

# کیفیت توان تعاریف، شاخص ها، استانداردها و ضرورت های آن



[www.mashhadtadbir.com](http://www.mashhadtadbir.com)

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

## مطالعه و ارزیابی کیفیت توان

### مطالعه کیفیت برق چیست

مطالعه کیفیت توان یک تحلیل سیستماتیک برای شناسایی مسائل مربوط به کیفیت برق، جستجوی علل ریشه‌ای و توصیه‌هایی برای بهبود سیستم الکتریکی است. این مسائل مانند نویزها، هارمونیک ها، نویز فرکانس بالا، ولتاژهای گذرا، اعوجاج موج، اینتراپت ها، تغییرات فرکانس و... هستند. همچنین مطالعات کیفیت توان به معنای یک رویکرد متمرکز و سیستماتیک برای حل مشکلات پیچیده در یک سیستم قدرت است و عملکرد سیستم الکتریکی و بارها را بالا می برد.

No.	Process	Reported Cost	Service Voltage	Load
1	Semiconductor	\$1,500,000	69 kV	25 MW
2	Semiconductor	\$1,400,000	161 kV	30 MW
3	Semiconductor	\$ 700,000	12.5 kV	10 MW
4	Metal Casting	\$ 200,000	13.8 kV	16 MW
5	Chemical Plant	\$ 160,000	12.5 kV	5 MW
6	Pulp and Paper Mill	\$ 110,000	161kV	100 MW
7	Aerospace Engine Machining	\$ 100,000	13.8kV	10 MW
8	Food and Beverage	\$ 87,000	12.5 kV	5 MW
9	Chemical Plant	\$ 75,000	66kV	3 MW
10	Chemical Plant	\$ 75,000	66kV	5 MW
11	Electronic Components	\$ 75,000	12.5 kV	5 MW
12	Crystal Growth	\$ 60,000	12.5 kV	1 MW
13	Chemical Plant	\$ 46,175	66kV	30 MW
14	Wring Manufacturing	\$ 34,000	12.5 kV	2 MW
15	Chemical Plant	\$ 18,000	12.5 kV	2 MW
16	Fibers Plant	\$ 15,000	12.5 kV	1 MW
17	Paper and Packaging	\$ 10,000	12.5 kV	4 MW
18	Plastic Bag Manufacturing	\$ 10,000	480V	4 MW
19	Plastics	\$ 7,500	12.5 kV	4 MW
20	Stainless Steel Manufacturing	\$ 5,500	12.5 kV	2 MW

Source: Technical and Economic Considerations for Power Quality Improvements, EPRI TR-1005910

خسارات اقتصادی ناشی از کاهش ولتاژ در تعدادی مرکز صنعتی در جهان

## تعریف کیفیت برق

اصطلاح کیفیت توان از اواخر دهه ۱۹۸۰ به یکی از پرکاربردترین کلمات در صنعت برق تبدیل شده است. این اصطلاح یک مفهوم کلی برای انواع اختلالات سیستم قدرت است. مسائلی که در این دسته قرار می گیرند لزوماً جدید نیستند. چیزی که جدید است این است که مهندسان در حال حاضر تلاش می کنند به جای اینکه مانند گذشته مشکلات را به صورت جداگانه مدیریت کنند، به عنوان یک رویکرد سیستمی با این مسائل برخورد نمایند.

کیفیت توان معیاری است که نشان می دهد یک سیستم تا چه اندازه از عملکرد قابل اعتماد بارهای خود پشتیبانی می کند. یک اختلال یا رویداد برق می تواند شامل ولتاژ، جریان یا فرکانس باشد. اختلالات برق می تواند در سیستم های برق مصرف کننده، بار مصرف کننده یا شبکه برق ایجاد شود.

در بررسی و تجزیه و تحلیل کیفیت توان باید در نظر داشت که کیفیت توان بیشتر متوجه ولتاژ است تا توان یا جریان. زیرا منبع تغذیه فقط می تواند کیفیت ولتاژ را کنترل کند و هیچ کنترلی روی جریانی که بارهای خاص ممکن است بکشند ندارد. بنابراین، استانداردهای حوزه کیفیت توان به حفظ ولتاژ منبع تغذیه در محدوده های معین تمرکز دارد.

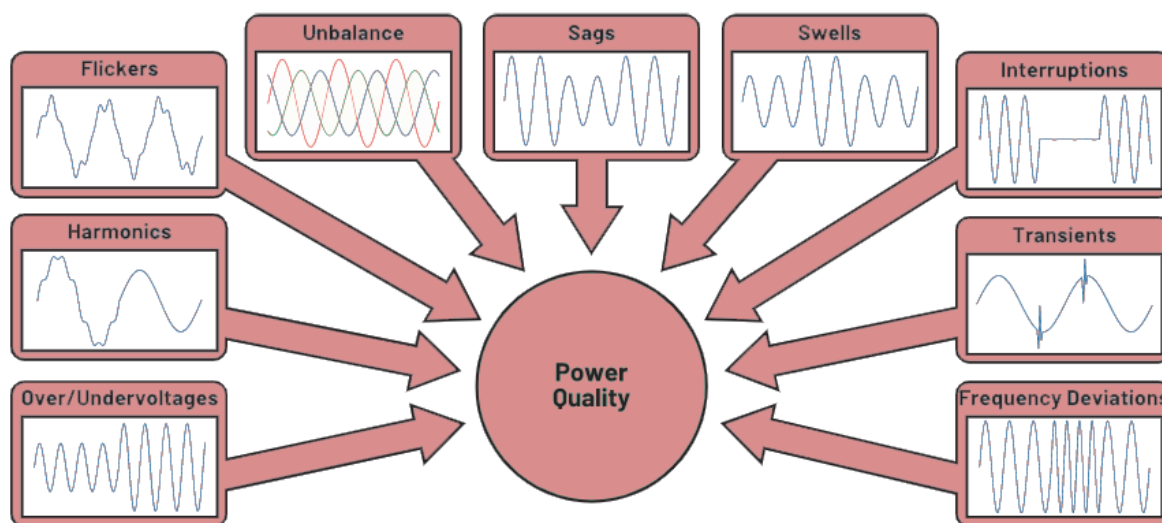
البته همیشه در عمل در یک سیستم قدرت رابطه نزدیکی بین ولتاژ و جریان وجود دارد. زیرا با اینکه ژنراتورها ممکن است ولتاژ موج سینوسی کاملی را ارائه دهند، جریان عبوری از امپدانس سیستم می تواند باعث ایجاد اختلالات مختلفی در ولتاژ شود. مثلاً

۱. جریان حاصل از اتصال کوتاه، حسب مورد باعث کاهش یا ناپدید شدن کامل ولتاژ می شود.

۲. جریان های صاعقه ای که از سیستم قدرت می گذرد باعث ایجاد ولتاژهای ضربه ای می شود که اغلب منجر به پدیده هایی مانند اتصال کوتاه می شود.

۳. جریان های اعوجاجی ناشی از بارهای تولید کننده هارمونیک نیز ولتاژ را هنگام عبور از امیدانس سیستم خراب می کند. بنابراین یک ولتاژ اعوجاجی به کاربر نهایی ارائه می شود.

بنابراین، در حالی که این ولتاژ است که در نهایت به آن توجه می کنیم، باید به پدیده هایی در جریان نیز بپردازیم تا اساس بسیاری از مشکلات کیفیت توان را درک کنیم.



## استانداردهای کیفیت توان

در حالت ایده آل ولتاژها و جریانها باید در تمام نقاط کاملاً سینوسی با فرکانس ثابت، مقدار موثر ثابت و بدون تغییرات لحظه ای باشد. اما ایجاد چنین شرایطی اگر محال نباشد، نیاز به سرمایه گذاری هنگفتی دارد که در صنعت قابل توجه نیست. از این رو شرکت های استاندارد بین المللی تلاش کرده اند تا به یک تعریف مشترک و تفاهمی همه جانبه بین مصرف کنندگان و توزیع کنندگان برسند.

از جمله تعریف آنها در استاندارد های توانیر، IEEE و IEC

استاندارد «مشخصات و خصوصیات انرژی الکتریکی (کیفیت برق)» که پیش نویس آن توسط وزارت نیرو- سازمان توانیر- معاونت پژوهشی- دفتر استانداردها و در کمیسیون مربوطه تهیه و تدوین شده و طی بخشنامه شماره ۷۰۱۰/۳۰/۱۰۰ مورخ ۸۱/۲/۱۰ مقام محترم وزارت قرار گرفته، به استناد بندهای مربوطه در

قانون تاسیس وزارت نیرو (سال ۱۳۵۳)، قانون سازمان برق ایران (سال ۱۳۴۶) و قانون برنامه سوم توسعه اقتصادی و اجتماعی و فرهنگی ایران بعنوان استاندارد صنعت برق ایران منتشر شده است.

در IEEE، کیفیت توان به صورت «مفهوم توان دهی و اتصال زمین تجهیزات حساس به شکلی که برای کارکرد آن تجهیزات مناسب باشد» تعریف می شود.

کمیسیون بین المللی الکتروتکنیکی (IEC) کیفیت توان را به عنوان مجموعه ای از پارامترها تعریف می کند که ویژگی های منبع تغذیه تحویل شده به کاربر را در شرایط عملیاتی عادی از نظر تداوم تغذیه و ویژگی های ولتاژ (میزان، فرکانس، شکل موج) تعیین می کند.

## استاندارد توانیر

استاندارد «مشخصات و خصوصیات انرژی الکتریکی (کیفیت برق)» مشتمل بر قسمتهای ذیل است:

قسمت اول – کلیات

قسمت دوم – حدود مجاز هارمونیک ها

قسمت سوم – فلش و قطعی ولتاژ

قسمت چهارم – تغییرات ولتاژ و فرکانس

قسمت پنجم – پایداری و پدیده های گذرا

قسمت ششم – زمین کردن

قسمت هفتم – کیفیت برق تحویلی به انواع مشترکین

قسمت هشتم – مشخصات فنی وسایل اندازه گیری و معیارهای انتخاب آنها

قسمت نهم – دستورالعمل اندازه گیری کیفیت برق، بازرسی و اطمینان از کیفیت آن

## استانداردهای کیفیت برق IEEE

چندین نوع استاندارد کیفیت توان الکتریکی توسط IEEE منتشر شده است.

IEEE SCC-22 کمیته هماهنگی استانداردهای کیفیت توان

IEEE 1159 نظارت بر کیفیت توان الکتریکی

IEEE 1159.1 راهنما و الزامات ضبط و ذخیره سازی دادهها

IEEE 1159.2 توصیف پدیده‌ی کیفیت توان

IEEE 1159.3 فرمت فایل داده‌ها برای تبادل داده‌های کیفیت توان

IEEE P1564 شاخص های فرورفتگی ولتاژ

IEEE 1346 سازگاری سیستم قدرت با تجهیزات پردازش

IEEE P1100 برقدار و زمین کردن تجهیزات الکترونیکی

IEEE 1433 تعاریف کیفیت توان

IEEE P1453 فلیکر ولتاژ

IEEE 519 کنترل هارمونیک در سیستم های قدرت الکتریکی

IEEE P519A راهنمای اعمال محدودیت های هارمونیک در سیستم های قدرت

IEEE P446 منبع تغذیه اضطراری و آماده به کار

IEEE P1409 توزیع توان با شرایط خاص

IEEE P1547 توزیع گسترده و اتصالات درون شبکه‌ای سیستم‌های قدرت

## استانداردهای کیفیت برق IEC

IEC 61000-4-11 ایمنی فرورفتگی ولتاژ-۱۶ آمپر و یا کمتر

IEC 61000-4-34 ایمنی فرورفتگی ولتاژ- بیشتر از ۱۶ آمپر

IEC 61000-4-30 روش های اندازه گیری کیفیت توان

## شاخص های کیفیت توان

انواع پدیده ها (شاخص های) کیفیت توان عبارتند از:

### گذراها (موج ضربه گذرا، موج ضربه نوسانی)

گذرا زمانی اتفاق می افتد که سنبله ها روی یک موج سینوسی ولتاژ یا جریان قرار می گیرند که دامنه آن از چند ولت تا چند هزار ولت متغیر است.

### تغییرات بلند مدت ولتاژ

به تغییرات در مقدار موثر ولتاژ گفته می شود که برای بیشتر از یک دقیقه تداوم داشته باشد  
تغییرات بلند مدت ولتاژ به یکی از سه صورت زیر باشند:

۱. اضافه ولتاژ بلند مدت

۲. کاهش ولتاژ بلند مدت

۳. قطعی ولتاژ بلند مدت

### تغییرات کوتاه مدت ولتاژ

به تغییراتی در مقدار موثر ولتاژ گفته میشود که مدت تداوم آن کمتر یا برابر یک دقیقه باشد.  
تغییرات کوتاه مدت ولتاژ میتواند به یکی از سه صورت زیر باشند:

۱. برآمدگی ولتاژ کوتاه مدت: افزایش ولتاژ موثر به اندازه ۱۰٪ تا ۸۰٪

۲. فلش (افتادگی) ولتاژ: کاهش ولتاژ موثر به اندازه ۱۰٪ تا ۹۰٪

۳. قطعی ولتاژ کوتاه مدت: ولتاژ موثر کمتر از ۱۰٪

### عدم تعادل ولتاژ

نامتعادلی ولتاژ وقتی پیش می آید که دامنه ولتاژ سه فاز با همدیگر مساوی نبوده و یا اختلاف فاز آنها ۱۲۰ درجه نباشد.

## اعوجاج ها

انواع اعوجاج شکل موجها در شبکه های برق عبارتند از:

۱. هارمونیکها

۲. هارمونیکهای میانی

۳. نویز

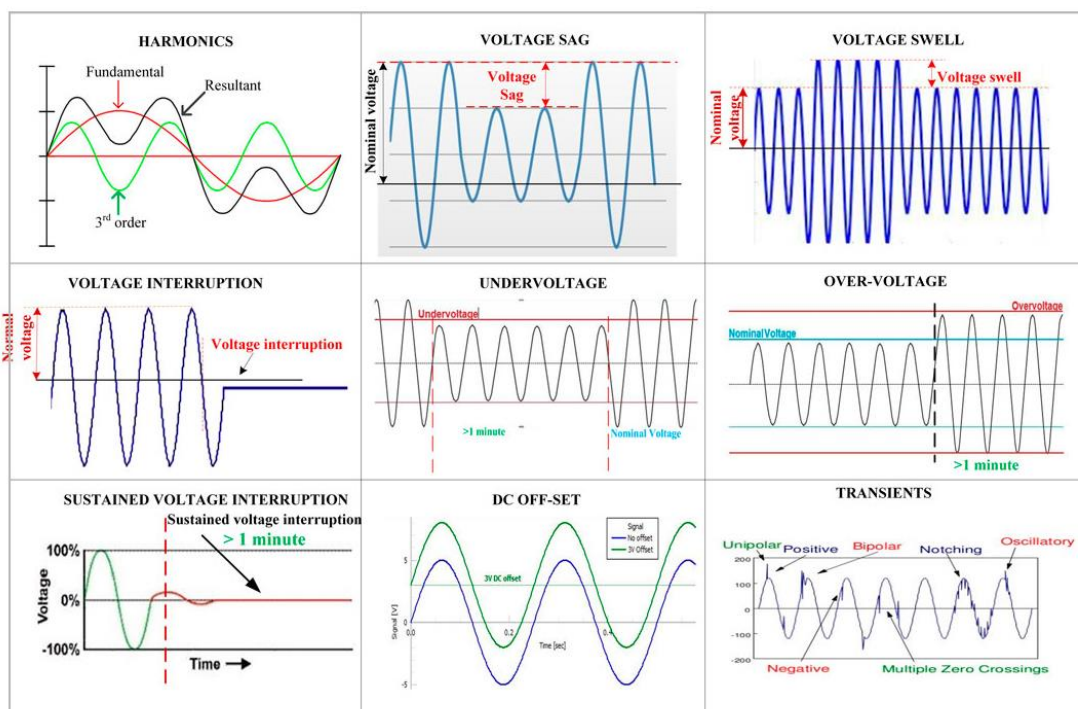
۴. شکاف (بریدگی)

فلیکر ولتاژ

تغییرات دامنه ولتاژ با فرکانس یک الی سی هرتز که باعث سوسو زدن منابع روشنایی و تاثیر نامناسب در چشم انسان میشود و مقدار آن با دو شاخص شدت فلیکر کوتاه مدت و شدت فلیکر بلند مدت مشخص میگردد.

## تغییرات فرکانس

هر کاهش یا افزایش فرکانس از فرکانس نامی را تغییر فرکانس گویند.





## چرا ما به مطالعه کیفیت توان نیاز داریم

پیشرفت های اخیر در فناوری باعث افزایش نفوذ بارهای غیرخطی در سیستم های قدرت شده است. کامپیوترهای مورد استفاده در ادارات، مبدل ها و VFD استفاده شده در صنعت از جمله بارهای غیرخطی هستند. حتی در مناطق مسکونی بسیاری از تهویه مطبوع با تنظیم اینورتر استفاده می کنند. این دستگاه ها منبع انتشار هارمونیک هستند. که باید با اقدامات اصلاحی شناسایی، مطالعه و تصحیح شود تا در هزینه های مصرف برق صرفه جویی و استانداردهای شهری رعایت شود.

در مصارف صنعتی افت و کاهش کیفیت توان باعث کاهش سرعت تولید، افزایش مصرف انرژی، هزینه های مصرف انرژی راکتیو، توقف تولید، آسیب دیدن تجهیزات، بیکاری پرسنل، کاهش طول عمر تجهیزات، از دست رفتن داده ها و... می شود.

در واقع دلیل نهایی اینکه ما به مطالعه کیفیت برق نیاز داریم، ارزش اقتصادی آن است. کیفیت برق می تواند تأثیر اقتصادی مستقیمی بر بسیاری از مصرف کنندگان صنعتی داشته باشد. اخیراً تأکید زیادی بر احیای صنعت با اتوماسیون بیشتر و تجهیزات مدرن تر می شود. ممکن است قطع برق به صورت معمولی و یا لحظه ای منجر به ضرر هزاران دلاری برای یک شرکت صنعتی متوسط با خاموش کردن خط تولیدی شود که برای راه اندازی مجدد آن به ۴ ساعت زمان نیاز است.

در کل برای مشتریان، تاثیر اقتصادی اختلالات برق می تواند از چند صد دلار برای تعمیر و یا جایگزینی لوازم خانگی تا میلیون ها دلار در ازای خسارت در خط تولید و ... باشد.

در مقابل بهبود کیفیت قدرت باعث کاهش ریسک، افزایش بهره وری، کاهش هزینه های انجام کسب و کار و بهبود خط مشی می شود.

تجزیه و تحلیل سیستم قدرت، علت اصلی این مسائل را ارزیابی می کند، سپس راه حل های مقرون به صرفه ای را توصیه می کند که شامل بهبود زمین، حفاظت از نوسانات، تهویه برق، منابع تغذیه بدون وقفه و

فیلترهای هارمونیک می شود. بنابراین، اهمیت کیفیت توان الکتریکی (کیفیت برق) مساله‌ای غیرقابل انکار است.

## چگونه مطالعات کیفیت توان را انجام دهیم

بررسی کیفیت برق در تجارت و صنعت عبارتند از:

- نصب و نظارت بر ابزار کیفیت توان مانند پاورآنالایزرها برای ثبت و جمع آوری داده ها در شرایط عملیاتی
- تجزیه و تحلیل داده ها برای شناسایی علل ریشه ای مشکلات کیفیت برق
- مراجعه به IEEE 141، IEEE 399 و IEEE 519 هنگام انجام مطالعات کیفیت توان

## روش مطالعه مختصر کیفیت توان

به طور خلاصه، روش مطالعه کیفیت توان شامل موارد زیر است:

نظارت از طریق تجهیزات کیفیت توان تجهیزات کیفیت توان مانند پاورآنالایزرها در مکان‌های کلیدی در سراسر منطقه مورد مطالعه نصب می‌شوند. این دستگاه ها به گونه‌ای برنامه‌ریزی شده‌اند که هر پارامتر کیفیت توان را برای یک یا چند پریود از فعالیت‌های روزمره تاسیسات ثبت کنند.

شناسایی منابع انتشار هارمونیک هنگامی که اطلاعات در مدت زمان کافی ثبت شدند، به طور کامل تجزیه و تحلیل می‌شوند و الگوهای تولید پارامترهای کیفیت توان مورد مطالعه قرار می‌گیرند. توان پس از ارزیابی داده های ثبت شده ممکن است مشاور و مهندسان کیفیت، اقدام اصلاحی را در این مرحله پیشنهاد بدهند.

مدل سازی و شبیه سازی سیستم قدرت مورد بررسی با استفاده از برنامه استاندارد صنعتی Electrical Transient and Analysis Program (ETAP) مدل‌سازی می‌شود و یک سناریوی کامل «بدترین حالت» مسائل کیفیت توان روی نرم‌افزار شبیه‌سازی شده است.

طراحی یک طرح کاهش مناسب سپس تجزیه و تحلیل با ابزارهای تحلیل کیفیت توان در ETAP برای طراحی بهینه، مقرون به صرفه و کارآمد طرح کاهش کیفیت توان ضعیف برای تاسیسات استفاده می شود. ابزارهای اندازه گیری کیفیت قدرت ابزارهای مختلفی برای اندازه گیری کیفیت توان و در نتیجه تجزیه و تحلیل آن وجود دارد که هر کدام هدف منحصر به فرد خود را دنبال می کنند. آنالایزهای کیفیت برق (پاورآنالایزرها) رایج ترین ابزار مورد استفاده برای مشاهده قرائت های برخط و همچنین جمع آوری داده ها با سرعت بالا برای دانلود در رایانه هستند. اغلب اوقات اختلالات برق غیرقابل پیش بینی هستند به همین خاطر فقط با استفاده از یک میتر کیفیت برق (PQM) نصب شده در طی چند روز، هفته یا ماه قابل ثبت است.

چرخه زمانی است که شکل موج از خط صفر به سمت قله مثبت خود، بازگشت به اوج منفی خود و سپس بازگشت به صفر طول می کشد. کنترهای کیفیت توان می توانند دستگاه هایی با سرعت بسیار بالا باشند که برای ثبت رویدادها تا سطح زیر چرخه طراحی شده اند. نوع میتری که باید نصب شود به داده هایی که قرار است اندازه گیری شود بستگی دارد اما برخی از پاورآنالایزرها امکان اندازه گیری و ثبت اکثر پارامترهای کیفیت توان در به صورت یکجا را دارند و نیازی به نصب چند تجهیز وجود ندارد.