارند. همچنین با استفاده از این تجهیزات می‌توان تابع نسبت هارمونیک را با مقادیر ۰ الی ۱۰۰ درصد محاسبه کرد. این مقدار، نشان‌دهنده انحراف شکل موج سینوسی و غیر سینوسی خواهد بود. درواقع این انحراف، نشان‌دهنده هارمونیک در سیستم است.

روش حذف هارمونیک

روش‌های زیادی برای حذف هارمونیک وجود دارند که می‌توان آن‌ها را در چهار دسته‌بندی قرار داد. در روش اول شما بعد از استفاده از پاور آنالایزر برای تشخیص هارمونیک، می‌توانید با اضافه کردن یک ترانسفورماتور به‌صورت سری، میزان قابل توجهی از هارمونیک سیستم را کاهش دهید. افزودن فیلترهایی برای حذف جریان هارمونیک نیز یکی از روش‌های مناسب برای این کار است. همچنین برخی از اتصالات ترانسفورماتورها می‌توانند جریان‌های هارمونیک را در سیستم‌های سه‌فاز کاهش دهند. یکی دیگر از روش‌های کم‌هزینه، تغییر اندازه خازن سیستم برای کاربران خانگی و صنعتی است.

برای حذف هارمونیک می‌توان از پاورآنالایزرها استفاده کرد

تفاوتی ندارد که می‌خواهید از کدام روش برای حذف هارمونیک سیستم برق خود استفاده کنید، در هر صورت برای شناسایی و بررسی این نویزها به پاور آنالایزرها نیاز خواهید داشت. چرا که این تجهیزات می‌توانند با دقت بسیار بالا، وجود هارمونیک در سیستم شما را تشخیص دهند و با شناسایی به موقع آن، از بروز خسارات جبران‌ناپذیر جلوگیری کنند.