I.P.I.S

13

1 St . edition
April . 2002

جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic Of Iran

وزارت نیرو
Ministry Of Energy

سازمان مدیریت تولید و انتقال نیروی برق ایران (توانیر)
Iran Power Generation & Transmission Management Organization - Head Office (Tavanir)

استاندارد صنعت برق ایران

۱۳

چاپ اول
اردیبهشت ۱۳۸۱

گزارش فنی
مشخصات و خصوصیات انرژی الکتریکی
(کیفیت برق)
قسمت اول ــ مفاهیم و تعاریف کیفیت برق

Iran Power Industry Standards - Power Quality
Part One

کمیسیون استاندارد « مشخصات و خصوصیات انرژی الکتریکی (کیفیت برق) - قسمت اول - مفاهمی و تعاریف کیفیت برق »

رئیس	سمت یا نمایندگی
نمازی صالح ، ابراهیم (فوق لیسانس مدیریت)	وزارت نیرو_ سازمان توانیر _ معاونت تحقیقات و فن آوری _ دفتر استانداردها
اعضاء	
آبسالان ، یوسف (لیسانس مهندسی برق)	وزارت نیرو - شرکت توزیع نیروی برق کهکیلویه و بویراحمد
ابویی ، امیر (لیسانس مهندسی برق)	وزارت نیرو - شرکت توزیع نیروی برق یزد
احمدی یزد ، محمد (فوق لیسانس مهندسی صنایع)	وزارت نیرو - شرکت برق منطقه ای تهران
اسدی ، ابوالفضل (فوق لیسانس مهندسی برق رشته قدرت)	وزارت نیرو - شرکت برق منطقه ای یزد
اسدی ، فرزاد (لیسانس مهندسی برق)	وزارت نیرو _ شرکت توزیع نیروی برق ایلام
اصغری فرد ، محمود (لیسانس مهندسی برق)	وزارت نیرو -شرکت توزیع نیروی برق تبریز
امیدواری نیا ، اسدا... (لیسانس مهندسی برق - قدرت)	وزارت نیرو _ شرکت توزیع نیروی برق خوزستان
امیریان ، حسین	وزارت نیرو - شرکت توزیع نیروی برق زنجان

(لیسانس مهندسی برق)	
بخشنده ، مهرداد	وزارت نیرو - شرکت برق منطقه ای مازندران
(لیسانس مهندسی برق)	
بهاری وند چگینی ،	وزارت نیرو - شرکت توزیع نیروی برق قزوین
(لیسانس مهندسی برق)	
بهشتی ، محمد حسن	دفتر استانداردهای معاونت تحقیقات وفناوری سازمان توانیر
(لیسانس مهندسی برق رشته قدرت)	
ثقفی اصفهانی، مهدی	وزارت نیرو - شرکت توزیع نیروی برق اصفهان
(فوق لیسانس مهندسی برق رشته قدرت)	
ثقه الاسلام ، سید احمد	وزارت نیرو - شرکت برق منطقه ای فارس
(لیسانس مهندسی برق)	
جلالی ، مرتضی	وزارت نیرو - شرکت برق منطقه ای تهران
(فوق لیسانس مهندسی برق)	
جوادی ، عبدا...	وزارت نیرو - شرکت توزیع نیروی برق زنجان
(لیسانس مهندسی برق)	
جواهری ، احسان	وزارت نیرو - شرکت توزیع نیروی برق مشهد
(لیسانس مهندسی برق)	
حسن پور ، رضا	وزارت نیرو - شرکت توزیع نیروی برق مازندران
(لیسانس مهندسی برق)	

حسینیان ، سید حسین (دکتری برق)	شرکت مهندسین مشاور نیرو
خاتمی ، عبدا... (لیسانس مهندسی برق)	وزارت نیرو - شرکت برق منطقه ای خراسان
خلجی ، علی (لیسانس مهندسی برق)	وزارت نیرو - شرکت برق منطقه ای زنجان
خلیل پور ، آرام (لیسانس مهندسی برق)	وزارت نیرو - شرکت توزیع نیروی برق گیلان
درودی ، عارف (دکتری برق)	شرکت مهندسین مشاور نیرو
رحمانپوری ، محمد (لیسانس مهندسی برق رشته قدرت)	وزارت نیرو - شرکت توزیع نیروی برق لرستان
رستم میری ، فریدون (لیسانس مهندسی برق)	وزارت نیرو - شرکت توزیع نیروی برق غرب مازندران
سعادت نیا ، خانم (لیسانس مهندسی برق)	وزارت نیرو- شرکت برق منطقه ای کرمان
سیروس پور ، علی (لیسانس مهندسی برق)	وزارت نیرو - شرکت توزیع نیروی برق همدان

صباوند منفرد ، حسن (لیسانس مهندسی برق)	وزارت نیرو - شرکت برق منطقه ای آذربایجان
عربی ، عبدالرضا (لیسانس مهندسی برق)	وزرات نیرو- شرکت توزیع نیروی برق کهکیلویه و بویراحمد
غلامعلی پور ، علی اکبر (لیسانس مهندسی برق)	وزارت نیرو - شرکت برق منطقه ای تهران
کرمی ، خانم (لیسانس مهندسی برق)	وزارت نیرو - شرکت برق منطقه ای زنجان
لطفی ، شاپور (فوق لیسانس مدیریت صنعتی)	وزارت نیرو - شرکت برق منطقه ای آذربایجان
محمدیان ، حسین (لیسانس مهندسی برق)	وزارت نیرو - شرکت برق منطقه ای مازندران
نجفی نیا ، مرتضی (لیسانس مهندسی برق)	وزارت نیرو - شرکت توزیع نیروی برق مشهد
نظری ، محمود (لیسانس مهندسی برق)	وزارت نیرو - شرکت برق منطقه ای غرب
نظریان ، پیمان (لیسانس مهندسی برق)	وزارت نیرو - شرکت برق منطقه ای زنجان

هاشمیان ، مجید (فوق لیسانس مهندسی برق)	وزارت نیرو - شرکت برق منطقه ای خراسان
همایونمهر ، عقیل (فوق لیسانس مهندسی برق)	دفتر استانداردهای معاونت تحقیقات وفناوری سازمان توانیر
یاری ، مجید (لیسانس مهندسی برق)	وزارت نیرو - شرکت توزیع نیروی برق ایلام
یاری ، محمد مهدی (لیسانس مهندسی برق)	وزارت نیرو - شرکت توزیع نیروی برق همدان .

دبیر

اعرابیان - آقای مهندس یزدان لیسانس مهندس برق	شرکت مهندسین مشاور نیرو

یادآوری : با توجه به تعداد ۱۱ جلسه برگزار شده برای استاندارد کیفیت برق افراد فوق الذکر در تمامی و یا در تعـــداد بیش از ۳ جلسه حضور داشته اند.

فهرست مندرجات ..... صفحه

مقدمه ..... ب
۱ هدف ۱
۲ دامنه کاربرد ۱
۳ مفاهیم کلی ۱
٤ رده بندی مسائل کیفیت برق ۹
٥ تعاریف کیفیت برق ٤۲
٦ واژگان ٥۱
۷ منابع و مراجع ٥۳

مقدمه :

استاندارد مشخصات و خصوصیات انرژی الکتریکی (کیفیت برق) از قسمت های مختلفی به شرح زیر تشکیل شده است که می بایستی همراه مراجع الزامی آنها مورد استفاده قرار گیرند.

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 معیار انتخاب آن ها

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

برای آشنایی بیشتر کاربران این استاندارد علاوه بر قسمتهای فوق گزارش های فنی مشخصات و خصوصیات انرژی الکتریکی (کیفیت برق) در قسمتهای دیگری که جنبه اطلاعاتی وآموزشی دارد با عناوین زیر تهیه شده است.

قسمت اول - مفاهیم و تعاریف کیفیت برق

قسمت دوم - منابع و مراجع استانداردهای کیفیت برق

قسمت سوم - تجزیه و تحلیل نتایج وضعیت موجود کیفیت برق

در این گزارش فنی به عنـــوان کابل های فشار متوسط مربوط به شبکه توزیع پرداخته می شـود . کـابل های فشار متوسط به کار رفته در ایران به دو نوع کلی کابل های با عایق کاغذ روغنی و کابل های با عایق مواد ترموپلاستیک یا الاستومریک[1] تقسیم می شوند ، از آنجا که تکنولوژی ساخت و استفاده از کابل های با مواد عایقی پلیمری روز به روز در حال پیشرفت می باشد و این کابل ها دارای کیفیت عایقی و ضریب تلفات عایقی خوبی بوده و استفاده از آنها از لحاظ سهولت در نصب ، مفصل بنـدی و .... دارای مزایـای زیادی نسبت به سایر کابل ها می باشد ، بنابراین در این استاندارد به موضوع کابل هـای بـا مـواد عـایقی ترموپلاستیک یا الاستومریک[2] که به طور اکسترود شده ساخته شده اند ، پرداخته شده است .

1- Thermoplastic & Elastomeric

۲- پلیمر ها را می توان باتوجه به مشخصه حرارتی و مکانیکی به دو دسته ترموپلاستیک و الاستومریک تقسیم بندی نمود.

گزارش فنی مشخصات و خصوصیات انرژی الکتریکی (کیفیت برق)
قسمت اول ـ مفاهیم و تعاریف کیفیت برق

۱ هدف

هدف از این گزارش ارایه مفاهیم و تعاریف کیفیت برق می باشد.

۲ دامنه کاربرد

دامنه کاربرد این گزارش برای کلیه سطوح ولتاژ می باشد.

۳ مفاهیم کلی

۳-۱ کلیات

امروزه توجه شرکت های برق و مشترکین آن ها به شکل روز افزونی به مسئله کیفیت انرژی الکتریکی معطوف شده است . واژه کیفیت برق در کشورهای صنعتی و در صنعت برق کاربرد فراوانی پیدا نموده است. مبحث فوق تعداد بسیار زیادی از اعوجاج های موجود در شبکه برق را پوشش می دهد. موضوعاتی که تحت مبحث کیفیت برق قرار می گیرند لزوماً مفاهیم تازه ای نیستند ، لیکن آنچه جدید است ، تلاش مهندسین برای جمع آوری این مطالب و قرار دادن آن ها در الگوها مشخص می باشد. به عبارت دیگر نگاهی تازه به اعوجاج های موجود در سیستم های قدرت ، به منزله مطلب جدیدی خود را نشان داده است که کنکاش در آن یکی از مهمترین موارد در مطالعه سیستم های قدرت به شماره می آید. از سوی دیگر با توجه به وجود مشکلات زیاد ناشی از کیفیت نامطلوب برق ، استفاده از روش های مناسب جهت بهبود آن امری ضروری به نظر می رسد که نیاز به راه حل های مناسب و جدید را به همراه دارد. در نتیجه برای یافتن این راه حل ها ، لازم است درک بالایی از مسائل و مفاهیم کیفیت برق به وجود آید. این امر تنها زمانی امکان پذیر است که این مفاهیم به خوبی تعریف و مورد ارزیابی قرار گیرند.

به طور کلی می توان دلایل زیر را برای توجه روزافزون به مبحث کیفیت برق ذکر نمود :

ـ حساسیت تجهیزات الکتریکی جدید نسبت به تغییرات کیفیت برق بیشتر شده است. بسیاری از وسایل الکتریکی جدید از کنترل کننده های میکروپروسسوری و المان های الکترونیک قدرت استفاده می کنند و این تجهیزات به بسیاری از انواع اعوجاج های موجود در شبکه قدرت حساس می باشند. حساسیت این تجهیزات الکتریکی به نوبه خود به عملکرد نامناسب تجهیزات منجر خواهد شد که با توجه به تعداد زیاد این وسایل به خصوص در مراکز صنعتی ، بیمارستانی ، آزمایشگاهی و مانند آن ها مسایل خاصی را به دنبال خواهد داشت. به عنوان مثال می توان به تاثیر منفی عملکرد نامناسب تجهیزات کنترل کننده و حفاظتی در مراکز صنعتی اشاره نمود.

ـ تاکید روزافزون بر بهبود راندمان کلی شبکه های قدرت ، باعث استفاده از وسایلی از قبیل محرکه های موتور با قابلیت تنظیم سرعت و نیز خازن های موازی برای بهبود ضریب قدرت شده است. به کمک این خازن ها میزان تلفات شبکه کاهش می یابد. خازن ها مشخصه امپدانس ـ فرکانس شبکه را تغییر می دهند و باعث ایجاد پدیده تشدید و در نتیجه تقویت اعوجاج به صورت گذرا و نیز افزایش سطح اعوجاج هارمونیکی در شبکه می شوند. از سوی دیگر وسایل کنترل کننده سرعت موتورها ، مقدار هارمونیک ها را در شبکه قدرت بالا برده و این امر توجه افراد خبره را به تاثیر آینده این گونه وسایل روی توانایی های سیستم برانگیخته است. به عبارت دیگر کاربرد وسایل و تجهیزات جدید که از نیازهای مبرم یک سیستم قدرت مدرن (هم از دیدگاه مشترکین و هم از دیدگاه شرکت های برق) است خود عامل به وجود آوردن مشکلات جدیدی شده است که نیاز به بررسی تایرات متقابل این گونه تجهیزات بر سیستم و سیستم بر این گونه تجهیزات را لازم می سازد.

ـ آگاهی نسبت به مسایل کیفیت برق نزد مشترکین بالا رفته است. موضوعاتی از قبیل قطع برق ، پایین بودن ولتاژ و پدیده های گذرای مربوط به کلید زنی روز به روز مورد توجه مشترکین بیشتری قرار گرفته و شرکت های برق را وادار می سازد که کیفیت برق تحویلی به مشترکین را بهتر سازند. این بدان معناست که مشترکین مانند ، گذشته فقط به داشتن برق اکتفا نمی کنند بلکه برقی با کیفیت

بالا مورد نظر آن ها می باشد، به نحوی که تمامی تجهیزات مدرن به کار گرفته شده به نحو مطلوبی مورد استفاده قرار گیرند.

ـ به دلیل وجود شبکه مجتمع و به هم پیوسته ، خرابی هر المان شبکه روی دیگر تجهیزات آن شبکه اثر نامطلوبی گذاشته و تبعات بعدی افزون تری را به همراه خواهد داشت. چون شبکه های قدرت ، شبکه های وسیعی هستند که به دلایل گوناگون از جمله کیفیت نامناسب برق ، احتمال بروز اعوجاج در آن ها وجود دارد. در نتیجه انتشار مشکلات ناشی از کیفیت نامناسب برق در یک شبکه به هم پیوست در هر لحظه امکان خواهد داشت.

ـ عدم وجود دستگاههای حفاظتی و هشدار دهنده مربوط به پایین بودن کیفیت برق نزد مشترکین و شرکت های برق باعث می شود که هم مشترکین و هم شرکت های برق به دلیل معلوم نبودن حد و حدود دچار سوء تفاهم گردند.

شرکت های برق به دودلیل عمده به مشکلات فوق توجه نشان می دهند. از سویی با رفع این مشکلات میزان مشترکین آن ها افزایش یافته و از سوی دیگر استفاده از وسایل الکتریکی با راندمان بالا ، موجب کاهش قابل توجه سرمایه گذاری در مراکز تولید و پست ها خواهد شد. نکته جالب این که ، تجهیزاتی که برای افزایش بهره وری به کار می روند ، اغلب در اثر قطع برق بیش از دستگاه های دیگر صدمه دیده و گاهی اوقات خود منشاء مشکلات معروف به مسایل کیفیت برق می گردند.

۳-۲ تعریف کیفیت برق

در مراجع مختلف تعاریف کاملاً متفاوتی برای واژه کیفیت برق وجود دارد. برای مثال شرکت های برق ممکن است واژه کیفیت برق را مترادف با کلمه عدم قطعی برق فرض نموده و با استفاده از آمارهای موجود نشان دهند که میزان قطعی برق بسیار کم بوده است. در عوض سازندگان وسایل الکتریکی ممکن است تعریف دیگری این تعریف " مشخصاتی از شبکه قدرت که توانایی کارکرد مناسب را برای تجهیزات مهیا سازند. " برای واژه کیفیت برق ارایه دهند، این تعاریف می توانند برای

تجهیزات مختلف و سازنده های گوناگون بسیار متفاوت باشند. به هر حال نقطه نظر مشترکین در مسئله کیفیت برق بسیار اهمیت داشته و از اولویت اول برخوردار است. بنا براین لازم است که قبل از ورود به مباحث اصلی تعریف مشخصی از واژه کیفیت برق به دست آید تا بتوان براساس این تعریف به ارزیابی کیفیت برق پرداخت. در این استاندارد تعریف زیر برای واژه کیفیت برق به کار گرفته شده است :

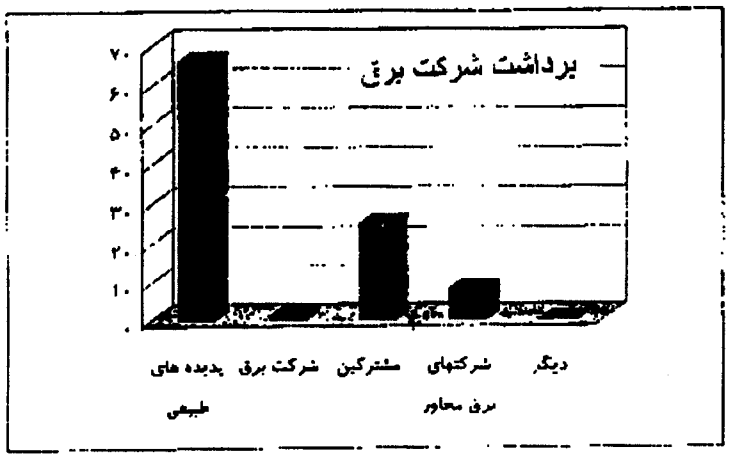
" هر گونه تغییر در کمیت های ولتاژ ، جریان و فرکانس که سبب خرابی و یا عملکرد نادرست تجهیزات مصرف کننده گردد . "

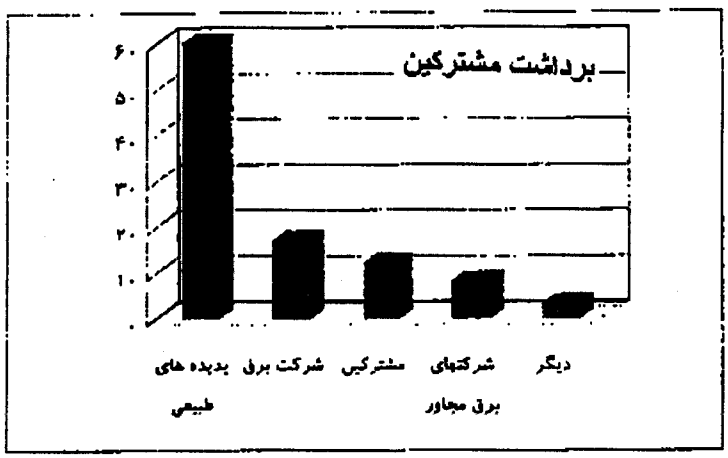
به عبارت دیگر واژه کیفیت برق به معنی ارایه برق با ولتاژ ، جریان و فرکانس مجاز است، به طوری که نیازهای استاندارد صنعت برق کشور را تامین کند و برق مورد نیاز مشترکین را با مشخصات مناسب برآورده سازد.

در مورد علل ایجاد مسایل کیفیت برق نظرات متفاوتی وجود دارد. نمودارهای شکل شماره ۱ نتایج یک بررسی آماری را نشان داده که در یک کشور صنعتی انجام گرفته است و در آن از پرسنل شرکت برق و مشترکین در رابط با علل ایجاد مسایل مربوطه به کیفیت نظر خواهی شده است (٦). درحالی که نظر خواهی از دیگر شرکت ها ممکن است به نتایج متفاوتی برسد ، ولی به هرحال این نمودارها به طور آشکار یک ایده مشترک را که در کلیه نظر سنجی ها تکرار می شود بیان می کنند وآن این نکته است که خطوط فکری شرکت های برق و مشترکین آنها ، بسیار با یکدیگر متفاوت است. با این که هر دو بیش از دو سوم این وقایع را به پدیده های طبیعی (مانند صاعقه) نسبت می دهند ، مشترکین بیش از پرسنل شرکت های برق تصور می کنند که علت ایجاد مسئله ، عملکرد اشتباه شرکت برق است. به هر حال باید به این نکته توجه داشت که نتیجه بسیاری از حوادث موجود در شبکه های قدرت تنها به ایجاد مشکل برای مشترکین منجر خواهد شد و هرگز در آمارهای شرکت برق ثبت نمی گردد.

نمونه ای از این مشکلات ، مسئله کلید زنی خازن ها است که نزد شرکت های برق اتفاقی کاملا" عادی بوده ولی می تواند سبب ایجاد اضافه ولتاژهای گذرا شود و حتی موجب از مدار خارج شدن بعضی از تجهیزات گردد.

نمونه دیگر وقوع یک اتصال کوتاه لحظه ای در شبکه است که باعث کاهش ولتاژ نزد مشترکین شده و به عنوان مثال ممکن است قطع یک محرکه موتور با قابلیت تنظیم سرعت را به دنبال داشته باشد. اما شرکت برق هیچ گونه نشانه ای مبنی بر مشکل روی فیدر مربوطه نخواهد داشت. مگر این که قبلا" یک مونیتور کیفیت برق روی آن نصب کرده باشد. عملا" به دلیل هزینه بالای تجهیزات مونیتورینگ این امکان وجود ندارد که بر روی تمامی فیدرها بتوان تجهیزات لازم را قرار داد.





شکل ۱- نتایج یک نظر خواهی در رابطه با علت ایجاد مسائل مربوط به کیفیت برق

علاوه بر مسایل اشاره شده ، مشکلات دیگری نیز ممکن است در شبکه های برق به وجود آید که مربوط به عملکرد نادرست سیستم های کنترل ، سخت افزاری و نرم افزاری است. به علت وجود ولتاژهای گذرایی که به صورت مکرر بر روی سیستم به وجود می آید، تجهیزات الکترونیکی در طول دوره کاری خود فرسوده می شوند و ممکن است نهایتا" با یک حادثه با دامنه نسبتا" کم از کار بیفتند. بنا براین گاهی اوقات ارتباط دادن یک خرابی یا خطا با یک علت به خصوص دشوار خواهد شد . به هر حال در شبکه های قدرت ممکن است حوادثی پیش آید که در نرم افزارهای کنترلی پیش بینی نشده باشد. با توجه به مطالب اشاره شده وبا در نظر گرفتن توجه روز افزون مشترکین به مسئله

کیفیت برق ، در مقابل شرکت های برق مجبور به ارایه برنامه های به خصوصی خواهند شد. فلسفه این برنامه های به دو گونه می تواند بادش. یا واکنشی است یعنی شرکت برق جواب شکایات مشترکین را می دهد و یا آموزشی است که در آن شرکت برق به آموزش مشترکین پرداخته و درکنار آن سعی می کند خدماتی را به وجود بیاورد تا این خدمات برای یافتن روش هایی جهت حل مشکلات کیفیت برق به آن ها کمک کنند.

از سوی دیگر ، در تجزیه و تحلیل یک مسئله کیفیت برق ، باید مسایل اقتصادی را نیز در نظر گرفت. ممکن است راه حل بهینه یک مسئله بدین صورت باشد که حساسیت آن وسیله نسبت به مسئله کیفیت برق کاهش داده شود. سطح لازم کیفیت برق ، سطحی است که عملکرد مناسب تجهیزات را در تسهیلات به خصوص نتیجه دهد.

به هر حال مشکل است که بتوان کیفیت برق را مانند کیفیت دیگر اجناس و سرویس ها به صورت کمی بیان نمود. استانداردهایی برای اندازه گیری ولتاژ و دیگر معیارهای فنی ممکن است موجود باشد، اما باید اشاره نمود که تعیین مقدار نهایی کیفیت برق باتوجه به نحوه عملکرد تجهیزات مشترکین مشخص خواهد شد. به عبارت دیگر از عوامل مهمی که به کیفیت مناسب یا نامناسب برق در یک فیدر منتهی می شود نوع مصرف می باشد که باید مورد توجه خاص قرار بگیرد.

۳-۳ کیفیت برق ـ کیفیت ولتاژ

در حالی که نام عمومی این استاندارد کیفیت برق است ، اما درحقیقت دربسیاری از حالات این کیفیت ولتاژ است که مورد بحث قرار می گیرد. نکته مشکل در این جا همچنانکه قبلاً" اشاره شد تعریف کمی پدیده کیفیت برق است. به طور کلی در یک سیستم قدرت تنها کیفیت ولتاژ را می توان کنترل کرد وکنترل مناسبی بر روی جریان هایی که بارهای مختلف می کشند وجود ندارد. بنا براین استانداردهای موجود کشورهای صنعتی در حوزه کیفیت برق عمدتاً" حدود مجاز ولتاژ منبع را مشخص می کنند. شبکه های برق جریان متناوب طوری طراحی می شودند که در یک ولتاژ سینوسی

با فرکانس و دامنه مشخص کار کنند. هر گونه انحراف قابل توجه در دامنه ، فرکانس و یا خلوص شکل موج یک مسئله کیفیت برق خواهد بود.

البته همواره ارتباطی نزدیک بین ولتاژ و جریان یک شبکه قدرت مشخص وجود دارد. ژنراتورها گرچه ممکن است یک ولتاژ سینوسی نسبتاً خوب تولید نمایند. اما جریان عبوری از امپدانس شبکه می تواند انواع مختلفی از اعوجاج های ولتاژی را در شبکه به وجود آورد. برای مثال :

ـ جریان حاصل از وقوع اتصال کوتاه در شبکه موجب کاهش شدید یا صفر شدن ولتاژ می شود.

ـ جریان هایی که بر اثر برخورد صاعقه وارد شبکه می گردند ، سبب ایجاد ولتاژهای موجی بزرگی شده که اغلب ری عایق ها جرقه زده و نهایتاً به پدیده های دیگری مانند اتصال کوتاه تبدیل می شوند.

ـ جریان های اعوجاج یافته ای که توسط بارهای هارمونیک زا تولید می شوند باعث ایجاد اعوجاج در ولتاژ شده و این ولتاژ به دیگر مشترکین اعمال می گردد. این مسئله به خصوص در شبکه های به هم پیوسته می تواند یک معضل باشد به نحوی که ارایه طرق مناسب در جهت بهبود کیفیت برق را دچار مشکل سازد.

۳-٤ دلایل توجه به مسایل کیفیت برق

دلیل اصلی و نهایی توجه به کیفیت برق مسایل اقتصادی است. مسایل اقتصادی روی شرکت های برق ، مشترکین و تولیدکننده های وسایل الکتریکی تاثیر فراوانی می گذارند. کیفیت برق می تواند تاثیر اقتصادی مستقیمی روی بسیاری از مصارف مشترکین به خصوص مشترکین صنعتی داتشه باشد. اخیراً تاکید بسیاری روی پیشرفت صنایع با استفاده از دستگاه های مدرن و اتوماتیک صورت می گیرد. این وسایل معمولاً تجهیزاتی هستند که به صورت الکترونیکی کنترل شده درنتیجه نسبت به کیفیت برق حساس تر خواهند بود. بنا براین مصرف کننده های صنعتی به اعوجاج های جزیی موجود در شبکه قدرت بیشتر حساس شده اند. از سوی دیگر سرمایه ها و یا هزینه های زیادی در رابطه با این اعوجاج ها به هدر می رود. به عنوان مثال ، قطع یک کلید در یک کارخانه صنعتی ،

سبب از کار افتادن یک خط تولید شده و زیان هایی به بار خواهد آورد. به نحوی که جبران این زیان ها برای کارخانه های صنعتی به راحتی امکان پذیر نمی باشد.

شرکت های برق نیز به موضوع کیفیت برق توجه خاصی مبذول می دانند. راضی کردن مشترک و جلب اعتماد او یک انگیزه قوی برای شرکت های برق است. مشترکین خانگی به طور مستقیم از تلفات اقتصادی زیان نخواهند دید ، اما این مشترکین هنگامی که متوجه شوند شرکت های برق سرویس نامناسبی ارایه می دهند.می توانند یک عامل قوی برای تهییج شرکت های برق جهت ارایه خدمات بهتر و تهیه تجهیزات باشند.

به هر دلیل بسیاری از سازندگان وسایل الکرتیکی و مشترکین صنعتی و خانگی نسبت به انواع اعوجاج های موجود در شبکه های قدرت نا آگاه بوده و لازم است که در مورد این مبحث و مسایل مربوطه به آن ، به این مصرف کننده ها آموزش لازم داده شود که این اصل یکی از اهداف کلی این استاندارد می باشد. با داشتن چنین استانداردی وظایف مشترکین و شرکت های برق در کلیه موارد مشخص می گردد به نحوی که بتوان هرگونه اختلاف نظری را در این چارچوب مورد بررسی قرار داد و نتیجه قابل قبولی را نیز از آن گرفت.

٤ رده بندی مسایل کیفیت برق

٤-١ رده های عمومی مسایل کیفیت برق

استاندارد IEC ، پدیده های مختلف الکترومغناطیسی را به صورت نشان داده شده درجدول شماره ١ به شش گروه عمده تقسیم بندی نموده است .[١]

جدول ۱- گروه بندی پدیه های اصلی مسبب به روز اعوجاج الکترومغناطیسی در شبکه طبق استانداردIEC

۱- پدیده های هدایتی با فرکانس پایین : ـ هارمونیک ها ـ هارمونیک های میانی ـ سیگنال ـ نوسان ولتاژ ـ فرورفتگی ولتاژ و قطعی ها ـ عدم تعادل ولتاژ ـ تغییرات فرکانس قدرت ـ ولتاژهای القایی با فرکانس پایین ـ وجود مقدار dc در شبکه جریان متناوب
۲- پدیده های تشعشعی فرکانس پایین : ـ میدان های مغناطیسی ـ میدان های الکتریکی
۳- پدیده های هدایتی با فرکانس بالا : ـ ولتاژها یا جریان های القایی با شکل موج پیوسته ـ گذراهای تک جهته ـ گذراهای نوسانی
٤- پدیده تشعشعی با فرکانس بالا : ـ میدان های مغناطیسی ـ میدتن های الکتریکی ـ میدان های الکترومغناطیسی ـ امواج پیوسته ـ گذراها
٥- پدیده های تخلیه الکترواستاتیک
٦- پالس الکترومغناطیسی ناشی از انفجارات هسته ای

تلاش گروه های مختلف در صنعت برق در زمینه مونیتورینگ کیفیت توان الکتریکی تعدادی گروه را به استاندارد IEC افزوده است [۲]. به عنوان مثال گروه تغییرات کوتاه مدت تعریف شد که شامل گروه های فرو رفتگی ولتاژ و قطعی های کوتاه مدت IEC می باشد. یا گروه اعوجاج در شکل موج به عنوان گروهی معرفی می شود که شامل هارمونیک ها ـ هارمونیک های میانی ـ وجود مقدار dc در شبکه های جریان متناوب مربوط به استاندارد IEC و پدیده برش در استاندارد IEEE می گردد. در نهایت جدول شماره (۲) اطلاعات مربوط به محتوای طیفی ـ طول دوره زمانی و دامنه را که برای توصیف هر گروه لازم است ارایه می دهد. این گروه ها و مشخصات مربوط به آن ها لازم هستند تا به کمک آن ها بتوان نتایج اندازه گیری های مختلف را رده بندی نمود و پدیده های الکترومغناطیسی که باعث مسایل مرتبط با کیفیت برق می شوند را توضیح داد.

جدول ۲- **گروه بندی و مشخصات پدیده های اکترومغناطیسی در شبکه قدرت**

گروه	محتوای طیفی (مقدار نمونه)	طول دوره زمانی (مقدار نمونه)	دامنه ولتاژ (مقدار نمونه)
۱- گذرا			
۱-۱- ضربه ای			
۱-۱-۱-ناتو ثانیه	خیر ۵ ناتو ثانیه ای	کمتر از ۵۰ ناتو ثانیه	
۱-۱-۲-میکروثانیه	خیر۱ میکرو ثانیه ای	۵۰ ناتو ثانیه ـ یـک میلـی ثانیه	
۱-۱-۳-میلی ثانیه	خیر۰/۱ میلی ثانیه ای	بیشتر از ۱ میلی ثانیه	
۲-۱- نوسانی			
۲-۱-۱-فرکانس پایین	کوچک تر از ۵ کیلوهرتز	۵۰-۰/۳ میلی ثانیه	تا ٤ پریونیت
۱-۲-۱- فرکانس متوسط	۵۰۰-۵ کیلوهرتز	۲۰ میکروثانیه	تا ۸ پریونیت
۲-۲-۱-فرکانس بالا	۵-۰/۵ مکاهرتز	۵ میکروثانیه	تا ٤ پریونیت
۲- تغییرات بلند مدت			
۲-۱ قطع با دوام		بیشتر از یک دقیقه	صفر پریونیت
۲-۲-کاهش ولتاژ		بیشتر از یک دقیقه	۰/۹ پریونیت
۲-۳ – اضافه ولتاژ		بیشتر از یک دقیقه	۱/۰۵ پریونیت
۳- تغییرات کوتاه مدت			
۳-۱-آنی			
۳-۱-۱-قطعی		۳۰-۰/۵ سیکل	کوچکتر از ۰/۱ پریونیت
۳-۱-۲- فلش		۳۰-۰/۵ سیکل	۰/۹-۰/۱ پریونیت
۳-۱-۳-برآمدگی		۳۰-۰/۵ سیکل	۱/۸-۱/۱پریونیت

گروه	محتوای طیفی (مقدار نمونه)	طول دوره زمانی (مقدار نمونه)	دامنه ولتاژ (مقدار نمونه)
۳-۳- موقت			
۳-۳-۱-قطعی		۳ ثانیه – ۱ دقیقه	کوچکتر از ۰/۱ پریونیت
۳-۳-۲-فلش		۳ ثانیه – ۱ دقیقه	۰/۹- ۰/۱ پریونیت
۳-۳-۳-برآمدگی		۳ ثانیه – ۱ دقیقه	۱/۲-۱/۱ پریونیت
٤-عدم تعادل ولتاژ		حالت ماندگار	۲-۰/۵ درصد
٥-اعوجاج شکل موج		حالت ماندگار	۰/۱-۰ درصد
٥-۱وجود مقدارdc در شبکه متناوب			
٥-۲- هارمونیک ها	هارمونیک اول تا صدم	حالت ماندگار	تا ۲۰ درصد
٥-۳-هارمونیک های میانی	صفر تا ٦ کیلوهرتز	حالت ماندگار	تا ۲ درصد
٥-٤- برش		حالت ماندگار	
٥-٥-نویز	در باند وسیع	حالت ماندگار	تا ۱ درصد
٦- نوسان ولتاژ	کوچکتر از ۲۵ هرتز	متناوب	۰/۱ تا ۷ درصد
۷-تغییرات فرکانس قدرت		کوچکتر از ۱۰ ثانیه	

٤-٢ گذرا

واژه گذرا مدت ها است که در تحلیل تغییرات شبکه قدرت به کار رفته تا یک حادثه غیر مطلوب اما لحظه ای را مشخص کند. اولین مطلبی که با شنیدن واژه گذرا به ذهن یک مهندس برق خطور می کند، رفتار نوسانی میراشونده یک مدار مقاومتی ، سلفی و خازنی (RIC) خواهد بود . تعریفی که عموماً برای واژه گذرا به کار می رود به شکل زیر بیان می شود :

بخشی از تغییرات یک متغیر که در طی انتقال از یک شرایط کاری ماندگار به حالت ماندگار دیگر از بین می رود. مدت زمان این تغییرات بسیار کوتاه است. متاسفانه این تعریف می تواند هر پدیده غیر معمول در شبکه قدرت را پوشش دهد. واژه دیگری که اغلب به عنوان مترادف کلمه گذرا استفاده می شود ، واژه موج ضربه ای است. به طور کلی واژه گذرا را می توان به دو گروه موج نوسانی گذرا تقسیم بندی نمود. این گروه ها شکل موج گذرای یک موج جریان یا ولتاژ را توصیف می کنند.

٤-٢-١- موج ضربه ای گذرا

موج ضربه ای گذرا تغییر ناگهانی در شرایط ماندگار ولتاژ ، جریان یا هر دو است که فرکانسی به غیر از فرکانس قدرت دارد و پلاریته آن تک جهته (مثبت یا منفی) است. موج ضربه ای گذرا را معمولاً علاوه بر دامنه آن توسط زمان نرخ افزایش و کاهش آن مشخص می کنند. برای مثال یک موج ۲۰۰۰ولت ، μs ۱/۲/۵۰ موجی است که در زمان ۱/۲ میکروثانیه به مقدار پیک خود (۲۰۰۰ ولت) رسیده و سپس در مدت ۵۰ میکروثانیه به نصف مقدار پیک خود می رسد. علت اصلی ایجاد پدیده ضربه ای گذرا ، صاعقه و کلید زنی است. شکل شماره ۲ یک موج ضربه ای جریان گذرا را نشان می دهد که توسط برخورد صاعقه ایجاد شده است . به دلیل وجود فرکانس های بالا دریک موج ضربه ، شکل موج آن به سرعت توسط پارامترهای سیستم تغییر کرده و هنگامی که از دید قسمت های مختلف شبکه قدرت مشاهده می شود ممکن است به طور عمده مشخصه های متفاوتی را از خود ارایه دهد. این امواج معمولاً در فواصل نزدیک به محل ورود خود به شبکه تاثیر عمده ای داشته و هر چقدر از محل برخورد دورتر می شوند تاثیر آنها کمتر می گردد. موج ضربه ای گذرا

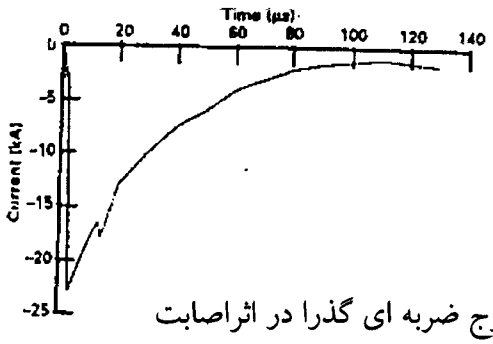
می تواند با فرکانس طبیعی مدارهای شبکه قدرت را تحریک نموده و موج نوسانی گـذرا پدیـد آورد که در زیر به توضیح آن می پردازیم.

٤-٢-٢- موج نوسانی گذرا

موج نوسانی گذرا ، تغییر ناگهانی در شرایط ماندگار ولتاژ ، جریان یا هر دو است که فرکانسی به غیر از فرکانس قدرت داشته و مقدار آن ، هر دو پلاریته مثبت و منفی را دارا باشد. موج نوسـانی گـذرا ، موج ولتاژ و یا جریانی است که پلاریته مقدار لحظه ای آن سریعاً تغییر می کند. این موج با محتـوای طیفی (فرکانس های غالب) ، طول دوره زمانی و دامنه خود مشخص می گردد. این موج را می توان به زیر گروه های زیر تقسیم بندی نمود :

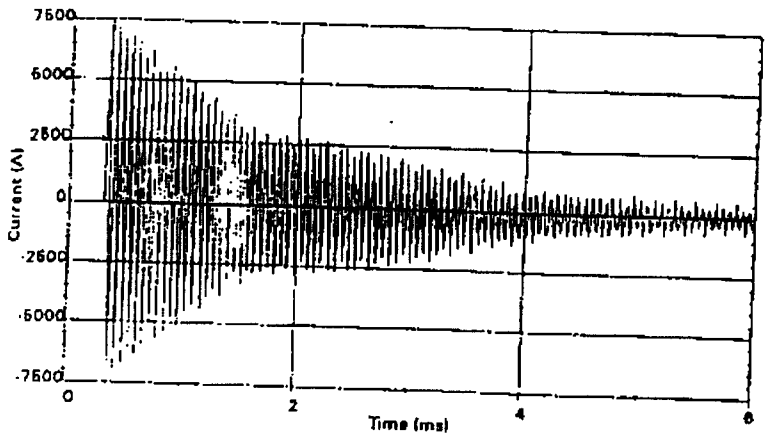
ـ موج با فرکانس پایه بزرگتر از ٥٠٠ کیلو هرتز و طـول دوره زمـانی میکروثانیـه کـه مـوج نوسـانی گذرای فرکانس بالا نام دارد. این پدیده اغلب پاسخ سیستم به یک موج ضربه ای گذرا می باشد.

ـ موج با فرکانس پایه بین ٥ و ٥٠٠ کیلوهرتز و طول دوره زمانی چند ده میکروثانیه که موج نوسـانی گذرای فرکانس متوسط نامیده می شود. برق دار کردن یک بانک خازنی پشت به پشت ممکـن اسـت موجب ایجاد چنین موجی شده که نمونه ای از آن در شکل شماره ٣ نشان داده شده است. منظـور از بانک خازنی پشت به پشت دو مجموعه بانک خزانی نزدیک به هم مـی باشـد کـه توسـط کلیدهـای مستقل به سیستم وصل شده باشند.کلید زنی روی کابل ها نیز باعث ایجاد ولتاژ نوسـانی گذرایـی در این محدوده فرکانس می گردد. موج با فرکانس متوسط نیز ممکن است نتیجه پاسخ سیسـتم بـه یـک موج ضربه ای گذرا باشد.



موج ضربه ای گذرا در اثموج ضربه ای گذرا در اثراصابت

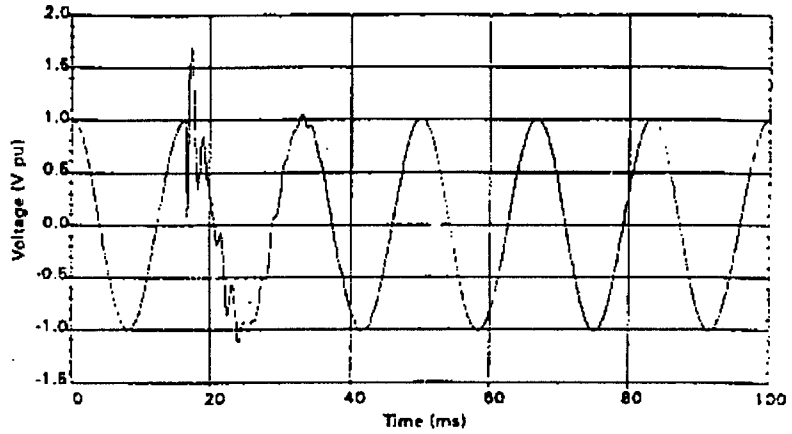
صاعقه



شکل ۳- موج نوسانی کذرا که علت آن برق دار کردن یک بانک خازنی پشت به پشت است

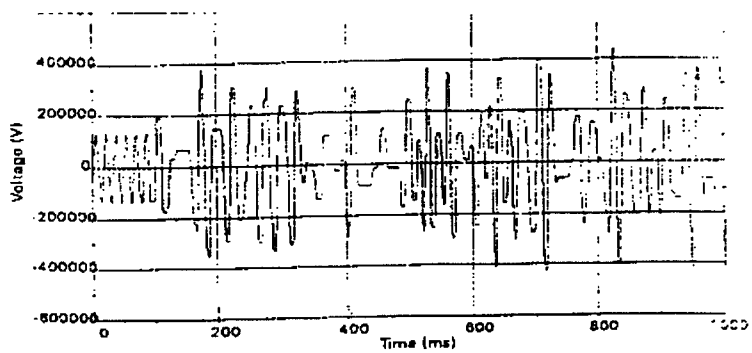
ـ موج با فرکانس پایه کوچک تر از ۵ کیلو هرتـز و طـول دوره زمـانی ۰/۳ تـا ۵۰ میلـی ثانیـه مـوج نوســـانی گذرای فرکانس پایین نامیده می شود. ایـن گـروه از امـاج ضربـه ای گـذرا اغلـب روی سیستم های توزیع و انتقال مطرح شده وباعث بروز بسیاری از حوادث می گردند. مشهورترین آن ها برق دار کردن یک بانک خازنی است که ولتاژ نوسانی گذرایی با فرکـانس اصلـی بیـن ۳۰۰ تـا ۹۰۰ هرتز تولید می کند. اندازه پیک این موج ممکن است به ۲ پریونیت نیز برسد. اما عموماً دامنه آن هـا

در محدوده ۱/۳ تا ۱/۵ پریونیت و طول دوره زمانی آن ها ۰/۵ تا ۳ سیکل (بسته به میرایی سیستم) خواهد بود. شکل شماره ٤ نمونه ای از موج نوسانی گذرای فرکانس پایین را نمایش می دهد.



شکل ٤- موج نوسانی گذرای فرکانس پایین که به علت برق دار کردن یک بانک خازنی ایجاد شده است

موج نوسانی گذرای با فرکانس پایه کمتر از ۳۰۰ هرتز نیز ممکن است در سیستم های توزیع ایجاد شود. این امواج عموماً در ارتباط با پدیده های فرورزونانس و برق دار کردن ترانسفورماتور مطابق شکل شماره ٥ به وجود می آیند. پدیده های گذرای ایجاد شده در اثر خازن های سری نیز در این رده قرار می گیرند.



شکل ٥-موج نوسانی گذرای فرکانس پایین که در اثر فرورزتانس یک ترانسفورماتور بی بار ایجاد شده است

٤-٣ تغییرات بلند مدت ولتاژ

تغییرات بلند مدت ولتاژ هر گونه انحراف در مقدار موثر ولتاژ در فرکانس نامی را برای زمان بیشتر از یک دقیقه شامل می شود. به عبارت دیگر تغییر ولتاژی بلند مدت محسوب می گردد که مقدار ولتاژ برای مدت بیشتر از یک دقیقه از حدود مجاز استاندارد تجاوز کند. تغییرات بلند مدت ولتاژ هم می تواند به صورت اضافه ولتاژ باشد و هم به صورت کاهش ولتاژ و عموماً در اثر تغییرات بار شبکه ، مانند به مدار آوردن بارها و یا خارج ساختن منابع تولید ایجاد می گردد.

٤-٣-١- اضافه ولتاژ بلند مدت

اضافه ولتاژ بلند مدت به افزایش در مقدار ولتاژ به میزان بیش از پنج درصد ، در فرکانس نامی و برای مدت بیش از یک دقیقه گفته می شود. از عوامل ایجاد اضافه ولتاژ بلند مدت می توان به موارد زیر اشاره نمود :

- از مدار خارج شدن یک بار بزرگ
- برق دار کردن یک بانک خازنی
- عدم تنظیم ولتاژ مطلوب (کنترل نادرست ولتاژ)
- قرار گرفتن تپ ترانس در موقعیتی غیر صحیح
- اثر فرانتی

٤-٣-٢- کاهش ولتاژ بلند مدت

کاهش ولتاژ بلند مدت به کاهش در مقدار موثر ولتاژ به میزان بیش از ده درصد ، در فرکانس نامی و برای مدت بیش از یک دقیقه گفته می شود. علل ایجاد کاهش ولتاژ در واقع عکس وقایعی هستند که سبب ایجاد اضافه ولتاژ می شوند. مثلاً اضافه بار مدار قطع شدن خازن ها می تواند کاهش ولتاژ ایجاد کند.

٤-٣-٢- قطعی با دوام

هنگامی که ولتاژ منبع برای زمانی بیش از یک دقیقه صفر شود این تغییر بلند مدت ولتاژ به عنوان یک قطعی با دوام در نظر گرفته می شود. قطعی های ولتاژ به مدت بیش از یک دقیقه ، اغلب دایمی می

باشند وبرای اصلاح سیستم و بازگرداندن آن به حالت اولیه احتیاج به دخالت انسان است. واژه قطعی با دوام به یک پدیده مشخص در شبکه های قدرت اطلاق شده و عموماً ارتباطی با واژه خروج ندارد. به هر حال نزدیکی معنی این دو واژه برای مشترکین کمی سردر گمی ایجاد نموده و ممکن است مشترک هر خروج را به عنوان یک قطعی برق فرض نماید. واژه خروج به یک پدیده خاص اطلاق نمی شود ، اما ترجیحاً به حالتی از یک تجهیز در سیستم اشاره می کند که عمل مورد انتظار خود را انجام نمی دهد.

٤-٤ تغییرات کوتاه مدت ولتاژ

این رده ، گروه فرو رفتگی و گروه قطعی های کوتاه مدت IEC را در بر می گیرد. این تغییرات همانطور که در جدول شماره ۲ آمده است باتوجه به طول مدت وقوع آن ها می تواند به سه رده آنی ، لحظه ای و موقت تقسیم بندی شود. تغییرات کوتاه مدت ولتاژ به علل زیر ایجاد می شود :

ـ وقوع اتصال کوتاه

ـ وصل بارهای بزرگی که احتیاج به جریان راه اندازی بالا دارند.

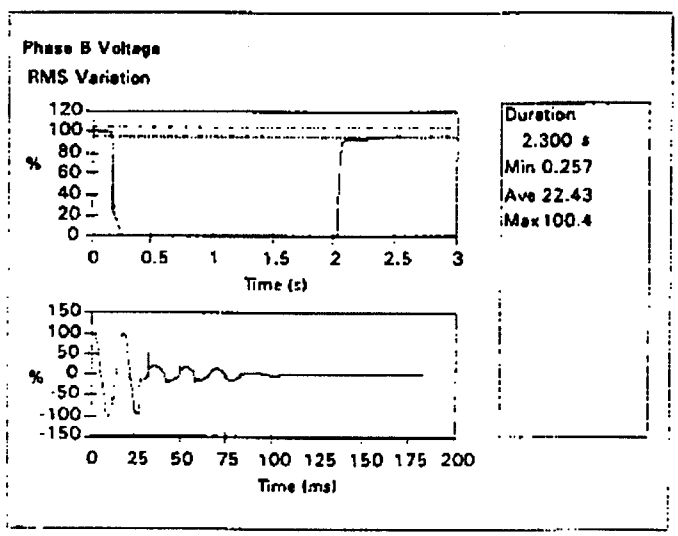
بسته به محل وقوع اتصال کوتاه وشرایط شبکه ، هر خطا می تواند موجب پایین آمدن موقت ولتاژ (فلش) ، بالا رفتن ولتاژ (برآمدگی) و یا از دست رفتن کامل آن (قطعی) گردد.محل ووقع اتصال کوتاه ممکن است نسبت به نقطه مورد مطالعه دور یا نزدیک باشد. درهر حال وقوع اتصال کوتاه ، تاثیری کوتاه مدت روی ولتاژ داشته و این تاثیر تا زمان عمل نمودن وسایل حفاظتی تداوم خواهد داشت.

٤-٤-١- قطعی کوتاه مدت

یک قطعی کوتا مدت هنگامی اتفاق می افتد که ولتاژ منبع و یا جریان بار در زمانی کمتر از یک دقیقه به کمتر از ۰/۱ پریونیت برسد. قطعی کوتاه مدت می تواند نتیجه اتصال کوتاه در شبکه قدرت ، خرابی تجهیزات ویا کارکرد نادرست کنترل کننده ها باشد. قطعی کوتاه مدت تنها با دوره زمانی خود مشخص می شود چون دامنه آن همواره کمتر از ۱۰ درصد مقدار نامی است. دوره زمانی یک قطعی

که در نتیجه اتصال کوتاه روی شبکه ایجاد شده است توسط زمان عملکرد وسایل حفاظتی آن شبکه مشخص می گردد. عمل وصل مجدد در زمان وقوع اتصالی های گذرا معمولاً زمان یک قطعی را به کمتر از ۳۰ سیکل می رساند. دوره زمانی قطعی مربوط به عدم کارکرد صحیح تجهیزات ، بدون قاعده و تصادفی بوده و مشخص نیست.

تعدادی از قطعی ها ممکن است در ادامه وقوع یک فلش ولتاژ رخ دهند که این حالت معمولاً در زمان اتصال کوتاه در شبکه قدرت به وجود می آید. فلش ولتاژ از لحظه شروع خطا تا زمان عملکرد وسایل حفاظتی ایجاد می شود. شکل شماره ۷ چنین قطع موقتی را نشان می دهد که در آن ولتاژ در طی سه سیکل به ۲۰ درصد مقدار اولیه نزول کرده و سپس در حدود ۱/۸ ثانیه صفر می شود تا وصل کننده مجدد عمل کند.

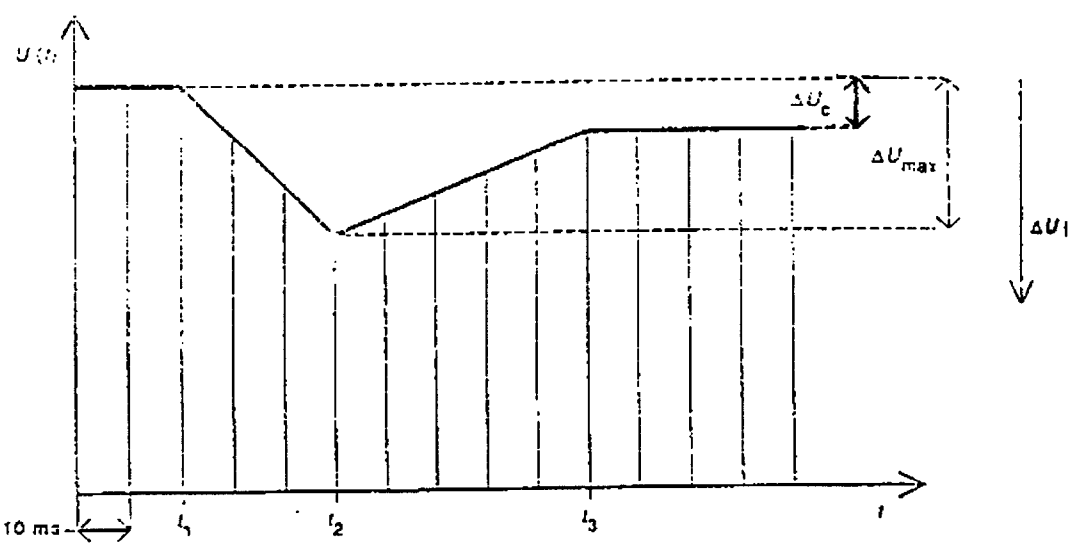


شکل ٦ –قطع موقت مربوط به یک خط و عمل وصل مجدد

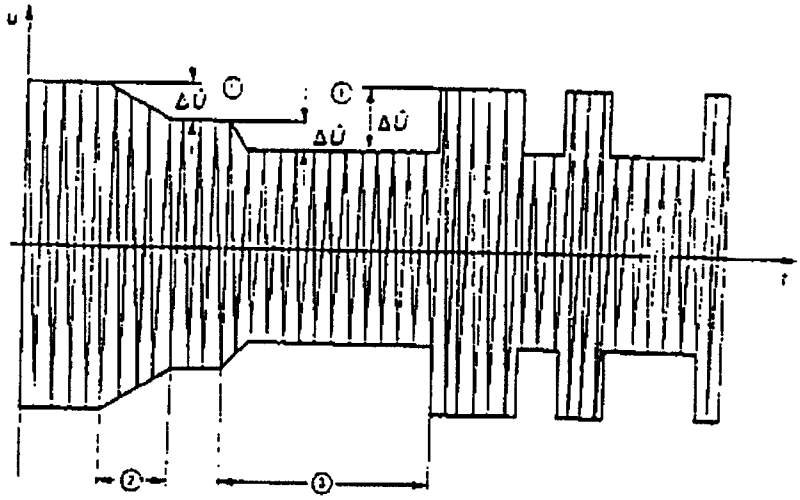
٤-٤-٢- فلش

فلش کاهشی در ولتاژ و جریان موثر به اندازه ۰/۱ تا ۰/۹ پریونیت در فرکانس نـامی بـوده کـه بـرای مدت زمانی از ۰/۵ سیکل تا یک دقیقه تدوام یابد.IEC واژه فرو رفتگی را بـه عنـوان مـترادف کلمـه فلش به کار می برد. به طور کلی هنگامی که ۲۰٪ فلش ولتاژ وجود دارد. بدین معنی است که ولتاژ به ۰/۸ پریونیت کاهش یافته است در این حالت ولتاژ پایه یا نامی سیستم نیز باید مشخص شود.

فلش ولتاژ را می توان با دو مقدار یکی دامنه آن یعنی ΔU و دیگـری مـدت زمـان آن یعنـی Δt مشخص نمود. (شکل شماره ۷). در این شکل ΔU_c تفاوت بین دو ولتاژ حالت ماندگار بوده که در بین دو حالت یک تغییر ولتاژ اتفاق افتـاده اسـت و ΔU_{max} تفـاوت بیـن حداکـثر و حداقـل مقـادیر مشخصه تغییرات ولتاژ می باشد. یک فلش ولتاژ با شکل پیچیده (شکل شماره ۸) را می توان بـا دو یا تعداد بیشتری مقادیر Δt و ΔU مشخص نمود. فلـــش ولتاژ با شکل پیچیده نسـبتاً کـم اتفـاق می افتد و به طور کلی می توان فلش ولتاژ را با مقدار دامنه حداکـثر آ و کـل مـدت زمـان وقـوع آن مشخص نمود.



شکل ۷- فلش ولتاژ معمولی



شکل ۸- فلش ولتاژ باش کل پیچیده

٤-٤-٢-١ دامنه و طول دوره زمانی فلش

همانطوری که گفته شد تغییرات ولتاژی که دامنه ولتاژ بیش از ۰/۹ پریونیت باشد ، بـه عنـوان فلـش ولتاژ در نظر گرفته نمی شود. کاهش ولتاژهای به مدت کمتر از نیم سیکل نیز در این گروه قرار نمـی گیرند. این نوع از تغییرات ولتاژ که کمتر از یک نیم سیکل طول می کشـند بـه عنـوان گـذرا در نظـر گرفته می شوند.

باید توجه نمود که نمی توان به طور کامل احتمال وقوع فلش در شبکه را برابر صفر فرض نمود و بنا براین اغلـب تجهیزات باید ریسک قبول تعدادی عملکرد نامناسب را به دلیل این نوع اعوجاج پدیرا باشند. دو پارمتر ΔU (دامنه) و Δt (زمان) را نیز عملاً در یک شبکه نمی توان محدود کـرد. بـه عبارت دیگر تمام مقادیر بین ۱۰٪ تا ۱۰۰٪ ونیز Δt بیشتر از نیم سیکل را مـی تـوان انتظـار داشـت. شایان ذکر است که فلش ولتاژ برای سه فاز یکسان نخواهد بود.

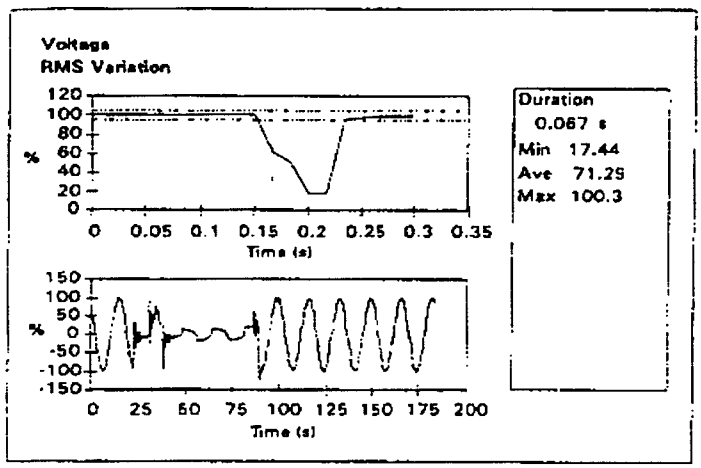
٤-٤-٢-٢ اثرات فلش ولتاژ

فلش ولتاژ ممکن است باعث صدمه دیدگی تجهیزات متصل به شبکه وعملکرد نامناسب آن ها گردد.

این نوع عملکرد نامناسب مشکلات زیر را سبب می گردد :

- خاموش شدن لامپ ها از نوع تحلیه ای
- عملکرد ناصیح وسایل تنظیم کننده
- تغییر سرعت و یا توقف موتورها
- فرمان قطع و وصل اشتباه به کنتاکتور
- خطا در محاسبات کامپیوتری و یا وسایل اندازه گیری که با وسایل الکترونیکی همراه هستند.
- از دست رفتن سنکرونیزم موتورها و ژنراتورهای سنکرون
- خطا در کموتاسیون پل تریستوری در حالت اینورتری

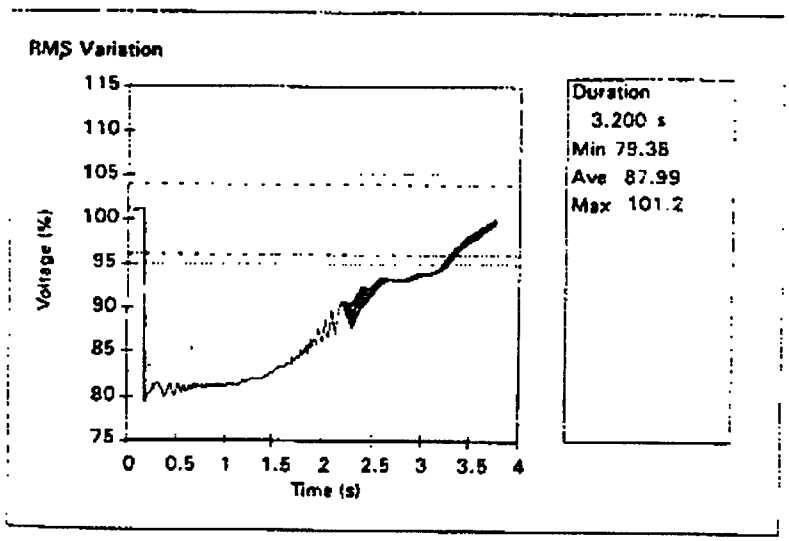
فلش ولتاژ اکثرا" در اثر اتصال کوتاه سیستم رخ می دهد. اما برق دار کـردن بارهـای بـزرگ و یـا راه اندازی موتورهای بزرگ نیز می تواند عامل ایجا این پدیده شود. شکل شماره ۹ فلش ولتاژ روی یک فیدر را که در اثر بروز خطای تک فاز در فیدر دیگری از همان پست ایجاد شده است نشان می دهد. در این شکل فلش ۸۰ درصدی برای سه سیکل ادامه یافته تا اینکه کلید پست ، جریان اتصال کوتاه را قطع می کند.



شکل ۹- فلش ولتاژ که در اثر یک خطای اتصال کوتاه تک فاز به زمین رخ داده است

شـــکل شماره ۱۰ جریان راه اندازی یک موتور بزرگ را نشان می دهد. یک موتور القـایی در زمـان راه اندازی مستـــــــقیم جریانی حدود ٦ تا ۱۰ برابر جریان نامی خواهد کشید. اگـر انـدازه جریـان راه اندازی با جریان اتصال کوتاه در آن نقطه از سیستم قابل مقایسه باشد ، فلش ولتاژ منتجـه ، قـابل توجه خواهد بود.

کاهش ولتاژی که بیش از یک دقیقه طول بکشد ، عموماً توسط تجهیزات تنظیم ولتاژ کنـترل شـده و ممکن است که علت وقوع آن ها مربوط به اتصال کوتاه در سیستم نباشد. لـذا ایـن گونـه وقـایع بـه عنوان تغییرات بلند مدت در نظر گرفته می شوند.



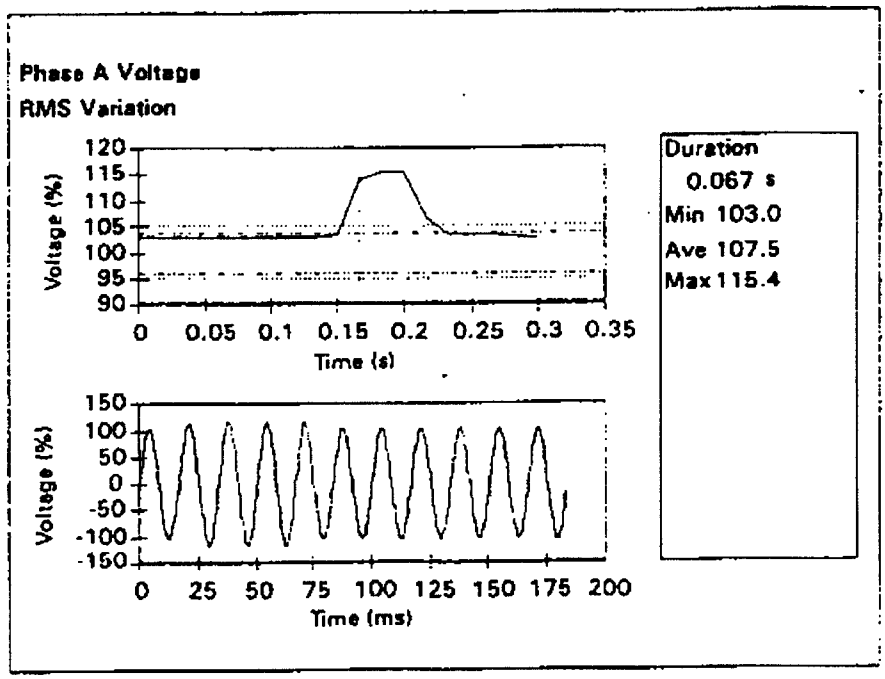
شکل ۱۰- فلش ولتاژ موقت ایجاد شده توسط راه اندازی موتور

٤-٤-۳- برآمدگی ولتاژ

برآمدگی ولتاژ ، افزایشی در ولتاژ موثر به اندازه ۱/۱ تا ۱/۸ پریونیت در فرکاس نامی بـوده کـه بـرای مدت زمانی از ۰/۵ سیکل تا یک دقیقه تداوم یابد. مانند فلش ولتاژ ، عامل اصلـی ایجـاد ایـن پدیـده اتصال کوتاه روی شبکه می باشد. برآمدگی ولتاژ می تواند در اثـر خطـای تـک فـاز بـه زمیـن روی

فازهای سالم مطابق شکل شماره ۱۱ به وجود آید. برق دار کردن یک بانک خازنی و قطع یک بار بزرگ نیز می تواند عامل ایجاد برآمدگی ولتاژ شود.

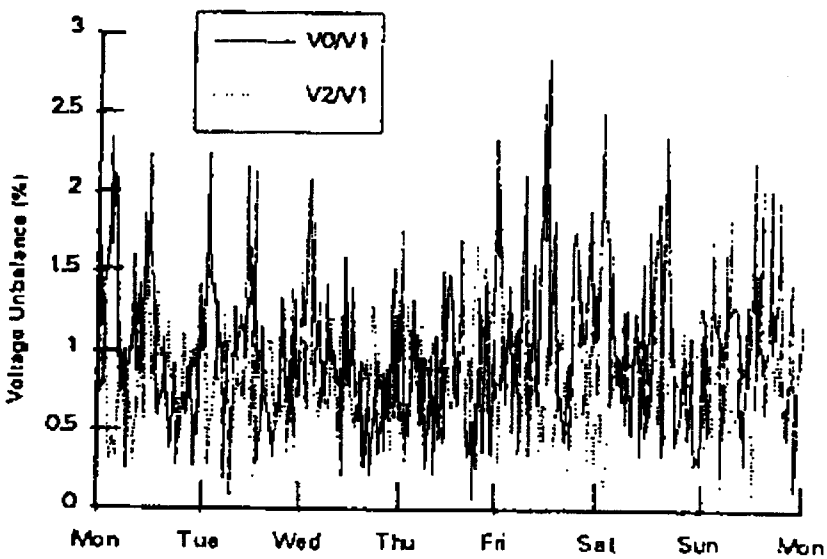
برآمدگی های ولتاژ با دامنه (مقدار موثر) و طول دوره زمانی خود مشخص می شوند. اندازه یک برآمدگی ولتاژ در طی وقوع یک خطا تابعی از محل وقوع خطا ، امپدانس سیستم و نحوه زمین کردن سیستم است. در یک سیستم با نول ایزوله ، در طی خطای تکفاز به زمین ، ولتاژ فازهای سالم ۱/۷۳ پریونیت می گردد. در اثر اتصال کوتاه در نقاط مختلف یک سیستم چهار سیمه که در چند جا زمین شده است، میزان برآمدگی ولتاژ در فازهای سالم متفاوت خواهد بود. برای نمونه یک برآمدگی ۱۵ درصدی ولتاژ نامی در شکل شماره ۱۱ نشان داده شده است . بسیاری از مهندسین عبارت اضافه ولتاژ لحظه ای را به عنوان مترادفی برای واژه برآمدگی استفاده ی کنند.



شکل ۱۱- برآمدگی ولتاژ لحظه ای ایجاد شده توسط یک خطای تک فاز به زمین

٤-٥ عدم تعادل ولتاژ

عدم تعادل ولتاژ به شرایطی اطلاق می شود که مقادیر ولتاژ سه فاز با یکدیگر متفاوت بوده و یا اختلاف زاویه ۱۲۰ درجه بین فازها وجود نداشته باشد. هر دو حالت فوق نیز می تواند به طور همزمان اتفاق بیفتد که به این حالت نیز عدم تعادل ولتاژ اطلاق می شود. به بیان ساده تر عدم تعادل ولتاژ عبارت است از حداکثر انحراف از مقدار متوسط ولتاژ سه فاز ، تقسیم بر مقدار متوسط ولتاژ سه فاز بر حسب درصد ، عدم تعادل ولتاژ همچنین می تواند با استافده از مولفه های متقارن نیز تعریف شود. نسبت مولفه صفر یا منفی به مولفه توالی مثبت می تواند در صد عدم تقارن را مشخص کند. شکل شماره ۱۲ نمونه ای از دو نسبت فوق را برای یک فیدر متصل به مصارف خانگی در طول یک هفته نشان می دهد.



شکل ۱۲- عدم تعادل ولتاژ برای کی فیدر مصارف مسکونی

منشاء اصلی ایجاد عدم تعادل ولتاژهای کمتر از دو درصد ، وجود بارای تک فاز در یک شبکه سه فاز می باشد. این پدیده همچنین می تواند نتیجه قطع یکی از فازهای یک بانک خازنی سه فاز باشد. در شبکه ولتاژ پایین بارهای تک فاز اغلب به صورت فاز به نوترال متصل می شوند ولی توزیع آن ها بر

روی شبکه سه فاز تقریباً متعادل می باشند. از بارهای تک فاز مهمی که باعث عدم تعادل ولتاژ می شوند می توان به کوره های القایی تک فاز اشاره نمود. شایان ذکر است انتقال ولتاژهای توالی منفی از سطوح ولتاژ پایین تر به سطوح بالاتر با تضعیف بالایی همراه خواهد بود.

عدم تعادل ولتاژ مسایلی را به وجود می آورد که در ذیل به طور خلاصه به آن می پردازیم. امپدانس توالی منفی ماشین های سه فاز برابر با امپدانس ماشین در حالت راه اندازی می باشد. در نتیجه ماشینی که از یک منبع نامتعادل تغذیه می شود ، جریان نامتعادلی را از شبکه می کشد که درصد آن چندین برابر درصد عدم تعادل ولتاژ شبکه می باشد. در نتیجه ، جریان های سه فاز به طور قابل ملاحظه ای با یکدیگر تفاوت دارند. در چنین حالتی بالا بودن جریان در یک فاز یا فازها موجب افزایش دمای ماشین می گردد. این افزایش دما با کم شدن حرارت تولید شده ناشی از کاهش جریان در فازهای دیگر کمی خنثی می شود، ولی به طور کلی دمای ماشین در چنین حالتی افزایش خواهد یافت. این شرایط می تواند باعث صدمه زدن به ماشین شود. موتورها و ژنراتورها ، به خصوص آن دسته از آن ها که گران قیمت می باشند ، باید با وسایل حفاظتی تجهیز شوند به طوری که توسط این وسایل ، در حالت عدم تعادل شدید ولتاژ ، موتور از شبکه جدا شود.

در کانورتورهای چند فاز که دامنه ولتاژهای ورودی در مقدار ولتاژ خروجی dc موثر است ، ولتاژ نامتعادل روی کانورتور تاثیر گذاشته و باعث ایجاد مولفه نامطلوبی در طرف dc شده و از سوی دیگر نیز باعث ایجاد هارمونیک های غیر مشخصه در طرف ac می شود.

٤-٦ اعوجاج در شکل موج

اعوجاج در شکل موج عبارت است از انحرافی در شکل موج سینوسی ایده آل با فرکانس قدرت که توسط محتوای طیفی آن موج مشخص می گردد.

پنج نوع کلی اعوجاج در شکل موج را می توان به شرح زیر نام برد :

ـ وجود مقدار dc در شبکه متناوب

ـ هارمونیک ها

ـ هارمونیک های میانی

ـ برش

ـ نویز

٤-٦-١ وجود مقدار dc در شبکه متناوب

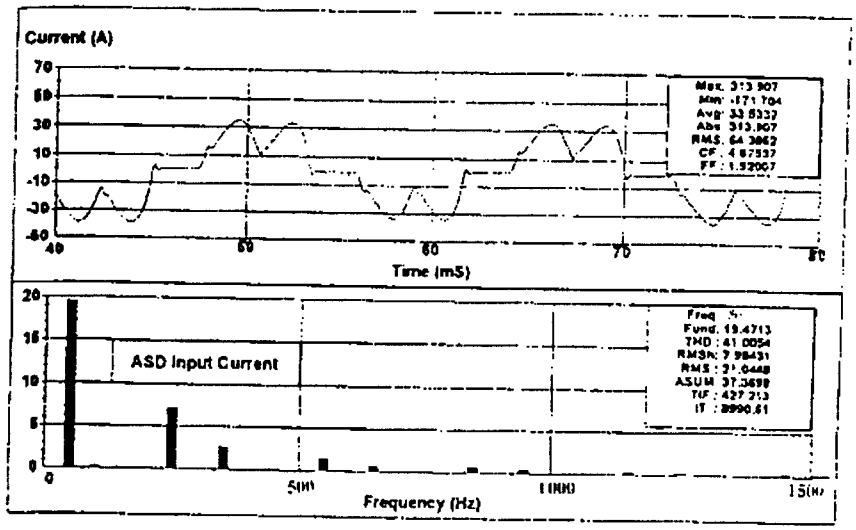
این پدیده وجود ولتاژ یا جریان dc در یک سیستم متناوب را شامل می شود . عامل اصلی ایجاد این پدیده ، وجود یکسو سازها است. در شبکه های جریان متناوب این مولفه dc می تواند هسته ترانسفورماتور را در حالت کار عادی به اشباع برده و سبب کاهش طول عمر تراسنفورماتور و حتی باعث سوختن آن گردد. جریان dc ممکن است همچنین موجب فرسایش الکترولیتی الکترودهای زمین و دیگر اتصالات مربوط به آن شود.

٤-٦-٢ هارمونیک ها

هارمونیک ها ولتاژها و یا جریان های سینوسی هستند که فرکانس آن ها مضربی صحیح از فرکانس نامی سیستم (٥٠ هرتز) است. شکل موج های اعوجاج یافته می تواند به مولفه فرکانس اصلی و تعدادی هارمونیک تجزیه شود. در یک شبکه قدرت ، اعوجاج هارمونیکی به دلیل وجود مشخصه غیر خطی تجهیزات و بارها ایجاد می شود. سطح اعوجاج هارمونیکی توسط طیف کامل هارمونیکی شکل موج توصیف شده که در آن هر مولفه هارمونیکی به شکل مجزا با دامنه و زاویه فاز خود مشخص می گردد. اعوجاج هارمونیکی کل (THD) ، کمیت مورد استفاده جهت نمایش مقدار موثر اعوجاج هارمونیکی است. شکل شماره ١٣ ، شکل موج و طیف هارمونیکی جریان ورودی یک محرکه با قابلیت تنظیم سرعت نمونه را نشان می دهد.

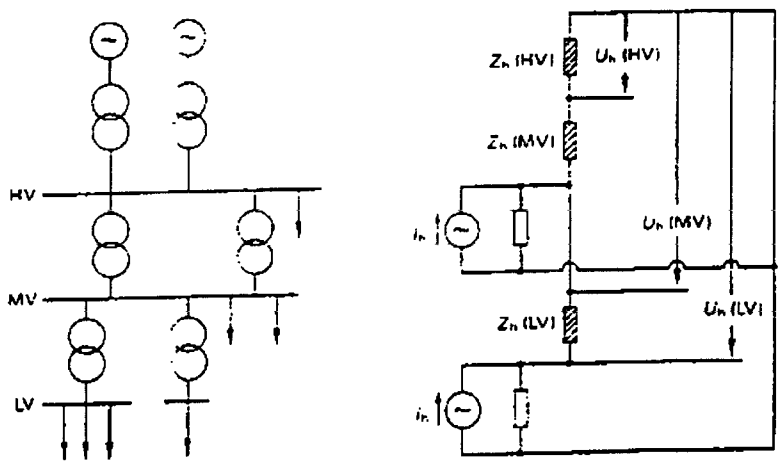
همان طور که گفته شد ، سطح اعوجاج جریان را می توان توسط پارامتر THD مشخص نمود ، اما این پارامتر قدری گمراه کننده است . برای مثال در بسیاری از محرکه ها ، میزان THD جریان ورودی در بارهای کم بسیار بالا است . ولی از نظر شبکه این حالت توجه زیادی لازم ندارد ، چون دامنه جریان پایین بوده و حتی اگر اعوجاج نسبی آن بالا باشد.

برای رفع این مشکل ، واژه دیگری تعریف می شود که اعوجاج مصرف کل (TDD) نـام دارد. ایـن پارامتر مشابه به THD است با این تفاوت که مقدار اعوجاج به جای تقسـیم شـدن دامنـه بـر مولفـه فرکانس اصلی جریان ، بر جریان نامی بار تقسیم می گردد.



شکل ۱۳- شکل موج جریان ورودی و طیف هارمونیک برای یک محرکه موتور با قابلیت تنظیم سرعت

اعوجاج هارمونیکی معمولاً در اثر عملکرد تجهیزاتی که مشخصه ولتاژ ـ جریان غـیر خطـی دارنـد، ایجاد می شود. چنین تجهیزاتی به عنوان منبع جریان هارمونیکی تلقی می گردند. هـارمونیک جریـان تولـید شده توسط تجهیزات مختلف باعث ایجاد افت ولتاژ هارمونیکی در دو سر امپدانـس شـبکه می شود. این پدیده در شکل شماره ١٤ به صورت ساده ای بیان شده اسـت. از طـرف دیگـر اتصـال بارهای راکتیو (مانند خازن های تصحیح کننده ضریب قدرت) و اثر خازنی کابل ها ، ممکـن اسـت باعـث ایجاد تشدید سری و موازی در شبکه شود کـه در نتیجـه آ، در نقطـه ای دور از وسـیله تولید کننده هارمونیک نیز شاهد بالا رفتن بیش از حد ولتاژ خواهیم بود.



شکل ١٤- نمایش افت ولتاژ هارمونیکی

٤-٦-٢-١ منابع تولید هارمونیک

جریان های کوچک هارمونیکی که سطح اعوجاج کمی را نیز دارا می باشند، در قسمت تولید ، انتقال و توزیع به وجود می آیند. در نتیجه می توان گفت سطح نسبتا" بزرگی از اعوجاجات تولیدی ، ناشی از برخی بارهای خانگی یا صنعتی هستند.

عوامل زیر عامل تولید جریان های هارمونیکی در شبکه هستند :

ـ وسایلی با کنترل فاز و توان بالا.

ـ یکسو سازهای کنترل نشده ، به خصوص آن هایی که از خازن در طرف dc استفاده می کنند (مانند یکسو سازهایی که در تلویزیون ها استفاده می وند. مبدل های فرکانس و لامپ هایی که دارای بالاست هستند)

تجهیزات مورد استفاده در تولید ، انتقال و توزیع

این دسته وسایل تجهیزاتی را شامل می شوند که شرکت های برق برای تحویل برق به مشترکین از آن بهره می گیرند. وسایل فوق به طور عمده شامل ژنراتورها ، ترانسفورماتوها و اخیرا" ، گرچه به

چون عملاً تولید ولتاژ سینوسی خالص به وسیله ژنراتورها امکان پذیر نیست. در نتیجه ماشین های گردان نیز عامل تولید هارمونیک به شمار می آیند. به هر حال مقدار این هارمونیک ها را معمولاً می توان با انتخاب مناسبی از تعداد شیارها در زیر هر قطب و گام کلاف کاهش داد و تقریباً شکل موج تولید شده را به صورت سینوسی در آورد. ولی عملکرد نامتعادل باعث تولید هارمونیک های سوم و بالاتر می شود . اعوجاج ناشی از ترانسفورماتور ، به دلیل غیر خطی بودن منحنی مغناطیسی آن می باشد.

بارهای صنعتی

بارهای صنعتی از عوامل اصلی تولید هارمونیک هستند. این بارها شامل یکسو سازها ، کوره های القایی و کوره های قوس الکتریکی می باشند. تجهیزات الکترونیک قدرت ، تاثیر زیادی بر مقدار اعوجاج در شبکه دارند. استفاده از این نوع تجهیزات در حال افزایش می باشد. منظور از افزایش ، هم افزایش تعداد و هم بالا رفتن قدرت تجهیزات است. بر اساس تئوری ، هارمونیک های مشخصه جریان یک کانورتور قدرت دارای مقادیر زیر است :

$$n = p * m \pm 1 \qquad (۱)$$

که در آن :

n : مرتبه هارمونیک

p : تعداد پالس کانورتور

m : عدد صحیح (.... و ۳ و ۲ و ۱)

در عمل ، هارمونیک های غیر مشخصه به دلیل عدم دقت در مقدار زاویه آتش ، عدم تعادل منبع ولتاژ و هر عاملی که بر تعادل پل یکسو کننده تاثیر بگذارد به وجود می آیند. از نظر تئوری در یکسو سازها مقدار هارمونیک ، با افزایش مرتبه آن کاهش می یابد و با قانون زیر بیان می شود :

$$I_n = \frac{I_n}{n} \qquad (۲)$$

که در آن :

I_n : هارمونیک جریان مرتبه n ام

I_1 : دامنه مولفه اصلی است.

مقدار هارمونیک جریان بستگی به افت ولتاژ اندوکتیو ناشی از اندوکتانس منبع و زاویه آتش نیز دارد. کوره قوس الکتریکی که یکی از عوامل تولید هارمونیک جریان می باشد را می توان با یک امپدانس داخلی که شامل یک اندکتانس و مقاومت میراساز است مدل نمود. طیف جریان تولیدی توسط این کوره ها نشان دهنده یک طیف گسسته است که روی طیفی پیوسته سوار شده است.

بارهای خانگی

بارهای خانگی دارای توان مصرفی کمی می باشند ولی به دلیل زیاد بودن تعداد وسایل خانگی که به طور همزمان و برای یک پریود طولانی مورد استفاده قرار می گیرند عامل اصلی تولید اعوجاج در سیستم باشند. مهمترین انواع این گونه وسایل تلویزیون ، وسایلی که در آن ها از تریستور استفاده می شود ، لامپ های فلورسنت و لامپ های کم مصرف است.

گیرنده های تلویزیونی معمولاً از طریق یک یکسو ساز که خازن بزرگی در طرف de آن وجود دارد تغذیه می شوند. در چنین حالتی جریان کشیده شده از شبکه شامل پالسهای کوتاه مدتی است که درصد بالایی از هارمونیک را دارا هستند.

امروزه استفاده از بارهایی که به وسیله تریستورها کنترل می شوند درحال افزایش می باشد. گرچه ، توان مربوط به هر بار کم است ولی اثر تجمعی آن ها باعث ایجاد اعوجاج در منبع ولتاژ می شود.

٤-٦-٢-٢ اثرات مخرب هارمونیک ها

اثرات تعیین کننده و عمده هارمونیک ها عبارتند از :

- عملکرد نامناسب وسایل کنترل کننده
- عملکرد نامناسب سیستم های تولید کننده سیگنال و رله های حفاظتی
- تلفات اضافی در خازن ها و ماشین های الکتریکی
- نویز اضافی در موتور و دیگر وسایل
- اختلالات تلفنی

اثرات مخـــرب هارمونیک ها روی تجهیزات را می توان بـه دو صـورت لحظـه ای و بلنـد مـدت تقسیم بندی نمود :

اثرات لحظه ای

اثرات لحظه ای باعث خرابی و عدم عملکرد مناسب وسایلی که از زمـان عبـور از صفـر مـوج ولتـاژ استفاده می کنند می گردد. تنظیم کننده ها ، وسایل الکترونیکی و کامپیوترهـا بیشـتر در معـرض ایـن اثرات قرار می گیرند. از طرف دیگر مقدار بالای هارمونیک هـا ممکـن اسـت بـاعث عـدم عملکـرد مناسب رله های حفاظتی گردند.

اثرات بلند مدت

اثرات بلند مدت اساسا" به صورت حرارتی می باشند. تلفات اضافی و اضافه حرارت ، باعث کـاهش عمر و حتی صدمه دیدگی خازن ها وماشین ها می گردد.

٤-٦-٣ هارمونیک های میانی

هارمونیک های میانی ولتاژها و یا جریان های سینوسی هستند که فرکانس آن ها مضرب صحیحـی از فرکانس اصلی ینست. هارمونیک های میانی می توانند در شبکه های با سطوح مختلـف ولتـاژ ظـاهر شوند. منبع اصلی تولید آ ها مبدل های فرکانسی ، سیکلوکانورترها ، موتورهای القایی و کـوره هـای القایی هستند. سیگنال های PLC نیز می تواند به نوعی هارمونیک میانی در نظر گرفته شود.

٤-٦-٣-١ منابع تولید هارمونیک های میانی

عوامل تولید هارمونیک های میانی را می توان در شبکه های ولتاژ پایین ، ولتاژ متوسـط و ولتـاژ بـالا پیدا نمود. هارمونیک های میانی تولید شده توسط منابع ولتاژ پایین به نحو محسوسی وسایل مجـاور را تحت تاثیر قرار می دهند. هارمونیک های میانی تولید شده در شبکه های ولتاژ بـالا و متوسـط بـه شبکه های ولتاژ پایین انتشار می یابند.

مبدل های استاتیکی فرکانس

مبدل های استاتیکی فرکانس ، ولتاژ شکبه را به ولتاژ متناوب که فرکانس آن کمتر یا بیشتر از فرکانس شبکه می باشد تبدیل می کنند. این دستگاه شامل دو قسمت عمده است که به قسمت ac – dc (یکسوساز) و قسمت dc – ac (اینورتر) معروف می باشند. ولتاژ dc به وسیله فرکانس خروجی یکسوساز مدوله شده و در نتیجه باعث تولید هارمونیک های میانی ولتاژ کی گردد. مبدل های استاتیکی فرکانس در وسایلی که نیاز به فرکانس متغیر دارند استفاده می شوند و به طور روزافزونی در حال گسترش می باشند.

انواع مختلفی از مبدل های استاتیکی فرکانس موجود است که دارای مشخصه های متفاوتی هستند. هارمونیک ها و هارمونیک های میانی آن ها با رابطه زیر داده می شود :

$$f_v = [[(p_1 * m) \pm 1 * f_1]] \pm [p_2 * n] * F \qquad (۳)$$

P_1 : تعداد پالس یکسو کننده

P_2 : تعداد پالس کانورتور

m : عدد صحیح ...،۳ ، ۲ ، ۱

n : عدد صحیح ...،۳ ، ۲ ، ۱

F : فرکانس خروجی

f_1 : فرکانس اصلی شبکه تغذیه کننده (۵۰ یا ۶۰ هرتز)

f_v : هارمونیک یا هارمونیک میانی تولید شده

ترکیب f_1 و m هارمونیک ها را می دهد. این هارمونیک ها همراه با P_2 ، n ، F هارمونیک های میانی را نتیجه می دهند.

سیکلو کانورتورها

سیکلو کانورتورها مبدل های الکترونیکی توان بالا (چندین MW) هستند که از شبکه الکتریکی ، توان سه فاز متعادلی را کشیده تا خروجی تک فاز یا سه فاز با فرکانس پایین (معمولاً کمتر از ۱۵ هرتز) برای موتورهای سرعت پایین تولید کنند . این مبدل ها شامل دو یا تعداد بیشتری یکسوکننده

متصل شده به صورت پل می باشد. رابطه ای که به کمک آن فرکانس هارمونیک ها و هارمونیک های میانی محاسبه می شود شبیه به معادله به کار گرفته شده برای مبدل های استاتیکی فرکانس است.

موتورهای القایی

موتورهای القایی به دلیل وجود شیارها در رتور و استاتور ، جریان مغناطیسی غیر منظمی را می کشند. در شبکه های ولتاژ پایین ، این جریان همراه با اثر اشباع آهن هارمونیک های میانی را به وجود می آورد . چنین موتورهایی وقتی که در انتهای یک خط هوایی ولتاژ پایین با طول بیش از یک کیلومتر قرار می گیرند تولید اعوجاج بیشتری می کنند. هارمونیک میانی ولتاژ تا ۱٪ ولتاژ نامی نیز اندازه گیری شده است.

ماشین های جوشکاری قوس

ماشین های جوشکاری طیف فرکانسی عریضی را به وجود می آورند. جوشکاری یک پروسه قطع و وصل شونده است که طول عملیات جوشکاری متغیر بوده واز یک ثانیه تا چندین ثانیه طول می کشد.

کوره های قوس الکتریکی

کوره های قوس الکتریکی به دلیل جریان ورودی غیرمنظم خود تولید طیف فرکانس هارمونیک میانی متغیر و تصادفی می کنند. این تجهیزات دارای توان بالا (۵۰ MVA تا ۱۰۰ MVA) بوده ولی عمدتا" به شبکه ولتاژ متوسط یا بالا وصل می شوند. بیشترین ولتاژ هارمونیک میانی در مرحله شروع پروسه ذوب به وجود می آید.

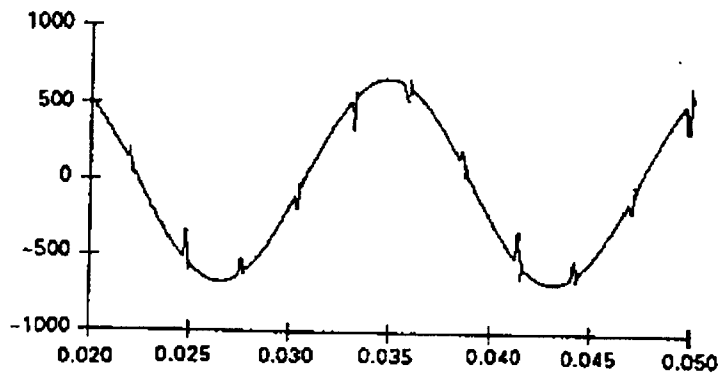
٤-٦-٣-٢ اثرات هارمونیک های میانی

این پدیده در گیرنده های ریپل کنترل تاثیر نامناسبی می گذارد و همچنین اثر آن در موتورهای القایی و کوره های قوس الکتریکی نیز قابل مشاهده است.

٤-٦-٤ پدیده برش

پدیده برش عبارت است از وجود یک اعوجاج ولتاژ دوره ای که به سبب عملکرد نرمال (معمولی) تجهیزات الکترونیک قدرت ، در زمان کموتاسیون از یک فاز به فاز دیگر به وجود می آید.

مولفه های فرکانسی مربوط به پدیده برش ، مقدار بالایی داشته و ممکن است نتوان آن ها را توسط دستگاه های معمولی اندازه گیری هارمونیکی مشخص نمود. شکل شماره ۱۵ ایجاد پدیده برش ولتاژ را در یک مبدل سه فاز که تولید کننده دائمی جریان dc است نشان می دهد. همانطور که گفته شد برش ها هنگامی اتفاق می افتند که عمل کموتاسیون جریان از یک فاز به فاز دیگری صورت می گیرد. در طی این پریود ، یک اتصال کوتاه لحظه ای بین دو فاز صورت می گیرد که مقدار ولتاژ را تا جایی که امپدانس سیستم اجازه دهد به صفر نزدیک می کند.



شکل ۱۵- مثالی برای برش ولتاژ که توسط یک مبدل سه فاز ایجاد می شود

٤-٦-٥ نویز

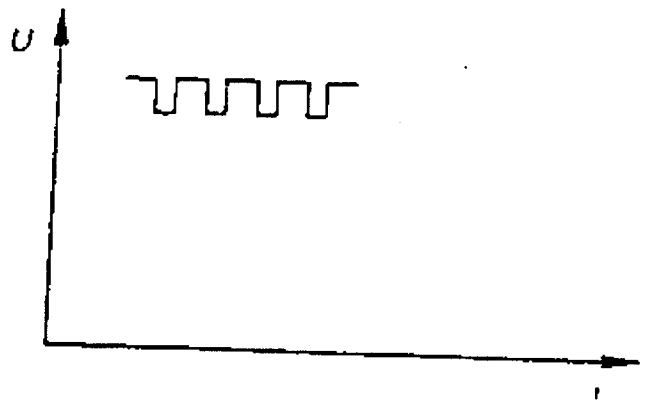
نویز عبارت است از سیگنال های الکتریکی ناخواسته که روی موج ولتاژ یا جریان هادی های فاز ، هادی های نوترال و یا خطوط حامل سیگنال ظاهر می شود. علت ایجاد نویز در شبکه های قدرت ، تجهیزات الکترونیک قدرت ، مدارهای کنترلی ، تجهیزات قوس زنی ، بارهای با یکسوکننده های حالت جامد و منابع تغذیه کلیدزنی می باشد. زمین کردن نامناسب شبکه تشدید نویز را به دنبال خواهد داشت. اساساً نویز شامل هرگونه اعوجاج ناخواسته ای است که نتوان آن را به عنوان یک اعوجاج هارمونیکی یا گذرا قلمداد نمود. نویزها روی عملکرد وسایل الکترونیکی مانند

میکروکامپیوترها و کنترل کننده های برنامه پذیر تایر می گذارند. نویز را مـی تـوان توسـط فیلترهـا ، ترانسفورماتورهای ایزوله کننده و غیره حذف نمود.

٤-٧ نوسان ولتاژ

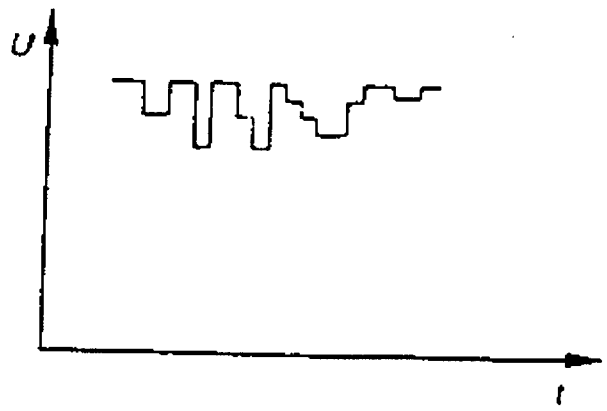
نوسان ولتاژ عبارت است از تغییرات منظم پوش سیگنال ولتاژ یا یک سری از تغییرات تصادفی ولتـاژ IEC شماره ٣-٣-٦١٠٠٠ انواع مختلف نوسان ولتاژ را به صورت زیر گروه بندی نموده است :

نوع الف ـ تغییر ولتاژ مستطیلی و پریودیک (تغییرات پله ای با پله های برابر) کـه ناشـی از قطـع و وصل بارهای مقاومتی تک فاز می باشد (شکل شماره ١٦)



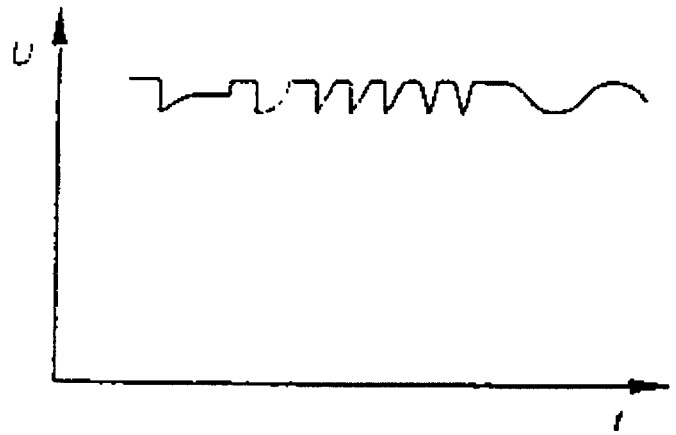
شکل ١٦- نوسان ولتاژ نوع (الف)

نوع ب ـ یک سری تغییرات پله ای ولتاژ که از نظر زمانی به صورت غیر منظم رخ می دهند و مقادیر تغییرات پله ای آن می تواند مساوی یا نامساوی باشد. همچنین تغییرات درجهت مثبت یا منفـی نـیز امکان پذیر است. . این حالت ناشی از قطع و وصل همزمان چندین بار می باشد (شکل شماره ١٧)



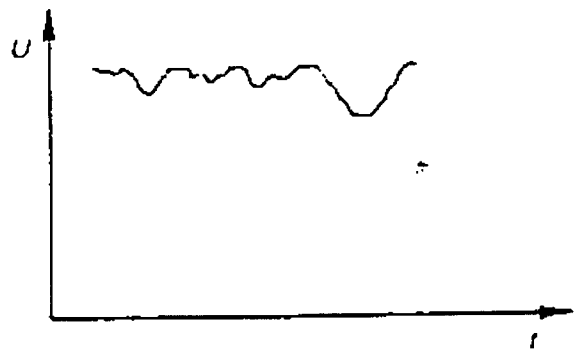
شکل ۱۷- نوسان ولتاژ نوع (ب)

نوع ج ـ ایـــن نوع نوسان شامل یک سری تغییرات ولتاژ است که همگی آن ها به صـــورت پلـه ای نمی باشند. این حالت ناشی از کلید زنی بارهای غیر مقاومتی است (شکل شماره ۱۸)



شکل ۱۸ - نوسان ولتاژ نوع (ج)

نوع د ـ یک سری نوسانات ولتاژ پیوسته یا تصادفی که ناشی از تغییرات تصادفی و یا پریودیک بارها می باشد (شکل شماره ۱۹)



شکل ۱۹ -نوسان ولتاژ نوع (د)

انواع نوسانات ولتاژ را می توان از طریق مشخصه بار و یا با مشاهده شکل موج اندازه گیری شده آن مشخص نمود.

٤-٧-١ عوامل ایجاد نوسان ولتاژ

در شبکه های ولتاژ پایین ، وسایل خانگی عامل اصلی ایجاد نوسان ولتاژ می باشند ولی هر وسیله تنها بر روی معدودی از مشترکین تاثیر می گذارد. به طور کلی عامل اصلی تولید این پدیده ، بارهای صنعتی بوده که شامل :

- کارخانه های نورد آهن
- کوره های قوس الکتریکی
- تاسیسات جوشکاری قوی می باشند.

تغییرات پله ای ولتاژ نیز می تواند ناشی از قطع و وصل بانک های خازنی و یا عموماً کلیدزنی بارهای بزرگ باشد.

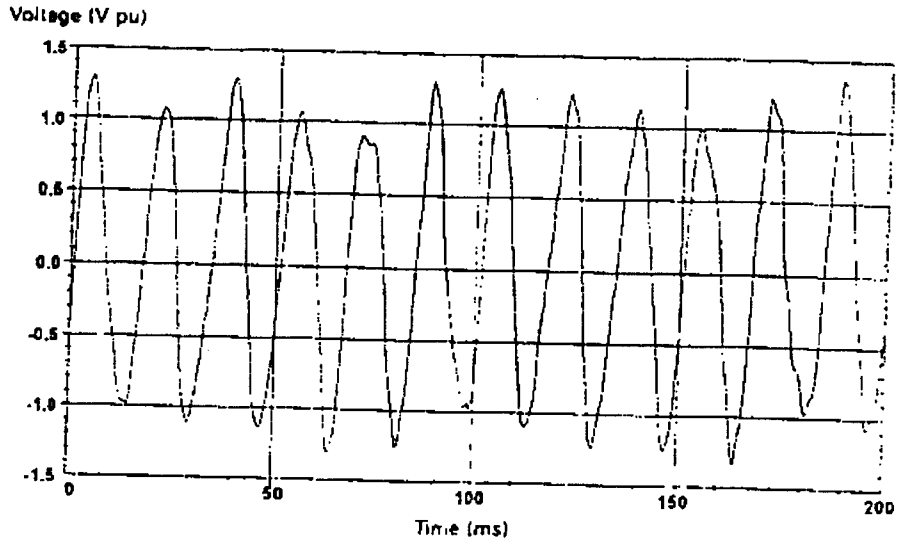
شایان توجه است که نوسانات ولتاژ ناشی از بارهای صنعتی بر روی تعداد زیادی از مشترکین که از یک فیدر تغذیه می گردند تاثیر می گذارد.

٤-٧-٢ اثرات نوسان ولتاژ

مهمترین مشکلی که نوسان ولتاژ به وجود می آورد فلیکر است. ناراحتی روحی که این پدیده ایجاد می کند بستگی به دامنه ، فرکانس ، نرخ وقوع و طول مدت زمانی که این نوسان طول می کشد دارد. به هر حال فلیکردهای کوچک قابل مشاهده نیستند. بعضی از وسایل ، برای مثال عناصر حرارتی که ثابت زمانی بزرگی دارند اغلب تحت تاثیر نوسان ولتاژ قرار نمی گیرند. ولی دیگر تجهیزات برای مثال گیرنده های تلویزیونی ، وسایل کنترل الکترونیکی ، کامپیوترها و لامپ های روشنایی به صورت ذاتی به نوسان ولتاژ حساس می باشند. تغییرات پیوسته (ناشی از کوره های قوس الکتریکی و سیکلو کانورتورها) نوسان ولتاژ نیز اثرات نامطلوبی را به جا می گذارند. در این حالت نوسان ولتاژ با یک طیف مدولاسیون فرکانس در باند صفر تا ۳۰ هرتز همراه خواهد بود. معمولاً اثر جمع آثار چندین فرکانس را می توان با یک فلیکر متر [۹] اندازه گیری کرد. علاوه بر آن ، اندازه مدولاسیون اساساً بستگی به نسبت امپدانس شبکه تغذیه و امپدانس تجهیزات اعوجاج زا دارد.

همانطوری که قبلاً اشاره شد تغییرات سریع دامنه جریان بار می تواند عامل ایجاد نوسانات ولتاژی باشد که در اصطلاح عام به آن فلیکر می گویند. به هر حال بین این دو واژه کمی تفاوت است. از نظر فنی ، نوسان ولتاژ یک پدیده الکترومغناطیسی است ، درحالی که فلیکر نتیجه نامطلوب نوسان ولتاژ است. به هر حال در این استاندارد این دو واژه ممکن است به جای یکدیگر به کار روند.

در شکل شماره (۲۰) شکل موج ولتاژی مشخص شده است که نتیجه آن فلیکر ولتاژ خواهد بود. این فلیکر توسط کوره های قوس الکتریکی به وجود آمده که یکی از مرسوم ترین علل ایجاد نوسان ولتاژ در شکبه های انتقال و توزیع می باشند. سیگنال فلیکر برحسب نسبت دامنه موثر به مولفه اصلی خود تعریف می شود.



شکل ۲۰ – مثالی در رابطه با ایجاد فلیکر ولتاژ در ایر عملکرد قوس الکتریک

٤-٨ تغییرات فرکانس قدرت

تغییرات فرکانس قدرت عبارت است از انحرافات فرکانس شبکه نسبت به فرکانس نامی (۵۰ هرتز) . فرکانس شبکه قدرت با سرعت گردش ژنراتورهایی که شبکه را تغذیه می کنند، رابطه مستقیم وبا قطب های آن رابطه معکوس دارد. هنگامی که تعادل دینامیکی بین بار مصرفی و مقدار تولید تغییر کند، فرکانس شبکه تغییر می یابد.

اندازه تغییر فرکانس و مدت زمان این تغییر بستگی به مشخصه بار وپاسخ سیستم کنترل درنیروگاهها دارد. علت به وجود آمدن تغییرات خارج از حدود مجاز فرکانس می تواند در اثر قطع یک بار بزرگ و خارج شدن یک منبع تولیدی بزرگ از شبکه باشد. در چنین شرایطی مقداری از بار مصرفی یا توان تولیدی به صورت اتوماتیک یا دستی قطع می شوند که شرایط تعادل جهت برگشت فرکانس به مقدار نامی خود به وجود آید. در شبکه های قدرت به هم پیوسته مدرن ، تغییرات قابل ملاحظه فرکانس به ندرت پیش می آید. این تغییرات بیشتر برای بارهایی که توسط یک ژنراتور ایزوله از شبکه قدرت

تغذیه می شوند به وجود می آید. درچنین حالتی پاسخ گاورنر ممکن است بـرای تنظیـم فرکـانس و آوردن آن به حدود مجاز کافی نباشد.

پدیده برش گاهی اوقات ممکن است با انحراف فرکانس اشتباه گرفته شود. بـرش هـا ممکـن اسـت موج ولتاژ را به نقطه صفر نزدیک کرده و سبب خطای عملکرد تجهیزات و سیستم های کنترلی شوند که براساس عبور موج از نقطه صفر کار می کنند.

در محدوده انحراف قابل قبول فرکانس ، اثر اصلی تغییر در فرکانس قدرت را می توان تغییر سـرعت ماشین های گردان دانست. بنابراین موتورها توان الکتریکی کمتر یا بیشتری را تحویل می دهند. مقدار این تغییر بستگی به رابطه سرعت ـ گشتاور بار قرار گرفته بر روی موتورها دارد. همچنیـن تغییـرات فرکانس اثر نامطلوبی بر تنظیم فیلترهای هارمونیکی و عملکرد دستگاه هایی که از فرکانس بـه عنـوان پالس سنکرون کننده استفاده می کنند خواهد داشت.

۵ تعاریف کیفیت برق

واژه کیفیت برق محدوده وسیعی از پدیده های الکترومغناطیسـی موجـود در شـبکه هـای قـدرت را پوشش می دهد. در سالیان اخیر کاربرد روزافزون تجهیزات الکترونیکی میزان توجه به مسائل کیفیـت برق را بالا برده و این امر نیاز به ساختن یک واژه نامه با اصطلاحات فنی را برای توصیف پدیده های فوق الزامی کرده است. متاسفانه اصطلاحات فنی موجود در قسمت های مختلف صنعت دارای معانی یکسانی نبوده و این امر می تواند زمانی که شرکت برق و مشترکین سعی دارند که علت ایجـاد یـک واقعه را دریابند، سبب سرد در گمی آن ها شود. بسیاری از واژه های به کار رفته ، دارای معانی چنـد گانه ، مبهم و مختلفی هستند. برای مثال واژه مـوج ضربـه ای بـرای توصیـف محـدوده وسـیعی از اعوجاج های موجـــــود در شبکه قدرت (که سبب خرابی تجهیزات یا کـارکرد نادرسـت آن هـا می شود) به کار می رود. یک برق گیر می تواند از وقوع تعدادی از این پدیده ها جلوگیری نمـاید ، در حالی که روی بقیه آن ها هیچ تاثیری نخواهد داشت. در چنین شرایطی به هر حـال نیـاز بـه یـک واژه نامه کامل می تواند یکی از اهداف اصلی این استاندارد بـه شـمار آیـد. ایـن واژه نامـه بـاید بـه

صورتی تدوین گردد که بسیاری از مفاهیم مورد بحث در کیفیت برق را در برگیرد و از سوی دیگر از بروز هر گونه چند گانگی در مفاهیم که می تواند موجب اختلاف در شناخت کیفیت برق گردد جلوگیری نماید.

آنی : هنگامی که به عنوان توصیف کننده مدت زمان یک تغییر کوتاه مدت به کار می رود ، زمانی بین ۰/۵ تا ۳۰ سیکل فرکانس شبکه را در بر می گیرد.

اعوجاج : به هر گونه انحراف از شکل موج سینوسی نرمال یک کمیت متناوب اطلاق می شود.

اعوجاج هارمونیکی : اعوجاج پریودیک یک موج سینوسی ، رجوع شود به واژه اعوجاج و اعوجاج هارمونیکی کل.

اعوجاج ولتاژ : اعوجاج در ولتاژ متناوب

اعوجاج جریان : اعوجاج در جریان متناوب

اعوجاج در شکل موج : یک تغییر حالت مانا در شکل موج ایده آل یک موج سینوسی با فرکانس قدرت که اساساً با محتوای طیفی آن اعوجاج مشخص می گردد.

اعوجاج مصرفی کل : به نسبت مقدار موثر هارمونیک جریان به جریان نامی یا حداکثر جریان دیمند مولفه فرکانس اصلی ، بر حسب درصد اطلاق می شود.

اعوجاج هارمونیکی کل : نسبت مقدار موثر محتوای هارمونیکی به مقدار موثر مولفه فرکانس اصلی یک کمیت بر حسب درصدی از مولفه اصلی .

اضافه ولتاژ : هنگامی که به عنوان توصیف کننده نوعی از تغییرات بلند مدت ولتاژ به کار می رود ، به تغییر ولتاژی اطلاق می شود که مقداری بیش از پنج درصد ولتاژ نامی داشته وبه مدت بیش از یک دقیقه طول می کشد.

الکترود زمین : یک هادی یا گروهی از هادی ها که با زمین در تماس می باشند و جهت اتصال به زمین مورد استفاده قرار می گیرند.

انحراف فرکانس : افزایش یا کاهش در فرکانس شبکه که طول مدت زمان این تغییر می تواند از چندین سیکل تا چند ساعت باشد.

ایزوله کردن : جدا کردن یک قسمت از سیستم از تاثیر نامطلوب دیگر قسمتها.

با دوام : هنگامی که برای توصیف مدت زمان گروه تغییرات بلند مدت ولتاژ به کار می رود ، منظور تغییراتی است که بیش از یک دقیقه طول می کشد.

بار خطی : یک وسیله الکتریکی که در حالت مانا و در زمان اعمال ولتاژ به آن یک امپدانس بار عمدتا" ثابت به منبع توان ارایه می دهد.

بار غیر خطی : باری که در زمان اعمال ولتاژ متناوب سینوسی به آن جریان غیر سینوسی کشیده و یا به عبارت دیگر امپدانس آن تغییر می کند.

بار کلیدی : تجهیزاتی که عدم عملکرد صحیح آن ها سلامتی یا ایمنی پرسنل را به خطر می اندازد و یا نتیجه آن توقف کار ، زیان های مالی و یا آسیب های وارده به اموالی بوده که به نظر مشترک کلیدی وبا اهمیت است.

برآمدگی ولتاژ : افزایش موقت مقدار موثر ولتاژ به میزان بیش از ۱۰ درصد مقدار نامی ، در فرکانس اصلی ، برای مدت زمان بین ۰/۵ سیکل تا ۱ دقیقه

بزرگ سازی ولتاژ " بزرگ شدن ولتاژ نوسانی گذرای کلید زنی خازنی در طرف اولیه یک ترانس به دلیل وجود خازن ها در سمت ثانویه آن .

بستن سنکرون : معمولا" در مورد عمل بستن سنکرون هر سه پل کلید هر فیدر با شبکه قدرت به کار می رود. این عمل کاهش پدیده های گذرا را به دنبال خواهد داشت.

برش : اعوجاج در شکل موج ولتاژ نرمال که کمتر از نیم سیکل طول می کشد. این پدیده ذاتا" دارای پلاریته ای مخالف با پلاریته شکل موج اصلی بوده و بنا براین از شکل موج نرمال کم شده و بر حسب مقدار پیک ولتاژ اعوجاج یافته بیان می گردد. پدیده برش ممکن است قطع کامل ولتاژ را تا نیم سیکل به دنبال داشته باشد.

پاسخ فرکانسی : در مسائل مربوط به کیفیت برق عموما" به تغییرات امپدانس سیستم (یا یک ترانسدیوسر اندازه گیری) بر حسب تابعی از فرکانس اطلاق می شود.

پالس : تغییر ناگهانی در یک کمیت فیزیکی با طول دوره کوتاه مدت که در ادامه با یک تغییر سریع به مقدار اولیه خود باز می گردد.

تشدید هارمونیکی : شرایطی که در آن سیستم قدرت در نزدیکی یکی از هارمونیک های اصلی به رزونانس در آمده و تولید اعوجاج هارمونیکی می کند. این هارمونیک توسط عناصر غیر خطی در شبکه قدرت ایجاد می شوند.

تغییر ولتاژ : تغییری در مقدار پیک یا موثر ولتاژ که بین دو حالت ماندگار متوالی اتفاق می افتد و با طول دوره زمانی غیر مشخص.

تغییرات کوتاه مدت : تغییری در مقدار موثر ولتاژ که مدت زمانی بین نیم سیکل تا یک دقیقه طول می کشد. معمولاً همراه با یک توصیف کننده دامنه ولتاژ (فلش ، برآمدگی ، قطعی) و یک توصیف کننده مدت زمان (آنی ، لحظه ای ، موقت) به کار می رود.

تغییرات بلند مدت : تغییری در مقدار نامی ولتاژ برای پریودی بزرگ تر از ۱ دقیقه ، معمولاً همراه با یک واژه دیگر استفاده شده که به دامنه تغییرات ولتاژ اشاره می کند (مثلاً ماهش ولتاژ ، اضافه ولتاژ یا قطع ولتاژ)

تنظیم ولتاژ : درجه کنترل و پایداری ولتاژ موثر روی بار . اغلب در رابطه با دیگر پارامترها نظیر تغییرات ولتاژ ورودی ، تغییرات بار و تغییرات دما مشخص می گردد.

جابجایی فاز : جابجایی زمانی یک شکل موج ولتاژ نسبت به دیگر شکل موج ها.

خروج : حالتی از یک عنصر ، هنگامی که به دلیل برخی از وقایع که مستقیماً با آن عنصر در ارتباط هستند، قادر به انجام عمل درخواستی از آن نمی باشد. خروج ممکن است عامل قطع سرویس به مصرف کنندگان شود اما این حالت همواره اتفاق نمی افتد (بسته به آرایش سیستم)

خروج از مدار : توقف عملکرد یک تجهیز در اثر اعوجاج ، فلش یا قطع ولتاژ

خطا : معمولاً به وقوع اتصال کوتاه در شبکه اطلاق می شود.

خطای گذرا : اتصال کوتاهی روی شبکه که معمولاً توسط صاعقه ، شاخه های درخت یا حیوانات به وجود آمده و با قطع لحظه ای جریان می تواند رفع شود.

زمان بازگشت : مدت زمان موردنیاز برای این که ولتاژ یا جریان پس از تغییر پله ای بار بـه مقـداری در محدوده مشخصه تنظیم باز گردد . همچنین ممکن است به فاصله زمـانی ای اشـاره کنـد کـه لازم است تا پس از قطعی ، سیستم به شرایط کاری نرمال خود برگردد.

سازگاری الکترومغناطیسی : توانایی یک وسیله ، تجهیز یا سیستم بـرای عملکـرد رضـایت بخـش در محیط الکترومغناطیسی خود ، بدون اینکه اعوجاج الکترومغناطیسی به هـر عنصـر در آن محیـط وارد کند.

سطح کلی اعوجاج : سطح کلی اعوجاج الکترومغناطیسـی یـک دسـتگاه کـه از جمـع آثـار اعوجـاج الکترومغناطیسی تک تک قسمت های آن دستگاه حاصل شده است.

شبکه زمین : شبکه ای از هادیهای لخت که در طول ناحیه مشخص ودر زیر زمین آرایـش داده شـده اند و هدف اصلی آن تهیه ایمنی برای پرسنل است. این کار با محـدود نمـودن اختـلاف پتانسـیل در پیرامون یک فرد و رساندن آن به سطح مجاز صورت می گیرد. این اختلاف پتانسیل می تواند در اثـر عبور جریان های بالا از شبکه زمین به وجود آید.

شیلد : شیلد در واقع یک غلاف هادی (معمولاً فلزی است) که روی عایق یک هادی یا یک سـری از سری هادی ها قرار گرفته و وسیله ای می شود تا کوپلینگ بین هـادی هـای شـیلد شـده و دیگـر هادی ها را کاهش دهد. ایـن هـادی هـا ممکـن اسـت دریـافت کننـده یـا تولیدکننـده میـدان هـای الکترواستاتیکی و الکترومغناطیسی باشند.

شیلدینگ : شیلدینگ استفاده از یک هادی و یا یک سد کننده فرو مغناطیسی بیـن یـک منبـع نویـز و مدار حساس به نویـز اسـت. شـیلدها بـرای حفـاظت کـابل هـا (اطلاعـاتی و قـدرت) و مـدارات الکترونیکی به کار می روند. آن ها ممکن است به شکل سدکننده های فلزی ، محفظه هـا بـوده و یـا روی مدار منبع و مدار دریافت کننده پیچانده شوند.

شیلیدینگ خطوط هوایی : قرار دادن یک یا چند هادی زمین روس خطوط هوایی جهت جلوگیری از اصابت صاعقه به هادی های فاز و ورود آن ها به شبکه قدرت.

ضربه : پالسی که برای یک کاربرد مشخص ، یک ضربه واحد یا تابع دیراک (مشتق تابع ضربه) را تقریب می زند. هنگامی که در بحث مونیتورینگ کیفیت برق این واژه قرار است به کار رود به جای آن از واژه موج ضربه ای گذرا استفاده می شود.

ضریب پیک : نسبت مقدار پیک شکل موج اندازه گیری شده به مقدار موثر آن . برای مثال ضریب پیک یک موج سینوسی $\sqrt{2}$ است.

ضریب قدرت : ضریب قدرت مولفه های فرکانس اصلی شکل موج های ولتاژ و جریان .

ضریب قدرت واقعی : نسبت توان اکتیو (وات) به توان ظاهری (ولت آمپر)

عدد هارمونیکی : یک عدد صحیح که برابر نسبت فرکانس یک هارمونیک به فرکانس اصلی است.

عدم تعادل ولتاژ : به شرایطی که در آن یا دامنه ولتاژهای سه فاز با یکدیگر متفاوت است ویا اختلاف فاز بین ولتاژهای سه فاز ۱۲۰ درجه نمی باشد ، گفته می شود. هر دو مورد فوق نیز ممکن است همزمان اتفاق بیافتد و معمولاً برحسب نسبت ولتاژ توالی صفر ویا منافی به ولتاژ توالی مثبت (بر حسب درصد) بیان می شود.

فرو رفتگی : رجوع شود به فلش

فلیکر : تاثیری زودگذر که یک منبع روشنایی روی حس بینایی گذاشته درحالی که توزیع طیفی یا شدت روشنایی آن تغییر می کند.

فلش ولتاژ : کاهش در مقدار موثر ولتاژ در فرکانس اصلی ، به اندازه ۰/۱ تا ۰/۹ پریونیت و برای مدت زمان ۰/۵ سیکل تا ۱ دقیقه

فیلتر فعال : مجموعه ای که از تعدادی وسایل الکترونیک قدرت تشکیل شده وبرای حذف اعوجاج هارمونیکی به کار می رود.

فیلتر غیر فعال : ترکیبی از خازن ها ، سلف ها و مقاومت ها که جهت حذف یک یا چند هارمونیک مشخص طراحی می شود. معمولی ترین نوع آن مدای شامل یک سلف و خازن است که در برابر مزاحم ترین مولفه هارمونیکی شبکه اتصال کوتاه شده و آن را جذب می کند.

فیلتر هارمونیک : وسیله ای برای فیلتر کردن یک یا چند هارمونیک به خصوص کـــه در شـبکه هـای قدرت به کار می رود. اکثرا" در ساخت آن ها ترکیبی از عناصر غیر فعال مـــانند اندوکتـانس خـازن و مقاومت استفاده می ود. امروزه در سیستم های مدرن ، از فیلترهای فعال استفاده شده کـــه عـلاوه بـر عمل فیلتر کردن می تواند توان راکتیو هم تحویل دهد.

قطعی با دوام : رده ای از تغییرات بلند مدت است. قطع کامل ولتاژ (کوچک تر از ۰/۱ پریونیت) در یک یا چند هادی فاز در زمانی بیش از یک دقیقه .

قطع لحظه ای : نوعی از تغییرات کوتاه مدت ولتاژ است و به قطع کامل ولتـاژ (کـوچـک تـر از ۰/۱ پریونیت) در یک یا چند هادی فاز در پریود زمانی بین ۳۰ سیکل تا ۳ ثانیه گفته می شود.

قطع موقت : رده ای از تغییرات کوتاه مدت است وبه قطع کامل ولتاژ (کوچک تر از ۰/۱ پریونیـت) در یک یا چند هادی فاز در پریود زمانی بین ۳ ثانیه تا یک دقیقه گفته می شود.

قطعی ولتاژ : این واژه به ناپدید شدن ولتاژ روی یک یا چند فاز گفته می شود و معمولا" همراه با یک توصیف کننده زمانی که به طول دوره قطعی (مثلا" آنی ، لحظه ای ، موقت) اشاره می کنـد بـه کـار می رود.

قطع سریع : به عملکرد معمول سیستم های حفاتی اطلاق شده که در آن کلید یا وصل کننـــده مجـدد خط سریعت از فیوز عمل می کند. جهت رفع خطاهای گذرا بسیار موثر بوده اما استفاده از آن سـنبتا" مشکل زا است چون بارهای صنعتی را تحت قطع موقت یا لحظه ای قرار می دهد.

کاهش ولتاژ : هنگامی که به عنوان توصیف کننده نوعی از تغییرات بلند مدت بـــه کـار مـی رود ، بـه تغییر ولتاژی اطلاق می شود که مقداری کمتر از ۱۰ درصد ولتاژ نامی داشته و به مدت بیـش از یـک دقیقه طول می کشد.

کوپلینگ : عنصر یا عناصری از مدار یا شبکه که انرژی در میان آن ها از یکی به دیگـری منتقـل مـی شود.

گذرا : به پدیده یا کمیتی اطلاق می شود که بین دو حالت ماندگار شبکه و در فاصله زمانی کوتاه تغییر می کند. پدیده گذرا می تواند موجی تک جهته با پلاریته مشخص بوده و یا یک موج نوسانی میرا شونده باشد که اولین پیک آن با پلاریته مثبت یا منفی رخ می دهد.

لحظه ای : هنگامی که به عنوان توصیف کننده مدت زمان یک تغییر کوتاه مدت به کار می رود، زمانی بین ۳۰ سیکل تا ۳ ثانیه را در بر می گیرد.

مولفه اصلی (پایه) : مولفه هارمونیک اول (۵۰ هرتز) سری فوریه یک کمیت دوره ای

محتوای هارمونیکی : کمیتی که از تفریق مقدار مولفه اصلی آن از مقدار خود کمیت حاصل می شود.

منحنی CBEMA : مجموعه ای از منحنی ها که برای نمایش دامنه و مدت زمان اعوجاج ولتاژ به کار می روند. این منحنی ها معیاری برای اندازه گیری نحوه عملکرد انواع تجهیزات و شبکه های قدرت خواهند بود.

موج ضربه ای گذرا : تغییر ناگهانی در شرایط ماندگار ولتاژ یا جریان با فرکانسی به غیر از فرکانس قدرت که پلاریته آن تک جهته است (مثبت یا منفی)

موج های سمت فشار ضعیف : واژه ای که توسط طراحان ترانس توزیع مصطلح شده و موج جرانی را توصیف می کند که در طی برخورد صاعقه به هادی زمین شده مجاور ترانس ، به ترمینال های ثانویه ترانسفروماتور تزریق می شود.

موج نوسانی گذرا : تغییر ناگهانی در شرایط ماندگار ولتاژ یا جریان با فرکانسی به غیر از فرکانس قدرت که مقدار آن هم دارای پلاریته منفی و هم پلاریته مثبت است.

موقت : هنگامی که به عنوان توصیف کننده مدت زمان یک تغییر کوتاه مدت به کار می رود ، زمانی بین ۳ ثانیه با یک دقیقه را در بر می گیرد.

نوسان ولتاژ : یک سری از تغییرات ولتاژ یا تغییر پریودیک پوشش منحنی ولتاژ که می تواند سبب ایجاد فلیکر ولتاژ گردد.

نویز : سیگنال های الکتریکی ناخواسته ای که اثرات نامطلوبی در مدارهای سیستم های کنترل ایجاد می کند.

وصل مجدد : بستن مجدد کلید پس از مدت کوتاهی که از رفع خطا گذشته است. به این حقیقت باید توجه نمود که اکثر خطاهای موجود در روی خطوط هوایی به صورت گذرا یا موقتی هستند.

وصل مجدد آنی : واژه ای که معمولاً به وصل مجدد تا حد ممکن سریع یک کلید پس از قطع جریان خطا اطلاق می شود. زمان نمونه ای آن ۱۸ تا ۳۰ سیکل است.

ولتاژ حالت تفاضلی : ولتاژ بین دو هادی مشخص شده برق دار.

ولتاژ حالت مشترک : ولتاژ اعوجاج یافته ای که بین هادی حامل جریان و زمین ظاهر می شود.

ولتاژ حالت نرمال : ولتاژی که بین هادی های برق دار ظاهر می شود.

ولتاژ خروج از مدار : ولتاژی که در آن عملکرد یک تجهیز متوقف می شود.

ولتاژ بازگشتی : ولتاژی که در بین ترمینال های یک قطب از یک قطع کننده مدار در طی قطع جریان ظاهر می شود.

ولتاژ نامی(V_n) : مقداری که برای یک مدار یا سیستم مشخص می شود تا سطح ولتاژی آن به راحتی معین گردد.

هادی زمین کننده تجهیزات : هادی ای که قسمت های بدون جریان لوله های فولادی ، سینی های کابل و محفظه های تجهیزات را به هادی زمین (نوترال) و الکترود زمین متصل می کند.

هارمونیک (مولفه) مولفه فرکانسی با مرتبه بزرگتر از یک در سری فوریه یک کمیت متناوب

هارمونیک میانی (مولفه) مولفه فرکانسی یک کمیت متناوب که فرکانس آن ضریب صحیحی از فرکانس مولفه اصلی موج نمی باشد.

هارمونیک های مرتبه سه : واژه ای که اغلب به هارمونیک های با ضرایب فرد مضربی از سه اطلاق می شود.