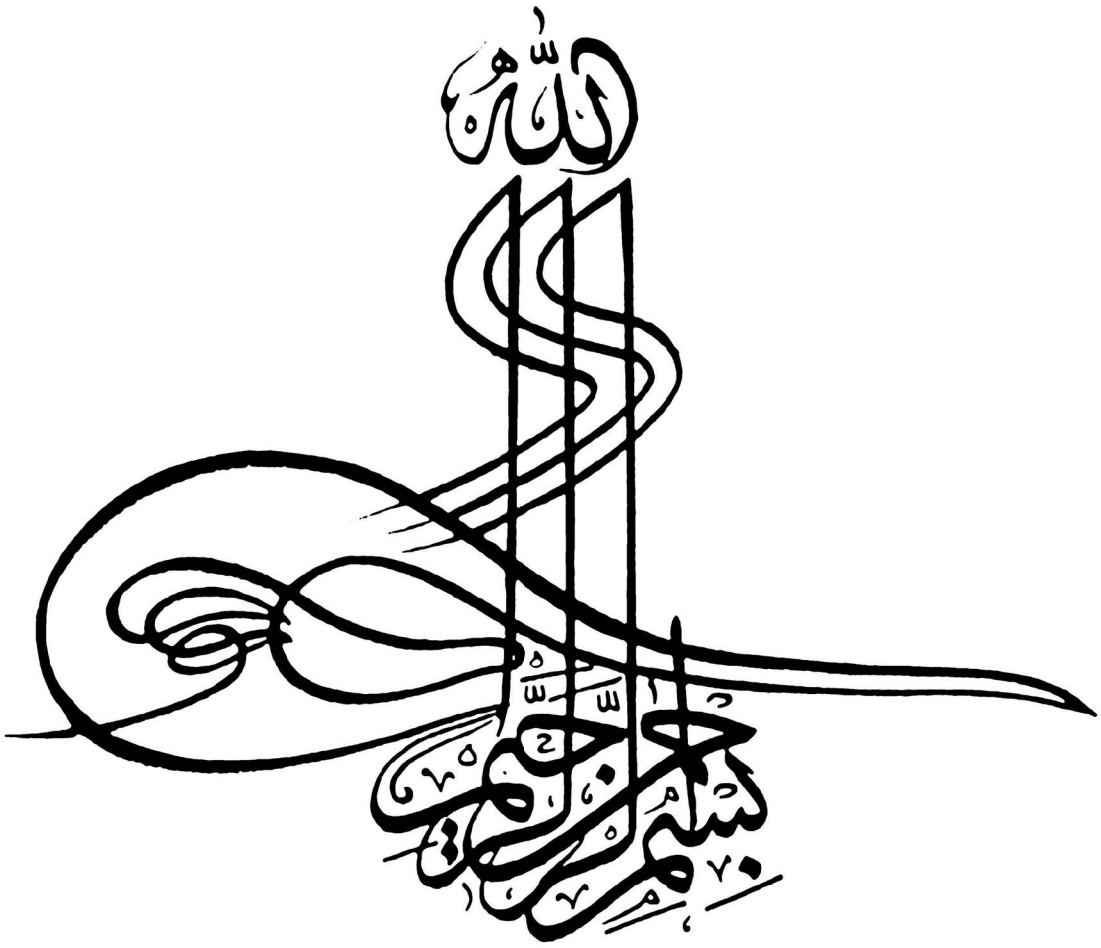

بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده فني و مهندسي

پایان نامه کارشناسی ارشد

رشته‌ی برق گرایش قدرت

عنوان پایان نامه :

ردیابی منابع فلیکر

استاد راهنما: دکتر عارف درودی

نگارش: هادی مقدم بنائم

زمستان ۸۹

کلیه حقوق این اثر محفوظ و متعلق به
دانشگاه شاهد
است.

تقدیم به :

پدرم.....

او که شادیش را در غم‌هایم پنهان کرد. او که دستانش

حکایت از سختی راه دارد و نفسش نسیم خنک بعد از

ظهرهای گرم و خشک تنهاییم است.

مادرم.....

او که سیاهی مویش را به گهواره کودکیم بخشید و اشکش را

زمزم تشنگیم کرد. به او که بوسه زانوانش بر خاک، بر راست

قامتیم افزود. او که سراسر محبت است و بخشش

برادرم.....

که هم بازی های کودکیم بود و رفیق روزهای جوانیم

او که با من غریبه و گریست.

تشکر و قدردانی

منت خدای را عزوجل که طاعتش موجب قربت است و به شکر اندرش مزید نعمت. هر نفسی که فرو می‌رود ممد حیات است و چون برمی‌آید مفرح ذات. پس در هر نفسی دو نعمت موجود است و بر هر نعمتی شکری واجب.

از دست و زبان که برآید کز عهده شکرش به در آید

شکر و سپاسگزاری از خالق توانا و بی‌همتا که هر آن و لحظه از نعمات و عنایت او بهرمندیم. همان‌گونه که به زیبایی تمام شیخ اجل گفته، از عهده همگان خارج است، لیک عرض تشکر و سپاس از بندگان با لطف و محبت او که اذن یافته‌اند تا دیگر خلایق را مدیون عنایت و الطاف خویش سازند نه تنها ممکن، که واجب است و رسول او که درود بی‌پایان حق بر او و خاندان مطهرش باد این تشکر از مخلوق را نائب شکر از آستان ربوبی خوانده و فرموده هر آن که شکرگزار مخلوق نگردد نعمت‌های منعم ازل و ابد را ارج ننهاده است.

بر این اساس و بر همین منوال، اینجاب نیز زحمات پدر و مادر عزیزم که در طول دوران تحصیلم همواره راهنما و مشوق من بوده‌اند و همچنین زحمات جناب آقای دکتر عارف درودی که همواره مرا از دانش و اخلاق پسندیده‌ی خویش بهره‌مند ساخته‌اند، را پاس می‌دارم و از حضرت حق جبران محبت‌های ایشان را مسئلت می‌کنم.

چکیده

مشترکین صنعت برق عموماً انتظار یک منبع ولتاژ با کیفیت بالا را از شرکت‌های برق دارند. اما به دلایل مختلف ممکن است نوسانها و اعوجاجاتی در ولتاژ تغذیه آنها بوجود آید و باعث نارضایتی و احیاناً صدمه‌دیدگی تجهیزاتشان گردد. یکی از پدیده‌های رایج و مهم کیفیت توان، پدیده فلیکر ولتاژ است که می‌تواند بر زندگی روزانه‌ی مشترکین اثر کند. تغییرات کوچک و مکرر شدت روشنایی منابع نور می توانند برای انسان، مخصوصاً موقع مطالعه به شدت آزاردهنده باشند.

از آنجاییکه روش‌های جبران‌سازی فلیکر شبکه، روش‌های نسبتاً گران‌قیمتی هستند، لذا قبل از هرگونه عمل جبران‌سازی بایستی منابع فلیکر شبکه به دقت شناسایی گردند. در گذشته، تحقیقاتی در زمینه ردیابی منابع فلیکر شبکه انجام گرفته است که اکثر روش‌های پیشنهاد شده مبتنی بر استاندارد IEC 61000-4-15 نیستند. آن عده از تحقیقاتی که مبتنی بر استاندارد IEC هستند با معرفی پارامتری به نام توان فلیکر (که از ضرب نوسانات فرکانس پایین ولتاژ و جریان در یکدیگر بدست می‌آید) اقدام به ردیابی منبع فلیکر غالب در شبکه می‌نمایند. اما این روش‌ها به دلیل ایجاد مؤلفه اضافی در داخل پنجره فلیکری و همچنین به دلیل غیر خطی بودن در بعضی موارد، قادر به ردیابی دقیق منبع فلیکر غالب شبکه نبوده و در ضمن آنها تنها قادر به ردیابی منبع فلیکر غالب هستند و هیچ اطلاعات دیگری راجع به شناسایی دیگر منابع فلیکری شبکه ارائه نمی‌دهند.

در این پایان‌نامه، دو الگوریتم متفاوت برای رفع مشکلات موجود در زمینه شناسایی منابع فلیکر شبکه پیشنهاد شده که مبتنی بر استاندارد IEC هستند و در ضمن با محاسبه پارامتر توان فلیکر از روش‌های جدید، اقدام به شناسایی منابع فلیکری در شبکه می‌نمایند. اندازه توان فلیکر محاسبه شده معیاری برای مقایسه تأثیرات منابع فلیکر در نقطه مانیتورینگ است و از روی علامت توان فلیکر می‌توان به جهت شارش فلیکر در نقطه مانیتورینگ پی برد. الگوریتم اول مانند روش‌های قبلی تنها قادر به شناسایی منبع فلیکر غالب شبکه است با این تفاوت که مشکلات روش‌های قبلی اعم از ایجاد مؤلفه اضافی و غیر خطی بودن را ندارد و با دقت کافی قادر به ردیابی منبع فلیکر غالب است. الگوریتم دوم علاوه بر ردیابی منبع فلیکر غالب با دقت بالا، قادر به تشخیص دیگر منابع فلیکر شبکه و میزان تأثیر آنها در نقطه مانیتورینگ می‌باشد.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: مقدمه ۱

۱-۱ مقدمه ۱

۱-۲ اهمیت موضوع ۲

۱-۳ ساختار پایان‌نامه ۲

فصل دوم: مفاهیم و تعاریف کیفیت برق ۴

۲-۱ مقدمه ۴

۲-۲ اصطلاحات ۵

۲-۲-۱ کیفیت برق=کیفیت ولتاژ ۵

۲-۲-۲ کیفیت جریان ۶

۲-۳ پارامترهای کیفیت توان ۶

۲-۳-۱ تغییرات بلند مدت ۷

۲-۳-۱-۱ اضافه ولتاژ بلند مدت ۷

۲-۳-۱-۲ کاهش ولتاژ بلند مدت ۷

۲-۳-۱-۳ خاموشی بادوام ۸

۲-۳-۲ تغییرات کوتاه مدت ۸

۲-۳-۲-۱ خاموشی کوتاه مدت ۸

۲-۳-۲-۲ فلش ولتاژ ۸

۲-۳-۲-۳ برآمدگی ولتاژ ۹

۲-۳-۳ گذرا ۱۰

۲-۳-۳-۱ گذرای ضربه‌ای ۱۰

۲-۳-۳-۲ گذرای نوسانی ۱۱

۲-۳-۴ عدم تعادل ولتاژ ۱۲

۲-۳-۵ اعوجاج در شکل موج ۱۴

۲-۳-۵-۱ وجود مؤلفه dc در شبکه متناوب ۱۴

۲-۳-۵-۲ هارمونیک‌ها و میان‌هارمونیک‌ها ۱۴

۲-۳-۵-۳ شکاف ۱۶

۲-۳-۵-۴ نویز ۱۷

۲-۳-۶ فلیکر ولتاژ ۱۷
۲-۳-۷ تغییرات فرکانس قدرت ۱۷

فصل سوم: نوسان ولتاژ (فلیکر) ۲۱

۳-۱ مقدمه ۲۱
۳-۲ فلیکر روشنایی بعلت نوسانات ولتاژ ۲۴
۳-۳ مثال‌هایی از منابع فلیکر ۲۶
۳-۳-۱ کوره قوس ۲۷
۳-۳-۲ ماشین‌های جوشکاری ۲۷
۳-۳-۳ توربین‌های بادی ۲۸
۳-۳-۴ موتورهای الکتریکی ۲۸
۳-۴ روش‌های تعیین شاخص اثرگذاری فلیکر ۲۸
۳-۴-۱ شاخص SCVD ۲۸
۳-۴-۲ فلیکرمتر معادل ۱۰ هرتز ۳۰
۳-۴-۳ فلیکرمتر IEC ۳۱
۳-۴-۴ مبانی فلیکرمتر IEC ۳۳
۳-۵ روش‌های جبران و بهبود فلیکر ۳۸
۳-۵-۱ جبران کننده‌های سنکرون ۳۸
۳-۵-۲ خازن‌های موازی ۳۸
۳-۵-۳ خازن‌های سری ۳۹
۳-۵-۴ راه‌اندازی موتورها با قابلیت تنظیم سرعت ۳۹
۳-۵-۵ تغییر در آرایش شبکه ۴۰
۳-۵-۶ جبران‌کننده‌های توان راکتیو استاتیکی (SVC) ۴۰

فصل چهارم: ردیابی منابع فلیکر ۴۱

۴-۱ مقدمه ۴۱
۴-۳ الگوریتم‌های پیشنهاد شده‌ی قبلی ۴۲
۴-۳ تئوری توان فلیکر ۴۴
۴-۳-۱ اصول اولیه ۴۴
۴-۳-۲ مدولاسیون دامنه ۵۰
۴-۳-۳ تعیین جهت انتشار فلیکر با استفاده از توان فلیکر محاسبه شده ۵۲
۴-۴-۴ «اصل جمع آثار توان فلیکر» ۵۵

۴-۴ پیاده سازی الگوریتم محاسبه توان فلیکر ۵۹
۴-۴-۱ بلوک دیاگرام توان فلیکرمتر پیشنهادی ۵۹
۴-۴-۲ دمدولاسیون (پیاده‌سازی بلوک‌های اول و دوم) ۵۹
۴-۴-۲-۱ دمدولاسیون مربعی [۳۰] ۶۰
۴-۴-۲-۲ دمدولاسیون پوش [۳۱] ۶۳
۴-۴-۲-۳ دمدولاسیون همدوس ۶۶
۴-۴-۳ فیلترینگ ۶۹
۴-۴-۴ ضرب و انتگرال‌گیر ۷۱
۴-۵ الگوریتم پیشنهادی مبتنی بر تبدیل موجک و دمدولاسیون همدوس ۷۲
۴-۵-۱ دومین بلوک دیاگرام توان فلیکرمتر پیشنهادی ۷۲
۴-۵-۲ اصول تبدیل موجک ۷۳
۴-۵-۳ استخراج دامنه، فرکانس و فاز موج اصلی ۷۴
۴-۵-۴ استخراج دامنه، فرکانس و فاز موج‌های فلیکر ۷۵
۴-۵-۵ نتیجه‌گیری ۷۶

فصل پنجم: ارزیابی تئوری توان فلیکر ۷۸

۵-۱ مقدمه ۷۸
۵-۲ شبیه‌سازی اول (منبع فلیکر تنها) ۷۸
۵-۳ شبیه‌سازی دوم (منابع فلیکر چندگانه) ۸۴
۵-۴ شبیه‌سازی سوم ۸۷
۵-۵ شبیه‌سازی چهارم ۹۰

فصل ششم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات ۹۳

۶-۱ نتیجه‌گیری ۹۳
۶-۲ پیشنهادات ۹۳

کتابنامه ۹۵

فصل اول:

مقدمه

۱-۱ مقدمه

با توجه به رشد بارهای حساس از یکسو و افزایش بارهای آلوده کننده شبکه از سوی دیگر، اهمیت پدیده‌های کیفیت توان روز به روز بیشتر احساس می‌شود. برای تحویل برقی با کیفیت مناسب، این پدیده‌ها در نقاط مختلف شبکه می‌بایستی اندازه‌گیری شده و در صورت عدم رعایت مقادیر مجاز شبکه، منابع آلوده کننده‌ی کیفیت توان باید در شبکه شناسایی شوند و در جهت حل این مشکلات اقدامات لازمه به عمل آید. یکی از مباحث مهم کیفیت توان، پدیده نوسان ولتاژ یا فلیکر است. اندازه‌گیری این پدیده در شبکه با روش‌های مختلفی انجام می‌گیرد. یکی از مرسوم‌ترین روش‌های اندازه‌گیری این پدیده روش پیشنهاد شده در استاندارد IEC 61000-4-15 بوده که به فلیکرمتر IEC مشهور است. با اینکه این روش یکی از کامل‌ترین روش‌ها در این زمینه است ولی هیچگونه اطلاعاتی درباره جهت شارش فلیکر در شبکه ارائه نداده و به‌تبع آن مکان‌یابی منابع فلیکر با استفاده از این روش قابل انجام نیست. با توجه به اینکه روش‌های کاهش فلیکر شبکه اکثراً روش‌های گران‌قیمتی هستند پس بایستی قبل از انجام هرگونه عمل جبران‌سازی فلیکر در شبکه، محل منابع فلیکر بطور کامل شناسایی گردند.

۱-۲ اهمیت موضوع

فلیکر در شبکه توسط بارهای غیر خطی نظیر کوره‌های قوس، تجهیزات جوشکاری، موتورهای الکتریکی و ... ایجاد می‌شود. این پدیده می‌تواند در شبکه انتشار یافته و باعث بروز مشکلاتی نظیر عملکرد نادرست سیستم‌های ICU و

CCU بیمارستان‌ها، پرش تصاویر تلویزیونی و سوسو زدن نور لامپ‌ها و به تناسب آن آزار چشم انسان شود. این مشکلات به نوبه خود باعث نارضایتی روزافزون مشترکین از شرکت‌های برق خواهد شد. لذا شرکت‌های برق حداکثر تلاش خود را در جهت بهبود شبکه و حل مشکل فلیکر می‌نمایند. از آنجاییکه روش‌های کاهش فلیکر شبکه، روش‌های گران قیمتی هستند لذا شرکت‌های برق قبل از هر گونه عملیاتی، بایستی منبع اصلی آلوده‌کننده شبکه را شناسایی نموده تا بتوانند فلیکر را در نقطه‌ای که تولید می‌شود کنترل و از پخش آن در شبکه جلوگیری نمایند. بنابراین وجود روش‌هایی که قادر به ردیابی درست و با دقت کافی منابع فلیکر در شبکه باشند از ضروریات این بحث خواهد بود. مکان‌یابی منابع فلیکر و شناسایی منبع غالب آلوده کننده شبکه مورد تقاضای بسیاری از شرکت‌های برق قرار گرفته است.

۱-۳ ساختار پایان‌نامه

از آنجایی‌که برای مطالعه کیفیت توان، شناخت پدیده‌های آن یکی از مسائل مهم و ضروری می‌باشد، فصل دوم نگاهی اجمالی به پدیده‌های کیفیت توان انداخته و به معرفی مختصر هر یک پرداخته است.

فصل سوم، به مبحث فلیکر ولتاژ و همچنین استاندارد IEC 61000-4-15 می‌پردازد. در ادامه منابع اصلی تولید کننده فلیکر ذکر شده و روش‌های مختلف شاخص‌گذاری این پدیده ارائه می‌گردد. در خاتمه این فصل انواع روش‌های مختلف جبران و بهبود فلیکر بیان شده است.

در فصل چهارم انواع روش‌های ردیابی منابع فلیکر معرفی، مزایا و معایب هر یک ذکر شده است. در ادامه این فصل دو الگوریتم برای ردیابی منابع فلیکر در شبکه پیشنهاد می‌شود که کاملاً مؤثر و کارا بوده و می‌توانند با دقت کافی جهت شارش فلیکر در شبکه را ارائه و منبع فلیکر غالب را در شبکه با دقت بسیار بالایی ردیابی نمایند.

در فصل پنجم جهت ارزیابی صحت الگوریتم‌های پیشنهادی، شبیه‌سازی‌های متعددی در محیط MATLAB انجام شده است. شبکه نمونه شبکه ۱۳ شینه IEEE انتخاب شده است.

در فصل ششم و انتهایی نتیجه‌گیری کلی از پروژه انجام شده، و پیشنهادهایی در خصوص ادامه کار ارائه خواهد شد.

فصل دوم:

مفاهیم و تعاریف کیفیت برق

۲-۱ مقدمه

امروزه توجه شرکتهای برق و مشترکین آنها به شکل روز افزونی به مسئله کیفیت انرژی الکتریکی یا کیفیت برق معطوف شده است. واژه کیفیت برق در کشورهای صنعتی و در صنعت برق کاربرد فراوانی پیدا کرده است. مبحث فوق تعداد بسیار زیادی از اعوجاج‌های موجود در شبکه برق را تحت پوشش قرار می‌دهد.

با توجه به مشکلات زیاد ناشی از کیفیت نامطلوب برق، استفاده از روش‌های مناسب جهت بهبود آن امری ضروری به نظر می‌رسد که نیاز به راه‌حلهای مناسب و جدید را به همراه دارد. در نتیجه برای یافتن این راه‌حل‌ها، لازم است درک بالایی از مسائل و مفاهیم کیفیت برق بوجود آید. این امر تنها زمانی امکان‌پذیر است که این مفاهیم به خوبی تعریف و مورد ارزیابی قرار گیرند. در این فصل به بررسی اجمالی مفاهیم کیفیت برق و اصطلاحات مربوطه پرداخته شده است.

۲-۲ اصطلاحات

تاکنون یک تعریف عمومی و سراسری برای کیفیت توان پذیرفته نشده است و در مراجع مختلف تعاریف کاملاً متفاوتی برای واژه کیفیت توان وجود دارد. افراد و گروه‌های مختلف تفسیرهای مختلفی از واژه کیفیت توان ارائه می‌دهند. به عنوان مثال، گروه‌هایی که در سیستم‌های حفاظت مشغول به کار هستند معمولاً از کیفیت توان به عنوان قابلیت اطمینان یاد می‌کنند. گروه‌هایی که در شرکتهای طراحی و سازنده تجهیزات برق مشغول کارند از کیفیت توان به عنوان مشخصه‌های معینی از ولتاژ شبکه یاد می‌کنندکه در آن تجهیزات به درستی کار می‌کنند.

به هر حال، نقطه نظر مشترکین در مسئله کیفیت برق بسیار اهمیت داشته و از اولویت اول برخوردار است. بنابراین لازم است که قبل از ورود به مباحث اصلی تعریف مشخصی از واژه کیفیت توان بدست آید تا بتوان براساس این تعریف به ارزیابی کیفیت توان پرداخت.

به طور کلی تعریف زیر را می‌توان برای واژه کیفیت توان بکار گرفت:

"هر گونه تغییر در کمیت‌های ولتاژ، جریان و فرکانس که سبب خرابی و یا عملکرد نادرست تجهیزات مصرف کننده، گردد."[۱]

این تعریف بسیار مناسب است، به این دلیل که براساس مشخصه‌های ولتاژ، جریان و فرکانس تعریف شده است. بر این اساس بیشتر پارامترهای کیفیت توان قابل محاسبه‌اند. به هر حال مشکل است که بتوان کیفیت توان را مانند کیفیت دیگر اجناس و سرویس‌ها به صورت کمی بیان نمود. در زیر به معرفی برخی از اصطلاحات کیفیت توان پرداخته شده است.

۲-۲-۱ کیفیت برق=کیفیت ولتاژ

بطور کلی در یک سیستم قدرت تنها کیفیت ولتاژ را می‌توان کنترل کرد و کنترل مناسبی بر روی جریان‌هایی که بارهای مختلف می‌کشند وجود ندارد. بنابراین استانداردهای موجود در کشورهای صنعتی در حوزه کیفیت توان عمدتاً حدود مجاز ولتاژ منبع را مشخص می‌کنند. شبکه‌های برق جریان متناوب، طوری طراحی می‌شوند که در یک ولتاژ سینوسی با فرکانس و دامنه مشخص کار کنند. هرگونه اختلاف قابل توجه در دامنه، فرکانس یا خلوص شکل موج یک مسئله کیفیت توان خواهد بود.

پس کیفیت ولتاژ، مربوط به انحراف دامنه، فرکانس و شکل موج ولتاژ از حالت سینوسی است. شرکت‌های برق مسئول حفظ ولتاژ در شبکه و کیفیت آن می‌باشند.

۲-۲-۲ کیفیت جریان

کیفیت جریان مربوط به انحراف شکل موج جریان از حالت سینوسی است و بوسیله بار تعیین می‌شود. لذا در اینجا این مصرف کننده است که روی حد کیفیت جریان اثر می‌گذارد. عموماً شرکت‌های برق نباید که از اتصال هر نوع بار مصرف کننده به شبکه جلوگیری بعمل آورند. اگر یک بار معین اثرات مضر بر کیفیت توان داشته باشد، شرکت برق تنها

می‌تواند به مصرف کننده توصیه کند که تجهیزات جبرانگر مثل فیلترها و غیره در محل بار نصب کند تا کیفیت برق بهبود پیدا نماید [۲].

۲-۳ پارامترهای کیفیت توان

از سالیان قبل برخی از پارامترهای قابل اندازه‌گیری بعنوان پارامترهای کیفیت توان پذیرفته شده‌اند. این پارامترها سطح کیفیت توان در نقطه مانیتورینگ شبکه را معیین می‌کنند. برخی از این پارامترها مثل دامنه منبع و فرکانس بعنوان مقادیر پایه در نظر گرفته می‌شوند. پارامترهای کیفیت توان را می‌توان به ۷ دسته زیر تقسیم بندی نمود:

- ❖ تغییرات بلند مدت
  - اضافه ولتاژ بلند مدت
  - کاهش ولتاژ بلند مدت
  - خاموشی بادوام
- ❖ تغییرات کوتاه مدت
  - خاموشی کوتاه مدت
  - فلش ولتاژ
  - برآمدگی ولتاژ
- ❖ گذرا
  - گذرای ضربه‌ای
  - گذرای نوسانی
- ❖ عدم تعادل ولتاژ
- ❖ اعوجاج در شکل موج
  - وجود مؤلفه‌های dc در شبکه متناوب
  - هارمونیک‌ها
  - هارمونیک‌های میانی
  - شکاف
  - نویز

- فلیکر ولتاژ
- تغییرات فرکانس قدرت

۲-۳-۱ تغییرات بلند مدت

طبق استاندارد IEEE تغییرات بلند مدت ولتاژ عبارتست از تغییرات مقدار مؤثر ولتاژ از مقدار نامی برای مدت زمانی بیش از یک دقیقه. به عبارت دیگر، تغییر ولتاژی، بلند مدت محسوب می‌گردد که مقدار ولتاژ برای مدت زمان بیش از یک دقیقه از حدود مجاز تجاوز نماید. تغییرات بلند مدت ولتاژ می‌توانند بصورت اضافه ولتاژ، کاهش ولتاژ یا خاموشی و فقدان کامل ولتاژ باشند.

۲-۳-۱-۱ اضافه ولتاژ بلند مدت

اضافه ولتاژ بلند مدت به افزایش مقدار مؤثر ولتاژ به میزان بیش از پنج درصد، در فرکانس نامی و برای مدت بیش از یک دقیقه گفته می‌شود. این پدیده می‌تواند در اثر عواملی همچون از مدار خارج شدن بارهای سنگین، برق‌دار کردن یک بانک خازنی و غیره رخ دهد و می‌تواند باعث کاهش طول عمر مفید کابل‌ها، ترانس‌ها، کلیدها و ماشین‌های گردان و غیره شود.

۲-۳-۱-۲ کاهش ولتاژ بلند مدت

کاهش ولتاژ بلند مدت به کاهش در مقدار مؤثر ولتاژ به میزان بیش از ده درصد، در فرکانس نامی و برای مدت بیش از یک دقیقه گفته می‌شود. و در اثر عواملی عکس عوامل اضافه ولتاژ رخ می‌دهد (مانند اضافه بار مدار یا قطع شدن خازن‌ها). این پدیده در موتورهای القایی، تلفات حرارتی را افزایش می‌دهد و بر روی سرعت آنها نیز اثر می‌گذارد و باعث کاهش توان راکتیو بانک‌های خازنی شده و روی سیستم روشنایی نیز مؤثر است.

۲-۳-۱-۳ خاموشی بادوام

خاموشی بادوام عبارتست از کاهش ولتاژ تا نزدیکی صفر برای مدت زمانی بیش از یک دقیقه. این پدیده، اغلب دائمی بوده و برای باز گرداندن سیستم به حالت اولیه احتیاج به دخالت اپراتور می‌باشد.

۲-۳-۲ تغییرات کوتاه مدت

بر طبق استاندارد IEEE، تغییرات کوتاه مدت ولتاژ عبارتست از تغییرات مقدار مؤثر ولتاژ از مقدار نامی برای مدت زمانی کمتر از یک دقیقه. با توجه به طول مدت وقوع تغییرات، آنها را می‌توان به سه رده آنی، لحظه‌ای و موقت تقسیم‌بندی نمود. این تغییرات می‌توانند در اثر عواملی همچون وقوع اتصال کوتاه و وصل بارهای بزرگی که احتیاج به زمان راه‌اندازی بالایی دارند، در شبکه ایجاد شوند.

۲-۳-۲-۱ خاموشی کوتاه مدت

خاموشی کوتاه مدت، زمانی در شبکه رخ می‌دهد که ولتاژ منبع یا جریان بار در زمانی کمتر از یک دقیقه به کمتر از ۰/۱ پریونیت برسد. این تغییرات می‌توانند در اثر عواملی همچون اتصال کوتاه در شبکه قدرت، خرابی تجهیزات یا کارکرد نادرست کنترل کننده‌ها ایجاد شوند.

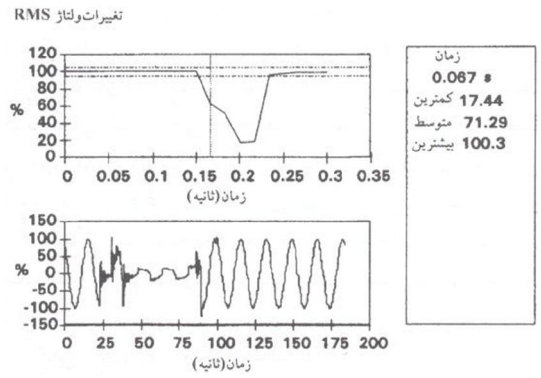
۲-۳-۲-۲ فلش ولتاژ

فلش ولتاژ، کاهش دامنه ولتاژ با طول دوره کوتاه مدت (۰/۵ سیکل تا یک دقیقه) می‌باشد. بر طبق استاندارد ولتاژ اروپایی EN 50160 "کاهش مقدار مؤثر ولتاژ نامی به مقدار ۹۰ درصد یا کمتر در مدت زمان ۱۰ تا ۶۰ ثانیه، فلش یا کمبود ولتاژ نامیده می‌شود".

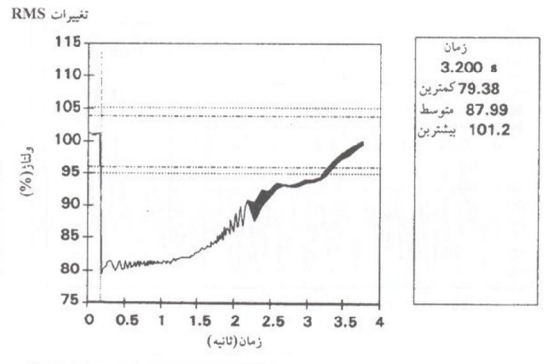
فلش ولتاژ، معمولاً در اثر راه‌اندازی بارهای سنگین مانند موتورها و ترانس‌ها و غیره ایجاد می‌شود و یا ممکن است در اثر بروز اتصال کوتاه در سیستم قدرت (مانند خطای یک فاز به زمین) تولید شود. نمونه‌هایی از این پدیده در شکل ۲-۱ و ۲-۲ نشان داده شده است.

فلش ولتاژ ممکن است باعث صدمه‌دیدگی تجهیزات متصل به شبکه و عملکرد نامناسب آنها گردد. که این نوع عملکرد نامناسب مشکلات زیر را سبب می‌گردد[۳]:

- خاموش شدن لامپ‌ها از نوع تخلیه‌ای
- عملکرد ناصحیح وسایل تنظیم‌کننده
- تغییر سرعت و یا توقف موتورها
- فرمان قطع و وصل اشتباه به کنتاکتورها
- و...



شکل ۲-۱: فلش ولتاژ که در اثر یک خطای اتصال کوتاه تک فاز به زمین رخ داده است.

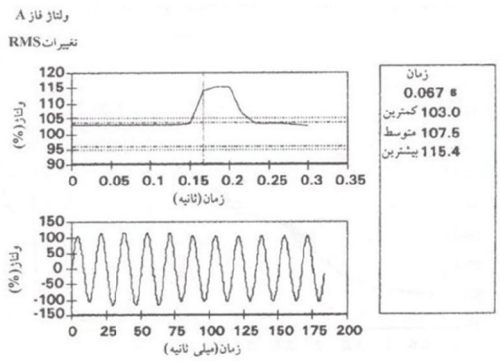


شکل ۲-۲: فلش ولتاژ موقت ایجاد شده در اثر راه‌اندازی موتور

۲-۳-۲-۳ برآمدگی ولتاژ

بر طبق استاندارد IEEE "برآمدگی ولتاژ، افزایشی در مقدار مؤثر ولتاژ به اندازه ۱/۱ تا ۱/۸ پریونیت در فرکانس نامی بوده که برای مدت زمانی از ۰/۵ سیکل تا یک دقیقه تداوم یابد" و بر طبق استاندارد EN50160، افزایش مقدار مؤثر ولتاژ نامی از مقدار ۱۱۰ درصد به بالا و در مدت زمان ۲۰ میلی ثانیه تا ۱۲۰ ثانیه (در ۵۰Hz) را برآمدگی ولتاژ گویند. اگر زمان کمتر از ۲۰ms باشد به آن اضافه ولتاژ گذرا می‌گویند.

عامل اصلی ایجاد این پدیده، اتصال کوتاه روی شبکه است. برآمدگی ولتاژ می‌تواند در اثر خطای تکفاز به زمین روی فازهای سالم مطابق شکل ۲-۳ بوجود آید. برقدار کردن یک بانک خازنی و قطع یک بار سنگین نیز می‌توانند عامل ایجاد برآمدگی ولتاژ شوند.



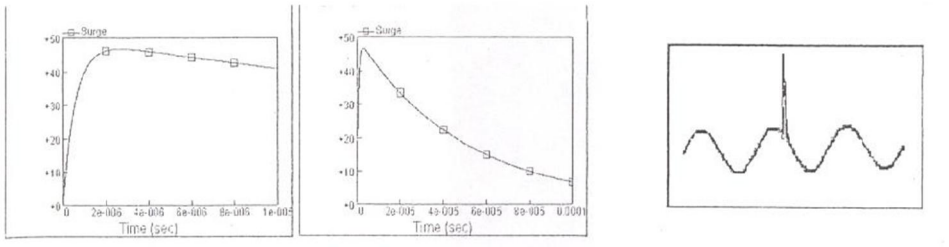
شکل۲-۳: برآمدگی ولتاژ لحظه‌ای ایجاد شده توسط یک خطای تک فاز به زمین

۲-۳-۳ گذرا

واژه گذرا به عنوان یک لغت عمومی در انواع اختلالات ولتاژ در مدت زمان کوتاه استفاده می‌شود. گذراها معمولاً بصورت جهش‌های ولتاژ غیر متناوب در مدت زمان کوتاه و یا نوساناتی با فرکانسی بیشتر از فرکانس قدرت روی شکل موج ولتاژ تعریف می‌شوند. گذراها را در حالت کلی می‌توان به دو دسته ضربه‌ای یا نوسانی تقسیم نمود[۴].

۲-۳-۳-۱ گذرای ضربه‌ای

تغییر ناگهانی در شرایط ماندگار ولتاژ، جریان یا هر دو که در یک جهت مثبت یا منفی بوده و معمولاً با دامنه و زمان‌های خیز (مدت زمانی که طول می‌کشد تا موج به مقدار بیشینه خود برسد) و میرایی (مدت زمانی که طول می‌کشد تا موج به نصف مقدار بیشینه خود برسد) مشخص می‌شود. علت اصلی گذرای ضربه‌ای، صاعقه و کلیدزنی در سیستم قدرت می‌باشد. شکل ۲-۴ یک موج ضربه‌ای با زمان خیز ۱/۲μs و زمان میرایی ۴۰μs را نشان می‌دهد.



شکل۲-۴: موج گذرای ضربه‌ای

در شکل زیر، یک موج ضربه‌ای جریان گذرا نشان داده شده است که توسط برخورد صاعقه بوجود آمده است.