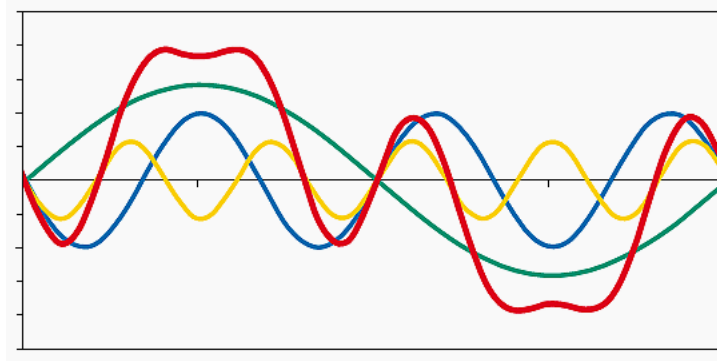


# Harmonics. What are they



electromarket.ir/%D9%87%D8%A7%D8%B1%D9%85%D9%88%D9%86%DB%8C%DA%A9%E2%80%8C%D9%87%D8%A7-%DA%86%D9%87-%D9%87%D8%B3%D8%AA%D9%86%D8%AF%D8%9F/

۱۳۹۶/۹/۱



فهرست [پنهان]

- ۱ هارمونیک‌ها چه هستند؟
  - ۱.۱ به‌طور خلاصه:
- ۲ هارمونیک‌ها چگونه تولید می‌شوند؟
- ۳ تجهیزات اصلی تولیدکننده هارمونیک عبارت‌اند از:
  - ۴.۱ - آورلود نولها
  - ۴.۲ افزایش اتلاف در ترانسفورماتورها
  - ۴.۳ افزایش اثر پوستی
  - ۴.۴ تحریف ولتاژ
  - ۴.۵ اختلال در گشتاور موتورهای القایی
- ۵ بررسی

## هارمونیک‌ها چه هستند؟

هارمونیک‌ها، ارائه هر نوع شکل موج دوره‌ای را میسر می‌سازند.

در واقع، بر اساس قضیه فوریه، هر عملکرد دوره‌ای از دوره  $T$  ممکن است به‌عنوان مجموع موارد زیر نشان داده شود:

- یک منحنی سینوسی با همان دوره  $T$ ؛
- برخی از منحنی‌های سینوسی با فرکانس یکسان به‌عنوان کل مضرب پایه؛
- یک بخش پیوسته احتمالی، در صورتی‌که تابع دارای مقدار میانگین صفر در آن دوره نباشد

هارمونیک دارای فرکانس مربوط به دوره شکل موج اصلی، **هارمونیک پایه** نامیده می‌شود و هارمونیک دارای فرکانس برابر با دفعات " $n$ " از هارمونیک پایه، **بخش هارمونیک ردیف** " $n$ " نامیده می‌شود.

یک‌شکل موج کاملاً سینوسی که با قضیه فوریه مطابقت داشته باشد، بخش‌های هارمونیک را از ردیف‌های مختلف یک هارمونیک پایه نشان نمی‌دهد.

بنابراین، می‌توان درک کرد که چطور در زمان سینوسی شدن شکل‌های موج جریان و ولتاژ، هیچ هارمونیکی در سیستم الکتریکی وجود ندارد.

در مقابل، حضور هارمونیک‌ها در یک سیستم الکتریکی یکی از نشانه‌های **تحریف شکل موج ولتاژ یا جریان** است و بدین معنی است که این توزیع توان الکتریکی می‌تواند منجر به بد کار کردن تجهیزات و دستگاه‌های محافظ شود.

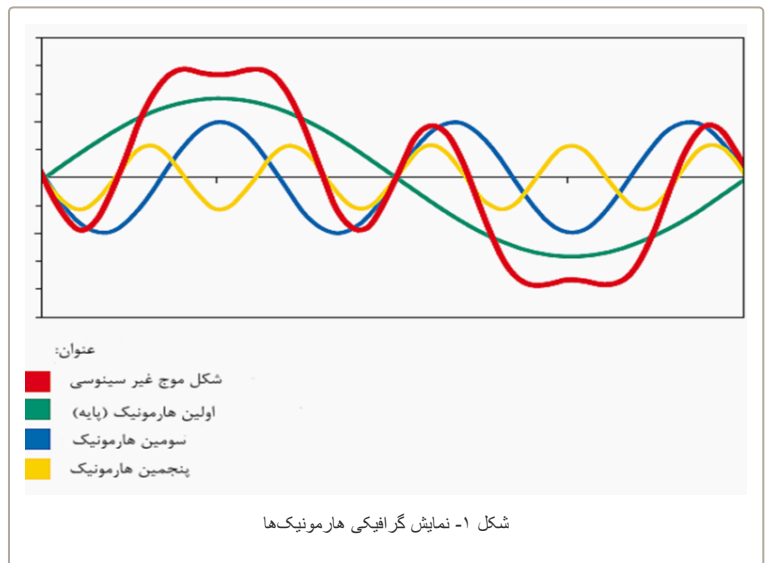
## به‌طور خلاصه:

هارمونیک‌ها چیزی کمتر از بخش‌های شکل موج تحریف‌شده نیستند و استفاده از آنها، تجزیه و تحلیل هر شکل موج غیر سینوسی دوره‌ای را از طریق بخش‌های شکل موج سینوسی برای ما میسر می‌سازد.

شکل ۱ در زیر یک نمایش گرافیکی از این مفهوم را نشان می‌دهد.

### هارمونیک‌ها چگونه تولید می‌شوند؟

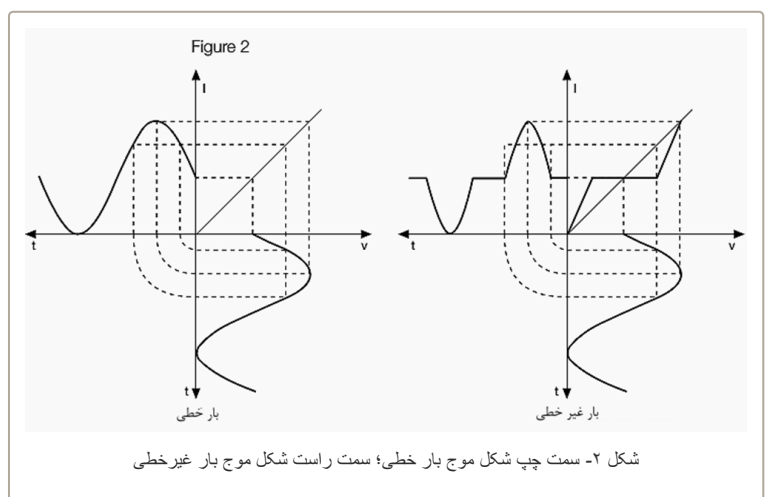
هارمونیک‌ها توسط **بارهای غیرخطی** تولید می‌شوند. زمانی که ما یک ولتاژ سینوسی را برای این نوع بار بکار می‌بریم، جریانی با شکل موج غیر سینوسی به دست خواهیم آورد. نمودار شکل ۲ مثالی از شکل موج جریان غیر سینوسی را با توجه به یکبار غیرخطی نشان می‌دهد.



این شکل موج غیر سینوسی می‌تواند به شکل هارمونیک‌ها و اساسی شود.

اگر امپدانس‌های شبکه بسیار پایین باشند، تحریف ولتاژ ناشی از جریان **هارمونیک** بسیار پایین است و به‌ندرت بالای سطح آلودگی است که از قبل در شبکه وجود دارد.

در نتیجه، ولتاژ می‌تواند در حضور هارمونیک‌های جریان نیز **عملاً سینوسی** باقی بماند.



بسیاری از دستگاه‌های الکتریکی برای اینکه عملکرد صحیحی داشته باشند، به یک شکل **موج جریان قطعی** نیاز دارند و بنابراین مجبورند شکل موج سینوسی را به دلیل تغییر مقدار **rms** خود قطع کنند یا جریان مستقیم را از مقدار متناوب بگیرند. در این موارد، جریان روی خط دارای یک منحنی غیر سینوسی است.

تجهیزات اصلی تولیدکننده هارمونیک عبارتند از:

- کامپیوتر شخصی / Personal computer
- لامپ‌های فلورسنت / Fluorescent lamps
- مبدل‌های استاتیک / Static converters
- گروه‌های تسلسل / Continuity groups
- درایوهای سرعت متغیر / Variable speed drives

به‌طور کل، اعوجاج شکل موج به دلیل حضور یک‌سوسازهای پل (داخل این تجهیزات) ایجاد می‌شوند، که دستگاه‌های نیمه رسانا جریان را تنها برای بخشی از کل دوره حمل می‌کنند، بنابراین از منحنی‌های ناپیوسته با معرفی هارمونیک‌های متعدد پس‌از آن ایجاد می‌شوند.

ترانسفورماتورها نیز می‌توانند موجب ایجاد آلودگی هارمونیک شوند. در واقع، آن با کاربرد ولتاژ کاملاً سینوسی در یک ترانسفورماتور، با توجه به پدیده اشباع مغناطیسی آهن منجر به ایجاد شار مغناطیسی سینوسی می‌شود و جریان مغناطیسی نباید سینوسی باشد.

شکل ۳ یک نمایش گرافیکی از این پدیده را نشان می‌دهد:

شکل موج حاصل از جریان مغناطیسی شامل هارمونیک‌های بی‌شماری است که بزرگترین آن‌ها هارمونیک سوم است. به‌هرحال، لازم به ذکر است که جریان مغناطیسی به‌طور کل درصد اندکی از جریان مجاز ترانسفورماتور است و هرچقدر تأثیر تحریف کوچکتر باشد، نتایج ترانسفورماتور پربارتر خواهد بود.

#### ۵ اثر بسیار عالی هارمونیک‌ها

مشکلات اصلی ناشی از جریان‌های هارمونیک عبارت‌اند از //

۱- آورلود نولها / *Overloading of neutrals*

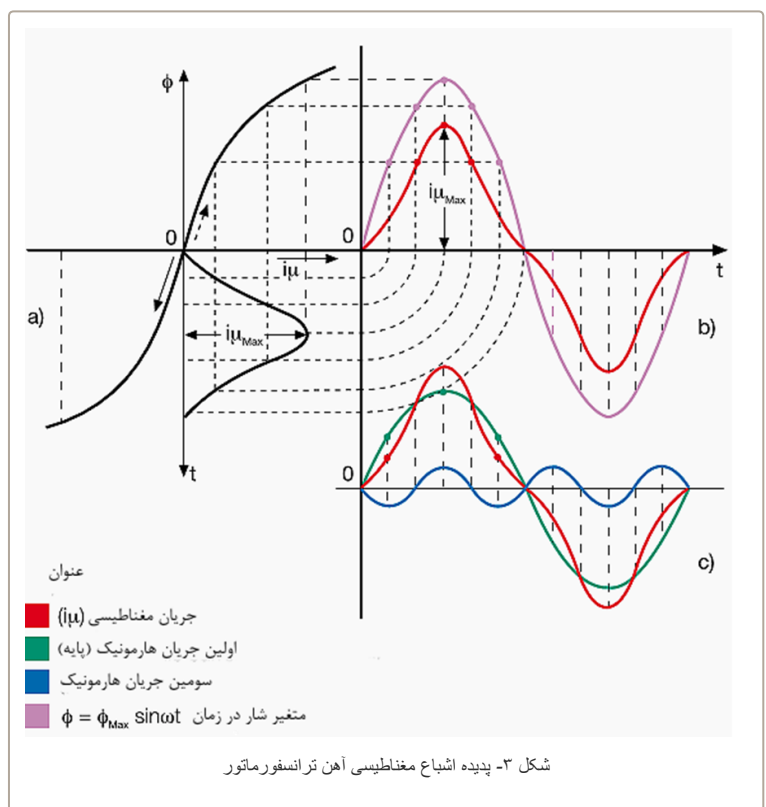
۲- افزایش اتلاف در ترانسفورماتورها / *Increase of losses in the transformers*

۳- افزایش اثر پوستی / *Increase of skin effect*

مهم‌ترین تأثیرات ولتاژهای هارمونیک عبارت‌اند از //

۴- اعوجاج ولتاژ / *Voltage distortion*

۵- اختلال در گشتاور موتورهای القایی / *Disturbances in the torque of induction motors*



#### ۱- آورلود نولها

در یک سیستم متوازن و متقارن سه فازی با نول، شکل‌های موج بین فازها تا زاویه فاز ۱۲۰ درجه تغییر می‌کنند بطوریکه زمانی که فازها به‌طور برابر لود می‌شوند، جریان در نول صفر باشد.

حضور بارهای نامتوازن (فاز به فاز، فاز به نول، و غیره) ورود جریان نامتوازن در نول را میسر می‌سازد.

شکل ۴ یک سیستم نامتوازن از جریان‌ها را (فاز ۳ با بار ۳۰٪ بالاتر از دو فاز دیگر) نشان می‌دهد، که جریان حاصل نول به رنگ قرمز نشان داده شده است.

تحت این شرایط، استانداردها به رسانای نول اجازه می‌دهند تا با یک مقطع کوچکتر از رساناهای فاز تقسیم شود.

در حضور بارهای اعوجاج (تحریف‌شده) ضروری است که اثرات هارمونیک را به درستی ارزیابی کنیم.

در واقع، اگرچه جریان‌ها در فرکانس اصلی در سه فاز یکدیگر را خنثی می‌کنند، اما بخش‌های سوم هارمونیک با داشتن یک دوره برابر با یک‌سوم هارمونیک پایه، که با تغییر فاز بین فازها برابر است (شکل ۵ را در پایین ببینید)، به‌صورت متقابل در فاز قرار دارند و در نتیجه با اضافه کردن خودشان به جریان‌های نامتوازن نرمال، در رسانای نول جمع می‌شوند.

این قضیه برای هارمونیک‌های مضرب ۳ نیز درست است (زوج و فرد، اگرچه در واقع هارمونیک‌های فرد متداول‌ترند).

### افزایش اتلاف در ترانسفورماتورها

اثرات هارمونیک داخل ترانسفورماتورها عمدتاً شامل سه ویژگی هستند //

1. افزایش اتلاف آهن (یا اتلاف بدون بار)
2. افزایش اتلاف مس
3. گردش هارمونیک‌ها در سیم‌پیچ‌ها

**اتلاف آهن** به دلیل پدیده هیستریسیس و اتلاف ناشی از جریان‌های گردابی است.

اتلاف‌های ناشی از هیستریسیس با فرکانس تناسب دارند، درجاییکه اتلاف‌های ناشی از جریان به مجذور فرکانس بستگی دارند.

**اتلاف مس** به توان واپاییده ناشی از ژول در سیم پیچ‌های ترانسفورماتور بستگی دارد.

زمانی که فرکانس افزایش می‌یابد (با شروع از  $350\text{ Hz}$ )، ضخامت جریان در سطح رساناها بیشتر می‌شود (اثر پوستی). تحت چنین شرایطی، رساناها به دلیل افزایش اتلاف ناشی از اثر ژول، بخش کوچکتری را به جریان ارائه می‌دهند.

**این دو ویژگی اول بر گرمای بیش‌ازحد تأثیر می‌گذارد که گاهی اوقات موجب کاهش حد مجاز ترانسفورماتور می‌شود.**

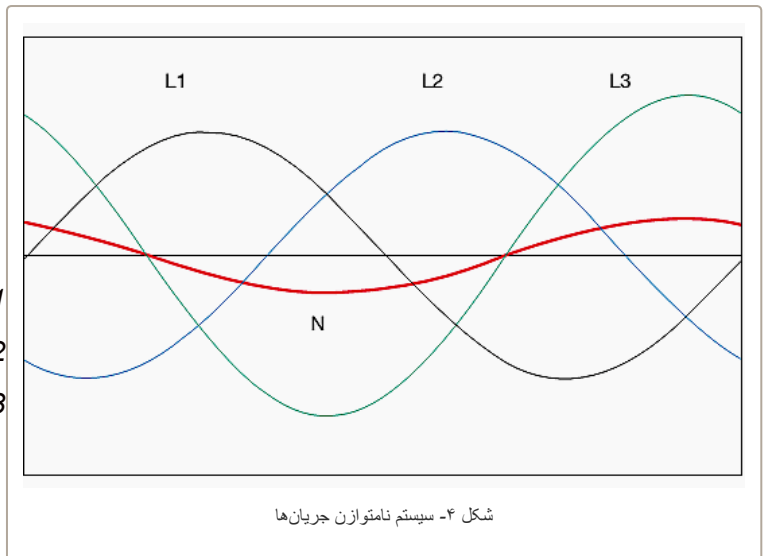
سومین ویژگی به اثر هارمونیک‌های سه‌گانه (هارمونیک‌های هم قطبی) در سیم‌پیچ‌های ترانسفورماتور مربوط می‌شود. در خصوص سیم‌پیچ‌های دلتا، هارمونیک از طریق سیم‌پیچ‌ها جریان پیدا می‌کند و به دلیل اینکه همه آن‌ها در فاز هستند، به سمت بالا به‌طرف شبکه جریان پیدا نمی‌کنند.

**بنابراین، سیم‌پیچ‌های دلتا یک مانع را برای هارمونیک‌های سه‌گانه نشان می‌دهند، اما لازم است که برای بعدسازی دقیق ترانسفورماتور، به این نوع بخش‌های هارمونیک توجه ویژه‌ای شود.**

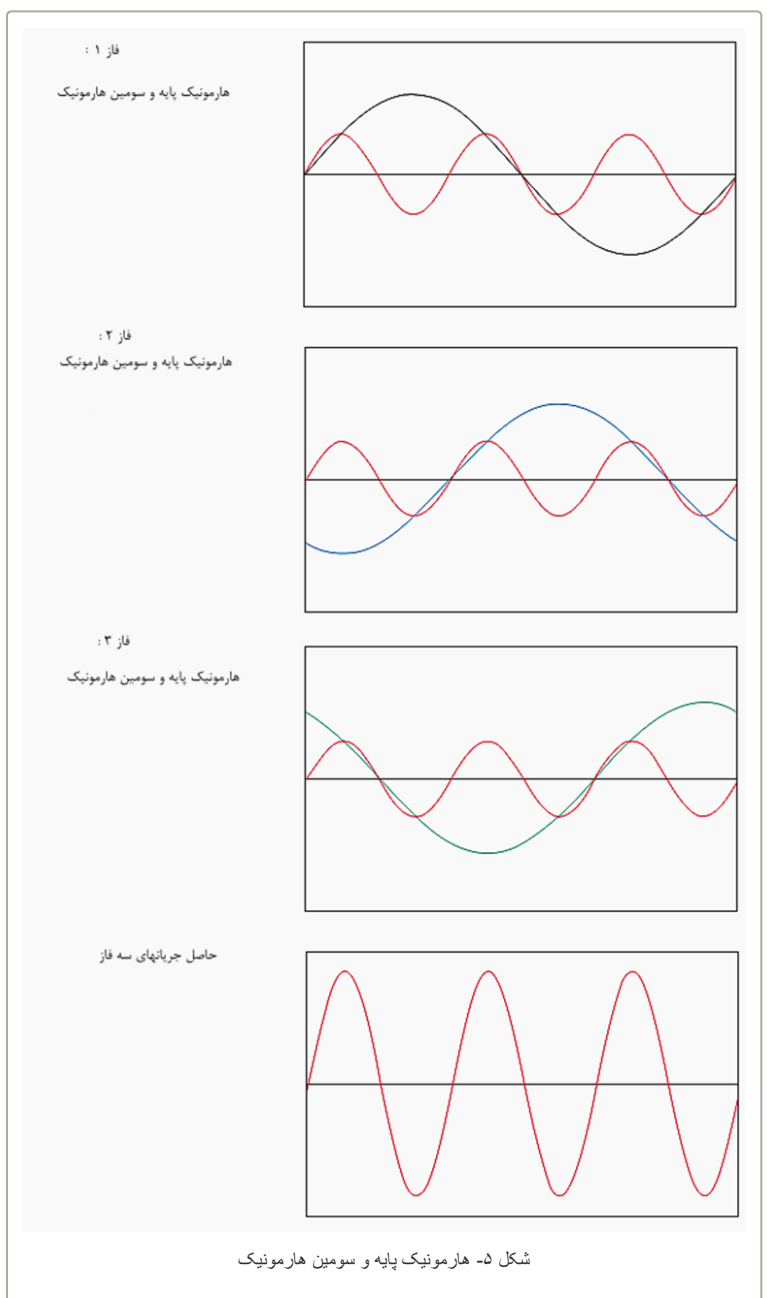
### افزایش اثر پوستی

زمانی که فرکانس بالا می‌رود، جریان به سمت سطح بیرونی رسانا متمایل می‌شود.

این پدیده اثر پوستی نامیده می‌شود و در فرکانس‌های بالا قابل‌توجه‌تر است.



شکل ۴- سیستم نامتوازن جریان‌ها



شکل ۵- هارمونیک پایه و سومین هارمونیک

در فرکانس  $50\text{ Hz}$  منبع تغذیه، اثر پوستی ناچیز است، اما در بالای  $350\text{ Hz}$  که به هفتمین هارمونیک مربوط می‌شود، مقطع عرضی جریان کاهش می‌یابد، بنابراین مقاومت افزایش پیدا می‌کند و منجر به ایجاد اتلاف و گرمای بیش‌تری می‌شود.

در حضور هارمونیک‌های ردیف بالا، لازم است که اثر پوستنی را مدنظر قرار دهیم، زیرا آن بر عمر کابل‌ها تأثیر می‌گذارد.

به‌منظور غلبه بر این مسئله، می‌توان از کابل‌های شیلد یا چوک‌های خروجی و چوک‌های ورودی به‌طور جداگانه استفاده کرد.

## تحریف ولتاژ

تحریف جریان بار تولیدشده با بار غیرخطی منجر به افت ولتاژ تحریف‌شده در امپدانس کابل می‌شود. شکل موج تحریف‌شده حاصل برای همه بارهای دیگر متصل به همان مدار بکار برده می‌شود و حتی اگر آن‌ها بارهای غیرخطی باشند موجب جریان یافتن جریان‌های هارمونیک در آن‌ها می‌شود.

این راه‌حل شامل جداسازی مدارهایی است که بارهای تولیدکننده هارمونیک را از آن‌هایی که بارهای حساس به هارمونیک را تولید می‌کنند، فراهم می‌آورند.

## اختلال در گشتاور موتورهای القایی

تحریف ولتاژ هارمونیک موجب افزایش اتلاف جریان گردابی در موتورها همانند ترانسفورماتورها می‌شود. الکتروموتور نیز یک بار کاملاً سلفی است.

اتلاف بیشتر به دلیل ایجاد میدان‌های هارمونیک در استاتور است که هر یک از آن‌ها سعی می‌کنند موتور را با سرعت متفاوتی به سمت جلو ( $1^{st}$ ،  $4^{th}$ ،  $7^{th}$ )، و همچنین رو به عقب ( $2^{nd}$ ،  $5^{th}$ ،  $8^{th}$ ) بچرخانند.

میدان‌های هارمونیک در استاتور نیز باعث خرابی زود هنگام بلبرینگ‌های موتور می‌شود.

جریان‌های فرکانس بالای القاشده در رو تور، موجب افزایش اتلاف می‌شوند.

برچسب‌ها

[harmonicsTHD](#) بارهای اعوجاج شکل موج هارمونیک هارمونیک‌ها