# نقش Crest Factor در بهبود کیفیت توان

MASHHAD TADBIR

www.mashhadtadbir.com

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

## کرست فکتور (Crest factor) خالص بودن موج خروجی شبکه را نشان می‌دهد

یکی از اصطلاحاتی که در سنجش کیفیت شبکه‌های برق کاربرد زیادی دارد، کرست فکتور است. درواقع کرست فکتور یک پارامتر است که با استفاده از آن می‌توان خلوص موج خروجی شبکه را بررسی کرد کرست فکتور به پدیده هایی مانند اعوجاج، مصرف برق . به علت وجود انواع بارهای غیر خطی، دستگاه‌ها و تجهیزات صنعتی در شبکه‌های برق، هارمونیک تزریق شده توسط این اجزا به شبکه بسیار زیاد است. هارمونیک‌ها می‌توانند اثر نامناسبی روی شبکه بگذارند و به همین خاطر باید از پارامترهای مختلفی برای سنجش کیفیت شبکه استفاده کرد که کرست فکتور یکی از همین پارامترها است. در این مطلب با این پارامتر، کاربرد و روش محاسبه آن آشنا می‌شویم.

## کرست فکتور (Crest factor) چیست؟

بنابر تعریف ریاضی این پارامتر است که نسبت مقدار پیک یا قله شکل موج به مقدار موثر آن را نشان می دهد. این تعریف صرفا یک تعریف ریاضی یا فرمول محاسبه است و بسیاری از مولفه‌های مرتبط با کرست فکتور را شامل نمی‌شود. در برخی موارد این پارامتر را می‌توان نسبت قله به میانگین نیز نامید. این تعریف به ما می گوید پیک شکل موج چقدر از مقدر متوسط خود فاصله دارد.

اگر بخواهیم Crest factor را به شکلی فنی‌تر و تخصصی‌تر تعریف کنیم، باید بگوییم که از این پارامتر تنها برای سیگنال‌های پایدار مانند امواج سینوسی، مربعی، اره‌ای یا مثلثی می‌توان استفاده کرد. کرست فکتور می‌تواند خلوص سیگنال یا شکل موج و توانایی سیستم‌هایی مانند منابع تغذیه برای خروج جریان یا ولتاژ خاص را مشخص کند.

کرست فکتور قله‌های بزرگ یک شکل موج را نمایش می دهد. برای مثال، میزان این پارامتر برای سیستم‌های ضعیف DC با بار مقاومتی باید به اندازه ۱:۱ باشد که این مقدار، حداقل مقدار پارامتر است. از طرف دیگر، مقدار این پارامتر برای یک شکل موج سینوسی AC با بار مقاومتی ۱/۴۱۴ است. برخی از

تجهیزات فناوری اطلاعات و بارهای دیگر با منابع اصلاح شده ضریب توان، دارای کرست فکتور حدود ۱/۴۱۴ هستند.

درصورتی‌که تجهیزات بدون اصلاح مانند هاب‌های قابل انباشته و رایانه‌های شخصی از ضریب ۲ یا ۳ برخوردار می‌باشند. برای کاربردهایی که به موج سینوسی خالص نیاز دارند، عرضه برق باید دارای کرست فکتور ۱/۴۱۴ یا نزدیک‌ترین مقدار ممکن باشد. اعوجاج ناشی از فعل و انفعالات بین عرضه و بار ممکن است بر رابطه بین مقادیر پیک و RMS تاثیر گذاشته و منجر به ایجاد مقدار بالاتر پارامتر شود.

## چرا کرست فکتور (Crest factor) مهم است؟

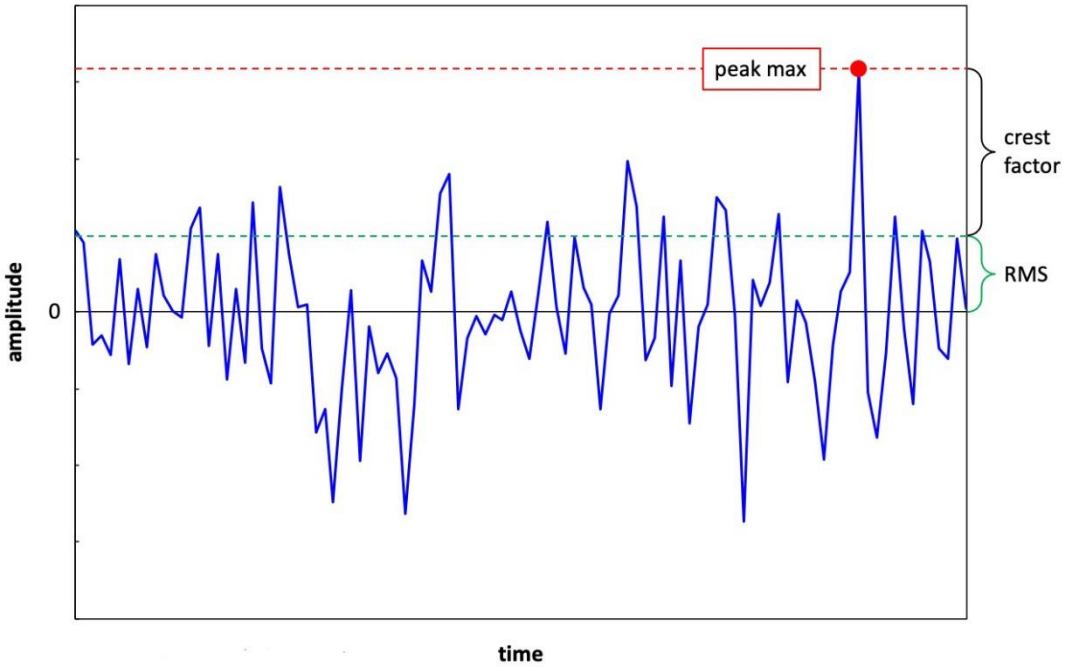
حال که با مفهوم این پارامتر آشنا شدیم، بهتر است کمی درباره دلیل اهمیت محاسبه آن بدانیم. برای طراحی سیستم های قدرت ، کرست فکتور (CF) یک عنصر مهم است. مهندسین می توانند با درک Crest Factor و نحوه تأثیر آن بر شبکه، سیستم های قابل اعتمادتر و کارآمدتری طراحی کنند.

تاثیر آن روی ترانسفورماتورهای قدرت، قطع کننده های مدار و سایر عناصر مانند UPS باید در مرحله برنامه ریزی در نظر گرفته شود.

کرست فکتور برای جریان ایجاد شده توسط بارهای غیر خطی معمولا بیشتر از $\sqrt{2}$ است. اما به طور کلی مقدار این پارامتر در محدوده بین ۱/۵تا ۲ قرار دارد و حتی در موارد بحرانی می‌تواند به عدد ۵ نیز برسد. با توجه به این که این پارامتر نسبتی از توان است، عموما با دسی‌بل بیان می‌شود. در سیستم‌های یوپی‌اس، محاسبه این پارامتر اهمیت زیادی دارد. چرا که ولتاژ خروجی در این سیستم‌ها عموما توسط سوئیچینگ قطعات نیمه‌هادی ایجاد می‌شود. و به شدت نسبت به جریان عبوری حساس هستند.

در این شرایط اگر جریان بار کشیده شده از سیستم‌های یوپی‌اس برای مثال یک آمپر باشد، ممکن است کرست فکتور جریان بار یا شش آمپر بوده و در نتیجه آمپرسنج برای هر دو حالت عدد یک را نشان می‌دهد. اما باید گفت که پیک یا قله جریان عبوری از قطعات نیمه هادی خروجی سیستم در یک مرتبه سه و در

مرتبه دیگر شش خواهد بود. حال اگر قله جریان از محدوده تحمل قطعات بیشتر باشد، این قطعات در زمانی بسیار کوتاه می‌سوزند و از بین می‌روند. به همین خاطر دانستن کرست فکتور در سیستم‌های یوپی‌اس و دیگر اجزای شبکه برق اهمیت بسیار زیادی دارد.




کرست فکتور یک منبع، جریان‌های اوج خروجی احتمالی و مطمئنی را که می‌تواند بالاتر از جریان نامی اداره کند، نشان می‌دهد. از آنجایی که منابع می‌توانند خروجی‌های بالاتری ارائه دهند، باید مدارهای ایمنی داشته باشند که در صورتی جذب جریان بالا توسط بار، توزیع برق را خاموش و سپس قطع کند.

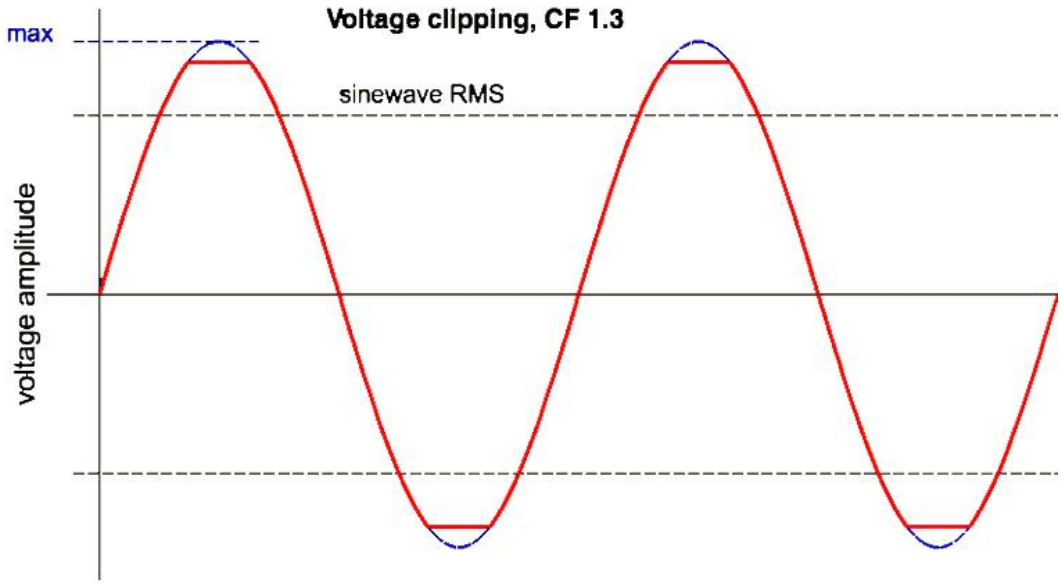
## کرست فکتور ولتاژ (CF V)

مولد های تولید برق، شکل موج ولتاژ کاملا سینوسی را ارائه می دهند، اما این شکل موج در لحظه ای که به کاربر نهایی می رسند، معمولاً ایده آل نیست.

Clipping که گاهی اوقات به عنوان "Flat-Topping " نامیده می شود، یک مشکل دائمی در سیستم های AC است و بیشتر در تاسیسات مصرف کننده نهایی در پشت تابلوی قطع کننده ، زمانی که مقاومت سیم

بیش از حد بالا است اتفاق می افتد که ناشی از طول سیم و مقطع نامناسب و استفاده از بارهای غیر خطی است.

یک مثال معمولی منبع تغذیه سوئیچینگ بدون جبران ضریب توان (PFC) است. در اینجا فقط پیک ولتاژ تراشیده یا بریده می شود و مقدار پیک کمتری داریم. این منجر به کرست فکتور کمتر از ۱,۴۱۴ می شود.




نظارت بر کرست فکتور ولتاژ یک رویکرد عالی برای یافتن مشکلات الکتریکی احتمالی در یک تاسیسات است. به عنوان مثال، اگر کرست فکتور ولتاژ یک مدار الکتریکی در زمانی که مدار بارگذاری نشده است نزدیک به ۱,۴ باشد، اما زمانی که یک بار الکترونیکی متصل است به کمتر از ۱,۱ کاهش یابد، این می تواند نشانه ای از این باشد که سیم کشی مدار در آستانه یا بالاتر از حداکثر ظرفیت انتقال نیرو است. نصب سیم جدید با سطح مقطع وسیع تر راه حل مناسبی در این شرایط خواهد بود.

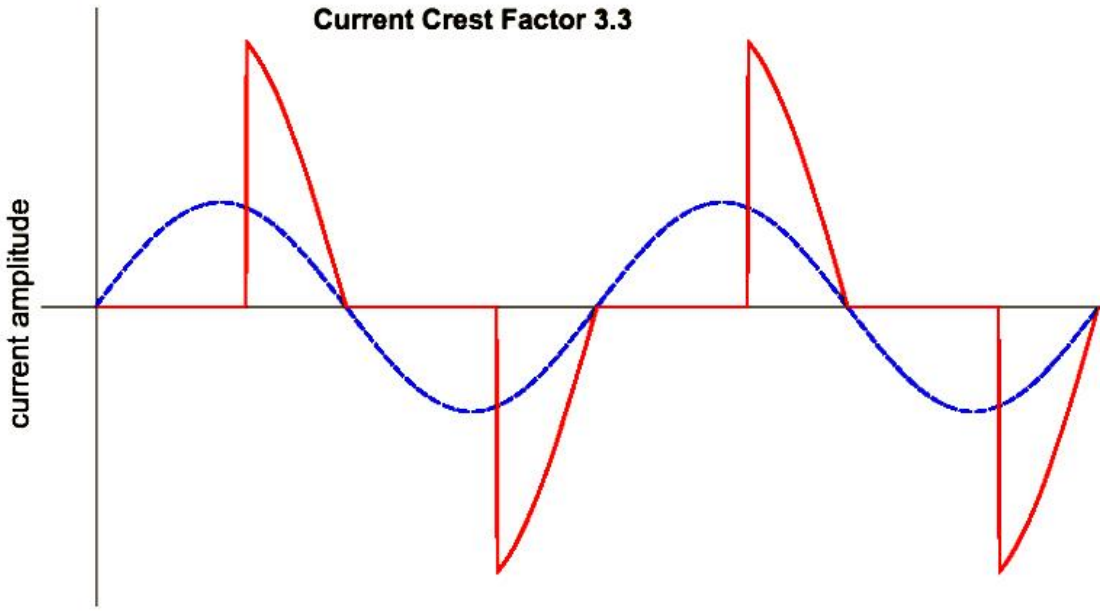
اندازه‌گیری کرست فکتور می‌تواند مشکلات احتمالی انتخاب نادرست سایز کابل و بار را تشخیص دهد، در حالی که اندازه‌گیری ولتاژ معمولی نمی‌تواند. اگر مقدار ولتاژ ۲۲۷ ولت در یک خط برق را ۲۳۰ ولت اندازه گیری کنید، خوب به نظر می رسد. اما اگر همزمان کرست فکتور ولتاژ کمتر از ۱,۴ باشد، می توان نتیجه

گرفت که مداری وجود دارد که سرویس‌دهی نشده یا اضافه بار دارد که می‌تواند به شدت به تجهیزات متصل آسیب برساند، زیرا حداکثر توان را دریافت نمی‌کند.

## کرست فکتور جریان (CF I)

شکل موج ولتاژ به صورت موج سینوسی تولید می شود، در حالی که جریان کشیده شده توسط بارهای الکترونیکی ممکن است سینوسی باشد. بارهای مقاومتی خالص جریانی را در الگوی سینوسی می کشند (به رنگ آبی، زیر، CF I = 1.414).

به خصوص، منابع تغذیه سوئیچینگ، جریان را در پیک می کشند (خط قرمز). بارهای الکترونیکی بدون جبران به راحتی می توانند به CF بزرگتر از ۳ برسند.




## کرست فکتور (Crest factor) چگونه محاسبه می‌شود؟

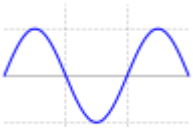
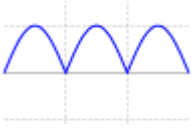
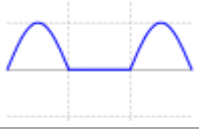
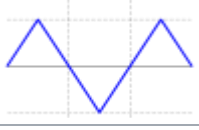
قبل از این که به سراغ روش محاسبه کرست فکتور برویم، ذکر این نکته ضروری است که تغذیه باید بتواند حداکثر جریان مورد نظر بار را تامین کند. در غیر این صورت، ولتاژ منبع توسط جریان بیش از حد تغییر می

نماید. بیشتر تولیدکنندگان منابع برق معمولا Crest factor را ارائه می‌دهند تا به مصرف‌کنندگان یا طراحان برای تطابق بارهای خود با منابع مناسب کمک کنند.

همان‌طور که در تعریف ریاضی Crest factor عنوان شد، برای محاسبه این پارامتر تنها کافی است که قله شکل موج را به مقدار موثر آن تقسیم کنیم. در توضیح فرمول این پارامتر باید اشاره کرد که قله با نام‌های مقدار پیک، جریان بیشینه و یا مقدار اوج و حداکثر نیز شناخته می‌شود. همچنین RMS همان دامنه نوسان یک موج سینوسی است. مقدار Crest factor ولتاژهای DC ۱ بوده و در شکل موج مثلثی این مقدار برابر با ۱,۷۳ است. موج‌های مربعی نیز کرست فکتوری برابر با ۱ دارند. چرا که این موج‌ها فاقد قله هستند. در شکل زیر می‌توانید فرمول دقیق محاسبه این پارامتر کنترل کیفی شبکه برق را مشاهده کنید.

$$\textbf{Crest Factor} = \frac{|\mathbf{I}|_{peak}}{\mathbf{I}_{rms}}$$

ضریب توان واحد ندارد و یک مقدار عددی است.

| Wave type | Waveform | RMS value | Crest factor |
|---|---|---|---|
| DC | | 1 | 1 |
| Sine wave |  | $\frac{1}{\sqrt{2}} \approx 0.707$ | $\sqrt{2} \approx 1.414$ |
| Full-wave rectified sine |  | $\frac{1}{\sqrt{2}} \approx 0.707$ | $\sqrt{2} \approx 1.414$ |
| Half-wave rectified sine |  | $\frac{1}{2} = 0.5$ | 2 |
| Triangle wave |  | $\frac{1}{\sqrt{3}} \approx 0.577$ | $\sqrt{3} \approx 1.732$ |
| Square wave | | 1 | 1 |