دانشگاه آزاد اسلامی-واحد تهران جنوب
دانشکده فنی مهندسی-گروه برق(قدرت)

پایان نامه برای اخذ مدرک کارشناسی

عنوان

بررسی کیفیت برق در شبکه توزیع ایران
Power Quality

استاد راهنما:

جناب آقای دکتر علمائی

دانشجو:

خالد گودرزی

شماره دانشجویی:

۸۱۱۲۸۴۰۰۴۶

تابستان ۱۳۸۴

تقـــدیـــر :

جور اســـتـــــاد به زمـــــهر پدر

با تشکر و قدر دانی از زحمات بی پایان استاد گرامی جناب آقای دکتر علمایی که در انجام این پایان نامه استاد راهنمای بنده بودند.

و با تشکر از جناب آقای دکتر عارفی و دیگر همکارانش دردفتر مهندسی توزیع شرکت توانیر .

فهرست مطالب

عناوین	صفحه
فصل اول: مفاهیم و تعاریف	
۱-۱- مقدمه	۱
۱-۲- تعریف کیفیت برق	۳
۱-۳- کیفیت ولتاژ	۵
۱-٤- رده بندی عمومی مسائل کیفیت توان	۵
۱-٥- گذرا	۸
۱-٦ تغییرات بلند مدت ولتاژ	۹
۱-۷- تغییرات کوتاه مدت ولتاژ	۱۰
۱-۸- عدم تعادل ولتاژ	۱۱
۱-۹- اعوجاج در شکل موج	۱۳
۱-۱۰- نوسان ولتاژ	۱۳
۱-۱۱- تغییرات فرکانس قدرت	۱٤
- **فصل دوم :پدیده های گذرا**	
۲-۱- مقدمه	۱٦
۲-۲- اضافه ولتاژهای گذرا	۱٦
۲-۳- انواع موج ضربه ای با انرژی زیاد	۲۰
۲-٤- اصول حفاظتی در مقابل حالات گذرا	۲۱

۲۳ ....۲-۵- تجهیزات مناسب پیشنهادی برای حفاظت

۲٤ ....۲-٦- توصیه ها و راهکارهای اجرایی در مقابله

فصل سوم : فلش و قطعی ولتاژ

۳۳ ۳-۱- مقدمه

۳٤ ۳-۲- علل ایجاد منش ولتاژ

۳٤ ۳-۳- تخمین مشخصه ها مختلف فلش ولتاژ

٤۰ ۳-۷- رابطه بین فلش ولتاژ و عملکرد تجهیزات

٤٦ ۳-۸- اصول اساسی حفاظت در مقابل فلش ولتاژ

فصل چهارم : تغییرات بلند مدت ولتاژ عدم تعادل ولتاژ و تغییرات فرکانس

۵۱ ٤-۱- تغییرات بلند مدت ولتاژ

۵٤ ٤-۲- عدم تعادل ولتاژ

۵۸ ٤-۳- تغییرات فرکانس

فصل پنجم: نوسان ولتاژ (فلیکر)

٦۳ ۵-۱- تشریح پدیده نوسان ولتاژ

٦٤ ۵-۲- عوامل بوجود آورنده فلیکر ولتاژ

٦۵ ۵-۳-مشخصه های یک نوسان ولتاژ نمونه

٦۷ ۵-۵IEC مبانی فلیکر متر

٦۹ ۵-٦- ارزیابی شاخص کوتاه مدت شدت فلیکر

۵-۷- ارزیابی شاخص بلند مدت شدت فلیکر ۶۹

۵-۱۱- حدود مجاز فلیکر در سطوح مختلف ولتاژ ۷۰

۵-۱۲- حدود مجاز برای تغییرات سریع ولتاژ ۷۱

۵-۱۴- نکاتی در خصوص اندازه گیری فلکیر ۷۳

۵-۱۵- راه اندازهای موتورها ۷۳

فصل ششم : هارمونیکها

۶-۱- شناخت و بررسی مقدماتی هارمونیکها ۷۷

۶-۲- منابع تولید هارمونیک ۸۲

۶-۳-... اثر اعوجاج هارمونیکی بروی عملکرد تجهیزات و ۸۴

۶-۴- پاسخ سیستم قدرت به منابع هارمونیکی ۸۵

۶-۵- شناسایی محل منابع هارمونیکی ۹۱

۶-۶- مبانی کنترل هارمونیک ها ۹۲

۶-۹-.... مقررات برخی از کشورها در رابطه ۹۴

۶-۱۰- استاندارد مجاز هارمونیک ها در شبکه برق ایران ۹۷

۶-۱۲- هارمونیک های میانی ۱۰۴

فصل هفتم : قابلیت اطمینان

۷-۱- مقدمه ۱۰۵

۷-۲- انواع ساختار شبکه های توزیع ۱۰۷

۷-۳- انواع شبکه های توزیع از نظر ساختمان ۱۱٤

۷-٤- قابلیت اطمینان در شبکه های توزیع ۱۱۵

فصل هشتم : نکاتی در خصوص اندازه گیری کیفیت برق ، بازرسی و اطمینان از کیفیت آن

۸-۱- مقدمه ۱۲۱

۸-۲- نیاز به مونیتورینگ در مسله کیفیت برق ۱۲۱

۸-۳- مشخصات تجهیزات مشترکین و تاثیر کیفیت ۱۲۵

۸-٤- تجهیزات مونیتورینگ کیفیت برق ۱۳۲

۸-۵- چگونگی انتخاب ترانسیوسرها ۱۳٤

۸-٦- تغذیه وسایل اندازه گیری ۱٤۵

۸-۷- روشهای کاربرد دستگاههای مونیتورینگ ۱٤٦

۸-۸- محل اندازه گیری و دریافت اطلاعات ۱۵۱

۸-۹- نحوه اتصال مونیتورینگ کیفیت برق ۱۵۵

۸-۱۰- آستانه های اندازه گیری و جمع آوری اطلاعات ۱۵۷

۸-۱۱- طول دوره مونیتورینگ ۱٦۲

۸-۱۲- تفسیر نتایج مونیتورینگ ۱٦۳

فصل اول

مفاهیم و تعاریف

فصل اول: مفاهیم و تعاریف

۱-۱- مقدمه

امروزه توجه شرکت های برق منطقه ایی و مشترکین آنها به شکل روزافزونی به مسئله کیفیت توان 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 شبکه 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 آنها در الگوهای مشخص می باشد. به عبارت دیگر نگاهی تازه به اعوجاجهای موجود در سیستم های قدرت به منزله مطلب جدیدی خود را نشان داده است که کنکاش در آن یکی از مهمترین موارد در مطالعهٔ این سیستم ها به شمار می آید.

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

- تأکید روزافزون بر بهبود راندمان کلی شبکه های قدرت، باعث استفاده از وسایلی از قبیل محرکه های موتور با قابلیت تنظیم سرعت و نیز خازنهای موازی برای بهبود ضریب قدرت شده است. بکمک خازنهای موازی میزان تلفات شبکه کاهش می یابد اما این خازنها مشخصه امپدانس – فرکانس شبکه را نیز تغییر می دهند و باعث ایجاد پدیده تشدید و در نتیجه تقویت اعوجاج بصورت 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 روی توانایی های سیستم تأثیر می گذارند. به عبارت دیگر کاربرد وسایل و تجهیزات جدید که از نیازهای مبرم یک سیستم

قدرت مدرن است خود عامل بوجود آوردن مشکلات جدیدی شده است که نیاز به بررسی تأثیرات متقابل اینگونه تجهیزات بر شبکه و شبکه بر اینگونه تجهیزات را لازم می سازد.

- 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 آنها وجود دارد، در نتیجه انتشار مشکلاتی ناشی از کیفیت نامناسب برق در یک شبکه بهم پیوسته در هر لحظه امکان خواهد داشت.
- حساسیت تجهیزات الکتریکی جدید نسبت به تغییرات کیفیت برق بیشتر شده است. بسیاری از وسایل الکتریکی جدید از کنترل کننده های میکرو پروسسوری و المانهای الکترونیک قدرت استفاده می کنند و این تجهیزات به بسیاری از انواع اعوجاجهای موجود در شبکه قدرت حساس می باشند. حساسیت این تجهیزات الکتریکی به نوبه خودش به عملکرد نامناسب تجهیزات منجر خواهد شد.
- عدم وجود دستگاه های 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.
- آگاهی نسبت به مسائل کیفیت برق نزد مشترکین بالا رفته است. موضوعاتی از قبیل قطع برق، پایین بودن ولتاژ و پدیده های گذرای مربوط به کلیدزنی 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.

- دلیل اصلی و نهایی توجه به کیفیت برق مسائل اقتصادی است. مسائل اقتصادی بر روی شرکت های برق، مشترکین و تولید کننده های وسایل الکتریکی تأثیر فراوانی می گذارند.

شرکت های برق به دو دلیل عمده به مشکلات فوق توجه نشان می دهند. از سویی با رفع مشکلات ناشی از کیفیت نامطلوب برق، میزان مشترکین آنها افزایش یافته و از سوی دیگر استفاده از وسایل الکترونیکی با راندمان بالا موجب کاهش قابل توجه سرمایه گذاری در مراکز تولید و پُست ها خواهد شد نکته جالب اینکه، تجهیزاتی که برای افزایش بهره وری بکار می روند، اغلب در اثر قطع برق بیش از دستگاه های دیگر صدمه دیده و گاهی اوقات خود منشاء مشکلات معروف به مسائل کیفیت برق می گردند.

۱-۲- 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 دهند که میزان قطعی بسیار کم بوده است. در عوض سازندگان وسایل الکترونیکی و الکتریکی ممکن است تعریف دیگری مانند این تعریف «مشخصاتی از شبکه قدرت که توانایی کارکرد مناسب را برای تجهیزات فراهم سازند» برای واژه کیفیت برق ارائه دهند. به هر حال نقطه نظر مشترکین در مسئله کیفیت برق

بسیار اهمیت داشته و از اولویت اول برخوردار است. بطور کلی تعریف زیر را می توان برای واژه کیفیت برق بکار گرفت.

«هرگونه تغییر در کمیتهای ولتاژ، جریان و فرکانس که سبب خرابی و یا عملکرد نادرست تجهیزات مصرف کننده گردد»

در مورد علل ایجاد کیفیت برق نظرات متفاوتی وجود دارد. مشترکین بیش از پرسنل شرکت های برق تصور می کنند که علت عدم کیفیت عملکرد اشتباه شرکت برق است. به هر حال باید توجه داشت که نتیجه بسیاری از حوادث موجود در شبکه های قدرت تنها برای مشترکین ایجاد مشکل می کند و هرگز در آمارهای شرکت های برق ثبت نمی گردد.

نمونه ای از این مشکلات، مسئله کلیدزنی خازنها است که برای شرکت های برق امری عادی می باشد ولی می تواند موجب اضافه ولتاژ شده و بعضی تجهیزات مدرن را از مدار خارج کند.

نمونه دیگر وقوع اتصال کوتاه لحظه ای در شبکه می باشد که باعث کاهش ولتاژ مشترکین شده و ممکن است موجب قطع بعضی تجهیزات گردد اما شرکت برق هیچ گونه نشانه ای مبنی بر مشکل روی فیدر مربوطه نخواهد داشت.

در شبکه های قدرت ممکن است حوادثی پیش آید که در نرم افزارهای کنترلی پیش بینی نشده باشد با توجه به مطالب گفته شده و توجه روزافزون مشترکین به مسئله کیفیت توان در مقابل شرکت های برق مجبور به ارائه برنامه های بخصوصی خواهند شد.

از سوی دیگر در تجزیه و تحلیل مسئله کیفیت توان باید مسائل اقتصادی را نیز در نظر گرفت. ممکن است راه حل بهینه یک مسئله بدین صورت باشد که حساسیت آن وسیله

نسبت به مسئله کیفیت توان کاهش داده شود. سطح لازم کیفیت برق، سطحی است که عملکرد مناسب تجهیزات را در تسهیلات بخصوص نتیجه دهد.

کیفیت برق مانند کیفیت دیگر اجناس بیان نمی شود بلکه استانداردهایی برای اندازه گیری ولتاژ و دیگر معیارهای فنی وجود دارد اما باید توجه کرد که مقدار نهایی کیفیت برق با توجه به نحوه عملکرد تجهیزات مشترکین مشخص خواهد شد.

۱-۳- کیفیت ولتاژ

بطور کلی در یک سیستم قدرت تنها کیفیت ولتاژ را می توان کنترل نمود و کنترل مناسبی بر روی جریانهای بارهای مختلف وجود ندارد لذا 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 شوند که در یک ولتاژ سیونسی با فرکانس و دامنه مشخص کار کنند. هرگونه انحراف قابل توجه در دامنه، فرکانس و یا خلوص شکل موج یک مسئله کیفیت توان خواهد بود.

۱-۴- رده بندی عمومی مسائل کیفیت توان

، پدیده های مختلف الکترومغناطیسی را به صورت نشان داده شده در IECاستاندارد جدول ۱-۱ به شش گروه تقسیم بندی نموده است.

تلاش گروه های مختلف در صنعت برق در زمینه مونیتورینک کیفیت توان تعدادی گروه را افزوده است.IECبه استاندارد

در نهایت جدول ۱-۲ رده بندی کلی مسائل کیفیت توان را نشان می دهد. این جدول طول دوره زمانی و دامنه کاربرد را که برای توصیف –اطلاعات مربوط به محتوی طیفی

هر گروه لازم است ارائه می دهد. این گروه ها و مشخصات مربوط به آنها لازم هستند تا به کمک آنها بتوان نتایج اندازه گیری های مختلف را رده بندی نمود و پدیده های الکترومغناطیسی که باعث مسائل مرتبط با کیفیت برق می شوند را توضیح داد.

پدیده های هدایتی با فرکانس پایین	هارمونیکهای میانی –هارمونیکها PLCسیگنالهای فرورفتگی ولتاژ و قطعی ها –نوسان ولتاژ تغییرات فرکانس قدرت –عدم تعادل ولتاژ در DC وجود مؤلفه –ولتاژهای القایی با فرکانس پایین شبکه
پدیده های تشعشعی فرکانس پایین	میدان های مغناطیسی میدان های الکتریکی
پدیده های هدایتی - با فرکانس بالا	ولتاژ یا جریانهای القایی با شکل موج پیوسته گذراهای تک جهته گذراهای نوسانی
پدیده تخلیه الکترو استاتیکی	
پاس الکترومغناطیسی - ناشی از انفجارات هسته ای	
پدیده های تشعشعی با - فرکانس بالا	میدان های مغناطیسی میدان های الکتریکی میدان های الکترومغناطیسی امواج پیوسته گذراها

جدول ۱-۱ گروه بندی پدیده های اصلی که موجب بروز اعوجاج الکترومغناطیسی در شبکه می شوند مطابق استاندارد IEC

گروه	محتوای طیفی	طول دوره زمانی	دامنه ولتاژ
۱- گذرا			
۱-۱ ضربه ای			
۱-۱-۱ نانوثانیه	جهش ۵ نانو ثانیه ای	کمتر از ۵۰ نانوثانیه	
۱-۱-۲ میکروثانیه	جهش ۱ میکروثانیه ای	۵۰ نانو تا ۱ میلی ثانیه	
۱-۱-۳ میلی ثانیه	جهش ۰/۱ میلی ثانیه ای	بیشتر از ۱ میلی ثانیه	
۱-۲ نوسانی			
۱-۱-۲ فرکانس پایین	کوچکتر از ۵ کیلوهرتز	۰/۳ تا ۵۰ میلی ثانیه	تا ٤ پریونیت
۱-۱-۲ فرکانس متوسط	۵۰۰-۵ کیلوهرتز	۲۰ میکروثانیه	تا ۸ پریونیت
۱-۱-۳ فرکانس بالا	۵-۰/۵ مگاهرتز	۵ میکروثانیه	تا ٤ پریونیت
۲- تغییرات بلندمدت			
۲-۱ قطعی بادوام		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		۰/۵ تا ۳۰ سیکل	کوچکتر از ۰/۱ پریونیت
۳-۱-۲ فلش		۰/۵ تا ۳۰ سیکل	۰/۱ تا ۰/۹ پریونیت
۳-۱-۳ برآمدگی		۰/۵ تا ۳۰ سیکل	۱/۱ تا ۱/۸ پریونیت
۳-۲ لحظه ای			
۳-۲-۱ قطعی		۳۰ سیکل تا ۳ ثانیه	کوچکتر از ۰/۱ پریونیت
۳-۲-۲ فلش		۳۰ سیکل تا ۳ ثانیه	۰/۱ تا ۰/۹ پریونیت
۳-۲-۳ برآمدگی		۳۰ سیکل تا ۳ ثانیه	۱/۱ تا ۱/۲ پریونیت
۳-۳ موقت			
۳-۳-۱ قطعی		۳ثانیه تا ۱ دقیقه	کوچکتر از ۰/۱ پریونیت
۳-۳-۲ فلش		۳ثانیه تا ۱ دقیقه	۰/۱ تا ۰/۹ پریونیت
۳-۳-۳ برآمدگی		۳ثانیه تا ۱ دقیقه	۱/۱ تا ۱/۲ پریونیت
٤- عدم تعادل ولتاژ		حالت ماندگار	۰/۵ تا ۲ درصد
۵- اعوجاج شکل موج		حالت ماندگار	۰ تا ۰/۱ درصد
٦- نوسان ولتاژ	کوچکتر از ۲۵ هرتز	متناوب	۰/۱ تا ۷ درصد
۷- تغییرات فرکانس قدرت		کوچکتر از ۱۰ ثانیه	

جدول ۱-۲ گروه بندی و مشخصات پدیده های الکترومغناطیسی در شبکه قدرت

۱-۵- گذرا

واژه گذرا مدتهاست که در تحلیل تغییرات شبکه قدرت بکار رفته تا یک حادثه غیرمطلوب اما لحظه ای را مشخص کند.

تعریفی که عموماً برای واژه گذرا بکار می رود به شکل زیر است.

بخشی از تغییرات یک متغیر که در طی انتقال از یک شرایط ماندگار به حالت ماندگار دیگر از بین می رود. مدت زمان یک گذرا بسیار کوتاه است. واژه دیگری که اغلب بعنوان مترادف گذرا استفاده می شود واژه موج ضربه ای است.

بطور کلی واژه گذرا را می توان به دو گروه موج ضربه ای گذرا و موج نوسانی گذرا تقسیم نمود.

۱-۵-۱ موج ضربه ای گذرا

موج ضربه ای گذرا تغییر ناگهانی در شرایط ماندگار ولتاژ، جریان و یا هر دو است که فرکانسی به غیر از فرکانس قدرت دارد و پلاریته آن تک جهته است.

به دلیل وجود فرکانسهای بالا در یک موج ضربه ای، شکل موج آن به سرعت توسط پارامترهای سیستم تغییر کرده و هنگامیکه از دید قسمتهای مختلف شبکه قدرت مشاهده می شود ممکن است به طور عمده مشخصه های متفاوتی را از خود ارائه دهد.

موج ضربه ای گذرا می تواند فرکانسهای طبیعی مدارهای شبکه را تحریک نموده و موج نوسانی گذرا پدید آورد.

۱-۵-۲ موج نوسانی گذرا

موج نوسانی گذرا تغییر ناگهانی در شرایط ماندگار ولتاژ، جریان و یا هر دو است که فرکانسی غیر از فرکانس قدرت دارد و پلاریته آن هر دو مقدار مثبت و منفی را دارا می باشد.

موج نوسانی گذرا، موج ولتاژ و یا جریانی است که پلاریته مقدار لحظه ای آن سریعاً تغییر می کند.

۱-۶- تغییرات بلندمدت ولتاژ

تغییرات بلندمدت ولتاژ هرگونه انحراف در مقدار مؤثر ولتاژ در فرکانس نامی را برای زمان بیشتر از یک دقیقه شامل می شود. بعبارت دیگر تغییر ولتاژی بلندمدت محسوب می شود که مقدار ولتاژ برای مدت بیشتر از یک دقیقه از حدود مجاز تجاوز کند.

تغییرات بلندمدت ولتاژ می تواند بصورت اضافه ولتاژ و کاهش ولتاژ باشد و عموماً در اثر تغییرات بار شبکه مانند به مدار آوردن بارها و یا خارج ساختن منابع تولید ایجاد می گردد.

۱-۶-۱- اضافه ولتاژ بلندمدت

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

- از مدار خارج شدن یک بار بزرگ
- برق دار کردن یک بانک خازنی
- عدم تنظیم ولتاژ مطلوب

- قرار گرفتن یک ترانس در موقعیتی غیر صحیح

۱-۶-۲- کاهش بلندمدت ولتاژ

کاهش بلندمدت ولتاژ به کاهش در مقدار مؤثر 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 گردند. مثلاً اضافه بار مدار یا قطع شدن خازن ها می تواند موج کاهش ولتاژ بلندمدت شوند.

۱-۶-۳- قطعی بادوام

هنگامیکه ولتاژ برای زمانی بیش از یک دقیقه صفر شود این تغییر بلندمدت ولتاژ بعنوان یک قطعی بادوام در نظر گرفته می شود. قطعی های ولتاژ به مدت بیش از یک دقیقه اغلب دائمی می باشند و برای اصلاح سیستم و بازگرداندن آن به حالت اولیه احتیاج به دخالت انسان است.

۱-۷- تغییرات کوتاه مدت ولتاژ

این تغییرات با توجه به طول دورهٔ وقوع آنها به سه دسته آنی، لحظه ای و موقت تقسیم می شوند علل بوجود آمدن تغییرات کوتاه مدت ولتاژ وقوع اتصال کوتاه و وصل بارهای بزرگ که احتیاج به جریان راه اندازی زیاد دارند می باشد.

بسته به محل وقوع اتصال کوتاه و شرایط شبکه، هر خطا می تواند موجب پایین آمدن موقت ولتاژ (فلش)، بالا رفتن ولتاژ (برآمدگی) و یا از دست رفتن کامل آن قطعی گردد.

۱-۷-۱- قطعی کوتاه مدت

یک قطعی کوتاه مدت هنگامی اتفاق می افتد که ولتاژ منبع 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 و یا کارکرد نادرست کنترل کننده ها باشد.

تعدادی از قطعی ممکن است در ادامه وقوع یک فلش ولتاژ رخ دهند. فلش ولتاژ از لحظه شروع خطا تا زمان عملکرد وسایل حفاظتی ایجاد می شود.

۱-۷-۲- فلش

فلش کاهش در ولتاژ و جریان مؤثر به اندازه ۰/۱ تا ۰/۹ پریونیت در فرکانس نامی بوده که واژه فرورفتگی IECبرای مدت زمانی از ۰/۵ سیکل تا یک دقیقه تداوم می یابد. استاندارد را بعنوان مترادف فلش بکار می برد بطور کلی هنگامی که ۲۰٪ فلش ولتاژ وجود دارد بدین معنی است که ولتاژ به ۸٪ پریونیت کاهش یافته است. در این حالت ولتاژ پایه یا نامی سیستم نیز باید مشخص گردد. فلش ولتاژ را می توان با دو مقدار یکی دامنه آن یعنی Δu مشخص نمود. و دیگری مدت زمان آن یعنی Δt

۱-۷-۳- برآمدگی ولتاژ

برآمدگی ولتاژ، افزایشی در ولتاژ مؤثر به اندازه ۱/۱ تا ۱/۸ پریونیت در فرکانس نامی بوده که برای مدت زمانی از ۰/۵ سیکل تا یک دقیقه تداوم می یابد. مانند فلش ولتاژ، عامل اصلی ایجاد این پدیده اتصال کوتاه روی شبکه می باشد. برآمدگی ولتاژ می تواند در اثر خطای تک فاز با زمین روی فازهای سالم بوجود آید. برق دار کردن یک بانک خازنی و قطع یک بار بزرگ نیز می تواند عامل ایجاد برآمدگی ولتاژ شود.

اندازه یک برآمدگی ولتاژ در طی وقوع یک خطا تابعی از محل وقوع خطا، امپدانس سیستم و نحوه زمین کردن سیستم است.

۱-۸- 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 بطور همزمان اتفاق بیافتد به بیان ساده تر عدم تعادل ولتاژ عبارتست از حداکثر انحراف از مقدار متوسط ولتاژ سه فاز تقسیم بر مقدار متوسط ولتاژ سه فاز برحسب درصد. عدم تعادل ولتاژ همچنین می تواند با استفاده از مؤلفه های متقارن نیز تعریف شود نسبت مؤلفه صفر یا منفی به مؤلفه توالی مثبت می تواند درصد عدم تقارن را مشخص کند.

منشاء اصلی ایجاد عدم تعادل ولتاژهای کمتر از ۲ درصد وجود بارهای تکفاز در یک شبکه سه فاز می باشد. این پدیده همچنین می تواند نتیجه قطعی یکی از فازهای یک بانک خازنی سه فاز باشد.

عدم تعادل ولتاژ مسائلی را بوجود می آورد که در ذیل بطور خلاصه به آنها اشاره می کنیم.

امپدانس توالی منفی ماشینهای 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 جریانهای سه فاز بطور 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 بطور کلی دمای ماشین در چنین حالتی افزایش خواهد یافت این شرایط می تواند موجب صدمه زدن با ماشین شود. در مبدلهای چند فاز که دامنه ولتاژهای ورودی در مقدار ولتاژ خروجی dc مؤثر است. ولتاژ نامتعادل روی عملکرد مبدل تأثیر گذاشته و باعث ایجاد مؤلفه نامطلوبی در طرف dc شده و از سوی دیگر نیز باعث ایجاد هارمونیک های غیر مشخصه در طرف ac می شود.

۱-۹- اعوجاج در شکل موج

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

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

- وجود مؤلفه dc در شبکه متناوب
- هارمونیک ها
- هارمونیک های میانی
- برش
- نویز

۱-۱۰- نوسان ولتاژ

نوسان ولتاژ عبارتست از تغییرات منظم پوش سیگنال ولتاژ یا یک سری از تغییرات تصادفی ولتاژ انواع مختلف نوسان ولتاژ را می توان به صورت زیر گروه بندی نمود.

الف) تغییر ولتاژ مستطیلی و پریود یک که ناشی از قطع و وصل بارهای مقاومتی تک فاز می باشد.

ب) یک سری تغییرات پله ای ولتاژ که از نظر زمانی بصورت غیر منظم رخ می دهند و مقادیر تغییرات پله ای می تواند مساوی یا نامساوی بوده و در جهت مثبت و منفی امکان پذیر است علت بوجود آمدن این حالت قطع و وصل همزمان چندین بار می باشد.

ج) این نوع نوسان شامل یک سری تغییرات ولتاژ می باشد که همگی آنها بصورت پله ای نمی باشد این حالت ناشی از کلیدزنی بارهای غیر مقاومتی است.

د) یک سری نوسانات ولتاژ پیوسته یا تصادفی که ناشی از تغییرات تصادفی یا پریود یک بارها می باشد. در شبکه های ولتاژ پایین وسایل خانگی عامل اصلی ایجاد نوسان ولتاژ می باشند.

بطور کلی عامل اصلی تولید نوسان ولتاژ بارهای صنعتی شامل:

- ماشینهای جوشکاری مقاومتی
- کارخانه های نورد آهن
- کوره های قوس الکتریکی
- تأسیسات جوشکاری قوی

می باشند.

مهمترین شکلی که نوسان ولتاژ ایجاد می کند فلیکر است.

تغییرات سریع دامنه جریان بار می تواند عامل ایجاد نوسانات ولتاژی باشد که در اصطلاح عام به آن فلیکر ولتاژ می گویند.

نوسان یک پدیده الکترومغناطیسی است ولی فلیکر نتیجه نامطلوب نوسان ولتاژ است.

۱-۱۱- تغییرات فرکانس قدرت

تغییرات فرکانس قدرت عبارتست از انحراف فرکانس شبکه نسبت به فرکانس نامی.

فرکانس شبکه قدرت با سرعت گردش ژنراتورهایی که شبکه را تغذیه می کنند رابطه مستقیم و با قطبهای آن رابطه معکوس دارد. هنگامیکه تعادل دینامیکی بین بار مصرفی و مقدار تولید تغییر کند فرکانس شبکه تغییر می یابد اندازه این تغییر فرکانس و مدت زمان آن بستگی به مشخصه بار و پاسخ سیستم کنترل در نیروگاه ها دارد.

علت بوجود 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.

پدیده برش گاهی ممکن است با انحراف فرکانس اشتباه گرفته شود. برش ها ممکن است 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 محدودهٔ انحراف قابل قبول فرکانس، اثر اصلی تغییر در فرکانس قدرت را می توان تغییر سرعت ماشینهای گردان دانست. بنابراین موتورها توان الکتریکی کمتر یا بیشتری را تحویل می دهند.

همچنین تغییرات فرکانس اثرات نامطلوبی بر تنظیم فیلترهای هارمونیکی و عملکرد دستگاه هایی که از فرکانس بعنوان پالس سنکرون کننده استفاده می کنند خواهد داشت.

فصل دوم

پدیده های گذرا

فصل دوم

پدیدده های گذرا

۲-۱ مقدمه

واژه گذرا مدتها است که در تحلیل برخی از پدیده های موجود در شبکه های قدرت بکار می رود و مشخص کننده یک حادثه غیرمطلوب اما لحظه ای است. تعریفی که عموماً برای این واژه استفاده می شود به شکل زیر است:

بخشی از تغییرات یک متغیر که در طی انتقال از یک شرایط کاری ماندگار به حالت ماندگار دیگر از بین می رود.

واژه دیگری که اغلب به عنوان مترادف کلمه گذرا استفاده می شود، واژه موج ضربه ای است. موج ضربه در شبکه های متناوب را می توان بصورت پدیده ای که با یک تابع زمانی مشخص می شود معرفی نمود. واژه های مورداستفاده در تعریف این پدیده باید بنحوی باشند که در بقیه کاربردها و کلیه اندازه گیریها نیز قابل استفاده باشند. هنگام طراحی تجهیزات و بمنظور ایمن سازی آنها در مقابل موج ضربه، طراح باید بداند که عوامل بوجود آورنده حالت گذرا چیست و موج ضربه چگونه و تحت چه شرایطی به تجهیزات می رسد.

۲-۲ (اضافه ولتاژهای گذرا)

در شبکه های الکتریکی، حالات گذرا به دو دلیل عمده ایجاد می گردند: کلیدزنی و صاعقه، این عوامل علاوه بر موارد دیگر، منبع ایجاد اضافه ولتاژ گذرا در تجهیزات مشترکین می باشند. همچنین برخی از تجهیزات الکترونیک قدرت نیز ممکن است در هنگام کلیدزنی، حالت گذرای مهمی را در سیستم ایجاد کنند.

۲-۲-۱- حالت گذرای ناشی از کلیدزنی

حالت گذرای کلیدزنی را می توان به دو دسته اصلی یعنی حالت گذرای ناشی از شرایط عادی و غیرعادی تقسیم بندی نمود. در موارد و شرایط مختلفی را که می توان به عنوان حالت گذرای ناشی از کلیدزنی در نظر گرفت به شرح زیر می باشند:

- کلیدزنی های نزدیک به شینه مشترکین، مانند برقدار کردن یا بی برق کردن وسایل خانگی یا دیگر بارها
- حالت های گذرایی که در هر سیکل در هنگام کموتاسیون در مبدلهای الکترونیک قدرت بوجود می آید.
- حرقه زدن های پیاپی در هنگام کلیدزنی از دیگر عوامل اضافه ولتاژ می باشد. کنتاکتورها یا کلیدهای جیوه ای می توانند ولتاژهای ضربه ای با شکل موج پیچیده ای که مقدار آن چندین برابر بیشتر از ولتاژ سیستم است بوجود آورند.
- کلید زنی بانکهای خازنی . حالتهای گذرای ناشی از کلید زنی خازنهای تصحیح ضریب قدرت می تواند باعث ایجاد اضافه ولتاژی در حدود دو برابر ولتاژ نامی سیستم گردد. این حلتهای گذرا بصورت روزانه و تکراری اتفاق می افتند و مدت زمانی که این اضافه ولتاژ در سیستم باقی می ماند طولانی خواهد بود (در حدود چند صد میکروثانیه) این مدت زمان در برابرمرت زمان اضافه ولتاژ ناشی از صاعقه بسیار طولانی تر است . اگر چندین قطع و وصل در هنگام باز شدن خازن بوجود آید آنگاه اضافه ولتاژ می تواند به سه برابر ولتاژ نامی شبکه نیز برسد.

- انواع خطاهای مختلف در سیستم ، مانند اتصال کوتاه در شبکه و یـا بوجـود آمـدن قوس در سیستم . بعضی از حالتهای گذرای ناشی از کلید زنـی ، بـه علـت عملکـرد وسایل حفاظتی اضافه جریان سریع مانند فیوزهای محدود کننده جریان و کلیدهایی که زمان قوس آن زیر ۲ میکرو ثانیه اسـت مـی باشـد . ایـن تجهیـزات انـرژی را در مدار حبس نموده و بعلت از بین رفتن میدان ناشی از قطع جریان ، ولتاژهای بالایی بوجود می آید .

(کلیدزنی بانکهای خازنی)

- حالتهای گذرای ناشی از کلیدزنی خازنهای تصحیح ضریب قدرت مـی توانـد باعـث ایجاد اضافه ولتاژی در حدود دو برابر ولتاژ امی سیستم گردد. این حالتهـای گـذرا به صورت روزانه و تکراری اتفاق می افتند و مدت زمانی کـه ایـن اضـافه ولتـاژ در سیستم باقی می ماند طولانی خواهد بود (در حدود چندصد میکروثانیـه) ایـن مـدت زمان در برابر مدت زمان اضافه ولتاژ ناشی از صاعقه بسیار طولانی تر است. اگـر چندین قطع و وصل در هنگام بازشدن خازن بوجود اید آنگاه اضافه ولتاژ می تواند به سه برابر ولتاژ نامی شبکه نیز برسد.
- انواع خطاهای مختلف در سیستم، مانند اتصال کوتاه در شـبکه و یـا بوجـود آمـدن قوس در سیستم. بعضی از حالتهای گذرای ناشی از کلیدزنی،به علت عملکرد وسایل حفاظتی اضافه جریان سریع ماننـد فیوزهـای محدودکننـده جریـان و کلیـدهایی کـه زمان قوس آن زیر ۲ میکروثانیه است می باشـد. ایـن تجهیـزات انـرژی را در مـدار

حبس نموده و بعلت از بین رفتن میدان ناشی از قطع جریان، ولتاژهای بالایی بوجود می آید.

۲-۲-۲-(حالت گذرای ناشی از صاعقه)

بررسی حالت گذرای ناشی از صاعقه برروی سیستم های الکتریکی یک پدیده پیچیده می باشد. محققین به منظور ساده کردن روند مطالعه و بررسی حالت گذرای ناشی از صاعقه و با استفاده از اندازه گیریها به مدلهای مناسبی برای صاعقه دست یافته اند، بنحوی که بتوان تخمین دقیقی از سطح موج ضربه بدست آورد. شایان ذکر است در این صورت دیگر نیازی به دانستن مکانیزم واقعی تولید هر موج ضربه نمی باشد.

در یک بررسی ساده عوامل اصلی تولید موج ضربه ولتاژ ناشی از صاعقه به شرح زیر دسته بندی می شوند:

- برخورد صاعقه به زمین در نزدیکیهای تجهیزات موردمطالعه و یا ایجاد صاعقه بین لایه های ابر، تولید میدانی الکترومغناطیسی می کند که این میدان می تواند باعث القاء ولتاژ در هادیهای مدارهای الکتریکی گردد.
- در اثر تخلیه ابر به زمین جریانی در زمین ایجاد می شود و حرکت آن در مسیرهای مختلف سیستم زمین می تواند باعث ایجاد اختلاف ولتاژ در نقاط آن گردد.
- افت سریع ولتاژ: هنگامی که برقگیر از نوع فاصله هوایی (که در سمت اولیه ترانسفورماتور واقع است) عمل می نماید این پدیده بوجود می آید. در حقیقت ولتاژ از طریق خازن سیم پیچهای ترانسفورماتور به سمت ثانویه منتقل می شود و در

نتیجه ولتاژ ضربه ای علاوه بر قسمتی که از طریق عمل عادی ترانسفورماتوری به مدار ثانویه القاء می گردد، مستقیماً وارد ثانویه می شود.

- برخورد مستقیم صاعقه به مدارهای ولتاژ بالا، جریانهای بالایی را به مدارهای اولیه تزریق می کند. بدلیل عبور این جریانها از مقاومت زمین اضافه ولتاژهایی پدید می آید که باعث تغییر پتانسیل سیستم زمین می گردد.
- در بعضی مواقع صاعقه مستقیماً به مدارات ثانویه سیستم برخورد می کند و در اثر آن جریانهای بسیار بالا و در نتیجه اضافه ولتاژهای بزرگی ایجاد می شود که می تواند از قابلیت تحمل تجهیزات بالاتر باشد. در چنین حالتی وسایل حفاظتی معمولی مورداستفاده در مدارات ثانویه نمی توانند از آنها جلوگیری کنند.

۲-۳- (انواع موج ضربه ای با انرژی زیاد)

با توجه به اینکه اطلاعات بدست آمده در مورد مقدار انرژی موج ضربه محدود می باشد. بنابراین لازم است که در این مورد مطالعات جامع تری صورت گیرد. از جمله موجهای ضربه ای که دارای انرژی زیادی بوده و می توانند باعث خرابی تجهیزات شوند می توان به موجهای زیر اشاره نمود:

- موج ضربه ناشی از برخورد صاعقه به سیستمهای توزیع هوایی که می توان آن را با موج ضربه ولتاژ ۱/۲/۵۰ میکروثانیه و یا موج ضربه جریان ۸/۲۰ میکروثانیه نمایش داد.

- موج ضربه ناشی از بی برق کردن بارها با استفاده از کلیدهای معمولی یا کنتاکتورها. به علت کوتاه بودن طول دوره آنها، این گونه موجها به موج ضربه بسیار سریع معروف هستند.
- موج ضربه ایجاد شده توسط عملکرد فیوز که باعث حبس انرژی در اندوکتانس سیستم می گردد. این موج در ورودی کابلهای طویل بصورت تک جهته و به مدت چندصدمیکروثانیه طول می کشد. مقدار آن بستگی به اندوکتانس کابل و ترانسفورماتور تغذیه کننده محل خطا دارد
- موج ضربه ایجادشده توسط کلیدزنی خازنهای تصحیح ضریب قدرت. این موجها بصورت نوسانی میراشونده (از چندصدهرتز تا چندکیلوهرتز) می باشند و چندین میلی ثانیه طول می کشد. از نقطه نظر انرژی یک چنین موج نوسانی طولانی را می توان با پوشش قسمت نوسانی مدل سازی نمود.

برای آزمایش تجهیزات لازم است که شکل موج ضربه و پارامترهای آن مشخص شود تا به کمک آن بتوان تجهیزات را تحت یک سری آزمایش یکسان قرار داد و از عملکرد آن مطمئن گردید. به همین منظور در ادامه به تعاریف مربوط به انواع امواج ضربه و پارامترهای آن پرداخته می شود. از این اشکال و روابط نیز می توان برای شبیه سازی کامپیوتری نیز استفاده نمود.

۲-۴- (اصول حفاظتی در مقابل حالات گذرا)

اصول اساسی حفاظت در مقابل اضافه ولتاژ ناشی از وقوع حالات گذرا به قررا زیر است:

- محدود کردن ولتاژ روی عایقهای حساس

- منحرف نمودن موج ضربه جریان جهت جلوگیری از رسیدن این موج به محل بار و تجهیزات.
- جلوگیری از ورود جریان موج ضربه به بار
- یکی کردن زمین های مرجع با یکدیگر در تجهیزات
- کاهش یا جلوگیری از عبور ضربه جریان بین زمینها
- استفاده از یک فیلتر پایین گذرنده

برخی ترجیح می دهند که برقگیر را منحرف کننده موج ضربه بنامند. بهرحال برقگیر اگر بتواند مسیری با امپدانس پائین ایجاد نماید می تواند بعنوان منحرف کننده جریان عمل کند. این مورد همیشه امکانپذیر نبوده و جریان ضربه گاهی اوقات به سمت بار کلیدی و مهم دیگری به حرکت در می آید.

بسیاری از تجهیزات ممکن است دارای چندین کابل قدرت و فرمان باشند. همچنین ممکن است دو تجهیز در مجاورت همدیگر نصب شده و پرسنل و تجهیزات حساس مداوماً در تماس با آن دو باشند. در این صورت این احتمال وجود دارد که برخورد صاعقه باعث افزایش پتانسیل یک زمین نسبت به زمینهای دیگر شود که نتیجه آن ایجاد جرقه روی عایقی است که بین این دو زمین مرجع قرار می گیرد. بنابراین، تمام هادیهای زمین مرجع (زمین های ایمنی، غلاف کابلها و تابلوها) باید در محل بار یا تجهیز به یکدیگر متصل شوند. این امر از بالارفتن پتانسل زمین مرجع محلی جلوگیری نمی کند بلکه سبب می شود که پتانسیل تمام زمینهای مرجع مربوط به کابلهای فرمان و قدرت با یکدیگر افزایش می یابند.

سد کردن جریان ضربه، مؤثرترین راه برای جلوگیری از نفوذ موج جریان با فرکانس بالا مانند موج ضربه ناشی از کلیدزنی خازنی و یا موج ناشی از صاعقه می باشد. چون جریانهای با فرکانس قدرت باید از موج گیر عبور نمایند در نتیجه عملاً ساخت فیلترهایی که قادر به تشخیص بین جریانهای موج ضربه با فرکانس پایین و جریانهای فرکانس قدرت باشد بسیار مشکل و پرهزینه خواهد بود.

درصد زیادی از مسائل مربوط به حفاظت موج ضربه بدلیل حرکت موج جریان بین دو یا چند اتصال مجزا به زمین اتفاق می افتد. پدیده فوق در مسائل مربوط به صاعقه حائز اهمیت است زیرا مسیر جریان صاعقه به سمت زمین می باشد. و در واقع مقدار آن با نسبت امپدانس مسیرهای زمین تقسیم می گردد. در این حالت افت ولتاژ قابل ملاحظه ای روی هادیهای زمین ایجاد شده که غالباً روی عایقها اثر می گذارد. زمینها ممکن است که کاملاً درون شبکه داخلی مشترک قرار گرفته و یا تعدادی از آنها در شبکه توزیع وجود داشته باشند.

۲-۵-(تجهیزات مناسب پیشنهادی برای حفاظت علیه اضافه ولتاژهای گذرا)

۲-۵-۱- برقگیر:

همانطوری که در بخش قبل اشاره گردید برقگیرها وسایلی هستند که تجهیزات را با محدودکردن ولتاژ در مقابل اضافه ولتاژهای گذرا محافظت می کنند.

۲-۵-۲- ترانسفورماتور ایزوله:

ترانسفورماتورهای ایزوله برای تضعیف نویزهای با فرکانس بالا و موجهای گذرا بکار می روند. مهمترین پارامتر ترانسفورماتورهای ایزوله برای حذف موجهای گذرا، اندوکتانس نشتی آنها می باشد.

۲-۵-۳- فیلترهای پائین گذر:

این فیلترها از اندوکتانسهای سری و خازنهای موازی تشکیل می شوند که ترکیب آنها مسیر کم امپدانسی را به زمین برای فرکانسهای تشدید ایجاد می کند. در مسائل حفاظتی برقگیرها نیز به صورت موازی با آن بکار می رود.

۲-۵-۴- وسایل برق اضطراری با امپدانس کم:

وسایل برق اضطراری با امپدانس کم همراه با منابع تغذیه سوئیچینگ به کار می روند. اینگونه وسایل دارای امپدانس بسیار کوچکتری از ترانسفورماتورهای ایزوله بوده و به صورت داخلی دارای یک فیلتر نیز می باشند. فیلتر در خروجی قرار گرفته و عمل حفاظت را در مقابل موجهای با فرکانس بالای با مد نرمال و مد مشترک انجام می دهد. توجه کنید که اتصال نوترال به زمین جدیدی در سمت بار در این حالت بوجود می آید.

۲-۶- (توصیه ها و راهکارهای اجرایی در مقابله با حالات گذرا)

توصیه های ارائه شده در این بخش، پایه ای برای انتخاب مشخصات فنی مناسب جهت نیازهای طراحان و استفاده کنندگان تجهیزات خواهد بود. مشخصات مربوط به قابلیت تحمل تجهیز و سطوح آزمونی که این قابلیت را به اثبات برساند، از مسئولیتهای سازندگان تجهیزات است.

۲-۶-۱- (توصیه های اجرایی مرتبط با شرکتهای برق)

۲-۶-۱-۱- راهکارهای مقابله با حالت گذرای ناشی از کلیدزنی خازنها

در این بخش به چگونگی برخورد و نحوه مقابله با مسائل مرتبط با حالت گذرای کلیدزنی خازنی پرداخته می شود و پیشنهاداتی که به عنوان دستورالعمل قابل استفاده می باشند ارائه می گردد.

(زمان وصل خازن)

حالات گذرای ناشی از کلیدزنی خازنی بسیار مرسوم بوده و معمولاً آسیب رسان نمی باشند. بهرحال، زمان وقوع عمل کلیدزنی می تواند برای بعضی از بارهای حساس نامطلوب باشد. برای مثال، همانطور که می دانیم مقدار بار راکتیو سلفی در بعضی از ساعت روز بالا می رود و در نتیجه شرکتهای برق تصمیم می گیرند که خازنهایی را وارد مدار سازند. اگر زمان این کلیدزنی ها مصادف با شروع یک شیفت کاری شود، ممکن است بارهای حساس مانند محرکه های با قابلیت تنظیم سرعت را از کار بیاندازد. راه حل ساده و ارزان در این مورد این است که زمان قابل قبول کلیدزنی خازنی از دیدگاه مشترکین تعیین گردد.

(قراردهی مقاومت در مرحله کلیدزنی)

قراردادن مقاومت می تواند حالت گذرای ناشی از کلیدزنی را بطور قابل ملاحظه ای کاهش دهد. اولین پیک موج گذرا، آسیب رسان ترین آن نیز می باشد. قراردادن مقاومت در مدار کلیدزنی سبب می شود که اولین پیک موج گذرا بصورت قابل ملاحظه ای میرا گردد.

(اتصال سنکرون)

روش دیگر برای کاهش حالت گذرای ناشی از کلیدزنی خازنی، استفاده از وصل کننده های سنکرون می باشد. روش کار اینگونه وسایل بدین صورت است که زمان وصل کنتاکتها به نحوی انتخاب می شود که ولتاژ خازن برابر با ولتاژ سیستم باشد.

(محل نصب خازن)

در فیدرهای توزیع، خازن ها ممکن است نزدیک به یک مشترک حساس و یا در محلی که اضافه ولتاژ گذرا امکان تقویت شدن را داشته باشد نصب شوند. اغلب این امکان وجود دارد که برای حل مشکل، خازنها را به محل دیگری از خط و یا به شاخه دیگری از شبکه انتقال داد. اضافه نمودن میرایی سیستم با افزودن مقاومت در مدار و یا قراردادن امپدانس بیشتری بین خازن و مشترکین حساس، اساس این کار می باشد.

۲-۶-۲-۱- (راهکارهای مقابله با حالت گذرای ناشی از موج صاعقه)

بسیاری از مسائل کیفیت برق ناشی از صاعقه می باشند. موج ضربه با ولتاژ بالا نه تنها باعث آسیب رساندن به تجهیزات می گردد، بلکه خطای موقتی که بعد از برخورد صاعقه به خط پیش می آید می تواند باعث قطعی یا فلش ولتاژ شود. در ادامه، روشهایی که شرکتهای برق برای کاهش اثر برخورد صاعقه می توانند مورد استفاده قرار دهند توضیح داده خواهد شد.

(استفاده از سیم گارد در خطوط)

یکی از روشهایی که شرکت برق می توانند برای جلوگیری از برخورد مستقیم صاعقه به هادیهای فاز انجام دهند استفاده از سیم گارد برای خطوط و تأسیسات می باشد. این راهکار بسیار مفید بوده ولی به دلیل احتمال وقوع قوس برگشتی نمی توان از بروز قوس بطور کامل جلوگیری کرد.

امروزه توصیه می شود در بخشهایی از خطوط توزیع که احتمال برخورد صاعقه در آنها زیاد است از سیم گارد استفاده شود تا تعداد خطاها کاهش یابد. با این کار کیفیت برق نیز بهبود خواهد یافت.

(استفاده از برقگیرها)

راهکار دیگری که در مناطق صاعقه خیز می توان از آن بهره گرفت استفاده از برقگیرها است. معمولاً قوس برگشتی ابتدا در مقره های برج رخ می دهد. بنابراین، جلوگیری از بروز قوس برگشتی در مقره ها به نحو مؤثری قطعیها را کاهش خواهد داد. با توجه به هزینه کمتر، استفاده از برقگیرها، اقتصادی تر از بکاربردن سیم گارد خواهد بود.

۲-۶-۲- (توصیه هایی اجرایی مرتبط با مشترکین صنعتی و شرکتهای برق در طرف فشار ضعیف)

۲-۶-۲-۱- پیشنهاداتی در خصوص حفاظت ترانسفورماتور

عموماً از دو روش برای حفاظت ترانسفورماتور استفاده می شود:

- تغییر طراحی ترانسفورماتور
- بکارگیری برقگیر در ترمینالهای ثانویه ترانسفورماتور

کاملاً واضح است که روش اول در هنگام طراحی ترانسفورماتور باید مورد توجه قرار گیرد و زمانی که ترانسفورماتور ساخته شد دیگر نمی توان تغییری در آن ایجاد کرد. با توجه به نکات فوق مناسبترین روش، استفاده از برقگیرها در طرف فشار ضعیف است.

۲-۶-۲-۲- پیشنهاداتی در خصوص حفاظت کابل

یکی از مهمترین علل قطع برق، خرابی کابلهای زیرزمینی است. هرچه از عمر کابل می گذرد، عایق آن ضعیفتر شده و حتی یک اضافه ولتاژ گذرای کوچک نیز می تواند موجب خرابی کابل شود.

به هر حال استفاده از برقگیر می تواند طول عمر کابل را زیاد کند. برای حفاظت بالاتر می توان یکی از روشهای زیر را بکاربرد:

- اضافه کردن برقگیردر نقطه مدار باز
- اضافه کردن برق گیر در یکی مانده به آخرین ترانسفورماتور
- اضافه کردن برق گیر در هر ترانسفورماتور
- اضافه کردن برق گیرهای ویژه با ولتاژ تخلیه کم
- تزریق مایع عایقی به کابل
- استفاده از شمای برق گیر اسکات در اولیه

با توجه به اینکه طول عمر کابل تابعی نمائی از تعداد ضربه هایی است که با دامنه مشخص به کابل وارد می شود، بنابراین هر وسیله ای که بتواند دامنه موجهای ضربه را کاهش دهد قادر به افزایش طول عمر کابل خواهد بود.

۲-۶-۳- (توصیه هایی در خصوص محل قرارگیری تجهیزات مشترکین و حفاظت آنها)

در صورتی که در طبقه بالای ساختمانها از سیستم حفاظتی استفاده شده باشد با توجه به وجود هادیهای متعددی که بالای ساختمان قرار می گیرند باید از نصب تجهیزات الکترونیکی حساس در این طبقات خودداری شود.

- شبیه به آنچه در بالا پیشنهاد گردید از قراردادن تجهیزات حساس الکترونیکی نزدیک به دیوار خارجی ساختمان بخصوص در گوشه های ساختمان خودداری شود (بدلیل عبور سیستم برقگیر)
- از قراردادن تجهیزات حساس در نزدیکی سازه های فلزی بلند خودداری شود.این بخش از ساختمان مسیر مناسبی برای عبور جریان صاعقه به زمین می باشد.
- صاعقه می تواند همچنین باعث ایجاد حالت گذرا در سیستم توزیع (سیم کشی) ساختمان شود. در برابر این شرایط باید سیستمها حفاظت شوند. این حفاظتها شامل حفاظت منبع تغذیه ورودی به ساختمان می باشد. در صورتی که ساختمانها دارای چندین منبع تغذیه ورودی و یا تابلوی ورودی باشند تمامی این منابع باید حفاظت شوند بنحوی که کیفیت نامناسب ولتاژ به تجهیزات وارد نشود.
- کابلهای برقی که از ساختمان خارج می شوند نیز باید حفاظت گردند زیرا در این حالت شرایط گذرا می تواند به ساختمان برگردد. تجهیزات حساس خارجی را باید بصورت محلی حفاظت نمود.

۲-۶-۴- (نکاتی در خصوص ایمنی تجهیزات با ولتاژ فشار ضعیف)

در این بخش پیشنهاداتی ارائه خواهد شد که بتوان به کمک آنها ایمنی تجهیزات متصل به ولتاژ رده پایین را در مقابل موج ضربه افزایش داد.

ایمن سازی تجهیزات در مقابل امواج گذرا علاوه بر اینکه یک مسئله فنی بشمار می آید یک مسئله اقتصادی نیز می باشد. زیرا روشی که امکان تحمل کافی در مقابل موج ضربه را برای یک دستگاه بوجود آورد می تواند غیراقتصادی بوده از سویی دیگر نیز شاید از نظر تکنیکی و فنی قابل دستیابی نباشد.

یک طراحی می تواند بسته به نیازهای کاری تجهیزات از یک سو و نوع محیطی که این وسیله در آن مورد استفاده قرار می گیرد به یک طراحی سیستم حفاظتی مناسب دست یابد. در این حالت دو مرحله باید مد نظر قرار گیرد. اولین مرحله تشخیص نوع محیطی است که وسیله باید در آنجا نصب گردد و دومین مرحله انتخاب مشخصه مناسبی براساس نیازهای دستگاه می باشد.

ایمن سازی تجهیزات در مقابل موج ضربه در محل برق ورودی به تجهیز را می توان با طراحی مناسب تجهیز براساس شرایط واقعی محیطی و نیز میزان واقعی اضافه ولتاژ انجام داد. مسئله ای را که باید در این طراحی مورد نظر قرار دارد هماهنگی بین قابلیت تحمل در مقابل موج ضربه قسمتهای مختلف مدارات داخلی تجهیزات می باشد.برای سیستمهای ساده کافی است که عملکرد تجهیزات حفاظتی را در مقایسه با قابلیت تحمل تجهیزات مورد بررسی قرار داد. برای سیستم های پیچیده تر و یا سیستم های غیرخطی تخمین عملکرد

مدارات حفاظتی در مقابل موج ضربه بسیار مشکل می باشد و بنابراین نیاز به آزمایشهای دقیق خواهد بود.

تعیین قابلیت تحمل دستگاه با در نظر گرفتن شرایط اقتصادی باید انجام شود. طراحی محافظه کارانه تجهیزات به منظور ایمنی آن در برابر بزرگترین موج ضربه ای که امکان بروز آن وجود دارد منجر به هزینه های اضافی خواهد شد.

مشخص کردن مقدار حداکثر تنشی که امکان بوجود آمدن آن وجود دارد نمی تواند حفاظت کاملی را ایجاد کند. دلایل این امر را می توان چنین برشمرد:

- خرابی دستگاه ممکن است در مقدار پایین ترین از حداکثر تنش ایجادشده اتفاق بیافتد. بنابراین اطلاعات غیردقیقی نسبت به سطحی که باعث خرابی دستگاه شده است بدست می آید.
- این امکان وجود دارد که دستگاه در مقابل دامنه حداکثر موج ضربه امکان پذیر ایستادگی نماید ولی در برابر امواج ضربه ای ضعیف تر خراب شود.

بطور عمومی می توان گفت که سطح ایمنی هر تجهیز خاص یک پارامتر تک مقداره نمی باشد بلکه بوسیه یک سری توزیع آماری بیان می شود. علاوه بر آن، مقدار موج ضربه برروی ورودی تجهیز نیز دارای توزیع آماری است. بنابراین ضربه پذیری تجهیزات در برابر یک سطح موج ضربه از تداخل احتمالی این دو توزیع بدست می آید.

محیط الکترومغناطیسی که یک تجهیز خاص قرار است در آن کار بکند متغیر می باشد. علاوه بر آن، محیطهایی که در دید اول ثابت فرض می شوند نیز در اثر مرور زمان تغییر

می کنند زیرا عوامل مختلفی شامل عوامل جغرافیایی، محیطی، فصلی و تغییرات سالانه در بوجود آمدن حالت گذرا دخالت دارند.

فصل سوم

پفلش و قطعی ولتاژ

فصل سوم

(فلش و قطعی ولتاژ)

۳-۱- مقدمه:

فلش ولتاژ، کاهشی در دامنه ولتاژ موثر با طول دوره کوتاه مدت (۰/۵ سیکل تا یک دقیقه) است که معمولاً علت آن ایجاد اتصال کوتاه در شبکه و یا راه اندازی موتورهای بزرگ بوده و شرکتهای برق با مسائل مختلفی در خصوص آن مواجه می باشند.

دلایل متعددی برای بررسی فلش ولتاژ وجود دارد که از مهمترین دلایل می توان به وجود بارهای حساس در برخی از مشترکین اعم از مسکونی، تجاری و صنعتی اشاره نمود. وسایل مورد استفاده توسط مشترکین مانند کنترل کننده ها، محرکه های با قابلیت تنظیم سرعت، کامپیوترها و غیره به فلش ولتاژ بسیار حساس هستند. حتی رله ها و کنتاکتروهایی که برای راه اندازی موتورها استفاده می شوند نسبت به این پدیده حساسیت نشان می دهند.

قبل از بررسی کامل فلش ولتاژ لازم است تفاوت بین یک قطعی (فقدان کامل ولتاژ) و فلش ولتاژ مشخص شود. قطعی زمانی اتفاق می افتد که وسیله ای حفاظتی، مدار تغذیه یک مشترک مشخص را قطع کند. چنین عملکردی در شبکه های برق هنگامی رخ می دهد که اتصال کوتاهی در شبکه اتفاق افتد. از طرف دیگر، در هنگام اتصال کوتاه ممکن است در محدوده وسیعی از شبکه قدرت، امکان ایجاد فلش ولتاژ وجود داشته باشد ایجاد اتصال کوتاه در فیدرهای موازی یا در شبکه انتقال باعث تولید فلش ولتاژ می گردد ولی نتیجه آن

قطعی ولتاژ نخواهد بود و نتیجتاً امکان وقوع فلش ولتاژ بسیار بیشتر از قطعی ولتاژ خواهد بود.

دامنه و طول دوره زمانی، دو مشخصه اصلی فلش ولتاژ هستند. دامنه فلش به معنی ولتاژ موثر بوجود آمده در اثر یک واقعه بوده که برحسب درصد یا پریونیت بیان می گردد. برای مثال دامنه فلش ۹۰ درصدی بدین معناست که ولتاژ ۱۰درصد نسبت به مقدار نامی خود افت کرده است. طول دوره زمانی فلش ولتاژ نیز بستگی به مشخصه تجهیزات حفاظتی دارد.

۳-۲- (علل ایجاد فلش ولتاژ)

علت اصلی وقوع فلش ولتاژ اتصال کوتاه در شبکه می باشد. از سوی دیگر راه اندازی موتورها نیز می تواند موجب فلش ولتاژ شود، اما به هر حال مدت زمان آن معمولاً بیشتر از ۳۰ سیکل بوده و دامنه فلش ولتاژ بوقوع پیوسته در اثر آنها کم خواهد بود. اتصال کوتاه می تواند در هر نقطه از شبکه و یا حتی در شبکه داخلی یک مشترک رخ دهد و تا زمانی که خطا توسط وسیله حفاظتی رفع شود فلش ولتاژ ادامه خواهد داشت.

۳-۲-۱- (فلش ولتاژ در اثر اتصال کوتاه)

۳-۳- (تخمین مشخصه های مختلف فلش ولتاژ:)

۳-۳-۱ـ(تخمین اندازه فلش ولتاژ در طی راه اندازی موتور با ولتاژ کامل:)

در اثر راه اندازی یک موتور القایی، فلش ولتاژی با تغییرات سریع بوجود می آید و سپس بتدریج به حالت اولیه خود باز می گردد. اگر راه اندازی با ولتاژ کامل صورت گیرد، فلش ولتاژ برحسب پریونیت به شکل زیر بیان می شود.

$$V_{\min}(pu) = \frac{V(pu).KVA_{SC}}{KVA_{LR} + KVA_{SC}}$$

که در آن:

Vmin (pu) = دامنه فلش ولتاژ

V (pu) = ولتاژ واقعی سیستم برحسب پریونیت

KVA_{LR} = توان ظاهری موتور در حالت قفل روتور

KVA_{SC} = قدرت اتصال کوتاه سیستم در محل نصب موتور بالاتر از حداقل مجاز ولتاژ حالت ماندگار تجهیزات حساس باشد، راه اندازی با ولتاژ کامل قابل قبول است. در غیراینصورت باید از روشهای دیگر راه اندازی استفاده نمود.

۳-۳-۲- (تخمین فلش ولتاژ در اثر اتصال کوتاه):

دامنه و طول دوره زمانی فلش های ولتاژ بوقوع پیوسته در اثر اتصال کوتاه قابل پیش بینی هستند. دامنه فلش را می توان توسط روابط ریاضی محاسبه نمود و مدت زمانی که فلش ولتاژ اتفاق می افتد نیاز به تخمینی از کل زمان رفع خطا توسط وسایل حفاظتی دارد. شکل موج فلش ولتاژ را می توان توسط تحلیل گذرای شبکه پیش بینی نمود.

روش پیش بینی مشخصات یک فلش ولتاژ بسیار سرراست است. ابتدا باید یک مدل الکتریکی دقیق از سیستم تهیه شود. سپس با اعمال اتصالی در نقاط مختلف شبکه میزان

دامنه فلش ولتاژ در محل بار موردنظر بدست آورده شود. بعد از آن به کمک استفاده از مشخصه تجهیزات حفاظتی، دوره زمانی فلش تخمین زده می شود.

۳-۳-۲-۱-(دامنه فلش ولتاژ)

برای محاسبه دامنه فلش ولتاژ احتیاج به امپدانسهای شبکه، امپدانس خطا و فاصله محل وقوع خطا نسبت به بار موردنظر خواهد بود. همچنین نوع اتصال ترانسفورماتورها و ولتاژ قبل از وقوع فلش در محاسبات دخیل می باشند. شکل ۳-۳ یک مقسم امپدانسی را که برای محاسبه دامنه فلش بکار می رود نشان می دهد. در این حالت می توان نوشت:

$$V_{sag} = \frac{Z_2 + Z_f}{Z_1 + Z_2 + Z_f}$$

شکل ۳-٤ و روابط ۳-۳ الی ۳-۵ محاسبات مربوط به دامنه فلش ولتاژ بوجود آمده در اثر یک اتصالی سه فاز با امپدانس Zf=0 را نشان می دهد. اگر در حل مسئله از مقاومتها صرفنظر شود، محاسبات ساده تر خواهد بود. اما در عمل، هرجا که لازم باشد باید از مقاومت و توالی های منفی و صفر نیز استفاده نمود.

هنگامی که جریان خطا از شینه بی نهایت به سمت نقطه A حرکت می کند، ولتاژ در نقطه B برابر خواهد بود با:

$$VB = \frac{j1.05}{j0.2 + j0.67 + j0.7 + j1.05} = 0.4\,pu$$

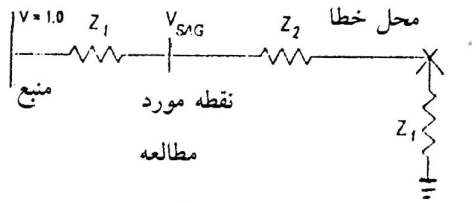
ولتاژ در شینه ۲۰ کیلوولت و کلیه بارهای روی F_1, F_3 شامل نقطه C در شکل ۳-۱ برابر است با:

$$V20kv = \frac{j0.7 + j1.05}{j0.2 + j0.67 + j0.7 + j1.05} = 0.67\,pu$$

ولتاژ در شینه ٦٣ کیلوولت برابر است با:

$$V63kv = \frac{j0.67 + j0.7 + j1.05}{j0.2 + j0.67 + j0.7 + j1.05} = 0.92\,pu$$

این روابط ساده نشان می دهد که چگونه وقوع خطا در یک فیدر، ولتاژ فیدرهای دیگر را دچار تغییرات می کند.



شکل ۳ـ۳: مقسم امپدانسی برای محاسبه دامنه فلش

۳-۳-۲-۲- (طول دوره زمانی فلش ولتاژ)

دوزه زمانی هر فلش ولتاژ بستگی به مشخصه تجهیزات حفاظتی دارد. تجهیزات رفع خطا انواع متعددی داشته ولی مشخصه عمومی همه آنها، وجود یک زمان حداقل است که تا رفع کامل خطا طول می کشد.

زمان رفع خطا برای تعدادی از تجهیزات مرسوم بکاررفته در سیستم های قدرت در جدول ۳-۱ آمده است.

جدول ۳-۱ زمانهای رفع خطای نمونه

نوع تجهیزات رفع کننده خطا	زمان رفع خطا (سیکل)		
	حداقل	تأخیر زمانی	تعداد دفعات
فیوز	۰/۵	۰/۵ تا ٦۰	ندارد
فیوز محدودکننده جریان	۰/۲۵ یا کمتر	۰//۲۵ تا ٦۰	ندارد
وصل کننده مجدد الکترونیکی	۳	۱ تا ۳۰	۰ تا ٤
کلیدهای روغنی	٥	۱ تا ٦۰	۰ تا ٤
کلیدهای SF6 یا خلاء	۳	۱ تا ٦۰۰	۰ تا ٤

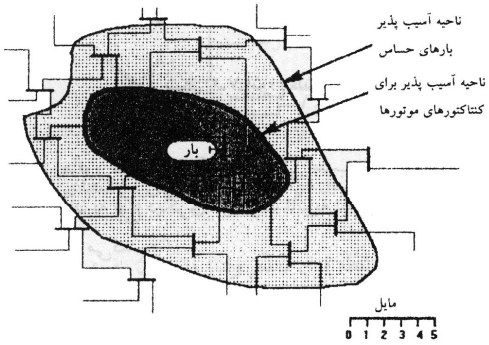
۳-۳-۲-۳-نرخ وقوع فلش ولتاژ (فرکانس فلش ولتاژ):

پیش بینی نرخ وقوع فلش ولتاژ نیاز به یک مدل دقیق از امپدانس شبکه و اطلاعات مربوط به قابلیت اطمینان برای کلیه تجهیزات موجود در شبکه دارد. روش کار بدین صورت است که ابتدا باید تجهیزاتی از شبکه که اتصالی روی آنها فلش ولتاژ قابل ملاحظه ای در نقطه مورد مطالعه بوجود می آورد تشخیص داده شده و سپس احتمال وقوع هر اتصالی محاسبه شود. به هر حال راحت تر است که تشخیص دهیم کدام قسمت هر خط می تواند در صورت بروز یک اتصالی در آن، فلش ولتاژ قابل ملاحظه ای ایجاد کند.

۳-۳-۲-۴- (حوزه آسیب پذیری):

در محاسبه احتمال وقوع یک فلش ولتاژ با اندازه ای کمتر از یک مقدار مشخص واژه حوزه آسیب پذیری بکار می رود. شکل حوزه آسیب پذیری یک مشترک صنعتی را که توسط

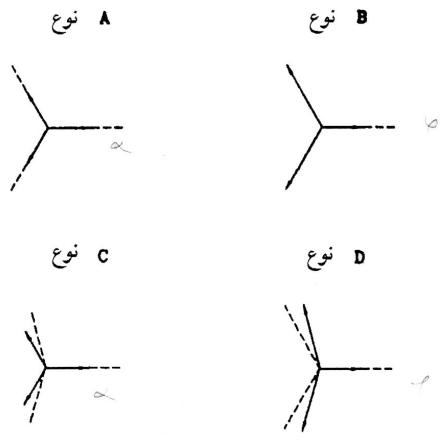
سیستم انتقال تغذیه می شود نشان می دهد. به کمک شبیه سازی می توان مقدار فلش ولتاژ موردانتظار را در اثر ایجاد خطا در نواحی مختلف این سیسم بدست آورد و ولتاژ در شینه بار را به عنوان تابعی از محل خطا ارائه نمود. حوزه آسیب پذیری برای یک سطح مشخص فلش ولتاژ محاسبه می شود.



شکل ۳ـ۶: توصیف حوزه آسیب‌پذیری یک سیستم انتقال

۳-۳-۲-۵- (رده بندی فلش های ولتاژ):

وجود ترانسفورماتور در یک شبکه الکتریکی سبب می شود که فلش ولتاژ بوجود آمده در اطراف اولیه آن به نوع دیگری در طرف ثانویه تبدیل شود و در برخی حالات نیز دامنه فلش ولتاژ تغییر می کند.



شکل ۳ـ۷: انواع فلش‌ها

۳-۷- (رابطه بین فلش ولتاژ و عملکرد تجهیزات):

همچنانکه اشاره گردید فلش ولتاژ پدیده ای است که می تواند روی قابلیت اطمینان مشترکین صنعتی تأثیر بسزایی داشته باشد. کنترل کننده های مدرن، فرآیندهای صنعتی و محرکه های با قابلیت تنظیم سرعت نسبت به فلش های ولتاژ بسیار حساس هستند و وقوع فلش ممکن است حتی منجر به خروج از مدار یک فرآیند صنعتی شود توانایی در محاسبه و پیش بینی فلش ولتاژ فرصتی منحصر به فرد ایجاد می کند تا با استفاده از آن بتوان از وقوع بساری از مسائل و مشکلات جلوگیری نمود.

۳-۷-۱- (نحوه گزارش فلش های ولتاژ)

۳-۷-۱-۱- (تعداد فازها)

فلش ولتاژ هر فاز یک سیستم سه فاز معمولاً متفاوت است. در اثر اتصال کوتاه یک دو یا هر سه فاز ممکن است با ولتاژهای به حد کافی پائینی مواجه شوند که فلش ولتاژ نامیده شدند. حتی اگر هرسه فاز هم دچار فلش ولتاژ شوند، مقادیر دامنه آنها با هم متفاوت خواهد بود. بنابراین در هنگام وقوع یک فلش ولتاژ، می توان فوراً مشخص نمود که دامنه مربوط به کدام فاز، دامنه فلش ولتاژ واقعی در نظر گرفته می شود.

۳-۷-۱-۲- (مسئله وصل مجدد)

عمل وصل مجدد اتوماتیک برای شبکه های قدرت عملی معمول است. در حضور این پدیده. مسئله محاسبه تعداد فلش ولتاژ به دو روش انجام می گیرد.

در روش اول، اگر چندین فلش در طی یک پریود کوتاه زمانی (مثلاً ۳ دقیقه) به وقوع بپیوندد، تنها یک فلش در نظر گرفته می شود.

در روش دوم کلیه فلش ها حتی اگر در طول چند ثانیه اتفاق بیافتند، به حساب آورده می شوند. این روش تعداد فلش های بوقوع پیوسته را دقیقاً مشخص می سازد، اما به هر حال ممکن است تعداد خروج از مدارهای تخمینی بیش از مقدار واقعی باشد.

۳-۷-۱-۳-(طول دوره زمانی)

اکثر روشهایی که طول دوره زمانی را ارائه می دهند، فلش ها را به صورت مستطیلی فرض کرده که در آن مدت زمان فلش ولتاژ نیز مشخص است. به هر حال در برخی اوقات فلش ها به صورت مستطیلی نمی باشند. مثلاً گاهی اوقات در هنگام اتصالی، مقدار امپدانس خطا تغییر می کند و فلش ولتاژ ممکن است در یک واقعه دارای دو یا چند دامنه باشد. وجود موتورهای با قدرت بالا نیز گاهی اوقات شکل فلش را تغییر می دهند.

۳-۷-۲- (ارائه منحنی های هماهنگی مربوط به فلش ولتاژ)

به منظور بررس رفتار تجهیزات مختلف مشترکین بخصوص صنعتی در برابر فلش ولتاژ از منحنی هماهنگی فلش ولتاژ استفاده می شود. این منحنی مشخصه فلش و پاسخ تجهیزات مختلف مشترکین نسبت به آن را برروی یک نمودار نمایش می دهد. در این نمودار محور افقی طول دوره زمانی و محور عمودی دامنه فلش را نشان داده و مجموعه ای از کانتورها مشخصه فلش را روی این نمودار مشخص می کنند. هرکانتور تعداد فلش در سال را ارائه می دهد.

۳-۷-۲-۱- (نمایش مشخصات فلش ولتاژ در یک شبکه الکتریکی)

نمایش مشخصات فلش ولتاژ در شبکه احتیاج به اطلاعاتی در زمینه پیش بینی دامنه فلش و طول دوره زمانی آن دارد. این اطلاعات که می توانند از مونیتورینگ یا روشهای پیش بینی بدست آیند، دامنه و طول دوره زمانی فلش را در درایه های یک ماتریس یا جدول قرار می دهند و سپس داده ها به صورت کانتور در شکل گرافیکی نمایش داده می شود.

به عنوان مثال جدول ۳-۱٤ که محدوده ولتاژ را در سطرها و پنج بازه زمانی را در ستونهای خود ارائه داده و روی هم ٤٥ درایه را نشان می دهد. هرکدام از فلش های اندازه گیری شده یا پیش بینی شده دارای دامنه و طول دوره زمانی است که تنها با یکی از ٤٥ درایه فوق تطبیق می یابد. تعداد درایه ها با توجه به میزان دقت موردنیاز یک مسئله می تواند متفاوت باشد.

در این مثال هرکدام از ٤٥ درایه، احتمال وقوع یک فلش در سال را دارا می باشند. بدین معنی که در یک سال ٤٥ فلش ولتاژ وجود داشته و مشخصه هر فلش بر یک درایه منطبق است.

جدول ۳-۱٥ تعداد تجمعی وقوع فلش هایی که دارای دامنه کمتر یا مساوی و طول دوره زمانی بلندتر یا مساوی وضعیت شدیدتر از هر درایه جدول ۳-۱٤ می باشند را نشان می دهد. در این جدول دامنه ها و طول دوره های زمانی تنها یک عدد (به جای یک محدوده) است. برای مثال در درایه دامنه ٥۰٪ و طول دوره زمانی ۰/٤ ثانیه عدد ۱٥ وجود دارد. عدد مشخص شده ۱٥ در جدول ۳-۱٥ مجموع کلیه ۱٥ درایه مشخص شده در جدول ۳-۱٤ را

نشان می دهد. این بدان معنی است که ۱۵ فلش با دامنه کمتر یا مساوی ۵۰٪ و با طول دوره زمانی بیشتر از ۰/٤ ثانیه در سال رخ می دهد.

قدم بعدی تبدیل جدول ۳-۱۵ به یک سری از کانتورها (مشابه کانتورهای ارتفاع در نقشه های جغرافیایی) می باشد. منحنی کانتوری جدول ۳-۱۵ را نشان می دهد. خطوط نشان داده شده تعداد فلش ها در هر سال را ارائه می دهند.

به منظور بدست آوردن شکل ۳-۲۷ از روی جدول ۳-۱۵ مراحل زیر باید دنبال شود.:

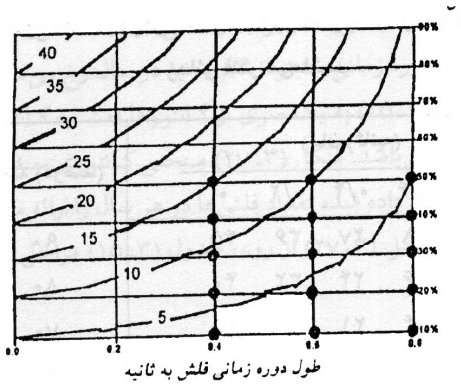
جدول ۳-۱٤ : شمارش وقایع در هر درایه

مدت زمان (ثانیه)					
دامنه (درصد)	< ۰/۲	۰/۲< ۰/۴	۰/۴ < ۰/۶	۰/۶< ۰/۸	> = ۰/۸
> ۸۰-۹۰	۱	۱	۱	۱	۱
> ۷۰-۸۰	۱	۱	۱	۱	۱
> ٦۰-۷۰	۱	۱	۱	۱	۱
> ۵۰-٦۰	۱	۱	۱	۱	۱
> ٤۰-۵۰	۱	۱	۱	۱	۱
> ۳۰-٤۰	۱	۱	۱	۱	۱
> ۲۰-۳۰	۱	۱	۱	۱	۱
> ۱۰-۲۰	۱	۱	۱	۱	۱
۰-۱۰	۱	۱	۱	۱	۱

جدول ۳-۱۵ مجموع تعداد وقایعی که دارای مقدار کمتر یامساوی با هر دامنه و طـول دوره زمانی فلش می باشند.

دامنه (درصد)	زمان ثانیه				
	۰	۰/۲	۰/۴	۰/۶	۰/۸
۹۰	٤۵	۳٦	۲۷	۱۸	۹
۸۰	٤۰	۳۲	۲٤	۱٦	۸
۷۰	۳۵	۲۸	۲۱	۱٤	۷
٦۰	۳۰	۲٤	۱۸	۱۲	٦
۵۰	۲۵	۲۰	۱۵	۱۰	۵
٤۰	۲۰	۱٦	۱۲	۸	٤
۳۰	۱۵	۱۲	۹	٦	۳
۲۰	۱۰	۸	٦	٤	۲
۱۰	۵	٤	۳	۲	۱

برای رسم منحنی مربوط به عدد ۵، کافی است ابتدا به ازای دانه هـای مختلـف فلـش ولتـاژ، مدت زمان مربوط به تعداد وقوع ۵ فلش در سال بدست آید و سپس مقدار دامنه و زمان آن یادداشت و در شکل آورده شود. بعنوان مثال به ازای دامنه ۱۰ درصـد و زمـان صـفرثانیه عدد پنج در جدول مشاهده می شود. بنابراین اولین نقطه، نقطه (۱۰٪، ۰ ثانیه) می باشـد. در مورد دامنه ولتاژ ۲۰٪ عدد پنج در ردیف مربوط به ۲۰ درصد دیده نمی شود، لذا با استفاده از درونیابی مدت زمان مربوط به آن حدود ۰/۵ ثانیه محاسبه می شود. بنابراین نقطه بعدی (۲۰٪ و ۰/۵ ثانیه) خواهد بود. در مورد دامنه ولتاژ ۳۰٪، زمان متناظر با تعداد وقوع ۵ فلش در سال در حدود ۰/٦٦ ثانیه خواهد بود. بنابراین نقطه بعدی (۳۰٪، ۰/٦٦ ثانیـه) اسـت. اگـر همین روند را ادامه دهیم به نقاط (٤۰٪، ۰/۷۵ ثانیـه) و (۵۰٪ ۰/۸ ثانیـه) مـی رسـیم. بـرای مقادیر ۵۰٪ به بالا نیز عدد ۵ را نمی توان در مقادیر موجود در جدول ۳-۱۵ پیدا نمود و لذا در شکل وجود نخواهند داشت. در انتها برای رسم منحنی مربوط به تعداد وقوع ۵ فلـش در سال کافی است نقاط به دست آمده را به یکدیگر متصل نمود. برای منحنی مربوط به تعـداد وقوع ۱۰ تا ٤۰ فلش در سال نیز می توان همین روند را دنبال کرد.



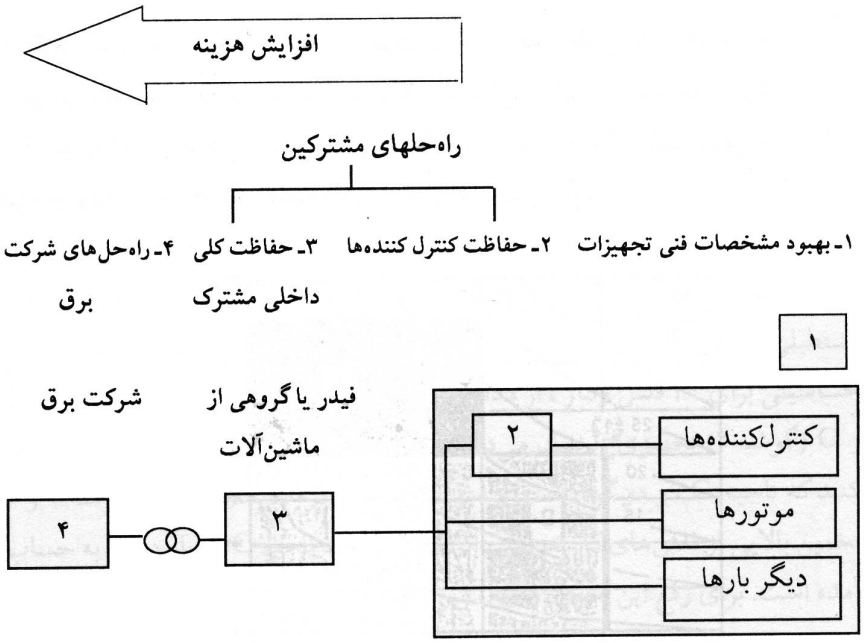
شـکل ۳ـ۲۷: کانتورهای مربوط به فلش که از روی جدول (۳ـ۱۵) کشیده شده‌اند

همانطور که در شکل فوق مشاهده می شود، کانتور با تعداد فلش ۱۵، محل تلاقی ۰/٤ ثانیه یا بیشتر و دامنه ۵۰٪ یا کمتر است. نقاط سیاه در گوشه سمت راست و پایین شکل ۳-۲۷ ۱۵ فلش متمایز در جدول ۳-۱۵ را نشان می دهد ۱۵ نقطه سیاه در سطح مستطیلی مشخص شده در پایین و سمت راست کانتور وجود دارد. به طور مشابه کانتور با تعداد فلش ۲۰ نشان می دهد که ۲۰ فلش طولانی تر یا مساوی با ۰/۲ ثانیه و دامنه ۵۰ درصد یا کمتر وجود دارد. همچنین فلش های واقعی ممکن است جایی در محدوده بیان شده بوده و مستقیماً روی محورها قرار نداشته باشند. در این حالت باید درونیابی خطی بین خطوط کانتور و محورها انجام گیرد به عنوان مثال حدود ۳۲ فلش طولانی تر یا مساوی ۰/۲ ثانیه و دامنه ۸۰ درصد یا کمتر در شکل ۳-۲۷ وجود دارد.

۳-۸- (اصول اساسی حفاظت در مقابل فلش ولتاژ)

شکل ۳-۳۰ انواع مختلف این روشها و هزینه نسبی آنها را نشان می دهد. همانطور که در شکل مشاهده می شود، معمولاً ارائه راه حل در پایین ترین سطح و نزدیک به بار کمترین هزینه را دربر خواهد داشت. هرچه قدر از راه حل های پیچیده تر استفاده شود، معمولاً هزینه بیشتری به بار خواهد آورد. ساده ترین راه حل این است که مشترک برای سازنده وسیله، فلش ولتاژی را که این دستگاه می تواند تحمل کند مشخص کند. اگر در زمان خرید وسیله این نکته مشترک بیان گردد، بسیاری از سازندگان می توانند عملکرد تجهیزات را در هنگام فلش ولتاژ بهبود بخشند. در سطح بعدی، امکان استفاده از منابع تغذیه قطع نشدنی UPS یا دیگر منابع اضطراری مطرح می گردد.

این راه حل در مواقعی استفاده می شود که خود وسیله قادر به تحمل فلش یا قطعی ولتاژ می باشند اما کنترل کننده های آنها به طور اتوماتیک آنها را از مدار خارج می سازند.



شکل ۳- ۳۰: روشهای خلاصی از فلش ولتاژ

در سطح سوم موجود در شکل، می توان از منابع تغذیه پشتیبان با قابلیت تأمین بار برای یک پریود مختصر استفاده نمود. سطح چهارم روشهایی را که برای کاهش فلش و قطعی ولتاژ به شرکت های برق پیشنهاد می دهد. در ادامه راه حلهای بیان شده در بالا توضیح بیشتری داده می شود.

۳-۸-۱-(مسائل مربوط به مشترکین)

مشترکین برای رهایی کامل از فلش ولتاژ در هر شرایط، احتیاج به سیستمی دارند که طی حدود نیم سیکل عکس العمل نشان داده و توانی نزدیک به توان نرمال را برای حدود چند ثانیه تأمین نماید تا اینکه ولتاژ به طور کامل به حالت اولیه خود بازگردد. این عمل نیاز به یک منبع ذخیره کننده انرژی یا یک منبع دیگر انرژی دارد. وسایل فوق باید خیلی سریع عمل

نمایند یا همواره در مدار باشند. بدلایل اقتصادی، در یک مشترک صنعتی این نوع سیستمها تنها بارهای کلیدی را پوشش می دهند. غالباً این بارهای کلیدی شامل یک سری از کنترل کنده های الکترونیکی و تجهیزات کامپیوتری بوده که سیستم ها UPS معمولی می توانند مسئله فوق را انجام دهند. به هر حال در روشهای جدید، تغذیه کل بارهای یک مشترک در زمان قطع مدنظر قرار می گیرد. این روشها به تولید وسایل ذخیره کننده انرژی (مانند وسایل ذخیره کنده ابررسانایی) و سوئیچ های قطع کننده سریع منجر شده اند. سوئیچ های سریع که احتمالاً در آینده ساخته خواهند شد بایستی بتوانند سریعاً و در طی چند میلی ثانیه سیستم را به یک فیدر دیگر انتقال دهند، در حالی که وسایل ذخیره کننده ابرسانایی بایستی قطعی های حداقل ۲ ثانیه ای را جبران کنند.

ترانسفورماتورهای فرورزونانسی، دستگاههای UPS و ترکیب کننده های مغناطیسی، تعدادی از وسایل برق اضطراری هستند که می توانند دستگاهها را از قطعی و فلش ولتاژ رهایی بخشند. دو نوع اصلی UPS ها شامل UPS های همیشه در مدار و UPS های اضطراری می باشند. UPS های اضطراری می توانند برای قطعی های بلندمدت با طول زمانی تا ۱۵ دقیقه استفاده شوند. واحد موتور- ژنراتور نیز می تواند برای قطعی های بلندمدت بکاررود.

۳-۸-۲- راهکارهای شرکت های برق جهت رفع خطای ایجادشده روی سیستم و کاهش تعداد فلش

شرکتهای برق با فعالیتهای که جهت جلوگیری از اتصال کوتاه انجام می دهند نه تنها رضایت مشترکین را فراهم می نمایند، بلکه از صدمات اقتصادی به تجهیزات شبکه قدرت

نیز جلوگیری می کنند. شرکتها دو راه اساسی جهت کاهش تعداد و شدت اتصال کوتاه روی سیستم پیش رو دارند.

جلوگیری از وقوع خطا

بهبود عملیات رفع خطا

فعالیتهای جلوگیری از وقوع خطا شامل: هرس کردن شاخه های درختان، افزودن برق گیر در دو طرف خطوط انتقال، شستشوی مقره ها در مناطق آلوده و استفاده از حفاظ ها برای جلوگیری از ورود حیوانات در پستها می باشد. عایق بندی خطوط نمی تواند کلیه اصابت های صاعقه را تحمل کند. یکی از روشهای جلوگیری از اصابت صاعقه درخطوط انتقال استفاده از شیلدینگ مناسب است. مقاومت پای برج فاکتوری مهم در پدیده قوس برگشتی از برج به سیم فاز است. اگر مقاومت پای برج بزرگ باشد انرژی موج ایجادشده از برخورد صاعقه نمی تواند به سرعت جذب زمین شود.

در فیدرهای توزیع، استفاده از شیلدینگ و قراردادن برق گیرها می توانند دو عامل مهم جهت جلوگیری از وقوع خطا باشد. البته یکی از مسائل اساسی در رابطه با فیدرهای توزیع، مسئله برخورد شاخه های درخت به خط می باشد. در نواحی که پوشش گیاهی در آن به سرعت رشد می کند، هرس کردن شاخه ها یکی از عوامل مؤثر در کاهش اتصال کوتاه خواهد بود. از سوی دیگر با تعمیرات پیشگیرانه تجهیزات، برای مثال دیدن نقاط داغ جمپرها از دوردست توسط دستگاههای ترمووژن می توان از وقوع خطا جلوگیری کرد.

مطالعـه عملکردشـبکه الکتریکـی در طـی شـرایط اتـصال کوتـاه بـسیار مهـم مـی باشـد. محدودیتهای فیزیکی مشخصی برای قطع جریان اتصال کوتاه و برگشت تـوان وجـود دارد. (درا دامه با دو نوع اتصال کوتاه در روی شبکه قدرت سروکار خواهیم داشت):

(اتصالی های گذرا)

(موقت): این پدیده ها، اتصال کوتاه هایی می باشند کـه هیچگونـه صـدمه دائمـی بـه عـایق سیستم وارد نمی کند (مانند وجود قوس در خطوط هوایی) به محض آنکـه قـوس خـاموش شود، توان مجدداً برقرار می گیردد. کلیدخانه های اتوماتیک می توانند این عملیات را در طی چند ثانیه انجام دهند. تعدادی از این خطاها، به صورت خود به خود رفع می گردند.

(اتصالی های دائم):

این پدیده ها، خطاهایی هستند که به بعضی از عناصر سیسم عایقی صـدمه فیزیکـی زده و برای تعمیر احتیاج به مداخله پرسنل دارند. تأثیر این پدیده روی مشترک، قطعـی بـرق بـوده که ممکن است از چندین دقیقه تا چند ساعت تداوم یابد.

اصلی ترین عناصر حفاظتی بر علیه جریانهای زیاد، فیوزها می باشند. فیوزهـا نـسبتاً ارزان قیمت بوده و احتیاج به تعمیر و نگهداری ندارند. بنابر دلایـل فـوق، ایـن وسـیله حفـاظتی در سیستم های توزیع به وفور استفاده شده و حفاظت ترانسفورماتورها و فیدرهای جـانبی را به عهده دارد. وظیفه اصلی فیوز، عمل کردن در زمان خطاهای دائمـی و جـدانمودن قـسمت معیوب از قسمت سالم فیدر است. آنها در جایی قرار می گیرند که کمترین قسمت از فیدر از مدار خارج شود.

فصل چهارم

پتغییرات بلند مدت ولتاژ
عدم تعادل ولتاژ و
تغییرات فرکانس

فصل چهار :
(تغییرات بلندمدت ولتاژ، عدم تعادل ولتاژ و تغییرات فرکانس)

۴-۱- تغییرات بلندمدت ولتاژ

دامنه ولتاژ شاخص اصلی تعادل بین توان راکتیو تولیدشده و توان راکتیو موردنیاز در سطح شبکه می باشد. تغییرات بلندمدت ولتاژ علاوه بر اینکه می تواند منجر به صدماتی برروی دستگاهها، تجهیزات شبکه و مشترکین گردد (به عنوان مثال می توان از کم شدن عمر عایقی تجهیزات در اثر اضافه ولتاژ و پدیده اضافه باری در موتورهای الکتریکی در اثر کاهش ولتاژ نام برد) در حالت بحرانی و غیرقابل تحمل عامل بروز ناپایداری و اختلالات قابل توجه در سطح شبکه خواهد بود. تغییرات بلندمدت ولتاژ را می توان به سه گروه عمده اضافه ولتاژ، کاهش ولتاژ و قطعی های بلندمدت تقسیم بندی نمود.

۴-۱-۱- (علل وقوع تغییرات بلندمدت ولتاژ)

علل زیر را می توان جهت وقوع اضافه ولتاژ بلندمدت بیان نمود:

- کم باری و یا بی باری
- وجود بانکهای خازنی
- تنظیم غلط تپ ترانسفورماتور
- عدم وجود سیستم کنترل ولتاژ مناسب
- عدم امکان کنترل توان راکتیو از نیروگاههای نزدیک

همچنین دلایل زیر برای وقوع کاهش ولتاژ بلندمدت بیان شده است:

- اضافه بار

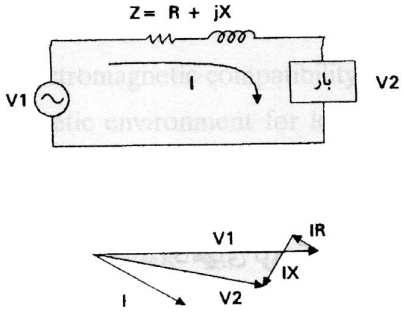
- تنظیم ضعیف ولتاژ
- قطع بانکهای خازنی
- در مدار بودن بی مورد راکتورهای موازی

از علل وقوع قطعی های بلندمدت نیز می توان به خرابی و اشکالات ایجادشده در برخی از تجهیزات کلیدی شبکه مانند کلیدها اشاره نمود.

۴-۱-۲- (اصول اساسی تنظیم ولتاژ)

برای توضیح مسئله مربوط به تنظیم ولتاژ در شبکه، شکل ٤-١ را در نظر بگیرید. هنگامی که جریان بار افزایش می یابد، افت ولتاژی روی امپدانس رخ خواهد داد. جهت جبران این افت ولتاژ باید تغییری در شبکه ایجاد نمود. روشهای بهبود عموماً شامل جبران امپدانس Z و یا به عبارت دیگر جبران افت ولتاژ یعنی (R+JX)I حاصله خواهد بود. روشهای بهبود عبارتند از:

- استفاده از تنظیم کنده های ولتاژ که V1 را افزایش می دهند.
- قراردادن خازن موازی در شبکه برای کاهش جریان I و کم نمودن زاویه بین جریان و ولتاژ
- افزودن خازن سری به سیستم برای جبران افت ولتاژ روی امپدانس القایی (XL)
- افزایش سطح مقطع هادی خطوط جهت کاهش امپدانس Z
- بالابردن توان ظاهری ترانسفورماتور برای کاهش امپدانس Z
- اضافه کرن جبران کننده های توان راکتیو استاتیکی (SVC)



شکل ۴ـ ۱: افت ولتاژ روی امپدانس سیستم که ریشه علل مسائل مربوط به تنظیم ولتاژ می‌باشد

۴-۱-۳ تجهیزات تنظیم کننده ولتاژ

وسایل تنظیم کننده ولتاژ تنوع فراوانی دارند. این وسایل را می توان بـه چهـار گـروه عمـده تقسیم بندی نمود.

- AVR ژنراتورها
- تپ چنجر ترانسفورماتورها
- وسایل ایزوله کننده با رگولاتورهای ولتاژ مجزا
- وسایل جبران کننده امپدانسي مانند خازنها، راکتورها

وسایل ایزوله کننده شامل سیستم های UPS، ترانسفورماتورهای فرورزونانسی، مجموعـه موتور- ژنراتور و غیره می باشند. این وسایل اصولاً با انجام تبدیل انرژی، بـار را از منبـع تغذیه شبکه ایزوله می نمایند. بنابراین در طرف بار، ولتاژ تجهیز می تواند به صورت مجـزا تنظیم شده و علیرغم آنچه که در سمت منبع تغذیه اتفاق می افتد ولتاژ بار ثابت نگاه داشـته شود. اشکال این نوع وسایل، به وجود آوردن تلفات بیشتر و همچنـین ایجـاد مـسائلی مانـد مشکلات هارمونیکی در شبکه تغذیه است.

خازنهای موازی با کاهش جریان خطوط به تثبیت ولتاژ کمک می کنند. همچنین با جبران کردن بیش از حد مدارهای اندوکتیو می توان به مقدار ولتاژ بالاتری نیز رسید. جهت تثبیت و تنظیم مطلوب ولتاژ، خازنها باید همراه با بار سوئیچ شوند.

۴-۱-۴- حدود مجاز تغییرات بلند مدت ولتاژ

با توجه با تأثیر تغییرات ولتاژ در بهره برداری و ایمنی شبکه، محدوده های ولتاژی ذیل تعریف می گردند.

الف- ولتاژ عادی: افزایش تا ۲٪ و یا کاهش تا ۲٪ ولتاژ نامی

ب- ولتاژ غیرعادی: افزایش تا ۵٪ و یا کاهش تا ۱۰٪ ولتاژ نامی

ج- ولتاژ غیرقابل تحمل: افزایش بیش از ۵٪ و یا کاهش بیش از ۱۰٪

۴-۲- 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. هردو حالت فوق نیز می تواند به طور همزمان اتفاق بیافتد. عدم تعادل ولتاژ با استفاده از مولفه های متقارن تعریف می شود.

۴-۲-۱- علل ایجاد عدم تعادل ولتاژ

منشأ اصلی ایجاد عدم تعادل ولتاژ، وجود بارهای تک فاز در شبکه است. این پدیده همچنین می تواند در نتیجه قطع یکی از فازهای یک بانک خازنی سه فاز ایجاد گردد اصولاً در شبکه های توزیع که دارای بارهای متنوع صنعتی، خانگی و تجاری می باشند، سهم عمده ای از بارها را بارهای تک فاز تشکیل می دهند و لذا رسیدن به حالت تعادل بسیار مشکل و حتی

غیرممکن است. ذکر این نکته نیز ضروری است که مساوی کردن بار فازها و متعادل نمودن آن برای صفرکردن یا کاهش جریان نول کافی نخواهد بود و ضریب قدرت هر فاز تأثیر بسزایی در جریان نول دارد. همچنین عدم تعادل امپدانس سیستم بخصوص در خطوط توزیع و انتقال خود باعث عدم تعادل ولتاژ می شود.

۴-۲-۲-اثرات مربوط به عدم تعادل ولتاژ

٤-۲-۲-۱- اثرات روی کار عادی موتورهای سه فاز

٤-۲-۲-۲- اثر برروی کارکرد کنتورها

۴-۲-۲-۳-اثر برروی ایمنی مشترکین

در اثر عبور جریان از سیم نول این سیم دارای ولتاژی نسبت به زمین خواهد شد که این پدیده اثر ایمنی و حفاظتی سیم نول را از بین برده و اگر احیاناً تماسی با سیم نول توسط شخصی به وجود آید ممکن است باعث برق گرفتگی و خطرات جانی شود.

٤-۲-۲-٤-اثر برروی تلفات

۴-۲-۳- راه حل های عملی جهت کاهش اثرات نامتعادلی بار

نظر به اینکه متعادل نمودن بار فازها در مقایسه با ایجاد تأسیسات عمده نیروگاهی و شبکه های انتقال نیاز چندانی به منابع مالی ندارد. شرکتهای توزیع با راه های عملی تا اندازه زیادی می تواند با تقسیم مناسب مشترکین روی فازهای شبکه تعادل لازم را در توزیع بار و تعدیل تلفات اعمال کنند. اهم این اقدامات بطور خلاصه به شرح زیر می باشند:

- رعایت استانداردهای توسعه و نصب شبکه های توزیع
- داشتن یک سیستم زمین مناسب بطوری که سیم نول دارای یک زمین تکراری باشد که هم از خطر احتمال قطع شدن سیم نول کاسته شود و هم اینکه با زیادشدن تعداد زمینها مقاومت کل کم شده و در نتیجه علاوه بر کاهش ولتاژ تماس مقدار تلفات توان در سیم نول نیز کاهش یابد.
- همانطور که گفته شد متعادل کردن بار فازها با تقسیم بار و مساوی کردن آنها روی سه فاز شبکه کفایت ندارد و اگر ضریب قدرت فازها یکسان نباشد سیم نول دارای جریان برگشتی بوده و تلفات انرژی به همراه خواهد داشت. لذا تأکید این مورد بجا خواهد بود که در نصب خازن بهترین روش سنجش ضریب توان هر فاز بطور جداگانه خواهد بود که با این سیستم هم افزایش و هم یکسان شدن ضریب قدرت فازهای شبکه تأمین می گردد.
- از احداث شبکه ها به صورت تک فاز جداً اجتناب شود. اگر واگذاری انشعاب سه فاز به جای تک فاز از نظر مقررات جاری مقدور نباشد تفهیم این مطلب به کادر طراحی و اجرائی شرکتهای برق حائز اهمیت است که خطوط سرویس را به صورت سه فاز دایر نمایند و مشترکین مجاور را از جعبه انشعاب سه فاز تأمین برق کنند و از احداث خط سرویسهای تک فاز جداگانه برای هر مشترک اجتناب نمایند.

۴-۲-۴- حدود مجاز عدم تعادل ولتاژ و جریان

همانطور که گفته شد عدم تعادل به حالتی گفته می شود که مقادیر ولتاژ یا جریان سه فاز با یکدیگر متفاوت بوده و یا اختلاف زاویه ۱۲۰ درجه بین فازها وجود نداشته باشد.

۴-۲-۴-۱ حدود مجاز عدم تعادل ولتاژ در شینه شرکت برق

حد مجاز درصد عدم تعادل ولتاژ در شینه های مختلف طبق جدول زیر توصیه شده است:

جدول ٤-١: حدود مجاز درصد عدم تعادل ولتاژ

نوع شبکه	شبکه توزیع و فوق توزیع فشار ضعیف و متوسط	شبکه انتقال فشار قوی و فوق فشار قوی
درصد عدم تعادل ولتاژ	۲	۱

۴-۲-۴-۲- حد مجاز عدم تعادل جریان برای هر مشترک

اگر درصد عدم تعادل ولتاژ شینه را برابر x فرض کنیم، مجموع عدم تعادل جریانهای هر مشترک باید به نحوی باشد که میزان عدم تعادل ولتاژ شینه از x بالاتر نرود. برای این کار رابطه زیر باید برقرار باشد:

$$\left|\frac{\sum_{i=1}^{n} Ioi}{\sum_{i=1}^{n} I1i}\right| = \left|x\left[\frac{E}{Zo\sum_{i=1}^{n} I1i} - \frac{Z1}{Z0}\right]\right|$$

که در آن:

Ioi = مقدار جریان مؤلفه صفر هر مشترک (آمپر)

I1i = مقدار جریان مؤلفه مثبت هر مشترک (آمپر)

X = درصد عدم تعادل ولتاژ شینه

Z0 = امپدانس توای صفر سیستم (اهم)

Z1 = امپدانس توالی مثبت سیستم (اهم)

E = ولتاژ فاز به نوترال شینه (ولت)

برمبنای رابطه فوق درصد عدم تعادل جریان کلیه مشترکین y از رابطه زیر بدست می آید:

که در آن: $y = \frac{x(1 - Z1)}{Z0}$

X = درصد عدم تعادل ولتاژ مجاز شینه ای که مشترک به آن متصل است.

Z1 = امپدانس توالی مثبت سیستم (می تواند از SCC یا ظرفیت اتصال کوتاه شینه بدست آید) برحسب پریونیت.

Z0 = امپدانس توالی صفر سیستم (می تواند از ظرفیت اتصال کوتاه تک فاز شینه بدست آید) برحسب پریونیت

Y = درصد عدم تعادل جریان مجاز مشترک

در رابطه فوق به نحوی عمل شده است که به هر مشترک به اندازه قدرتی که خریداری نموده است اجازه عدم تعادل جریان داده می شود.

۴-۲-۵- (روش اندازه گیری عدم تعادل ولتاژ و تعیین شاخص آن)

عدم تعادل می تواند با استفاده از سه ترانسفورماتور ولتاژ که ثانویه آنها به صورت مثلث باز وصل شده است اندازه گیری شود.

۴-۳- (تغییرات فرکانس)

تغیرات فرکانس قدرت عبارت است از انحراف فرکانس شبکه نسبت به فرکانس نامی ۵۰ هرتز فرکانس شبکه قدرت با سرعت گردش ژنراتورهایی که شبکه را تغذیه می کنند، رابطه مستقیم و با تعداد قطبهای آن رابطه معکوس دارد. در شبکه های بهم پیوسته، فرکانس یکی از شاخص های اصلی پایداری و تعادل بین میزان تولید و مصرف برق است. در شبکه برق ایران، فرکانس عادی بهره برداری برابر ۵۰ هرتز می باشد.

نوسان فرکانس شبکه در هر لحظه به تعادل بین توان مکانیکی ورودی به محرکه ژنراتورها و توان الکتریکی مصرفی بستگی دارد.

نوسان فرکانس را می توان از سه جنبه مورد ارزیابی قرار داد:

- صدمات وارده به توربوژنراتورها در اثر عملکرد در فرکانس غیرنامی
- انتخاب سیستمهای کنترل متناسب
- اتخاذ تدابیر لازم جهت کنترل فکرانس در مرکز کنترلشبکه در وضعیتهای مختلف عادی و اضطراری

۴-۳-۱- (صدمات وارده به توربوژنراتروها)

توربینها تحت تذثیر نیروهای تناوبی قرار می گیرند. قسمتهای مختلف توربین در اثر این نیروها به لرزش درآمده و نهایتاً به ایجاد تنشهای دینامیکی در آنها منجر می گردد این تجهیزات بخصوص تحت تأثیر فرکانسهای مساوی یا ضرایبی از فرکانس طبیعی توربن قرار می گیرند (پدیده تشدید) بنابراین استفاده از آنها در هر فرکانسی امکان پذیر نخواهد بود. این لرزشهای زیان آور نهایتاً بیان کننده مناسب بودن و یا عدم تناسب توربین برای بهره برداری در فرکانسهای غیرنامی می باشد. به عنوان مثال در جدول ٤-۲ فرکانسهای غیرنامی و مدتی که توربوژنراتورهای یک سازنده عمومی می توانن در آن فرکانس کار کنند، آورده شده است.

جدول ٤-۲: جدول فرکانسهای غیرنامی و مدت زمان تحمل آن توسط یک توربوژنراتور نمونه

مدت مجاز بهره برداری	فرکانس
۱۰ ساعت در سال	۵۱- ۵۰/۳
به مدت نامحدود با بار پیک	۵۰/۳ – ٤۹
۳۰ دقیقه در بار پیک	٤۸/۵-٤۰
۵ دقیقه در بار کاسته شده	٤۸/۵- ٤۷/۵
۵ ثانیه در بار کاسته شده	٤۷/۵- ٤۷

۴-۳-۲- (سیستمهای کنترل فکرانس)

بطور کلی دو نوع روش کنترلی را می توان برروی فرکانس انجام داد. کنترل فرکانس در حالت عادی و اضطراری

۴-۳-۳- (اتخاذ تدابیر کنترلی)

با توجه به مشخصه های دینامیکی ژنراتورها و خطوط انتقال، هرگونه نظارت و یا اعمال کنترل در جهت برقراری تعادل بین تولید و مصرف و نهایتاً کنترل فرکانس در یک شبکه باید به صورت متمرکز انجام گیرد. در صنعت برق ایران کنترل فرکانس چه به صورت دستی و یا اتوماتیک به عهده مرکز کنترل دیسپاچینگ ملی است. با توجه به وابستگی دامنه نوسانات فرکانس به شدت تغییرات مصرف و تولید، کنترل فرکانس مستلزم اعمال سیاستها و ابزار کنترل کننده خاصی درهر مورد می باشد.

مرحله اول: در حالت عادی بار واحدها براساس پیش بینی ساعتی بار و همچنین پخش بـار اقتصادی در واحدها تعیین می گردند و بعضی واحـدها نیـز بـرای تنظـیم فرکـانس بـه کـار گرفته می شود.

مرحله دوم: در حالتی که یک یـا چنـد واحـد از مـدار خـارج شـده و یـا بـا قطـع خطـوط در وضعیت شبکه اختلال ایجاد گردد می بایستی واحدها آمادگی و امکان کنترل سیستم را دارا باشند تا وضعیت سیستم به حالت اضطراری منتهی نگردد. لذا حداکثر انحراف فرکـانس در حالت خارج شدن از مدار بزرگ ترین واحد در بارهای مختلف باید بررسی گـردد و منحنـی مشخصه افت فرکانس تعیین گردد. بدیهی است که این تغییرات فرکانس نـسبت بـه بارهـای مختلف شبکه و مشخصه واحدها متفاوت می باشـند. براسـاس ایـن تحلیـل بایـد مشخـصه فرکانسی مناسب واحدها برای امکان جبران فرکانس در مدت زمـان حـدود ۳۰ ثانیـه تعیـین گردد.

مرحله سوم: در صورت از دست رفتن قسمت عمده ای از تولید و عدم تعادل زیاد بین تولید و مصرف باید از یک سیستم حذف بار اتوماتیک با عملکرد سریع و دقیق استفاده نمـود. در این حالت ابتدا جداسازی قسمتهای حادثه دیده از سیستم بهم پیوسته و در نهایت حذف بار بطور اتوماتیک مد نظر خواهد بود. در واقع تحت چنین شرایطی حذف بار توسط رلـه هـای کاهش فرکانس در تنظیم پله های فرکانسی و مقدار بـار حـذف شـده در هـر پلـه از اهمیـت خاصی برخوردار می باشد. مقدار بار حذف شده در هر پله بـه نـوع حادثـه و موقعیـت آن، نوع بار مصرفی، عملکرد کنترل کننده های سرعت و تحریک و اثر فرکانس پـایین روی پـره

توربین ژنراتورها بستگی داشته و با تغییر فرکانس و ولتاژ میزان نامتعادلی نیز تغییر می یابد.

مرحله چهارم: در نیروگاهها امکان قطع و تغذیه مصرف داخلی نیز وجود داشته و در حالتی که واحد از شبکه جدا گردد واحدها می توانند تنها مصارف داخلی خود را تغذیه نموده تا امکان موازی کردن هرچه سریع تر آنها وجود داشته باشد.

۴-۳-۴- (تأثیر تغییرات فرکانس روی تجهیزات موجود در سیستمهای فشار ضعیف)

در محدوده انحراف قابل قبول، اثر اصلی تغییرفرکانس را می توان تغییر سرعت ماشینهای گردان دانست. از سوی دیگر هر وسیله الکترونیکی که از فرکانس تغذیه به عنوان مرجع زمانی استفاده می کند نیز تحت تأثیر قرار میگیرد.

۴-۳-۵- (حدود مجاز فرکانس)

در کلیه سطوح ولتاژ، میزان تغییرات فرکنس در حالت نرمال باید در محدوده ۰/۳ هرتز باشد. نمودار کنترلی فرکانس از جدول زیر تبعیت می کند:

جدول ٤-۳ نحوه کنترل فرکانسی

تغییرات فرکانس در محدوده	نحوه کنترل
تا ۰/٦ درصد	کنترل فرکانس در حالت عادی توسط مرکز کنترل
۰/٦ تا ۱ درصد	کنترل فرکانس توسط نیروگاه- تماس با مرکز کنترل
۱ تا ۱/٦ درصد	کنترل فرکانس توسط نیروگاه
کمتر از ۱۰ دقیقه	
۱ تا ۱/٦ درصد	قطع دستی بار توسط پستها
بیشتر از ۱۰ دقیقه	
۱/٦ تا ۳/۲ درصد	برنامه حذف بار توسط رله های حذف بار
بالای ۳/۲ درصد	قطع تأخیری نیروگاه توسط رله فرکانسی
بالای ٤ درصد	قطع سریع نیروگاه توسط رله فرکانسی

فصل پنجم

نوسان ولتاژ

فصل پنجم

نوسان ولتاژ (فلیکر)

۵-۱- تشریح پدیده نوسان ولتاژ (فلیکر)

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 به وجود بیاید و باعث نارضایتی و احیاناً صدمه دیدگی تجهیزاتشان گردد. در سالهای اولیه اختراع برق و استفاده از این انرژی برای روشنایی، مردم کم و بیش با پدیده سوسوزدن نورلامپها برخورد می کردند ولی به علت نوبودن انرژی الکتریکی توجه چندانی به آن نداشتند با پیشرفت تکنولوژی و اختراع دستگاهها و تجهیزات مختلف برقی مسئله فوق باعث نارضایتی مشترکین گردید. لذا مسئله بررسی نوسانات ولتاژ و چگونگی جبران آنها و بهبود کیفیت برق مورد توجه شرکتهای برق قرارگرفت.

از عوامل ایجد نوسان ولتاژ در شبکه می توان به تغییرات ناگهانی در جریان وسایلی نظیر کوره های الکتریکی، دستگاههای نورد، حفاری و جوشکاری و همچنین جریان راه اندازی موتورهای الکتریکی اشاره نمود.

هنگامی که بارهای مختلف توسط مشترکین برق به مدار وارد و یا از آن خارج می شوند تغییر ولتاژی در شبکه خواهیم داشت ولی اولاً این تغییرات معمولاً کوچک و بسیار آرام می باشند در ثانی توسط رگولاتورهای ولتاژ می توان این تغییرا ت را جبران نمود. در مقابل تجهیزات و دستگاههای الکترکیی نظیر موتورهای بزرگ، دستگاههای جوش و کوره ها که به صورت تکی و یا جمعی وارد شبکه می شوند نوساناتی را در ولتاژ بوجود می آورند که

باعث ایجاد نوسان در ولتاژ مشتکرین می شود. علت این پدیده آن است که با ورود این دستگاهها به شبکه، جریان مصرفی تغییرات ناگهانی خواهد داشت.

اثر نوسانات ولتاژ را می توان در کم و زیاد شدن و سوسوزدن نور لامپها و همچنین برش در تصاویر تلویزیونی و اثر روی سیستمهای ICU و CCU بیمارستانی ملاحظه کرد (این تجهیزات برحسب دامنه های متفاوت ولتاژ تغذیه گزارشهای متفاوتی از وضع بیماران ارائه می کنند) در مقایسه با انواع وسائل الکتریکی و الکترونیکی، لامپهای روشنایی بیشتر از بقیه ادوات به تغییرات ولتاژ حساس هستند.

۵-۲- (عوامل به وجود آورنده فلیکر ولتاژ)

هر پدیده ای که باعث تغییرات مقدار موثر ولتاژ شود به عنوان عامل ایجادکنده فلیکر شناخته می شود. راه اندازی موتورها یکی از منابع معمول و اصلی ایجاد فلیکر در شبکه های قدرت می باشد. ترکیب جریان هجومی بالا و ضریب قدرت پایین در طی زمان راه اندازی می تواند باعث ایجاد فلیکر ولتاژ شود. این دسته بندی کلی شامل انواع فنها، پمپها، کمپرسورها،یخچالها، آسانسورها و غیره می باشد.

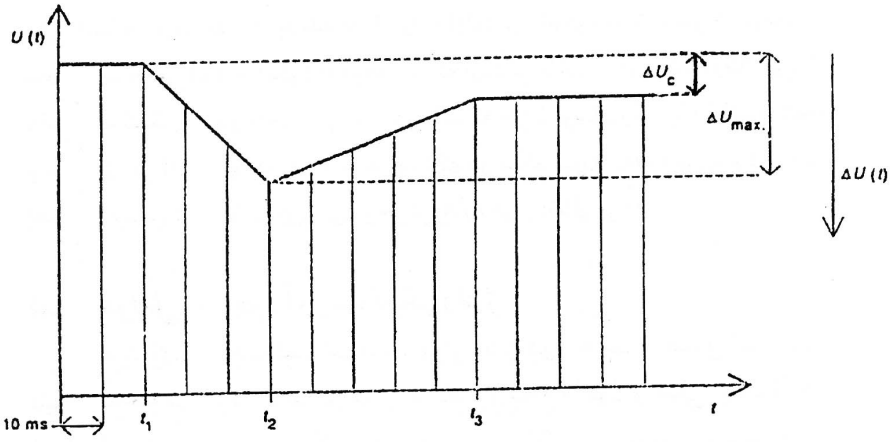
از دیگر عوامل ایجادکننده فلیکر می توان به کوره های قوس الکتریکی اشاره نمود. با توسعه روزافزون مجتمع های ذوب فلز و اتصال کوره های قوس الکتریک به شبکه سراسری، مسئله فلیکر ولتاژ ناشی از این کوره ها از اهمیت ویژه ای برخوردار گردیده است. در زمان عملکرد کوره، ثانویه ترانسفورماتور کوره به دفعات اتصال کوتاه شده و به دلیل نسبت دور بالای این ترانسفورماتور، نوسانات شدید ولتاژ را در ضریب توان پایین باعث می گردد. پروسه ذوب می تواند از سه تا هشت ساعت طول بکشد که از این زمان در

مدت نیم تا یک ساعت و نیم اول آن فلیکر ولتاژ بیشینه بوده ولی با ذوب شدن آهن در مراحل بعدی، طول قوس تقریباً ثابت می ماند و فلیکر ناچیز خواهد بود.

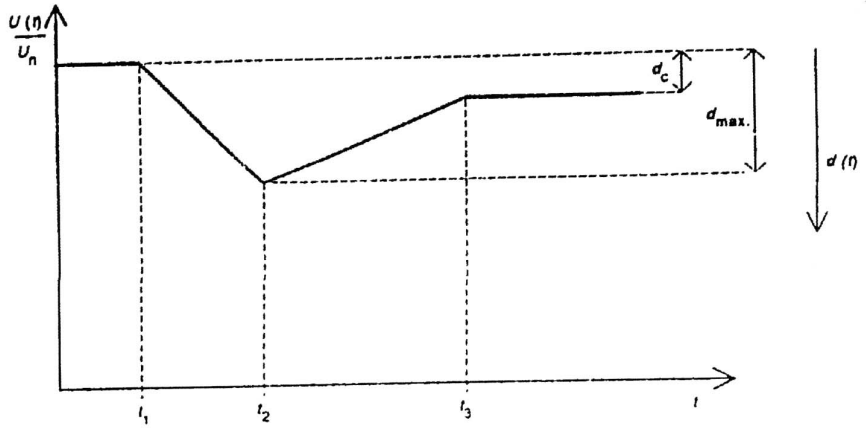
۵-۳- (مشخصه های یک نوسان ولتاژ نمونه)

شکل های ٥-٤ و ٥-٥ مشخصه یک نوسان ولتاژ نونه را نشان می دهند در شکل های فوق تعاریف زیر برقرار است:

شکل موج ولتاژ موثر $u\ (t)$ شکل تغییرات دامنه ولتاژ موثر نسبت به زمان می باشد و باید در هر نیم پریود از ولتاژ مولفه اصلی (۱۰ میلی ثانیه) نمونه برداری گردد.



شکل ۵ـ ۴: منحنی تغییر ولتاژ بر حسب زمان، u (t)



شکل ۵ـ ۵: مشخصه تغییر ولتاژ نسبی d (t)

مشخصه تغییر ولتاژ $\Delta u\ (t)$: تابع زمانی میزان تغییر ولتاژ موثر بین پریودها، هنگامی که برای حداقل یک ثانیه شرایط ماندگار ولتاژ وجود داشته باشد.

حداکثر تغییر ولتاژ Δu_{max} : تفاوت بین مقادیر حداکثر و حداقل ولتاژ موثر در مشخصه تغییر ولتاژ

تغییرات ولتاژ ماندگار Δ uc : تفاوت بین دو دانه ولتاژ ماندگار متوالی که توسط حداقل یک مشخصه تغییر ولتاژ از یکدیگر جدا شده اند.

مشخصه تغییرولتاژ نسبی d (t) : نسبت مشخصه تغییر ولتاژ $(\Delta u(t))$ به مقدار ولتاژ نامی فاز- نوترال (Un)

حداکثر تغییر ولتاژ نسبی d_{max}: نسبت حداکثر تغییر ولتاژ (Δd_{max}) به مقدار ولتاژ نامی فاز- نوترال un

تغییر ولتاژ ماندگار نسبی dc: نسبت تغییر ولتاژ ماندگار Δuc به مقدار ولتاژ نامی فاز نوترال un

فرض کنید یک بار فلیکرزا به شینه ای متصل است. اساس محاسبه فلیکر، بدست آوردن شکل موج تغییرات ولتاژ در ترمینال وسیله فلیکرزا است. در واقع باید تفاوت بین هردو مقدار متوالی از ولتاژهای فاز- نوترال یعنی u(t1) و u(t2) اندازه گیری یا محاسبه شود:

$$\Delta u = u(t1) - u(t2)$$

تغییر ولتاژ Δu ناشی از افت ولتاژ روی امپدانس شبکه بوده که این خود نیز ناشی از تغییر جریان ورودی یعنی ΔI است. مقدار ΔI از رابطه زیر بدست می آید:

$$\Delta I = I(t1) - I(t2)$$

یا در حوزه فرکانسی:

$$\Delta I = \Delta Ip - j\Delta Iq$$

که $\Delta Iq, \Delta Ip$ به ترتیب مولفه های اکتیو و راکتیو تغییر جریان می باشند. با این تعریف برای جریانهای پس فاز، مقدار Iq مثبت و برای جریانهای پیش فاز این مقدار منفی خواهد بود.

برای تجهیزات تک فاز و سه فاز متقارن، میزان تغییر ولتاژ به صورت تقریبی می تواند از رابطه زیر محاسبه شود:

$$\Delta u = |\Delta Ip.R + \Delta Iq.X|$$

که در آن X, R مقاومت و راکتانس شبکه از دید بار فلیکرزا می باشند. تغییرولتاژنسبی نیز از رابطه زیر بدست می آید:؛

$$d = \frac{\Delta u}{u_n}$$

۵-۵- مبانی فلیکرمتر IEC

فلیکرمتر IEC عکس العمل مشاهده کننده را در مقابل انواع فلیکرمتر، مستقل از عامل تولید آن شبیه سازی نموده و شدت آن را به صورت نسبی می سنجد. در واقع این وسیله برمبنای احساس تشخیص فلیکر توسط چشم انسان براثار عملکرد یک لامپ رشته ای ۲۳۰ ولت، ٦۰ وات عمل می کند. خروجی فلیکرمتر باید با روشی که بتواند سطح شدت فلیکر را مشخص کند سنجیده شود. برای این کار خروجی این وسیله در آستانه درک و تشخیص فلیکر توسط چشم انسان، با عدد یک نشان داده می شود.

برای واردکردن مکانیزم بینایی و چگونگی ایجاد حساسیت و آزار روی چشم انسان، به اندازه فلیکر باید در یک پریود زمانی طولانی مورد بررسی قرار گیرد.

معیار مناسب با معرفی پارامتر شاخص کوتاه مدت فلیکر و استفاده از روش چندنقطه ای حاصل می گردد. الگوریتم مناسب به صورت زیر می باشد:

$$Pst = \sqrt{K1P1 + K2P2 + ... + KnPn}$$

که در آن:

P_{st} شاخص کوتاه مدت شدت فلیکر

K1 تا kn ضرایب وزنی

P1 سطحی از IFL است که در I درصد از کل زمان مشاهده، IFL از آن بیشتر بوده است.

ضرایب وزنی باید به نحوی تعیین شوند که شدت فلیکر را برای محدوده وسیعی از فرکانسهای مدولاسیون ولتاژ ورودی مستطیلی شکل بطور صحیح نشان دهند. از سوی دیگر این ضرایب باید طوری باشند که برای دیگر شکل موجها نیز مناسب باشند. از پنج سطح یا درصد مختلف برای این کار استفاده می گردد:

$P_{0.1}$ = سطحی که فقط در ۰/۱ درصد پریود مشاهده، شدت فلیکر از آن بیشتر می شود.

P1 = سطحی که فقط در ۱ درصد پریود مشاهده، شدت فلیکر از آن بیشتر است.

P3 = سطحی که فقط ۳ درصد پریود مشاهده، شدت فلیکر از آن بیشتر است.

P_{10} = سطحی که فقط در ۱۰ درصد پریود مشاهده، شدت فلیکر از آن بیشتر است.

P_{50} = سطحی که فقط در ۵۰ درصد پریود مشاهده، شدت فلیکر از آن بیشتر است.

P50 در واقع میانگین سطوح فلیکر را نشان می دهد و معیاری کلی جهت نشان دادن مقدار دامنه نوسان می باشد. دیگر نقاط به سمت دنباله پایین مقیاس احتمال انتخاب شده اند تا سطوح احساس بالاتر را وزن مناسبی دهند، زیرا این سطوح در ارزیابی شدت اعوجاج دارای اهمیت بیشتری می باشند. شایان ذکر است که در این روش از حداکثر فلیکر مشاهده شده در بازه زمانی انتخابی استفاده نشده است زیرا این مقدار نمی تواند معرف خوبی برای شدت فلیکر باشد و اصولاً مفهوم CPF به همین منظور انتخاب می گردد. انتخاب ۰/۱

به عنوان کمترین درصد، انتخاب مناسبی برای فلیکرهای با دامنه بالا و با احتمال وقـوع کـم می باشد.

۵-۶- ارزیابی شاخص کوتاه مدت شدت فلیکر

در انتخاب الگوریتم چند نقطه ای مناسب، مشکل دیگری را باید حل نمـود و آن ارتبـاط بـین ارزیابی چندنقطه ای و شدت فلیکر است. تعداد محدودی از آزمایـشهای انجـام گرفتـه روی انسان موجود است که مـی تـوان از آنهـا بـرای ارتبـاط دادن شـدت فلیکـر و منحنـی هـای غیرخطی تابع احتمال تجمعی استفاده نمود.

۵-۷- ارزیابی شاخص بلندمدت شدت فلیکر

پریود ۱۰ دقیقه ای که برپایه آن ارزیابی شدت فلیکر در بازه زمانی کوتاه مـدت انجـام مـی پذیرد برای ارزیابی اعوجاجات ایجادشده توسط منابع خاصی که دوره کـاری کوتـاه مـدت دارند مناسب می باشد. زمانی که چندین بار فلیکرزا به صـورت تـصادفی عمـل مـی نماینـد (مانند موتورها و دستگاههای جوش) و نیز زمانی که اثر منـابع ایجـاد فلیکـر طـولانی مـدت (مانند کوره های قوس) موردنظر قرار می گیرند باید از روشی که ارزیابی طولانی مـدت را شامل می گرد استفده شود این روش به نحوی است که از اطلاعات بدست آمده مربوط بـه Pst استفاده می نماید. روش پیشنهادی به صورت زیر می باشد:

$$PIt = \sqrt[3]{\frac{\sum_{i=1}^{N} P_{sti}^3}{N}}$$

که در آن Psti=(I=1,2,3,…) مقادیر Pst در بازه های کوتاه مدت است. N عدد صـحیح و برابر ۱۲ می باشد. بنابراین بازه زمانی اندازه گیری Pit برابر ۲ ساعت خواهد بود.

۵-۱۱- حدود مجاز فلیکر در سطوح مختلف ولتاژ

حد مجاز فلیکر ولتاژ برای شینه های واقع در سطوح ولتاژی مختلف طبق جدول زیر توصیه شده است:

جدول ۵-۲ : حدود مجاز فلیکر در شبکه های مختلف

نوع شبکه	شبکه فشار ضعیف	شبکه فشار متوسط	شبکه فشار قوی و فوق فشار قوی
Pst	۱	۰/۹	۰/۸
Pit	۰/۸	۰/۷	۰/٦

در شبکه های فشار ضعیف، به دلیل حجم انبوه تجهیزاتی که مورد استفاده قرار می گیرند. امکان کنترل کلیه دستگاهها توسط شرکتهای برق وجود نخواهد داشت بنابراین در این نوع شبکه ها آزمون وسایل و تجهیزات به عهده سازندگان آنها می باشد.

در سطوح ولتاژی فشار متوسط و فشار قوی پذیرش بارهای نوسانی بستگی به توان نامی توافقی مشترک، توان تجهیزات فلیکرزا و مشخصه سستم خواهد داشت. هدف، محدودکردن میزان تزریق فلیکر از کل بارهای مشترکین مختلف تا سطی است که از سطوح مجاز ارائه شده در جدول ۵-۲ بیشتر نگردد.

۵-۱۱-۱- (حدود مجاز فلیکر برای مشترک متصل به شینه های فشار ضعیف)

دستگاههایی که در شبکه فشار ضعیف استفاده می شود به سه گروه عمده تقسیم می شوند:

- تجهیزات با جریان فاز کمتر از ۱۶ آمپر که در مشترکین کوچک و مصارف خانگی استفاده می گردند.
- تجهیزات با جریان فاز بیش از ۱۶ آمپر و کمتر از ۷۵ آمپر
- تجهیزات با جریان فاز بیش از ۷۵ آمپر

۵-۱۱-۲- (حدود مجاز فلیکر برای دستگاههای متصل به شینه فشار متوسط)

اندازه گیری فلیکر معمولاً در نقطه اتصال بار نوسانی (فلیکرزا) به شبکه PCC انجام می گیرد. به هر حال باید این نکته را در نظر داشت که حدود مجاز وضع شده در واقع برای رضایت مشترکین متصل به شبکه های فشار ضعیف ارائه می گردند. در این سطح ولتاژ، برای دستگاه هایی که تقاضای اتصال به شبکه را دارند دو شاخص PIt, Pst ارائه می گردد.

۵-۱۲- (حدود مجاز برای تغییرات سریع ولتاژ)

دلیل اصلی محدود کردن نوسانات ولتاژ ، تاثیر نامطلوبی است که فیلکر لامپ روی چشم انسان ایجاد می کند . در هر حال دامنه تغییرات ولتاژ نیز باید در یک محدود کوچک نگاه داشته شود. بنابراین حتی اگر یک مشترک در سطوح مجاز فلیکر را رعایت کند، تغییرات ولتاژ شدیدی داشته باشد . عملا احتمال وقوع همزمان دو تغییر سریع ولتاژ بسیار کم بوده و نتیجتا قانون جمع اثار برای این پدیده لزومی نخواهد داشت .

ارزیابی ساده تغییرات سریع ولتاژ به صورت زیر خواهد بود

$$\Delta I = \Delta I_P - \Delta I_P$$

برای بارهای سه فاز متقارن و اک فاز داریم :

$$A U_{dyn} = \Delta I_P . R_l + \Delta I_q . X_L$$

حد مجاز انتشار در PCC نیاز به محدود کردن ΔU_{dyn} نسبت به ولتاژ واقعی دارد.

$$U_0 - \Delta U_c + A U_{dyn}$$

جدول (٥-٦) حداکثر تغییر ولتاژ $\frac{\Delta U_{dyn}}{u_N}$ برای شرایط کاری نرمال (بر حسب درصدی از ولتاژ واقعی) را که یک مشترک می تواند ایجاد کند ارائه می دهد .

جدول ۵ـ۶: حدود مجاز تغییرات ولتاژ برحسب تعداد آنها در ساعت

r ($\frac{۱}{ساعت}$)	$\Delta U_{dyn} / U_N$	
	MV	HV
r≤۱	۴	۳
۱<r≤۱۰	۳	۲/۵
۱۰<r≤۱۰۰	۲	۱/۵
۱۰۰<r≤۱۰۰۰	۱/۲۵	۱

این پارامتر وابسته به فرکانس تکرار این تغییرات خواهد بود .

توجه کنید که در هر صورت حدود مجاز فلیکر باید بازبینی شود و این بخش تنها نیازهای اضافی را ارائه می کند .

۵-۱۴- (نکاتی در خصوص اندازه گیری فلیکر)

در زمان نصب فلیکرمتر باید به فازهایی که فلیکر آنها اندازه گیری می شود توجه داشت. مثلاً در یک کوره قوس الکتریک، یک جفت از فازها فلیکر بالاتری را نسبت به دو جفت دیگر نشان می دهند. بنابراین یا باید از سه فلیکرمتر استفاده نمود و یا قبل از شروع اندازه گیری، فازهای با بالاترین مقدار فلیکر انتخاب گردند.

انتخاب شاخصی جهت مقایسه با مقادیر مجاز فلیکر با توجه به اندازه گیریهای صورت گرفته در طول یک بازه زمانی معین روی شینه از موارد مهم دیگر به شمار می آید. در این خصوص نکات زیر ارائه می شود:

با توجه به بازه های زمانی PIt, Pst در انتهای هر روز، ۱٤٤ مقدار Pst و ۱۲ مقدار PIt موجود خواهد بود. نمایش گرافیکی تغییرات زمانی Pst بسیار مفید می باشد کل زمان مشاهده حداقل یک هفته است.

در انتهای یک هفته از میان اعداد اندازه گیری شده باید عددی به عنوان شاخص فلیکر مشترک انتخاب شده و با سطوح مجاز مقایسه گرد. در مورد Pst و pIt مقادیر ۹۹٪ Plt ۹۵٪ Pstمعیارهای ماسبی می باشند. ۹۵٪ Pltعددی است که در ۵ درصد از زمان مشاهده مقدار Pst از آن بالاتر واقع شده و در ۹۵ درصد اوقات Pst از آن کمتر است. در خصوص PIt نیز می توان تعریف مشابه ای بکاربرد.

۵-۱۵-۱- (راه اندازهای موتورها / وسایل با قابلیت تنظیم سرعت)

همانطور که گفته شد راه اندازی موتورها مهم ترین عامل ایجاد فلیکر ولتاژ در شبکه های توزیع است. جریان راه اندازی موتورها چندین برابر جریان نامی موتور بوده و باعث

اختلال شدید در ولتاژ شینه متصل به موتور می گردد. راه انداز موتور با کم نمودن ولتاژ اعمالی به موتور در لحظه راه اندزای جریان را کاهش داده و در نتیجه موجب کم شدن نوسان ولتاژ خواهد شد. از ابتدایی ترین روشهای راه اندازی می توان به راه اندازهای ستاره- مثلث اشاره نمود ولی پیشرفت عناصر نیمه هادی و استفاده از راه اندازهای موتورها باعث شد که راه اندازهای ستاره- مثلث در مرحله پایین ترین نسبت به آنها قرار گیرند. از این قبیل راه اندازها می توان به محرکه های با قابلیت تنظیم سرعت یا ASD اشاره نمود. ASD با محدودکردن جریان راه اندازی موتور، اعوجاج ولتاژ در راه اندازی را کم می کند. البته کاربرد ASD باعث ایجاد هارمونیک شده که سبب افزایش حرارت سیم پیچهای موتور می گردد. به این دلیل برای کاربردهای خاص یک ASD باید دقیقاً با مشخصات موتور تطبیق یابد.

۵-۱۵-۲-(خازنهای موازی):

اتصال دائم خازنهای موازی باعث کم شدن اثر پدیده فلیکر نمی شود حتی ممکن است وضعیت را کمی بدتر هم بکند. اما خازنهای موازی که با بار سوئیچ می گردند می توانند باعث کاهش نوسان ولتاژ گردند به هر حال سوئیچ نمودن مکانیکی خازنها در مواقعی که قطع و وصلهای مداوم در زمانهای کوچک لازم باشد مناسب نیست.

۵-۱۵-۳- (خازنهای سری):

استفاده از خازن سری در مدار تغذیه یک بار فلیکرزا، باعث کاهش فلیکر ولتاژ می گردد. خازن سری باعث حذف قسمتی از راکتانس سلفی مسیر تغذیه می شود و در نتیجه امپدانس سری مدار تغذیه کاهش یافته و افت ولتاژ در مسیر تغذیه کم می شود.

اندازه ظرفیت بانکهای خازنی به نحوی انتخاب می شود که مقدار فلیکر در محدوده قابل قبول قرار گیرد. در عین حال باید به مسئله تشدید در مدار نیز توجه شود.

۵-۱۵-۴-(جبران کننده های سنکرون)

جبران کننده های سنکرون با کاهش امپدانس دیده شده از دو سربار می توانند باعث کاهش فلیکر ولتاژ گردند. مقدار تصحیح بستگی به اندازه راکتانس های گذرا و زیرگذرای موتور سنکرون دارد. از لحاظ عملی استفاده از اینگونه وسیله برای تصحیح فلیکر ناشی از بارهای کوچک شبکه های توزیع، اقتصادی نمی باشد همچنین این جبران کننده ها نیاز به تعمیر و نگهداری منظم داشته و حتی با حضور راکتور ضربه گیر توانایی کاهش فلیکر آن محدود است.

۵-۱۵-۵- (تغییر در آرایش شبکه)

با تغییر دادن آرایش سیستم می توان بارهایی را که عامل ایجاد نوسان ولتاژ می گردند از دیگر مشترکان جدا نمود. بعضی از روشهای تغییر شبکه عبارتند از: استفاده از خطوط جدید، اضافه کردن ترانسفورماتور، تغییردادن ولتاژ خط تغذیه، جابجایی بارها، افزایش سطح مقطع فیدر و غیره. این روشها بطور مؤثری نوسان ولتاژ را کاهش می دهند ولی به هر حال روشهای نسبت گرانی بوده و اغلب از لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه نمی باشد.

۵-۱۵-۶- (جبران کننده های توان راکتیو استاتیکی (SVC))

(SVC) در واقع یک تولید کننده توان راکتیو موازی است که خروجی آن به نحوی تغییر می کند تا پارامتر مشخصی را در سبستم ثابت نگاه دارد. زمان

پاسخ (SVC) حدودا ۲ تا ۳ سیکل بوده که در نتیجه آن را برای کاربردهای کنترل سریع و مداوم توان راکتیو مناسب می سازد . در (SVC) ها مقدار توان راکتیو خروجی منحصرا توسط کلیدهای تریستوری متصل به بانک های خازنی یا سلفی صورت می گیرد.

۵-۱۵-۷- (راکتور انشعابی / راکتور قابل اشباع)

این نوع جبران کننده دارای پاسخ سریعی بوده و ساختمان مشابه ترانسفورماتور دارد. در این نوع جبران کننده از مشخصه مسطح v-1 راکتور با هسته اشباع شونده برای ایجاد مشخصه راکتیو ولتاژ – ثابت ایده آل استفاده می شود . از معایب آن می توان به لزوم وجود خازن موازی بزرگ برای اصلاح ضیریب توان و تولید هارمونیک اشاره نمود.

۵-۱۵-۸- راکتور قابل اشباع چند فازه جبران شده هارمونیکی

اصول کار این جبران کننده مشابه نوع راکتور قابل اشباع / راکتور انشعابی است . اما با آرایش مناسب سیم پیچی های سه فاز بر روی هسته ای با بازوی چند گانه ، تعدادی از هارمونیک ها حذف می شوند . از معایب این جبران کننده ها می توان به وجود گذاری ناشی از انرژی دار کردن آن اشاره نمود.

فصل ششم

هارمونیکها

فصل ششم :

هارمونیکها

۶-۱- (شناخت و بررسی مقدماتی هارمونیکها)

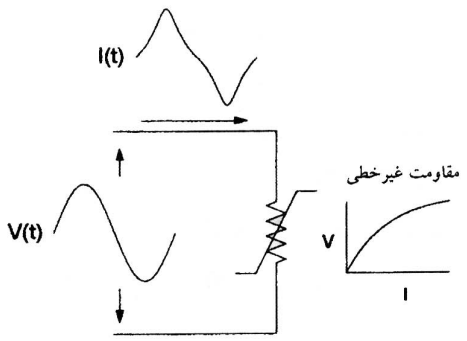
۶-۱-۱- (کلیات)

یکی از مسائل و مشکلات کیفیت برق در سیستمهای توزیع و انتقال، مسئله هارمونیکها می باشد. که توجه زیادی را به خود جلب نموده است. بطوریکه مطالب بسیاری را در این خصوص می توان در کتب و مقالات گوناگون جستجو نمود.

اعوجاجها هارمونیکی باعث ایجاد مشکلات خاصی در شبکه های قدرت می شوند. از جمله این مشکلات می توان به عدم عملکرد مناسب تجهیزات و نیز کاهش عمر و پایین آمدن راندمان دستگاهها اشاره نمود. در چنین حالتی مطالعه هارمونیکها و ارائه یک سری قواعد و مقررات اجتناب ناپذیری خواهد بود. محدودنمودن اعوجاج هارمونیکی هم از نظر شرکتهای برق و هم از نظر مشترکین لازم می باشد. شرکتهای برق باید محدودیتهایی را ارائه نمایند تا از آسیب دیدگی تجهیزات مشترکین، اعم از مشترکین خانگی و صنعتی جلوگیری شود. از طرف دیگر با توجه به اینکه ایجاد یک موج کاملاً سینوسی از طرف شرکتهای برق نمی تواند تضمین شود، لذا مشترکین باید اعوجاجها تولیدشده توسط تجهیزات خودرا محدود نمایند.

۶-۱-۲- (اعوجاج هارمونیکی)

اعوجاج هارمونیکی در شبکه های قدرت ناشی از عناصر غیرخطی است. عنصر غیرخطی عنصری است که جریان آن متناسب با ولتاژ اعمالی نمی باشد. شکل ٦-١ جریان غیرسینوسی یک مقاومت غیرخطی در حالی که ولتاژ سینوسی به آن اعمال شده است نشان می دهد. افزاش چنددرصدی ولتاژ ممکن است باعث شود که جریان دو برابر شده و



شکل ۶ـ ۱: اعوجاج جریان که به علت یک مقاومت غیرخطی ایجاد شده است

نیز شکل موج جریان فرم دیگری به خود بگیرد. این حالت، مورد ساده ای از تولید اعوجاج در سیستم قدرت می باشد.

۶-۱-۳- (اعوجاج ولتاژ و جریان)

کلمه هارمونیک اغلب بدون هیچگونه کلمه توصیفی دیگر و به تنهایی استفاده می شود. برای مثال، بسیار شنیده می شود که یک محرکه موتور با قابلیت تنظیم سرعت یا یک کوره القایی به دلیل وجود هارمونیکها نمی توانند به شکل مناسبی کار کنند. چرا این مسئله پدید آمده است ؟جواب می تواند یکی از سه مورد زیر باشد:

- هارمونیک ولتاژ آنقدر زیاد است که سیستم کنترل زاویه آتش به خوبی عمل نمی کند.
- هارمونیک جریان زیادتر از ظرفیت بعضی از تجهیزات در شبکه تغذیه (مانند ترانسفورماتور و موتور) است که باید در زیر قدرت نامی خود کار کنند.
- هارمونيك ولتاژ زياد است زيرا هارمونيك جريان ناشي از آن وسيله زياد مي باشد.

همچنانکه این موارد نشان می دهد دلایل و اثرات جداگانه ای برای هارمونیک های ولتاژ و جریان و همچنین روی بعضی روابط بین این دو وجود دارد. بنابراین، واژه هارمونیک به تنهایی مبهم بوده و نمی توان به کمک آن به صورت دقیق یک مسئله را توصیف کرد.

۶-۱-۴- (مقادیر موثر و اعوجاج هارمونیکی کل)

چندین معیار عددی برای نشان دادن مقادیر هارمونیکی یک موج وجود دارد . از معروف ترین آنها می توان به اعوجاج هارمونیکی کل (THD) که برای ولتاژ و جریان قابل محاسبه است اشاره نمود.

$$THD = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{h\max} M_h^2}}{M_1}$$

که در آن M_h مقدار موثر مولفه هارمونیک h ام کمیت M می باشد. THD معیار اندازه گیری مقدار موثر مولفه هارمونیکی یک موج اهوجاجی است .

همانطور که می دانیم مقدار موثر کل یک موج (RMS) برابر با جمع مولفه های آن نمی باشد بلکه از مجذور جمع مربعات تک تک مولفه های آن موج بدست می آید . THD را می توان توسط رابطه زیر به مقدار موثر شکل موج ارتباط داد:

$$RMS = \sqrt{\sum_{h=1}^{h\max} M_h^2} = M_1\sqrt{1+.\mathrm{THD}^2}$$

. THD کمیتی مفید برای بسیاری از کاربردها می باشد و لیکن محدودیت های آن را نیز باید مورد لحاظ قرار داد. این کمیت می تواند ایده خوبی از حرارت اضافی ایجاد شده در یک بار مقاومتی هنگامیکه ولتاژ اعوجاجی به آن اعمال شده است ارائه دهد . همچنین می تواند نشانه ای برای تلفات اضافی ناشی از جریان عبوری از یک هادی نیز باشد . ولی این کمیت نشانه خوبی از تنش ولتاژی بر خازن نیست زیرا این تنش با مقدار پیک شکل موج ولتاژ در ارتباط می باشد.

۶-۱-۵- (قدرت و ضریب قدرت)

اعوجاج هارمونیکی ، محاسبه توان و ضریب قدرت را مشکل می سازد ، زیرا بسیاری از ساده سازیهای صورت گرفته که در تحلیل فرکانس قدرت بکار می روند در این حالت قابل اعمال نخواهند بود.

سه کمیت استاندارد در رابطه با توان استفاده می شوند:

توان ظاهری (S) : از ضرب مقدار موثر ولتاژ و جریان حاصل می شود .

توان اکتیو (P) مقدار متوسط توان تحویلی

توان راکتیو (Q) : بخشی از توان ظاهری که ۹۰ درجه با توان اکتیو اختلاف فاز دلرد . در فرکانس مولفه اصلی ، این مقادیر را می توان به راحتی به یکدیگر به صورت زیر مرتبط نمود:

$P=S\ \mathrm{Cos}\ \theta$

$Q=S\ \mathrm{Sin}\ \theta$

که در آن θ زاویه فاز بین ولتاژ و جریان باشد.

پارامتر θ Cos ضریب قدرت نامیده می شود. بهرحال تعیرف دقیق تـر اسـتفاده از معادلـه زیر می باشد.

$$PF = \frac{P}{S}$$

مقادیر S,P را می توان بدون ابهام حتی در صورت وجود اعوجاج ولتـاژ و جریـان تعریـف نمود.در حالی که هیچ مفهوم روشنی از زاویه فاز در شرایطی کـه چنـدین فرکـانس داشـته باشیم وجود ندارد.

۶-۱-۶- (هارمونیکهای مرتبه سه)

هارمونیکهای مرتبه سه ضرایب فردی از هارمونیک سوم هستند (h = ۳ ، ۹، ۱۵، ۲۱، ...) این هرمونیک ها احتیـاج بـه بررسـی هـای ویـژه ای دارنـد زیـرا پاسـخ سیـستم در برابـر ایـن هارمونیکها متفاوت از پاسخ آن در برابر دیگر هارمونیکها مـی باشـد. هارمونیکهـای مرتبـه سه یکی از مهم ترین موضوعات در شبکه های با ستاره زمین شده است که در نوترال آنها جریان وجود دارد. دو مشکل عمده، اضافه بار نوترال و تداخلات تلفنی می باشـد. همچنـین بعضی از دستگاهها به دلیل اینکه ولتاژ خط به نـوترال (بـه علـت افـت ولتـاژ هارمونیکهـای مرتبه سه در هادی نوترال) آنها کاملاً اعوجاجی شـده درسـت عمـل نمـی کننـد. بـرای یـک سیستم کاملاً متعادل متشکل از بارهای تک فاز فرض کنید که مولفه های هارمونیک سوم و اصلی هردو وجود داشه باشند. با جمع جریانها در گره نوترال (گره N) جریان مؤلفه اصلی صفر می شود. ولی به دلیل هم فاز بودن مؤلفه های فاز هارمونیک سوم، مقـدار ایـن مؤلفـه ها سه برابر جریان فاز هارمونیک سوم خواهد بود.

۶-۲- (منابع تولید هارمونیک)

از عوامل تولید هارمونیک می توان به موارد زیر اشاره کرد:

- تولید موج غیر سینوسی توسط ماشینهای سنکرون ناشی از وجود شیارها و عدم توزیع یکنواخت سیم پیچی های استاتور
- عدم یکنواختی در رلوکتانس ماشینهای سنکرون
- توزیع غیرسینوسی فوران مغناطیسی در ماشینهیا سنکرون
- جریان مغناطیسی ترانسفورماتورها
- بارهای غیرخطی مانند دستگاههای جوشکاری
- کوره های قوس الکتریکی و القایی

از طرف دیگر پیدایش عناصر نیمه هادی و استفاده فراوان از آنها عامل جدیدی برای ایجاد هارمونیک در سیستم های قدرت شد. کاربرد این عناصر را می توان در تجهیزات و سیستمهای قدرت زیر مشاهده نمود:

- سیستم های HVDC
- تجهیزات مورداستفاده در کنترل کننده های سرعت ماشینهای الکتریکی
- تجهیزات مورداستفاده در سیستم حمل و نقل برقی مانند اتوبوس برقی و مترو
- اتصال نیروگاههای خورشیدی و بادی به سیستم های توزیع
- کاربرد SVC به عنوان ابزار مهمی در کنترل توان راکتیو
- استفاده فراوان از یکسوکننده های مورد استفاده در شارژر باتریها
- صنایعی شامل مجتمع های شیمیایی و پتروشیمی و نیز صنایع ذوب آلومینیوم که از یکسوکننده های پرقدرت برای تولید برق DC موردنیاز انجام فرآیندهای شیمیایی و ذوب آلومینیوم استفاده می کنند .

در زیر به عوامل مهم تولیدکننده هارمونیک اشاره خواهد شد.

٦-٢-١-منابع تغذیه تک فاز

٦-٢-٢- مبدلهای قدرت سه فاز

٦-٢-٣- تجهیزات قوس زننده

٦-٢-٤- عناصر اشباع شونده

۶-۳- (اثر اعوجاج هارمونیکی برروی عملکرد تجهیزات و سیستم قدرت)

برخی از آثار سوء هارمونیکها بر سیستم قدرت و تجهیزات آن به قرار زیر است:

- شکست عایقی بانکهای خازنی و افزایش جریان و توان راکتیو بانکهای خازنی
- تداخل با سیستم های ریپل کنترل و تداخل در وظیفه کنترل از راه دور سیستم هیا کلیدزنی و اندازه گیری
- تلفات اضافی اهمی و نیز تلفات اضافی در هسته و ایجاد حرارت زیاد در ماشینهای الکتریکی.
- شکست عایقی کابلها
- تداخل با سیستم های مخابراتی و PLC
- ایجاد خطا در دستگاههای اندازه گیری
- ایجاد نوسانات مکانیکی
- عدم عملکرد مناسب سیستمهای کنترل
- عملکرد نامناسب و پاسخ اشتباه رله ها
- عملکرد نامناسب و مدارات آتش سیستم های الکترونیک قدرت بخصوص مدارات آتشی که براساس تشخیص نقطه صفر ولتاژ عمل می کنند.

٦-۳-۱- اثر روی خازنها

٦-۳-۲- اثر روی ترانسفورماتورها

٦-۳-۳- اثر برروی موتورها

٦-۳-٤- تداخلات مخابراتی

۶-۴- (پاسخ سیستم قدرت به منابع هارمونیکی)

در سیسمهای قدرت، پاسخ سیستم بـه منـابع هـارمونیکی دارای اهمیـت اسـت. در حقیقـت، سیستم های قدرت در مقابل جریانهای هارمونیکی ایجادشده توسط بارهـای هارمونیـک زا، مقاوم می باشند مگر اینکـه فرکـانس ایـن جریـان هـارمونیکی بـا فرکـانس تـشدید مـوازی امپدانس دیده شـده از آن شـینه هـم انـدازه شـود. پاسـخ سیـستم قـدرت در هـر فرکـانس هارمونیکی اثر واقعی بارهای غیرخطی را بر اعوجاج هارمونیک ولتاژ تعیین می کند.

۶-۴-۱- (امپدانس سیستم)

در فرکانس مولفه اصلی، سیستم های قدرت اصولاً به صورت اندوکتیو هـستند و امپـدانس معادل آن را گاهی اوقات راکتانس اتصال کوتاه می نامند. عموماً در سیستم هـای توزیـع و سیستم های صنعتی از اثرات خازنی صرفنظر مـی گـردد. یکـی از کمیتهـایی کـه در تحلیـل هارمونیکی سیستم های قدرت کراراً استفاده می شود امپدانس اتصال کوتاه تـا نقطـه ای از شبکه که در آن خازن نصب شده اسـت مـی باشـد. اگـر مقـدار امپـدانس اتـصال کوتـاه در دسترس نباشد می تـوان آنـرا از مطالعـات اتـصال کوتـاه شـبکه بدسـت آورد. مقـدار ایـن امپدانس از مگاولت آمپر اتصال کوتاه یا جریان اتصال کوتاه به صورت زیر بدست می آید:

$$Z_{SC} = Rsc + JXsc = \frac{(KV)^2}{MVAsc} = \frac{KV}{\sqrt{3}Isc}$$

که در آن:

Zsc = امپدانس اتصال کوتاه

Rsc = مقاومت اتصال کوتاه

Xsc = راکتانس اتصال کوتاه

KV = ولتاژ فاز- فاز برحسب کیلوولت

MVAsc = مگاولت آمپر اتصال کوتا هسه فاز

Isc = جریان اتصال کوتاه برحسب کیلوآمپر

۶-۴-۲- (امپدانس خازن)

خازنهای موازی که برای تصحیح ضریب قدرت مورداستفاده قرار میگیرند در فرکانسهای مختلف امپدانس سیستم را شدیداً تحت تأثیر قرار می دهند. خازنها خود عامل تولید هارمونیک نیستند ولی اعوجاج هارمونیکی گاهی اوقات به دلیل خضور خازن تشدید می گردد. در حالیک ه راکتانس اندوکتیو با افزایش فرکانس و متناسب با آن افزایش می یابد، راکتانس خازن Xc متناسب با فرکانس کاهش می یابد.

$$Xc = \frac{1}{2 \times f \times c}$$

که در آن:

C ظرفیت خازن به فاراد و f فرکانس است.

در خازنهای مورد استفاده در صنعت، ظرفیت خازن داده نمی شود بلکه مقدار خازن برحسب Kvar یا Mvar بیان می شود. راکتانس خازنی خط به زمین در فرکانس قدرت برای یک بانک خازنی را می توان چنین بیان نمود.

$$Xc = \frac{KV2}{K\,\text{var}} = \frac{KV2(1000)}{K\,\text{var}}$$

برای بانکهای خازنی سه فاز باید از ولتاژ خط و توان راکتیو نامی سه فاز استفاده نمود. برای واحدهای تک فاز، از ولتاژ نامی فاز و توان راکتیو نامی استفاده می شود.

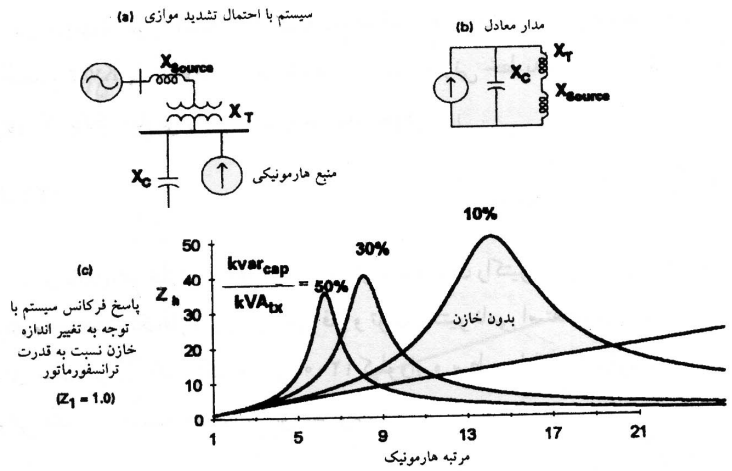
برای مثال، برای یک بانک خازنی ۱۲۰۰ کیلووار و سطح ولتاژ ۲۰ کیلوولت، راکتانس توالی مثبت برحسب اهم برابر خواهد بود با:

$$Xc = \frac{KV2}{M\ \text{var}} = \frac{(20)2}{1.2} = 333.3$$

۶-۴-۳- (تشدید موازی)

مدارهای شامل خازن و اندوکتانس دارای یک یا تعداد بیشتری فرکانس طبیعی می باشند. وقتی که یکی از این فرکانسها برابر با فرکانس سیستم قدرت گردد پدیده تشدید به وجود می آید و جریان و ولتاژ در آن فرکانس مقدار بالایی را به خود خواهد گرفت. این پدیده در حقیقت ریشه تمامی مسائل و مشکلات ناشی از اعوجاج هارمونیکی در سیستمهای قدرت می باشد.

در فرکانسهای هارمونیکی، از دیدگاه منابع هارمونیک، خازنهای موازی با اندوکتانس معادل شبکه به شکل موازی قرار می گیرند (شکل ٦- a ۲۵ و ٦-b-۲۵) در فرکانسهای غیراز فرکانس اصل، شبکه قدرت به صورت اتصال کوتاه دیده می شود. به عبارت دیگر فرض می شود که فقط منبع ولتاژ با فرکانس قدرت وجود دارد. در فرکانسی که Xc و راکتانس کل سیستم برابر می شوند، امپدانس ظاهری (ترکیب موازی اندوکتانس سیستم و خازن) که توسط منبع هارمونیک جریان دیده می شود بسیار بزرگ شده و شرایط تشدید موازی به وجود می اید. اثر تغییر اندازه خازن در امپدانس دیده شده از محل منبع هارمونیک ها در شکل ٦-c-۲۵ نشان داده شده است.



شکل ۶ـ۲۵: تأثیر اندازه خازن روی فرکانس تشدید موازی

همانطور که در این شکل مشاهده می شود . اگر یکی از مقادیر پیک امپدانس در فرکانس جریان هارمونیکی تولید شده توسط بار به جود آید . افت ولتاژ شدیدی روی امپدانس ظاهری سیستم در مقایسه با حالت بدون خازن اتفاق می افتد . فرکانس تشدید در ترکیب خاصی از خازن و اندوکتانس را می توان از روشهای مختلف و با توجه به نوع اطلاعات موجود محاسبه نمود . معادله اصلی تعیین فرکانس بدین صورت است .

$$F_1 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

تحلیل گران سیستمهای قدرت معمولا مقادیر C,L سیستم را در اختیار ندارند و بنابراین ترجیح می دهند که از شکل دیگری از روابط استفاده نمایند . با توجه به اینکه در سیستمهای توزیع ، راکتانس اتصال کوتاه معمولا برابر با امپدانس ترانسفورماتور می باشد یعنی X_{sc},X_{tx} بنابراین مرتبه هارمونیکی فرکانس تشدید بر اساس امپدانس فرکانس اصلی با استفاده از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$h_r = \sqrt{\frac{X_C}{X_{SC}}} = \sqrt{\frac{MVA_{SC}}{M\ \mathrm{var}_{cap}}} \approx \sqrt{\frac{KVA_{TX}\times 100}{K\ \mathrm{var}_{cap}\times Z_{TX}(\%)}}$$

که در آن :

h_r رتبه هارمونیک فرکانس تشدید

X_C راکتانس خازن

X_{SC} راکتانس اتصال کوتاه سیستم

MVA_{SC} سطح اتصال کوتاه سیستم بر حسب مگا ولت آمپر

$Mvar_{cap}$ ظرفیت نامی بانک خازنی برحسب مگاوار

KVA_{tx} ظرفیت نامی ترانسفورماتور بر حسب کیلوولت آمپر

Z_{tx} امپدانس درصد ترانسفورماتور

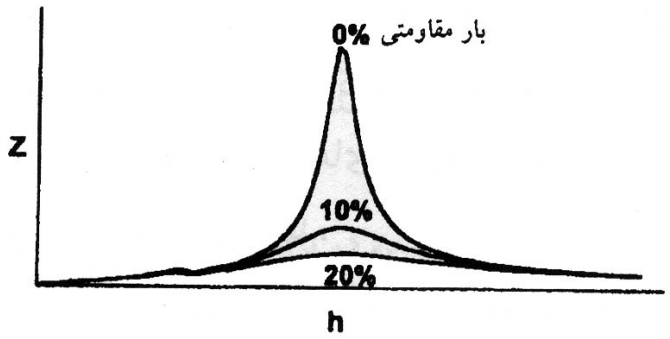
$Kvar_{cap}$ ظرفیت نامی بانک خازنی بر حسب کیلووار

برای مثال ، در یکی از شینه های یک مشترک صنعتی ، وقتی که امپدانس ترانسفورماتور وجه قالب دارد، هارمونیک تشدید برای یک ترانسفورماتور ۱۵۰۰ کیلو وات آمپر با امپدانس ٦ درصدی و بانک خازنی ۵۰۰ کیلو واری تقریبا برابر است با :

$$h_r = \sqrt{\frac{1500 \times 100}{500 \times 6}} = 7.07$$

۶-۴-۴- اثر مقاومت و بار مقاومتی

شرایط تشدید همیشه مایه نگرانی نیست . میرایی ایجاد شده توسط مقاومت اغلب باعث کاهش ولتاژ و جریان در حالت تشدید در سیستم می گردد. شکل ٦-۲٦ مشخصه امپدانس مدار تشدید موازی را برای مقادیر مختلف بار مقاومتی که به صورت موازی با خازن قرار گرفته است نشان می دهد.



شکل ۶ـ ۲۶: تأثیر بارهای مقاومتی روی پدیدهٔ تشدید موازی

همان گونه که مشاهده می شود تنها ۱۰ درصد بار مقاومتی تاثیر بسزایی بر روی پیک امپدانمس سیستم به وجود آورده است . مطابق آن اگر طول خط یا کابلهای بین شینه خازنی و نزدیک ترین ترانسفورماتور زیاد باشد پدیده تشدید اثر نامطلوب کمی را ایجاد می کند زیرا خطوط و کابلها مقدار زیادی مقاومت به مدار معادل سیستم اضافه می کنند.مقاومت خطوط و بارها در شبکه توزیع مشکلات ناشی از تشدید هارمونیکی را کم می کنند . البته این بدان معنا نیست که به دلیل تشدید مشکل زیادی به وجود نمی آید . بلکه این مسائل و مشکلات با توجهبه شرایط ، موجب خسارت فیزیکی به تجهیزات شبکه قدرت نمی شوند. بدترین شرایط تشدید وقتی پدید می آید که خازن ها بر روی شینه های پست نصب گردند که این پست می تواند پست توزیع اصلی و یا پستهای فرعی در واحدهای صنعتی باشد . در این حالات وقتی که امپدانس ترانسفورماتور وجه غالب را دارد و نسبت X/R بالا است مقاومت نسبی کم شده و پیک امپدانس تشدید موازی بسیار بالا و تیز خواهد بود. این پدیده عامل اصلی خرابی خازنها ، ترالنسفورماتور و دیگر تجهیزات می باشد.

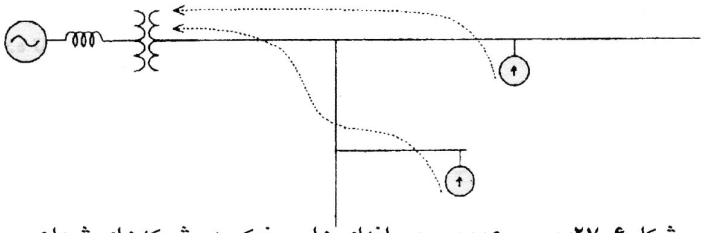
بارهای موتوری اساسا اندوکتیو هستند و میرایی کمی را ایجاد می کنند . در حقیقت این امکان وجود دارد که موتورها با جابجایی فرکانس تشدید به نزدیکی یک فرکانس

هارمونیکی ، باعث افزایش تعوجاج نیز شوند. موتورهای کم قدرت به دلیل پایین تر بودن نسبت X/R آنها نسبت به X/R موتورهای سه فاز بزرگ اثر قابل ملاحضه ای بر روی میرایی سیستم خواهند داشت.

۶-۵- (شناسایی محل منابع هارمونیکی)

در فیدرهای توزیع شعاعی و در کارخانجات صنعتی، تمایل اصلی هارمونیکهای تولیدشده. جریان یافتن از محل تولید خود (بارهای هارمونیک زا) به طرف نبع تغذیه سیستم قدرت می باشد. این مسئله در شکل ٦-٢٧ نشان داده شده است. امپدانس سیستم معمولاً کمترین امپدانسی است که جریان هارمونیکی در مقابل خود می بینند

بنابراین قسمت اعظم جریان به طرف منبع تغذیه سیستم جاری می شود. از این مطلب می توان بهره جست تا محل منابع تولید هارمونیک را شناسایی نمود.



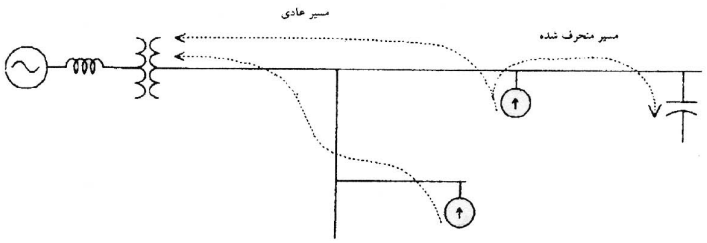
شکل ۶ـ۲۷: مسیر عمومی جریانهای هارمونیکی در شبکه‌های شعاعی

با استفاده از یک مونیتور کیفیت برق که قادر به نشان دادن مولفه های هارمونیکی جریان باشد، بسادگی می توان هارمونیکهای جریان در هر شاخه را اندازه گیری کرد.

این کار را باید از ابتدای هر مدار آغاز نمود تا منابع تولید هارمونیک را پیدا کرد. خازنهای تصحیح ضریب قدرت می توانند الگوی مسیر حرکت جریان را حداقل برای یک هارمونیک تغییر دهند. برای مثال، اضافه کردن یک خازن به مدار قبلی همانطوری که در شکل ٦-٢٨

نشان داده شده است می تواند باعث کشانده شدن بخش بزرگی از جریان هارمونیکی به این قسمت از مدار شود.

اگر در این حالت از روش اشاره شده در بالا استفاده شود ممکن است بجای ردیابی مسیر اصلی که نهایتاً به منابع تولید هارمونیک می رسد، اشتباهاً مسیر منتهی شده به بانک خازنی دنبال گردد. بنابراین لازم است که به صورت موقت تمامی خازنها را از مدار خارج کرده تا محل منابع تولید هارمونیک را بتوان بطور دقیق مشخص نمود.



شکل ۶ـ۲۸: خازنهای تصحیح ضریب قدرت قادر به تغییر مسیر یکی از مؤلفه‌های هارمونیکی جریان هستند

۶-۶- مبانی کنترل هارمونیکها

در این بخش برخی از اصول کنترل هارمونیکها توضیح خواهد شد. هارمونیکها هنگامی مشکل زا می شوند که:

منبع تولید هارمونیک جریان بسیار بزرگ باشد.

- مسیری که در آن جریانهای هارمونیکی عبور می کنند بسیار طولانی باشد در نتیجه باعث ایجاد اعوجاج ولتاژ بیشتر یا اختلاف تلفنی می شود.
- پاسخ سیستم باعث تشدید یک یا چند هارمونیک گردد.

وقتی که یک مشکل هارمونیکی در شبکه اتفاق می افتد، روشهای اصلی کنترل هارمونیکها به قرار زیر است:

- کاهش مقدار جریانهای هارمونیکی تولیدشده توسط بار
- اضافه کردن فیلتر به منظور ایجاد مسیری برای هارمونیکها و یا جلوگیری از واردشدن هارمونیکها به شبکه
- تغییر پاسخ فرکانسی سیستم با استفاده از فیلترها، سلف و خازن

٦-٦-١-کاهش جریانهای هارمونیکی ناشی از بارها

٦-٦-٢-فیلترگذاری

٦-٦-٣- اصلاح پاسخ فرکانسی سیستم

۶-۶-۴-(تجهیزات موردنیاز فیلترکردن اعوجاج هارمونیکی)

دو دسته اصلی فیلتر مورد استفاده قرار میگیرد:

- فیلترهای غیرفعال
- فیلترهای فعال

۶-۹-مقررات برخی از کشورها در رابطه با پذیرش مشترکینی که تولید هارمونیک می نمایند.)

جهت آشنایی با چگونگی محدودکردن هارمونیک ها و مقررات مربوط به قبول مشترکین تولیدکننده هارمونیکها در یک شبکه قدرت، روشهای موجود در کشورهای آلمان، استرالیا، انگلستان، بلژیک وفرانسه، فنلاند، لهستان و دانمارک به صورت خلاصه در این بخش ارائه می گردد.

۶-۹-۱-(کشور آلمان)

مرحله اول مقررات این کشور اجازه می دهد که کلیه تجهیزاتی که نسب تقدرت نامی آنها به سطح اتصال کوتاه شینه محل تغذیه کمتر از ۰/۱ درصد باشد به شبکه متصل گردند و به عبارت دیگر چنانکه رابطه زیر برای هر وسیله برقرار باشد احتیاج به بررسی هارمونیکی و مطالعات دقیق نبوده و پذیرش به صورت اتوماتیک انجام می گیرد.

$$\frac{0.1}{100}\% \, P/Ssc <$$

در مرحله دوم مقررات این کشور ، بجای تعیین مقدار حد مجاز ها رمونیک ها ، نسبت ظرفیت بار غیر خطی به کل بار مشترک مشخص می گردد. این نسبت با توجه به شرایط کار مشترکین بین ۳ تا ۳۰ درصد می تواند تغییر نماید.

در مرحله سوم مقررات این کشور ، مقدار مجاز هارمونیک های ولتاژ در شینه مشترک اعمالرمی گردد که برای هارمونیکهای پنجم و هفتم بایستی کمتر از ٥ درصد و برای هارمونیکهای یازدهم و سیزدهم بایستی کمتر از ۳ درصد باشد.

۶-۹-۲-(کشور استرالیا)

در این کشور ماکزیمم ظرفیت یک مبدل سه فاز که می تواند به شبکه توزیع وصل گردد و در مورد آن شرکت برق مطالعه بخصوصی انجام نمی دهد(مرحله اول مقررات) برابر ۰/۳ درصد قدرت اتصال کوتاه شینه محل اتصال می باشد.

در ضمن چنانکه شرایط زیر وجود داشته باشد مقررات مرحله (۲) و یا (۳) بایستی بکار گرفته شود.

- حداقل سطح اتصال کوتاه شبکه فشار ضعیف و فشار متوسط به ترتیب کمتر از ۵ و ۵۰ مگاولت آمپر باشد.
- ظرفیت دستگاه بزرگتر از ۷۵ کیلوولت آمپر در شبکه فشار ضعیف و یا بزرگتر از ۵۰۰ کیلو ولت آمپر در شبکه فشار متوسط باشد.
- مقدار هارمونیک تولیدی چند مشترک که با هم کنترل می گردند بیشتر از بند قبل باشد.

در مراحل دوم و سوم استاندارد این کشور حد مجاز مشخصی برای هر مشترک تولید کننده هارمونیک در نقطه اتصال مشترک به شبکه صورت می گیرد.یعنی اولین مشترک می تواند تقریبا به اندازه مقدار مجاز هارمونیکهای شبکه ، تولید هارمونیک کند و تمام ظرفیت را بگیرید و جائی برای مشترک دوم نگذارد.

حد مجاز هارمونیک ولتاژ شینه در سطوح مختلف ولتاژی در کشور استرالیا در جدول ۶-۱۱ آمده است .

در مقررات این کشور حد مجاز اعوجاج ولتاژ تکی و مقدارمجازاعوجاجولتاژ کل تعیین مـی گردد.

جدول ۶ـ ۱۱: حد مجاز هارمونیکهای ولتاژ در شبکه کشور استرالیا

نوع شبکه	ولتاژ شبکه تغذیه	اعوجاج ولتاژ کل (THD)	اعوجاج تکی	ولتاژ به درصد
			هارمونیک فرد	هارمونیک زوج
شبکه توزیع	تا ۳۳ کیلوولت	۵	۴	۲
شبکه انتقال	۲۲ و ۳۳ و ۶۶ کیلو ولت	۳	۲	۱
	۱۱۰ کیلو ـ ولت و بالاتر	۱/۵	۱	۰/۵

۶-۹-۳- (کشور انگلستان)

در این کشور برای مقررات مرحله (۱)، تجهیزات به دو دسته تجهیزات سـه فـاز و تـک فـاز تقسیم شده اند . در مورد تجهیزات سه فاز مقررات مرحله (۱) بشرح زیر است :

ماکزیمم ظرفیت مبدل یا یک رگولاتور که می توانـد بـه شـبکه فـشار ضـعیف و یـا فـشار متوسط بدون بررسی جزئیات وصل گردد مطابق جدول ٦-۱۲ می باشد.

در زمورد تجهیزات تک فاز مقررات مرحله (۱)به شرح زیر است :

ماکزیمم ظرفیت یکسو کننده ها و رگولاتور های تک فاز که از نظر تئوری ، هارمونیـک زوج تولید نمی کنند و در تجهیزات صنعتی یا شارژها بکار می روند می توانـد بـرای ولتـاژ ۲٤۰ ولت برابر ٥ کیلو ولت آمپر و برای ولتاژ ٤۱٥ یا ٤۸۰ ولت برابر ۷/٥ کیلو ولت آمپر باشد.

در ضمن تجهیزاتی که هر دو هارمونیک فرد و زوج را تولید می کنند برای اتصال به شـبکه مناسب دانسته نمی شوند . چنانکه قرار باشد چند دستگاه تک فاز هارمونیک زا از یک محـل

به سیستم وصل گردند سعی می گردد اتصال آنها به فازهای مختلف باشد که حالت تعادل در مورد بارهای خطی وجود داشته باشد . مقررات این مرحله اجازه اتصال دو یکسو کننده یا رگولاتور را به یک فاز در یک محل نمی دهد و چنانکه این شرایط به وجود آید بایستی مطابق مقررات مرحله دوم عمل نمود.

در مقررات مرحله یک کشور انگلستان اجازه اتصال تجهیزاتی که در سیستم متناوب AC جریان DC تزریق می کنند داده نمی شود. مقررات مرحله دوم و سوم مقررات کشور انگلستان تقریبا شبیه مقررات کشور استرالیا می باشد.

حد مجاز هارمونیک های ولتاژ در شبکه برق کشور انگلستان و همچنین مقدار مجاز اعوجاج ولتاژ کل برای سطوح ولتاژ مختلف مطابق جدول ٦-١٣ تعیین گردیده است.

جدول ۶ـ۱۳: حد مجاز هارمونیکهای ولتاژ در شبکه برق کشور انگلستان

ولتاژ شبکه	اعوجاج ولتاژ کل (THD) به درصد	اعوجاج تکی ولتاژ به درصد	
		هارمونیک فرد	هارمونیک زوج
۴۱۵ ولت	۵	۴	۲
۶/۶ و ۱۱ کیلوولت	۴	۳	۱/۷۵
۳۳ و ۶۶ کیلوولت	۳	۲	۱
۱۳۲ کیلوولت	۱/۵	۱	۰/۵

۶-۱۰- (استاندارد مجاز هارمونیکها در شبکه برق ایران)

استاندارد هارمونیک ها در ایران حدود هارمونیکهای جریان مجاز هر مشترک و همچنین حداکثر هارمونیکهای ولتاژ که در شبکه با سطوح ولتاژی مختلف در نقطه تحویل برق به مشترک می تواند وجود داشته باشد را تعیین و توصیه می نماید.

به طور کلی شاخص های هارمونیکی زیر جهت این استاندارد تعیین گردیده اند :

- اعوجاج تکی و کلی ولتاژ

-اعوجاج تکی و کلی جریان

اتکای تنها به حدود مجاز شاخص های هارمونیکی همواره باعث جلوگیری از مسائل و مشکلات نمی گردد که در نتیجه لازم است در زمان تغییرات شکل سیستم قدرت، بررسیهای هارمونیکی تکرار گردد. بطور کلی مشترک بایستی مطالعات لازم در مورد شبکه داخلی برق خود را انجام داده و موارد زیر را تایید نماید.

- خازنهای اصلاح ضریب قدرت و یا فیلترهای هارمونیکی بیش از حد تحمل خود تحت فشارهای ناشی از هارمونیکها نمی باشند.
- تشدید سری یا موازی وجود ندارد.

مقادیر هارمونیکها یعنی اعوجاجهای تکی و کلی جریان و ولتاژ در محل اتصال به شبکه از حدود مشخص شده در این استاندارد پایین تر می باشند.

در این استاندارد سقف بار یا سقف دیماند که به علت کمی مصرف نیاز به بررسی هارمونیکهای آنها نمیباشد بطور مشخص تعیین نگردیده است . این سقف بار که می تواند حدود ۰/۱ تا ۱ درصد قدرت اتصال کوتاه نقطه محل اتصال مشترک به شبکه باشد با توجه به امکانات و وضعیت شرکتهای برق راسا توسط خود شرکتهای برق تعیین می گردد.

فلسفه تعیین حدود مجاز برای هارمونیکها در این استاندارد به شرح زیر است:

محدود کردن تزریق هارمونیک توسط هر مشترک به صورتی که باعث اعوجاج ولتاژ غیر قابل قبول در شرایط عادی کار شبکه نگردد.

محدود کردن اعوجاج کلی ولتاژ در شبکه بخصوص در محل تغذیه مشترکین اعوجاج ولتاژ در سیستم تابعی از کل جریانهای هارمونیکی تزریقی و امپدانس سیستم در هر فرکانس هارمونیکی می باشد. کل جریان های هارمونیکی تزریق شده بستگی به تعداد و اندازه مشترکین دارد که تولید هارمونیک جریان می نمایند . در نتیجه روش منطقی برای محدود کردن جریانهای هارمونیکی بریا هر مشترک تعیین حدود مجاز جریانهای هارمونیکی بر اساس اندازه و یا مقدار بار هر مشترک می باشد . مشترکین بزرگتر به خاطر اینکه قسمت بیشتری از بار را منصرف می کنند امکان بیشتری برای تزریق جریانهای هارمونیکی بر سیستم خواهند داشت.

۶-۱۰-۱- (حدود مجاز اعوجاج جریان برای هر مشترک)

حدود اعوجاج هارمونیکی مشخص شده در این استاندارد ماکزیمم مقدار مجاز اعوجاج جریان هر مشترک می باشد. مقدار مجاز اعوجاج جریان با توجه به مقدار ماکزیمم جریان مصرفی هر مشترک و به صورت درصدی از آن تعیین می گردد.

جداول ٦-١٨ الی ٦-٢٠ حدود مجاز جریانهای هارمونیکی را بر اساس اندازه بار مصرفی مشترکین نسبت به اندازه و قدرت شبکه برق در نقطه محل تغذیه یا اتصال مشترک در شبکه های با سطوح ولتاژی مختلف را ارائه می دهد . حدود ارائه شده در جداول فوق برای مشترکین عمومی و انهایی که دارای یکسو کننده های شش پالسی هستند صادق می باشند. اگر یکسو کننده ها به نحوی باشد که نتیجه آن برای سیستم تغذیه به صورت یکسو کننده

های بیش از شش پالسی به حساب آید حدود مجاز برای انواع هارمونیکهای مشخصه آنها متناسب با ضریب $\sqrt{\frac{q}{6}}$ که q مشخص کننده تعداد پالس آنها می باشد افزایش می یابد و اندازه مجاز انواع هارمونیکهای غیر مشخصه آنها به مقدار ۲۵ درصد مقادیر تعیین شده در جداول فوق کاهش می یابد.

در خصوص استفاده از حدود مجاز اعوجاج جریان هارمونیکی مشخص شده در جداول ٦-۱۸ الی ٦-۲۰ بایستی ظرفیت ترانسفورماتورهای ارتباطی بین مشترک و شرکت برق نیز مورد بررسی قرار گیرد به نحوی که از ترانسفورماتوری که مشترک را به شرکت برق ارتباط می دهد بیش از معادل ۵ درصد ظرفیت ترانسفورماتور جریان هارمونیکی عبور نکند.

جدول ۶ـ۱۸: حدود مجاز اعوجاج جریان برای مشترکین در شبکه‌های توزیع ۳۸۰ ولت و ۲۰ کیلو ولت

ماکزیمم اعوجاج جریان مجاز هر مشترک به درصد نسبت به ماکزیمم جریان مصرف بدون هارمونیک مشترک										
بزرگی مشترک یا درصد ماکزیمم جریان مصرفی بدون هارمونیک به جریان اتصال کوتاه محل تغذیه (R)	اعوجاج تکی جریان هر هارمونیک مرتبه n									اعوجاج جریان کل
	n<۱۱		۱۱ ≤ n < ۱۷		۱۷ ≤ n < ۲۳		۲۳ ≤ n < ۳۵		n ≥ ۳۵	
	فرد	زوج	فرد	زوج	فرد	زوج	فرد	زوج	فرد	زوج
R > ۵	۴	۱/۰	۳/۰	۰/۵	۱/۵	۰/۴	۰/۶	۰/۱	۰/۳	۰/۱	۵
۵≥ R > ۲	۷	۱/۷	۳/۵	۰/۹	۲/۵	۰/۶	۱/۰	۰/۳	۰/۵	۰/۱	۸
۲≥ R > ۱	۱۰	۲/۵	۴/۵	۱/۱	۴/۰	۱/۰	۱/۵	۰/۴	۰/۷	۰/۲	۱۲
۱≥ R > ۰/۱	۱۲	۳/۰	۵/۵	۱/۴	۵/۰	۱/۲	۲/۰	۰/۵	۱/۰	۰/۲	۱۵
R ≤ ۰/۱	۱۵	۳/۸	۷/۰	۱/۷	۶/۰	۱/۵	۲/۵	۰/۶	۱/۴	۰/۳	۲۰

جدول ۶ـ ۱۹: حدود مجاز اعوجاج جریان برای مشترکین فوق توزیع ۶۳ و ۱۳۲ کیلو ولت

ماکزیمم اعوجاج جریان مجاز هر مشترک به درصد نسبت به ماکزیمم جریان مصرف بدون هارمونیک مشترک										
بزرگی مشترک یا درصد ماکزیمم جریان مصرفی بدون هارمونیک به جریان اتصال کوتاه محل تغذیه (R)	اعوجاج تکی جریان هر هارمونیک مرتبه n									اعوجاج جریان کل
	n<۱۱		۱۱ ≤ n < ۱۷		۱۷ ≤ n < ۲۳		۲۳ ≤ n < ۳۵		n ≥ ۳۵	
	فرد	زوج	فرد	زوج	فرد	زوج	فرد	زوج	فرد	زوج
R > ۵	۲/۰	۰/۵	۱/۰	۰/۲	۰/۷	۰/۲	۰/۳	۰/۱	۰/۱	۰/۰	۲/۵
۵ ≥ R > ۲	۳/۵	۰/۹	۱/۷	۰/۴	۱/۲	۰/۳	۰/۵	۰/۱	۰/۲	۰/۰	۰/۴
۲ ≥ R > ۱	۵/۰	۱/۲	۲/۲	۰/۶	۲/۰	۰/۵	۰/۷	۰/۲	۰/۳	۰/۱	۶/۰
۱ ≥ R > ۰/۱	۶/۰	۱/۵	۲/۷	۰/۷	۲/۵	۰/۶	۱/۰	۰/۲	۰/۵	۰/۱	۷/۵
R ≤ ۰/۱	۷/۵	۱/۹	۳/۵	۰/۹	۳/۰	۰/۷	۱/۲	۰/۳	۰/۷	۰/۲	۱۰/۰

جدول ۶ـ ۲۰: حدود مجاز اعوجاج جریان برای شبکه‌های انتقال فشار قوی ۲۳۰ و ۴۰۰ کیلو ولت ایران

ماکزیمم اعوجاج جریان مجاز هر مشترک به درصد نسبت به ماکزیمم جریان مصرف بدون هارمونیک مشترک											
بزرگی مشترک یا درصد ماکزیمم جریان مصرفی بدون هارمونیک به جریان اتصال کوتاه محل تغذیه (R)	اعوجاج تکی جریان هر هارمونیک مرتبه n										اعوجاج جریان کل
	n<۱۱		۱۱ ≤ n < ۱۷		۱۷ ≤ n < ۲۳		۲۳ ≤ n < ۳۵		n ≥ ۳۵		
	فرد	زوج	فرد	زوج	فرد	زوج	فرد	زوج	فرد	زوج	
R≤۵	۲/۰	۰/۵	۱/۰	۰/۲	۰/۷	۰/۲	۰/۳	۰/۱	۰/۱	۰/۰۴	۲/۵
R≤۰/۱	۳/۰	۰/۷	۱/۵	۰/۴	۱/۱	۰/۳	۰/۴	۰/۱	۰/۲	۰/۰۵	۴/۰

٦-١٢- (هارمونیکهای میانی)

تا به حال هارمونیک های میانی ولتاژ به طور کامل بررسی نشده است . به هر حال مطالب زیر به اثبات رسیده است.

سیکلوکانورترها فرکانسهایی در محدوده صفر تا ۱۰۰۰ هر گز تولید نموده که دامنه حداکثر آنها تقریبا برابر ۰/۵ درصد ولتاژ نامی می باشد. در صورت بروز پدیده تشدید مقادیر بالاتر نیز امکان ظهور خواهند یافت . تاکنون مقادیر مشاهده شده هارمونیک های میانی در سیستم حدود ۲٪ درصد ولتاژ نامی و پهنای باند آنها در حدود ۱۰ هرتز بوده است .

تنها مورد گزارش شده در رابطه با تاثیر نامطلوب این نوع هارمونیک ها در رابطه با گیرنده های ریپل کنترل بوده و ملاحظات زیر در رابطه با عملکرد بدون اشکال این گونه وسایل آمده است .

در حال حاضر سطح پاسخ گیرنده ها روی ولتاژی برابر یا بالاتر از ۰/۳ درصد ولتاژ نامی منبع تغذیه تنظیم می شود . براساس این عدد سطح سازگاری هارمونیکی برای هر هارمونیک میانی حدود۰/۲ درصد ولتاژ نامی تغذیه انتخاب می گردد . این نکته نیز باید به خاطر سپرده شود که امکان عبور مقداری هارمونیک میاینی از فیلتر ورودی به گیرنده همواره وجود خواهد داشت.

فصل هفتم

قابلیت اطمینان

فصل هفتم

۷-۱- مقدمه

امروزه مشترکین صنعتی نسبت به قابلیت اطمینان بارهای حساس و کلیدی خود که نقش مهمی را در پروسه های تولید دارند نگران می باشند. در صورتی که تولیدات یک مشترک صنعتی به دلیل خرابی تجهیزات کاهش یابد و یا مثلاً سیستم روشنایی یک مرکز تجاری- اقتصادی از کار بیفتد اولین پرسشی که در ذهن مشترکین و مهندسین برق پیش می آید این است که قابلیت اطمینان کلی سیستم به چه میزان می باشد و چگونه می توان آن را بهبود بخشید. از سوی دیگر این پرسش نیز ممکن است مطرح شود که نقاط ضعف سیستم کجا بوده و بهبود شاخص های قابلیت اطمینان چه هزینه هایی را به دنبال خواهد داشت. تمامی این پرسشها به ارزیابی کمی قابلیت اطمینان منجر خواهد شد.

در فرهنگ شرکتهی برق، واژه قابلیت اطمینان معمولاً به مدت زمانی که مشترک در طی یک قطع بادوام کاملاً بدون برق ایجاد می شود اطلاق می گردد. در هر حال، قابلیت اطیمنان تنها توسط خطاهائی دائم ایجاد شده روی سیستم ـکه قبل از برگشتن حالت عادی به سیستم احتیاج به تعمیر خواهد بود تحت تأثیر قرار نمی گیرد و حتی یک خطای گذرا نیز می تواند فرآیندهای تولیدی مشترکین صنعتی را تا چندین ساعت از کار بیاندازد. بنابراین دو نوع قطعی لحظه ای و بادوام باید در محاسبات قابلیت اطمینان در نظر گرفته شود.

هدف اصلی در طراحی و برنامه های ریزی شبکه های توزیع، دستیابی به شبکه ای با خصوصیات زیر است:

- حداکثر کیفیت و تداوم برق رسانی (حداکثر قابلیت اطمینان)

- حداقل هزینه سرمایه گذاری و بهره برداری

در طراحی شبکه های جدید توزیع و برنامه ریزی برای گسترش شبکه هـای موجـود، بایـد گزینه های مختلف با در نظر گرفتن خصوصیات فوق ارائـه گردنـد. بـه عبـارت دیگـر، بایـد گزینه هایی مورد بررسی قرار گیرند که علاوه بر تأمین نیامندیهای فنی شبکه (قـرار گـرفتن پارامترهای الکتریکی در محدوده مجاز استانداردها) هزینه های قابل قبولی را تحمیل نمایند. عمده ترین برداشتها در ارتباط با قابلیت اطمینان و هزینـه هـای شـبکه توزیـع حـاکی از آن است که دو مولفه مذکور در تضاد با یکدیگر قرار دارند، بطوری که شبکه طراحـی شـده بـا هزینه کمتر دارای کیفیت و قابلیت پایین تری است و شبکه طراحی شده با قابلیت اطمینـان و تداوم سرویس دهی بالاتر، افزایش هزینه را به همراه خواهد داشت.

در کنار مطلب فوق، باید به استفاده از تجهیزات با قابلیت اطمینان بالاتر اشاره نمود.

بررسی ها نشان داده است که در بسیاری از موارد، استفاه از تجهیزات مرغـوب تـر باعـث کاهش هزینه ها در دراز مدت می گردد. به این ترتیب، قابلیت اطمینـان شـبکه بـدون نیازبـه افزایش هزینه، بهبود می یابد. این شیوه، در برابر شیوه های دیگر از قبیل برقراری تغذیه از نقاط مختلف، نصب تجهیزات آماده سـرویس دهـی بـه مـوازات تجهیـزات اصـلی و ... قابـل بررسی و اجراست.

مهم ترین عوامل تأثیرگذاری بر میزان قابلیت اطمینان یک شبکه عبارتند از:

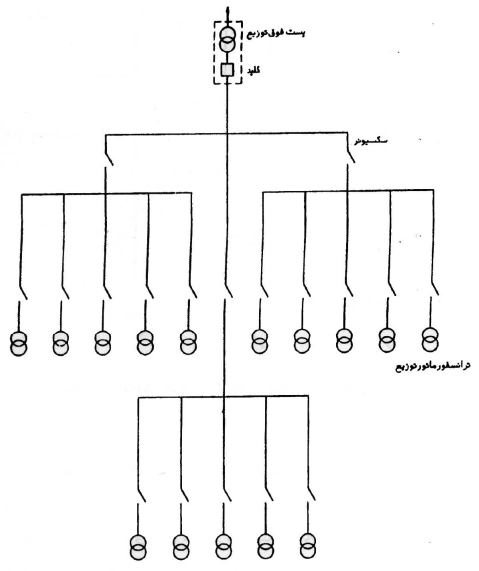
- ساختار شبکه
- نوع شبکه

۷-۲ (انواع ساختار شبکه های توزیع)

۷-۲-۱ (سیستم شعاعی ساده)

این نوع شبکه تویع عمدتاً برای تغذیه بارهای خانگی و تجاری و بارهایی که از اهمیت حیاتی برخوردار نیستند، بسیار مناسب بوده و هزینه سرمایه گذاری و نگهداری آن پایین می باشد. در کنار مزیت فوق، این شبکه ها از قابلیت اطمینان پایین تری برخوردارند و در اثر وقوع عیبهای معمول، فیدر اولیه از پست فوق توزیع جدا شده و تمام مشترکین آن بی برق می گردند. شبکه شعاعی به دلیل عدم تأمین قابلیت اطمینان موردنظر برای تغذیه بارهای متمرکز مثل مجتمع های تجاری، برجها و مراکز صنعتی حساس مناسب می باشد.

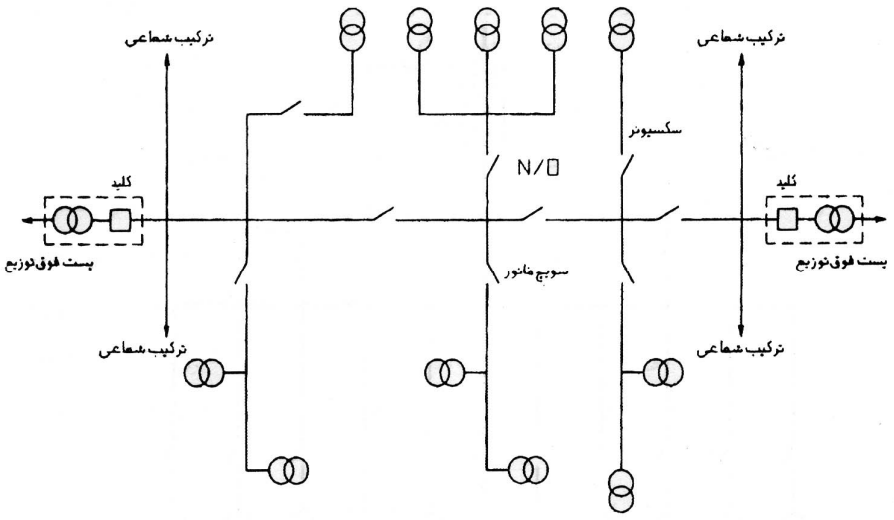
معمولاً برای افزایش قابلیت اطمینان شبکه شعاعی بلند، فیدرهای طولانی را به کلید تقسیم کننده (سکشنلایزر) مجهز می کنند، تا بارهای موجود در طرف منبع در اثر وقوع عیب در سمت دیگر کلید، بی برق نشوند



شکل ۷ـ ۱: شبکه شعاعی ساده

۷-۲-۲- (شبکه تویع حلقوی باز با کلید اتوماتیک یا سکسیونر بین فیدرهای اولیه)

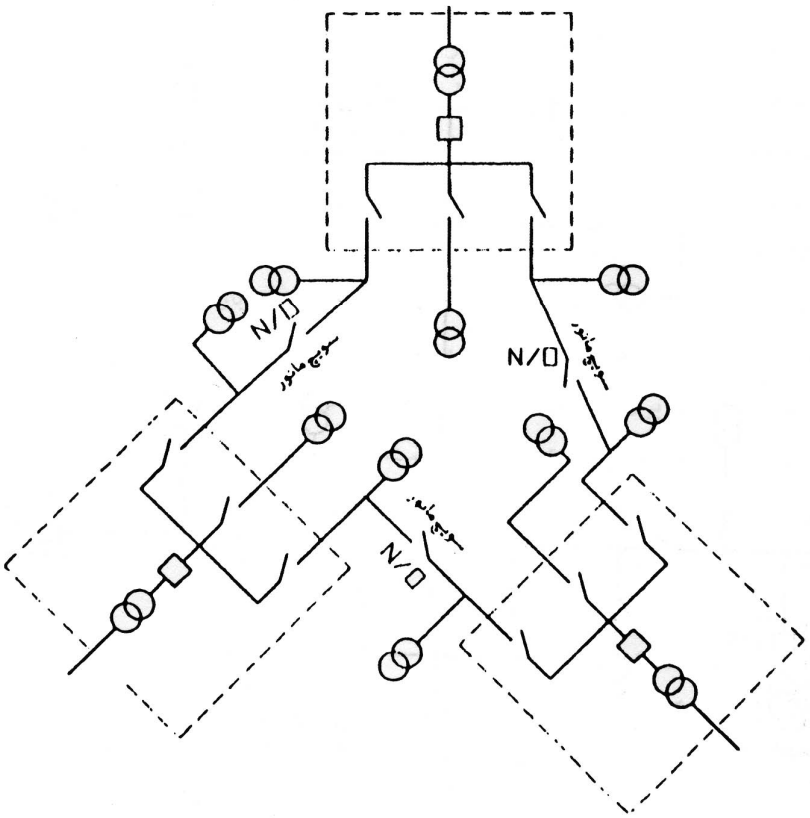
در این سیسم، زمان قطعی در اثر وقوع خرابی در یکی از منابع تغذیهفیدرها کاهش یافتـه و با وصل اتوماتیک کلید یا وصل دستی سکسیونر، فیدر مربوطه از طریق کلید یـا سکـسیونر از منبع دیگر تغذیه میشود. اما در شرایط طبیعی کلید یا سکسیونر مذکور باز بوده و بارهـا تنها از یک منبع تغذیه می شوند.



۷-۲-۳ (سیستم توزیع بدون انشعاب مستقیم)

در این نوع شبکه ها که از هزینه بالائی برخوردار است، کلیه انشعابها در داخل پست انجـام می گیرد و تمامی هادی های متصل به شینه دارای کلید یا سکسیونر می باشند. ایـن شـبکه که عمدتاً در وضعیت حلقوی یا غربالی و به صورت زمینی بکار گرفته می شـود، از قابلیـت اطمینان بسیار خوبی برخوردار بوده و بسته به نقطـه ای کـه اتـصالی رخ مـی دهـد، ممکـن است خروج هر فیدر به دلایلی مانند اتصالی هیچ وقفه طولانی به مـشترکین تحمیـل نکنـد و تنها مدت زمان کلیدزنی یا مانور برروی سکسیونر باعث بی برقی موقـت مـشترکین شـود.

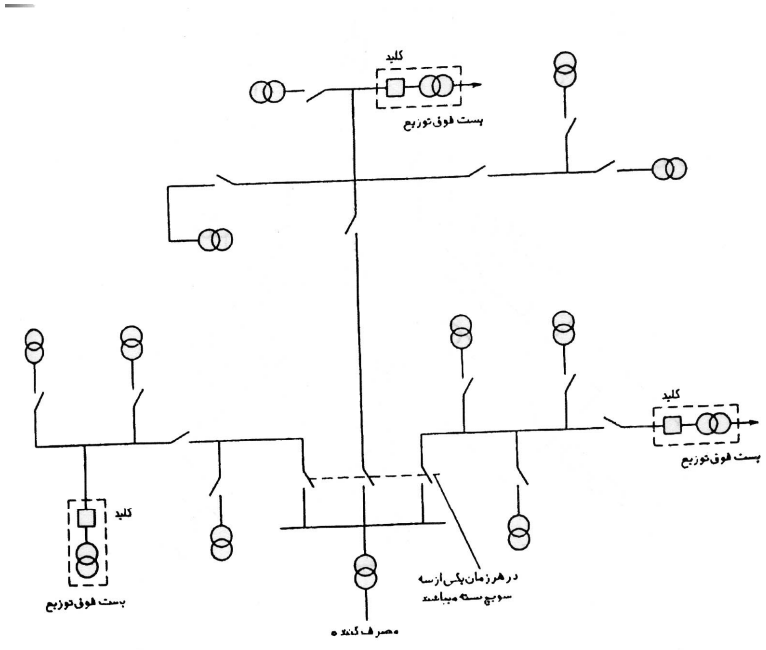
البته در شرایطی کـه تعـادل بارهـای کابلهـا مناسـب نباشـد، شـرایط مناسـبی بـرای ادامـه سرویس دهی به تمام مشترکین فـراهم نیـست و احیانـاً بعـضی از مـشترکین بـا خاموشـی روبرو می شوند. ضمن اینکه استفاده از شبکه زمینی از وقوع عیبهای گـذرا جلـوگیری مـی نماید.



شکل ۷ـ ۳: شبکه توزیع بدون انشعاب مستقیم

۷-۲-۴ (شبکه توزیع با تغذیه فیدرهای اولیه در قبل از ترانسفورماتور)

در این نوع شبکه توزی که عمدتاً برای بارهای متمرکز مورداستفاه قرار می گیرد، دو یا چند فیدر اولیه برای تغذیه در نظر گرفته می شوند و ترانسفورماتور مصرف در هر زمان به یکی از فیدرهای متصل می باشد. به این ترتیب با بی برق شدن فیدر مربوطه (به دلیل اتصالی یا هر خرابی دیگر) ترانسفورماتور مصرف بطور اتوماتیک یا ستی به فیدر دیگر سوئیچ می شود. در این سیستم برقراری مجدد سرویس دهی بسیار سریع بوده و هیچ نیازی به شناسایی محل عیب نمی باشد (شکل ۷-٤) قابلیت اطمینان این سیستم به خاطر یک فیدرا ضافی قابل قبول است، اما وقتی عمل انتقال از یک فیدر به فیدر دیگر انجام می گیرد، مشترکین در معرض یک خاموشی کوتاه مدت (بسته به اتوماتیک یا دستی بودن روش کلیدزنی) قرار می گیرند.



شکل ۷ـ ۴: شبکه توزیع با تغذیه فیدرهای اولیه در قبل از ترانسفورماتور

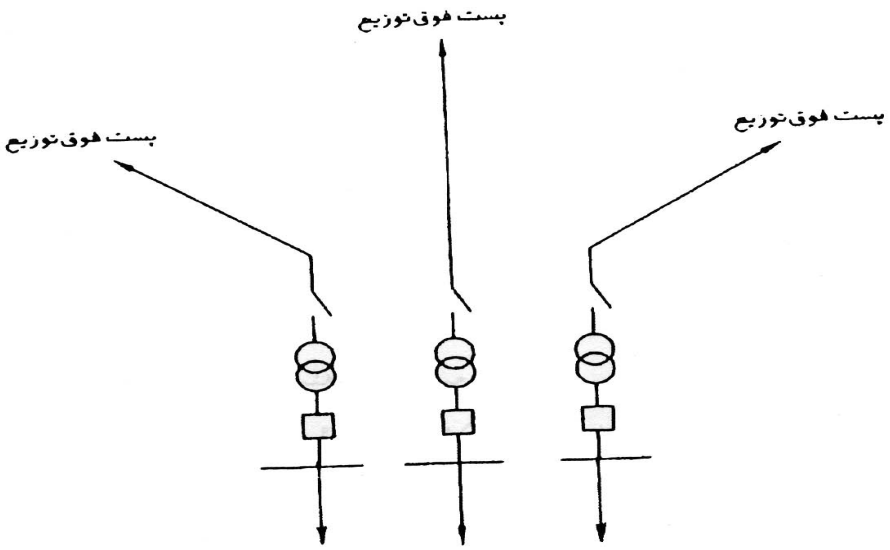
۷-۲-۵ (شبکه توزیع با انتخاب تغذیه پس از ترانسفورماتور)

در این نوع شبکه که در کارخانجات و مراکز صنعتی مورداستفاده قرار می گیرد، دو یا چند فیدر اولیه برای تغذیه مشترکین در نظر گرفته می شوند. هر فیدر از طریق ترانسفورماتور توزیع و کلید به شینه فشار ضعیف (مصرف) متصل می گردد. در طراحی این سیستمها دو نوع نگرش وجود دارد. انتخاب اول این است که هر فیدر و ترانسفورماتور مربوطه قابلیت تغذیه کل مصرف را داشته باشند. در این صورت می توان یک فیدر و ترانسفورماتور را به عنوان پشتیبان در نظر گرفت و در هر زمان تنها یک فیدر را در مدار قرار داد. این وضعیت از قابلیت اطمینان بالا و هزینه قابل ملاحظه برخوردار است. انتخاب دوم این است که هر فیدر یا ترانسفورماتور، بارهای متصل به آن بی برق شده و بقیه بارها از فیدر سالم تغذیه می شوند. حتی می توان از ترانسفورماتور و فیدر سالم برای تأمین برق بارها ضروری در تمامی محدوده مصرف بهره گرفت. در این شرایط یک کلید که در حالت عادی باز است بین ثانویه ترانسفورماتورها قرار می گیرد. در این حالت هزینه تجهیزات کمتر شده ولی بخشی از بارهای غیرضروری در وضعیت اضطراری بی برق می مانند و این از قابلیت اطمینان سیستم می کاهد.

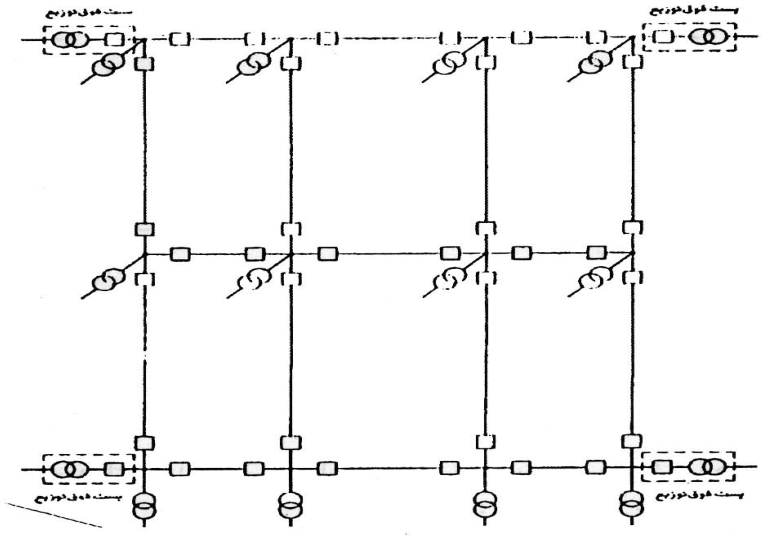
۷-۲-۶ (سیستم توزیع مشبک)

این نوع شبکه از قابلیت اطمینان بالا و انعطاف بیشتر در بهره برداری برخوردار است و برای مناطقی با چگالی بار زیاد و پراهمیت مناسب می باشد. در این شبکه هربار متمرکز، بطور همزمان از چدین فیدر قابل تغذیه است. به این ترتیب در اثر کلید زنی های رایج در

فیدرهای اولیه به منظور تعمیر با برنامه یا افزودن مشترک جدید یا کلیدزنی هـای ناشـی از خرابیها، هیچ مشترکی تحت تأثیر قرار نمی گیرد



شکل ۷ـ ۵: شبکه توزیع با انتخاب تغذیه پس از ترانسفورماتور



شکل ۷ـ ۶: شبکه توزیع مشبک

۷-۲-۷ (مقایسه بین انوع شبکه های توزیع از دید قابلیت اطمینان)

جدول ۷-۱ مقادیر نمونه ای قابلیت اطمینان و شاخصهای مختلف آن را در شبکه های فوق نشان می دهد. این مقادیر تنها برای مقایسه بوده و بسته به تجهیزات گرفته شده در شبکه، تغییر می کند در جدول مذکور، منظور از انتخاب در سمت فشار متوسط، شکه های توزیع برای تغذیه بارهای متمرکز است که چندین فیدر اولیه برای تغذیه در نظر گرفته میشود و ترانسفورماتور تغذیه در هر زمان قابلیت اتصال به هر فیدر را دارا می باشند. اما منظور از انتخاب در سمت فشار ضعیف، شبکه هایی است که در آنها چندین فیدر برای تغذیه بار متمرکز در نظر گرفته می شوند و هر فیدر توسط ترانسفورماتور تغذیه و کلید به شبنه فشار ضعیف مصرف متصل می گردد و انتخاب فیدر تغذیه کننده توسط کلیدهای شینه فشارضعیف انجام می گیرد.

جدول ۷-۱ : مقادیر نمونه ای شاخصهای قابلیت اطمینان در شبکه های مختلف

نوع سیستم	شعاعی	حلقوی باز	بدون انشعاب مستقیم	انتخاب در سمت فشار متوسط	انتخاب در سمت فشار ضعیف	مشبک
متوسط تعداد خاموشها در سال	۱/۳- ۰/۳	۰/۷-۰/٤	۰/۷-۰/٤	۰/٥-۰/۱	۰/٥-۰/۱	۰/۰۲-۰/۰۰٥
متوسط زمان هر خاموشی (برحسب دقیقه)	۹۰	٦٥	٦۰	۱۸۰	۱۸۰	۱۳٥
میانگین تعداد خاموشیهای لحظه ای در هر سال	۱٥-۱۰	۱۰-٥	۸-٤	۸-٤	٤-۲	۰

۷-۳ (انواع شبکه های توزیع از نظر ساختمان)

شبکه های توزیع انرژی الکتریکیت وسط یکی از دو نوع شبکه زیر یا ترکیبی از آنها ایجاد می گردد.

۷-۳-۱ (شبکه هوایی)

از این نوع شبکه عمدتاً برای تغذیه بارهای حومه شهرها و روستاها استفاده می شود و طول فیدرها عموماً طولانی می باشد چنین شبکه هایی در برابر عیبهای گذرا نظیر برخورد پرندگان و ... مصون نمی باشد. لذا برای افزایش قابلیت اطمینان در آن، از تجهیزات چون سکسیونر (به منظور انجام مانور) وصل مجدد (برای مقابله با عیبهای گذرا) و تقسیم کننده (جهت جداکردن قسمت معیوب فیدر) استفاده می شود. شبکه های هوایی دارای هزینه اولیه کم بوده و تشخیص عیب و تعمیر آن نیز سریع تر می باشد.

۷-۳-۲ (شبکه زمینی)

در این نوع شبکه، انرژی الکتریکی توسط کابلهایی که در عمق زمین دفن می شوند انتقال می یابد. هزینه احداث این شبکه نسبت به شبکه هوایی بیشتر بوده ولی در عوض ایمن تر و قابل اطمینان تر از آن می باشد. شبکه زمینی علاوه بر ایمنی و قابلیت اطمینان بالا، به زیبایی شهر لطمه ای وارد نمی کند و دارای مشکل حریم نمی باشد ولی یافتن عیب آن به مراتب مشکل تر از شبکه هوایی می باشد.

در مناطق تجاری شهر که تراکم و اندازه بار زیاد است، برای بالابردن ضریب اطمینان به مدارهای زیادی نیاز می باشد. با رشد مناطق تجاری ازدیاد خطوط هوایی زیاد مناسب نبوده و بایستی از خطوط زمینی استفاده شود.

۷-۴- (قابلیت اطمینان در شبکه های توزیع)

اصولاً در برنامه ریزی و طراحی کلان شبکه های توزیع، گزینه های مختلفی از نقطه نظر ساختار شبکه، نوع اجزاء شبکه و ... مطرح می گردند که هریک، دارای مزایا و معایبی از دیدگاه فنی- اقتصادی می باشند. صرفنظر از ویژگیها و جزئیات فنی طرح که در محدوده وظایف طراح قرار می گیرد و خارج از بحث این کتاب است، قابلیت اطمینان در محدوده وظایف طراح قرار می یگرد و خارج از بحث این کتاب است، قابلین اطمینان در کنار ملاحظات فنی کلان از قبیل نوع مشترکین، ویژگیهای منطقه و سیساتهای آتی اقتصادی- صنعتی، در تقابل با هزینه های احداث شبکه و بازگشت سرمایه در طول عمر مفید تجهیزات، می تواند گزینه های مختلف را درجه بندی نماید. در این راستا لازم است که انواع شبکه ها از نظر ساختار ارتباطی و تجهیزات، تحت بررسی قابلیت اطمینان قرار گرفته و شاخصهای مختلف آنها تعیین گردند.

تحلیل قابلیت اطمینان در شبکه های توزیع عمدتاً به دو دسته تقسیم می شوند. اولین دسته شامل اندازه گیری رفتار گذشته سیستم و دومین دسته، پیشگویی رفتار آینده می باشد. دسته اول، با توجه به بررسیهای آماری اطلاعات گذشته و دسته دوم از ترکیب شاخصهای قابلیت اطمینان و اجزاء سیستم تعیین می گردن.

در یک شبکه توزیع، تدام برق رسانی و قابلین اطمینان صددرصد برای کلیه مشترکین، امری غیرقابل دسترسی است. ضمن اینکه درجه قابلین اطمینان موردنیاز همه مشترکین به یک اندازه نبوده و بستگی به اهمیت بار و کاربری منطقه دارد. به عنوان یک قاعده، تأمین درجه بالاتر قابلیت اطمینان، مستلزم صرف هزینه های بیشتر است.

سوددهی سیستمهای برق رسانی ایجاب می کند که صرف هزینه های اضافی برای دستیابی به قابلیت اطمینان مطلوب، توجیه اقتصادی داشته باشد.

۷-۴-۱ (شاخصهای قابلیت اطمینان)

دراین قسمت، تحلیل قابلیت اطمینان شبکه های توزیع با استفاده از اندازه گیری رفتار گذشته سیستم، مورد بررسی قرار می گیرد. شاخصهای مختلفی در ارتباط با قابلیت اطمینان تعریف می شوند که برای مقایسه کمی گزینه ها بکار می روند. شاخصهای مذکور که اصولاً مرتبط با تعداد و مدت زمان وقفه در سرویس دهی هستند عبارتند از:

- نرخ خرابی λ : میانگین تعداد خرابی برای یک عنصر (جزء) سیستم در مدت زمان معین (مثلاً سال، ماه یا روز) نرخ خرابی نامیده شده و معمولاً برحسب تعداد خرابی در سال بیان می گردد.

تعداد خرابی در مدت زمان معین ÷ مدت زمان عملکرد = λ

- زمان تعمیر r : میانین مدت زمانی که طول می کشد تا تعویض یا تعمیر عنصر معیوب پایان پذیرد و سستم به حالت اولیه برگردد، مدت زمان تعمیر نامیده شده و معمولاً برحسب ساعت بیان می شود.

مجموع زمان خروجیها ÷ تعداد دفعات خروج = r

- شاخص میانگین تعداد خاموشیهای سیستم (SAIFI) : این شاخص، میانگین تعداد خاموشیهای هر مشترک در طول سال است و از تقسیم تعداد دفعات خاموشیهای مشترکین در یک سال بر تعداد کل مشترکین بدست می آید.

تعداد کل خاموشیهای مشترکین ÷ تعداد کل مشترکین شبکه = SAIFI

- شاخص میانگین تعداد خاموشیهای مشترک (CAIFI) : این شاخص، میانگین تعداد خاموشیهای هر مشترک قطع شده در هر سال است و از تقسیم تعداد خاموشیهای مشترکین در یک سال بر تعداد مشترکین قطع شده بدست می آید. هر مشترک قطع شده تنها یکبار محاسبه م شود، صرفنظر از اینکه خاموشیهای آن در طول سال تکرار می شود.

CAIFI = تعداد کل خاموشیهای مشترکین ÷ تعداد کل مشترکین قطع شده

- شاخص مدت زمان متوسط خاموشی سیستم (SAIDI) : این شاخص، میانگین مدت زمان خاموشی هر مشترک در طول یک سال است و از تقسیم مجموع تمام مدت زمانهای خاموشیهای مشترکین در طول یکسال بر تعداد کل مشترکی شبکه است.

SAIDI = مجموع مدت زمانهای خاموشیهای مشترکین ÷ تعداد کل مشترکین شبکه

- شاخص مدت زمان متوسط خاموشی مشترک (CAIDI) : این شاخص، میانگین مدت زمان خاموشی مشترکین قطع شده در طول یک سال است و از تقسیم مجموع تمام مدت زمانهای خاموشی مشترکین بر تعداد کل مشترکین قطع شده در سال بدست می آید.

CAIDI = مجموع مدت زمانهای خاموشیهای مشترک ÷ تعداد کل مشترکین قطع شده

- شاخص متوسط قابلیت دسترسی یا آمادگی سیستم (ASAI) : این شاخص، نسبت تعداد کل مشترک- ساعت است که در طول سال سرویس دهی شده اند به تعداد کل مشترک- ساعت درخواستی از کل مشترکین است. بعضی مواقع این شاخص به

عنوان قابلین اطمینان سروس دهی شناخته می شود. متمم این شاخص، تحت عنوان شاخص میانگین عدم دسترسی به سرویس دهی بکار می رود. این شاخص برابر با نسبت تعداد کل مشترک- ساعت بی برق در طول سال به کل مشترک- ساعت درخواستی مشترکین است.

تعداد کل مشترک- ساعت سرویس داده شده ÷ تعداد کل مشترک- ساعت درخواستی مشترکین = ASAI

تعداد کل مشترک- ساعت سرویس داده نشده ÷ تعداد کل مشترک- ساعت درخواستی مشترکین = ASUI

به عنوان مثال، یک سیستم توزیع را با ٦ شینه بار با مشخصات زیر در نظر بگیرد:

جدول ۷-۲: یک شبکه توزیع ٦ شینه ای

شیه	تعداد مشترکین	بار مصرف (KVA)
۱	۱۰۰۰	٤۰۰۰
۲	٦۰۰	۲۰۰۰
۳	۷۰۰	۳٥۰۰
٤	۱۰۰۰	٥۰۰۰
٥	۸۰۰۰	۳۲۰۰
٦	۹۰۰	۳۳۰۰
جمع	٥۰۰۰	۲۱۰۰۰

فرض کنید که اطلاعات خاموشیهای شبکه در طول یک سال بشرح جداول ۷-۳ باشد. دقت کنید که تعداد کل مشترکین دچار خاموشی شده در مجموع سه خاموشی، بجای ۲۵۵۰، تعداد ۲۱۵۰ مشترک است یرا خاموشی نوع ۳، در واقع خاموشی ٤۰۰ مشترک شینه ٥ در نوع ۱ را نیز در بر می گیرد.

جدول ۷-۳ جدول خاموشیهای شبکه توزیع ٥ شینه ای

نوع خاموشی	تعداد مشترکین خاموشی شده	بار توزیع نشده	مدت زمان خاموشی (ساعت)
۱	۱۰۰۰ مشترک از شینه ۱	٤۰۰۰	۲/۰
	٤۰۰ مشترک از شینه٥	۱٦۰۰	۰/٥
۲	۳٥۰ مشترک از شینه ۳	۲٥۰۰	۱/۰
۳	۸۰۰ مشترک از شینه ٥	۳۲۰۰	۱/٥

شاخصهای قابلیت اطمینان برای شبکه فوق بشرح زیر محاسبه می گردند:

۰/٥۱=۲٥٥۰÷٥۰۰۰=۸۰۰+۳٥۰+٤۰۰+۱۰۰۰÷٥۰۰۰= تعداد کل خروجیهای مشترک ÷ تعداد کل مشترکین شبکه = SAIFI

۱/۱۸٦=۲٥٥۰÷۲۱٥۰=۸۰۰+۳٥۰+٤۰۰+۱۰۰۰÷۸۰۰+۳٥۰+۱۰۰۰= تعداد کل خاموشیهای مشترکین ÷ تعداد کل مشترکین قطع شده = SAIFI

=۱/٥×۸۰۰+۱×۳٥۰+۰/٥×٤۰۰+۲×۱۰۰۰÷٥۰۰۰= مجموع مدت زمان خاموشیهای مشترکین ÷ تعداد کل مشترکین قطع شده = CAIDI

SAIDI =۲٥٥۰÷۳۷٥۰=۱/٤۷

=۱/٥×۸۰۰+۱×۳٥۰+۰/٥×٤۰۰+۲×۱۰۰۰÷۸۰۰+۳٥۰+٤۰۰+۱۰۰۰=مجمـوع مـدت زمانهـای

خاموشیهای مشترکین ÷ تعداد کل مشترکین قطع شده = CAIDI

۰/۹۹۹۹۱٤٤=۳۷٥۰-۸۷٦۰×٥۰۰۰÷۸۷٦۰×٥۰۰۰= تعداد کل مشترک- سـاعت سـرویس داده

شده÷ تعداد کل مشترک- ساعت درخواستی مشترکین= ASAI

ASUI=٥۰۰۰×۸۷٦۰÷۳۷٥۰=۰/۰۰۰۰۸٥٦

فصل هشتم

نکاتی در خصوص اندازه گیری کیفیت برق ، بازرسی و اطمینان از کیفیت آن

فصل هشتم

۸-۱ (مقدمه)

برای مشخص نمودن وضعیت کیفیت پدیده های الکترومغناطیسی موجود در نقاط مختلف شبکه، مونیتورینگ کیفیت برق امری لازم و ضروری است. در برخی حالات هدف مونیتورینگ تشخیص عدم سازگاری بین برق تحویلی و تجهیزات مشترکین است.

از دیگر اهداف می توان به بهبود مدلهای الکتریکی و پیش بینی رفتار یک دستگاه و ارائه روشهای حذف عوامل اعوجاج زای دستگاهها اشاره نمود.

هدف مونیتورینگ در ساده ترین شکل، شامل اندازه گیری ولتاژ تحویلی به مشترکین در حالت ماندگار و در حالتهای دیگر، اندازه گیری هارمونیکها، ولتاژهای گذرا، فلش ولتاژ فلیکر و دیگر موارد مربوط به کیفیت برق در شبکه می باشد.

۸-۲-(نیاز به مونیتورینگ در مسئله کیفیت برق)

دلایل بسیاری برای مونیتورینگ کردن کیفیت برق در برخی از نقاط شبکه و همچنین نقاط تحویلی برق به مشترکین بزرگ وجود دارد. دلیل اصلی مسئله اقتصادی است، به ویژه زمانی که فرآیندهای کلیدی مشترکین تحت تأثیر پدیده های الکترومغناطیسی ناشی از کیفیت نامناسب برق قرار می گیرند. تأثیر کیفیت نامناسب برق برروی تجهیزات و فرایند می تواند به عدم عملکرد مناسب صدمه دیدگی قطع فرایند و رفتارهای خلاف قاعده منجر شود. قطع فرآیند می تواند بسیار هزینه بر باشد. علاوه بر این صدمه دیدگی تجهیزات و تعمیرات پس از آن، هزینه و زمان بسیاری می برد.

صدمه دیدگی محصول نیز به کار مجدد برروی آن و یا در بدترین حالت به دورانداختن محصول منجر شده که مسائل اقتصادی گوناگونی را دربر خواهد داشت.

علاوه بر حل مسائل اشاره شده، با استفاده از داده های بدست آمده از مونیتورینگ می توان یک پایگاه اطلاعاتی از میزان حساسیت تجهیزات ایجاد نمود و با استفاده از آن مشخصه سازگاری الکترومغناطیسی تجهیزات را اگر مشخص نباشد ارائه داد و یا برای بهبود رفتار تجهیز از آن بهره گرفت. اضافه برآن با ایجاد پایگاه اطلاعات می توان علل به وجود آمدن کیفیت نامناسب برق را ارائه نمود و در نتیجه برای بهبود سیستم برق رسانی اقدامات لازم را صورت داد.

مشکلات مربوط به کیفیت و عملکرد ناماسب تجهیزات مشترکین تنها وقتی می توان ارزیابی گردد که مشترک آنرا گزارش دهد. این گزارشها باید حوادث به وجود آمده در شبکه داخلی مشترک را مشخص نماید. در گزارش، تجهیزی که تحت تأثیر قرار گرفته، اثرات نامناسب روی تجهیز، شرایط محیطی و آسیبهای به وجود آمده باید به شرکت برق گزارش شود. نمونه ای از این گزارش در جدول ۹-۱ آمده است.

جدول ۹ـ ۱: ضبط گزارش اعوجاج

ساعت بروز اعوجاج: ..... روز بروز اعوجاج : .....

نام شرکت: .....

آدرس شرکت: .....

نام گزارش دهنده: .....

شماره تلفن: ..... شماره FAX : .....شماره Email : .....

توضیح نوع اعوجاج : .....

دستگاه دچار صدمه شده همراه با مشخصات آن و نام سازنده :.....

هزینه تعمیر دستگاه :.....

هزینه اضافی ناشی از قطع برق :.....

آیا قبل از این حادثه یا مشکل حادثه دیگری به وجود آمده است ؟

به هر حال قبل از اعمال مونیتورینگ، لازم است شناسایی کاملی از امکانات مشترکین شامل مشخصات تجهیزات، نحوه سیم کشی، نوع سستم زمین انجام پذیرد. گاهی اوقات مشکلات کیفیت برق را می توان بدون مونیتورینگ کامل و تنها با بررسیهای دقیق اطلاعات بدست آمده از مشترکین و انجام یک سری شناسایی ابتدایی از سیستم حل نمود.

۸-۲-۱ (شناسایی ابتدایی قبل از مونیتورینگ)

شناسایی ابتدایی در محل مشترک باید به نحوی انجام گیرد که بتوان اطلاعت لازم درباره تجهیزات مشترک و مشکلاتی را که با آن درگیر بوده است را بدست آورد. مهم ترین مواردی را که باید در این مرحله بدست آورد عبارت اند از:

- طبیعت مشکل به وجود آمده شامل قطعی ها، خرابی تجهیزات، عدم عملکرد صحیح سیستم های کنترل فرایند و غیره که باید به نحو مطلوبی مشخص گردند.
- مشخصات تجهیزات حساس که در معرض مسائل و مشکلات کیفیت برق قرار گرفته اند. این اطلاعات شام مشخصات فنی تجهیزات و یا حداقل دستورالعمل بهره برداری از تجهیزات خواهد بود.
- زمان وقوع مشکلات
- تطابق زمانی مسائل به وحود آمده با عملکردهای مشخص و شناخته شده در سیستم برق رسانی (مانند کلیدزنی خازنها)

شناسایی منابعی که بر کیفیت برق تأثیر گذاشته و در شبکه داخلی مشترک به کار می روند (مانند راه اندازی موتورها، کلیدزنی خازنها، عملکرد تجهیزات الکترونیک قدرت، تجهیزاتی که در آن قوس الکتریکی اتفاق می افتد و غیره)

- اطلاعات مربوط به شبکه داخلی مشترک شامل (دیاگرام تک خطی، اندازه ترانسفورماتورها و امپدانسها، بارمصرفی، خازنها، کابلها و غیره)

علاوه بر اطلاعات فوق که از طریق مکاتبه مشترک باشرکت برق بدست می آید، کارشناسان شرکت برق باید از محل حادثه نیز بازدید به عمل آورند که این امر به منظور تأیید دیاگرام تک خطی شبکه برق مشترک، اطلاعات سیستم الکتریکی، سیم کشی و یکپارچگی سیستم زمین و مقادیر بار صورت می پذیرد.

همچنین باید دیاگرام تک خطی سستمی که می خواهد مونیتور شود موجود باشد این دیاگرام باید شامل سیستم توزیع برق رسانی شرکت برق، مشترکین مجاور و شبکه داخلی مشترک باشد. اطلاعات کامل از شبکه می توان ددر نظرگرفتن مسائل ایمنی، اتصال مناسب و تفسیر داده ها را تسهیل سازد.

مشترکین بزرگ مجاور نیز ممکن است روی کیفیت برق مشترک تأثیر بگذارند. بارهای منفرد بزرگی که در مجاورت مشترک موردمطالعه موجود هستند باید مشخص شوند. برای مثال اگر مشترک و مشترک مجاور از یک ترانسفورماتور تغذیه شوند، مسیرمستقیم بین دو مشترک موجود خواهد بود و ممکن است برخی از مسائل کیفیتی مشترک مجاور به بارهای مشترک موردنظر نیز سرایت کند.

بزرگ ترین تأثیر را تجهیزات الکتریکی و مشخصات سیستم های توزیع روی کیفیت برق می گذارند. قبل از مونیتورینگ، بایستی کلیه عوامل از فیدرهای تغذیه مشترک تا تجهیزات مشترک در انتهای مصرف موردبازرسی قرار گیرند. بازرسی فوق باید مجموعه ای از تجهیزات و دستگاهها را که به نحوی در برق رسانی مشترک دخالت دارند و همچنین شبکه

برق داخلی مشترک را شامل گردد و برنامه های کاری و اتصال منابع تغذیه پشتیبان و وسایلی مانند UPS ها باید مورد توجه قرار گیرند.

۸-۲-۲ (انجام مونیتورینگ)

بعد از بازدید الویه از محل، برای مشخص نمودن وضعیت کیفیت برق در نقاط مختلف شبکه و در طول یک دوره زمانی باید مونیتورینگ کیفیت برق انجام پذیرد. نیازهای مونیتورینگ بستگی به نوع مشکل بوجود آمده دارد. برای مثال، مشکلات ناشی از کاهش ولتاژ در زمان به وجود آمدن اتصال کوتاه در نقاط مختلف شبکه (فلش ولتاژ) نیاز به مونیتورینگ سیستم برای مدت زمان طولانی دارد زیرا احتمال وقوع اتصال کوتاه کم است. از طرف دیگر اگر مشکل ، ناشی از کلیدزنی خازنی باشد می توان مثلاً در یک دوره دوروزه شرایط را مشخص و طبقه بندی نمود. مسائل مربوط به اعوجاجهای هارمونیکی را نیز می توان در یک دوره یک هفته ای اندازه گیری نمود که با این کار تصویری از چگونگی تغییرات هارمونیکها در اثر تغییرات بار بدست خواهد آمد.

۸-۳- (مشخصات تجهیزات مشترکین و تأثیر کیفیت نامناسب برق روی آنها)

قبل از انجام مونیتورینگ لازم است حدود تحمل تجهیزات مشترک در خصوص پارامترهای مختلف کیفیت برق با توجه به دو نوع مطالعه مشخص شود. به عبارت دیگر مشخصات انواع تجهیزات باید در مونیتورینگ کیفیت برق در نظر گرفته شود. به عنوان مثال نوع خاصی از تجهیزات مشترک مانند یک محرکه با قابلیت تنظیم سرعت ممکن است به شرایط اضافه ولتاژ و کاهش ولتاژ حساس تر از انواع دیگر تجهیزات باشد. در مونیتورینگ کیفیت برق باید تلاش گردد تا جهت تطبیق نتایج مونیتورینگ با مشکلات گزارش شده، تجهیزات

مورد مطالعه گروه بندی شوند. گروه بندی تجهیزات نشان میدهد که کدام تجهیز احتیاج به حفاظت داشته و سطح حفاظت موردنیاز چه مقدار بایستی باشد.

۸-۳-۱ (نیاز به گروه بندی تجهیزات)

گرچه ممکن است واکنش تجهیزات مختلف در مقابل مسائل ناشی از کیفیت برق در محدوده وسیعی تغییر کند اما با این وجود، تشابهاتی نیز می توان در آنها یافت. در هر حال گروه بندی تجهیزات برحسب نحوه مصونیت آنها در مقابل اعوجاجات ولتاژ و جریان برق امری مفید خواهد بود و می توان از این گروه بندی در ساده سازی نتایج حاصله از جریان اندازه گیری استفاده نمود.

۸-۳-۲ (تأثیر روی عملکرد تجهیزات با توجه به نوع پدیده)

در این قسمت به مطالعه تأثیرات مسائل کیفیتی برروی تجهیزات پرداخته می شود. به بیان دیگر مواردی که در ادامه ذکر خواهد شد به گروه بندی تجهیزات نیز کمک می نماید.

۸-۳-۲-۱ (حالات گذرا)

ولتاژهای گذرا که به علت صاعقه و کلیدزنی بوجود می آیند می توانند روی عایقها تأثیر بگذارنند. دامنه های بالا و شیبهای سریع امواج گذرا منجر به پدیده شکست عایقی در تجهیزات الکتریکی از قبیل ماشینهای گردان، ترانسفورماتورها، خازنها، کابلها و ترانسفورماتورهای جریان و ولتاژ خواهند شد. تکرار اعمال امواج با دامنه های کمتر نیز ممکن است سبب کم شدن طول عمر و خرابی عایق شود. همچنین در اثر این پدیده زمان متوسط بین دو خرابی نیز کاهش خواهد یافت. در تجهیزات الکترونیکی وجود اشکال در منابع تغذیه ممکن است حتی در اثر یک ولتاژ گذرای تکی با دامنه نه چندان زیاد باشد.

گذراها همچنین می توانند باعث قطع ناخواسته محرکه های با قابلیت تنظیم سرعت شوند. این پدیده به علت عمل مدار حفاظتی روی تغذیه dc بوجود می آید.

۸-۳-۲-۲ (تغییرات کوتاه مدت)

شایع ترین مشکل مربوط به فلش، برآمدگی و قطعی لحظه ای که جزء گروه تغییرات کوتاه مدت می باشند مسئله خروج از مدار تجهیزات است . در محلهایی از شبکه مشترک که از بارهای کلیدی استفاده می شود حتی پدیده های با دوره زمانی بسیار کوتاه نیز می توانند فرآیند را از مدار خارج کنند و مدت زمان زیادی طول بکشد تا فرآیند مجدداً راه اندازی شود. در این حالت مونیتورینگ اهمیت بالایی خواهد داشت زیرا اغلب مشکل است که بتوان از اثرات باقیمانده روی تجهیزات به این نکته پی برد که کدام مسئله کیفیتی موجب قطعی و خرابی شده است.

(قطعی های لحظه ای)

قطعی های لحظه ای نیز ممکن است روی تجهیزات الکترونیکی و سیستم های روشنایی تأثیر گذاشته و موجب عملکرد نامناسب یا خروج از مدار آنها شود. تجهیزات الکترونیکی شامل کنترل کننده های الکترونیک، کامپیوترها و کنترل کننده های ماشینهای الکتریکی هستند. قطعی های لحظه ای و موقت اغلب باعث می شوند که کار دستگاه متوقف شود و حتی ممکن است موجب قطع کنتاکتورهای موتورهای القایی گردند.

(فلش ولتاژ)

فلش ولتاژ اغلب موجب خروج از مدار تجهیزات می شود. بسیاری از فلش های ولتاژ توسط کنترل کننده های تجهیزات حساس تشخیص داده شده و قطع این وسایل، قطعی دیگر

تجهیزات با حساسیت کم را به دنبال خواهد داشت. روش حل این مشکل تغذیه کنترل کننده ها با یک ترانسفورماتور ولتاژ ثابت یا دیگر وسایل مشابه است این وسایل در طی وقوع فلش ولتاژ، ولتاژ مناسب را به کنترل کننده ها می سانند.

وسایل الکترونیک با باتری پشتیبان تحت تأثیر فلش ولتاژ قرار نمی گیرند. تجهیزاتی مانند ترانسفورماتورها، کابلها، شینه ها، کلیدها، ترانسفورماتورهای ولتاژ و جریان به دلیل وقوع فلش صدمه ندیده و کار آنها ادامه می یابد. در طی وقوع فلش سرعت ماشینهای القایی کمی کاهش می یابد و همچنین توان راکتیو تولیدی بانکهای خازنی کم می شود. هنگام ووقع فلش میزان روشنایی لامپها نیز کاهش می یابد که با چشم نیز قابل مشاهده می باشد.

(برآمدگی ولتاژ)

افزایش ولتاژ اعمال شده به یک دستگاه (بالاتر از مقدار نامی) ممکن است سبب خرابی اجزاء آن گردد. وسایل الکترونیکی شامل محرکه های با قابلیت تنظیم سرعت، کامپیوترها و کنترل کننده های الکترونیکی ممکن است تحت این شرایط دچار اشکال شوند به هر حال ترانسفورماتورها کابلها شینه ها کلیدها ترانسفورماتورهای ولتاژ و جریان و ماشینهای گردان متر در این حالت آسیب می بینند. افزایش موقت ولتاژ ممکن است روی عملکرد برخی از رله های حفاظتی نیز تأثیر بگذارد. همچنین ممکن است میزان روشنایی لامپها در اثر افزایش موقت ولتاژ تغییر کند. وریستورها (مقاومتهای غیرخطی) نیز ممکن است تحت تأثیر این پدیده قرار بگیرند.

۸-۳-۲-۳ (تغییرات بلندمدت)

تغییرات ولتاژ بیشتر از یک دقیقه می تواند موجب بروز مشکلاتی برای تجهیزات گردد. در حالت عادی اضافه ولتاژ و کاهش ولتاژ، کمتر روی فیدرهای شرکت برق اتفاق می افتد چون اکثر شرکت های برق کوشش می کنند تا با تنظیم ولتاژ، ولتاژ را در محدوده ۵ درصد مقدار نامی خود نگاه دارند. به هرحال این پدیده ممکن است به علت وجودی اضافه بار در روی فیدرها، انتخاب نادرست تپ ترانسفورماتورها و قطع یکی دیگر از فازهای بانکهای خازنی ایجاد شود.

(قطعی های بادوام)

قطعی های بادوام می توانند به علل مختلف بوجود آیند. یکی از این علل می تواند ناشی از قطع کلیدها، سوختن فیزوها و غیره باشد. تأثیر یک قطعی بادوام، خروج از مدار تجهیز می باشد. البته این نوع قطعی روی تجهیزاتی که با UPS و یا وسایل ذخیره کننده انرژی محافظت می شوند تأثیری نخواهد گذاشت. بنابراین در دسته بندی تجهیزات باید به استفاده از وسایل جانبی نیز توجه نمود.

(کاهش ولتاژ بلندمدت)

کاهش ولتاژ بیش از یک دقیقه می تواند موجب عملکرد نادرست تجهیزات گردد. کنترل کننده های موتورها ممکن است تحت این شرایط از کار بیافتد. ولتاژی که باعث از کارافتادن کنترل کننده ها می گردند حدود ۷۰ تا ۸۰ درصد ولتاژ نامی است کاهش ولتاژ بلندمدت می تواند در موتورهای القایی تلفات گرمای را افزایش دهد. همچنین سرعت این نوع موتورها نیز در اثر این شرایط تغییر می کند. وسایل الکترونیکی ممکن است در طی شرایط کاهش

بلندمدت ولتاژ از مدار خارج شوند. کاهش ولتاژ موجب کم شدن تـوان راکتیـو خروجـی در بانکهای خازنی می شود زیرا توان راکتیو خروجی خازن متناسب بـا مجـذور ولتـاژ اسـت. همچنین این شرایط روی سیستم های روشنایی نیز تأثیر خواهد گذاشت

(اضافه ولتاژ بلندمدت)

اضافه ولتاژ ممکن است سبب خرابی تجهیزات گردد. تجهیزات الکترونیکی تحت این شـرایط ممکن است دچار مشکل گردند. به هر حال، کابلها، شینه ، کلید و ماشینهای گردان تحت ایـن شرایط بلافاصله دچار خرابی نمی شوند. اضافه ولتاژ بـادوام روی ایـن گونـه وسـایل مـی تواند موجب کاهش طول عمر آنها شود. اضافه ولتاژ روی برخی از رله های حفاظتی ممکن است عملکرد ناخواسته ای را به دنبال داشته باشد. توان راکتیو خروجی بانکهای خازنی در طی این شرایط افزایش می یابد. میزان روشنایی نیز به همین ترتیب زیاد خواهد شد.

۸-۳-۲-۴- (عدم تعادل ولتاژ)

حتی مقدار کمی عدم تعادل ولتاژ مـی توانـد تـأثیرات قابـل ملاحظـه ای را روی ژنراتورهـا بوجود آورد. همچنین این پدیده اثرات حرارتی نامناسبی را روی تجهیـزات تولیـد، انتقـال و توزیع ایجاد می نماید. معمولاً میزان عدم تعادل ولتاژ در شینه های شرکتهای بـرق کوچـک است. عدم تعادل ولتاژ اغلب در اثر بارهای مشترکین و در شبکه آنها پدیدار می شود بویژه وقتی که از بارهای بزرگ مانند کوره های القایی استفاده می گردد. در ایـن حـالات حـرارت اضافی در موتورها و ترانسفورماتورهای مشترکین و حتی شرکتهای برق بوقوع پیوسته و موجب صدمه دیدگی این تجهیزات می شود. عدم تعادل جریانهای فاز در یک موتـور القـایی سه فاز با توان سوم عدم تعادل ولتاژ اعمالی به موتور تغییر می کند.

از دلایل ایجاد عدم تعادل ولتاژ می توان به فیوز سوخته یکی از فازهـای بانـک خـازنی نیـز اشاره شود.

۸-۳-۲-۵ (هارمونیکها)

جریانهای هارمونیکی تزریقی به شبکه قدرت ناشی از بارهای مشترکین، مـی توانـد موجـب اعوجاج هارمونیکی ولتاژ شبکه شوند. این جریانهـا و ولتاژهـای هـارمونیکی سـبب اضـافه حرارت در تجهیزات، ترانسفورماتورها و هادیهای حامل جریان و همچنین عملکرد نامناسب وسایل حفاظتی (مثل فیوزها) می شود. همچنـین امکـان ایجـاد شـرایط تـشدید هـارمونیکی وجود داشته که می تواند موجب خرابی و صدمه دیدگی تجهیزات مشترک گردد.

۸-۳-۲-۶ (نوسانات ولتاژ (فلیکر))

نوسانات ولتاژ اغلب بصورت سوسو زدن لامپها خـود را نـشان مـی دهـد کـاهش ناگهـانی ولتاژ می تواند نور خروجی لامپ رشته ای را به مقدار زیادی کـاهش دهـد. ولـی در مـورد نور لامپهای گازی (تخلیه ای) تأثیر کمتری را از خود نشان می دهد. علاوه بر این نوسـانات ولتاژ می تواند روی گیرنده های تلویزیونی، وسـایل کنتـرل الکترونیکـی و کامپیوترهـا نیـز تأثیر بگذارد.

۸-۳-۲-۷ (تغییرات فرکانس)

شرکتهای برق در عمل فرکانس را در مقدار نامی خود ثابت نگاه می دارند. تغییرات فرکانس می تواند به صدمه دیدگی ژنراتور و شـفت تـوربین منجـر شـود. خطـای سـنکرون سـازی فرکانس ممکن است گاهی اوقات در فیدری که مشترک بارهای یکسوساز بـزرگ را تغذیـه

می کند رخ دهد. این بارها می توانند برشهای ولتاژ ایجاد کـرده و ایـن پدیـده روی عملکـرد دستگاههای که با عبور از صفر ولتاژ کار می کنند تأثیر بگذارد.

۸-۴- (تجهیزات مونیتورینگ کیفیت برق)

مسائل کیفیت برق محدوده وسیعی از اعوجاجات در ولتاژ و جریان و شرایط یـک سیـستم را دربر می گیرد. این شرایط می تواند از اضـافه ولتاژهـای بـسیار سـریع (در مـدت زمـان میکروثانیه) تا خروجیهای طولانی مدت (در مدت یک روز یا یک ساعت) را شامل شود.

مسائل کیفیت برق همچنین پدیده های حالت مانا (مانند هارمونیکها) و پدیده هایی کـه بطـور متوالی تکرار می گردند (مانند نوسانات ولتاژ) را نیز دربر می گیرند.

دسته بندی اصلی تجهیزات اندازه گیری شامل موارد زیر می باشد.

- وسایل مربوط به آزمون سیم کشی و سیستم زمین
- مولتی مترها
- اسیلوسکوپ
- تحلیل گر اعوجاج
- تحلیل گر هارمونیکی / تحلیل گر طیف فرکانسی
- ترکیبی از تحلیل گرهای هارمونیکی و اعوجاجی
- اندازه گیری نوسان ولتاژ (فلیکرمتر)

علاوه بر تجهیزات فوق که سیگنالهای حالت مانا یا اعوجاجات شبکه را بطو مـستقیم انـدازه گیری می کنند از وسایل دیگری که با اندازه گیری شرایط محیطی در حل مسائل کمـک مـی نمایند نیز می توان نام برد. بعنوان مثال وسایل اندازه گیری مادون قرمز که در پیدا نمـودن

اتصالات شل و یا هادی های دچار اضافه حرارت کاربرد دارند از تجهیزات باارزش می باشند. آزمایش سالیانه تجهیزات با اینگونه وسایل می تواند از مسائل کیفیت برق ناشی از قوس زدن، اتصالات بد و اضافه بار هادیها و کابل ها که ممکن است باعث قطعی گردد. جلوگیری نماید.

وسایل اندازه گیری بارهای الکرتیکی ساکن از جمله وسایل ویژه ای هستند که میزان بارهای الکتریکی ساکن را در مجاورت تجهیزات حساس اندازه گیری می کنند. از نظر مسائل کیفیت برق تخلیه بارهای الکتریکی می تواند عامل بسیار مهمی در خصوص برخی از تجهیزات الکترونیکی باشد.

صرفنظر از نوع تجهیزی که برای هر آزمون ویژه لازم خواهد بود، عوامل مهم دیگری را نیز باید در هنگام انتخاب تجهیزات اندازه گیری مدنظر قرار داد. برخی از این عوامل عبارتند از:

- تعداد کانالهای ورودی به دستگاه (ولتاژ- جریان)
- مشخصه حرارتی دستگاه
- محدوده ولتاژ ورودی قابل اندازه گیری
- توان ورودی
- توانایی اندازه گیری ولتاژ سه فاز
- سطح عایقی داخلی (سطح عایقی بین کانالهای داخلی و بین هر ورودی و زمین)
- توانایی اندازه گیری جریان
- قابل حمل بودن دستگاه

- توانایی امکان ارتباطات (مودم، امکان ارتباط با شبکه مخابراتی)

امکان استفاده از برنامه های کامپیوتری به منظور بررسی و مطالعه سیستم

از سوی دیگر راحتی امکان استفاده در کنار جامع بودن دستگاه نیز فاکتور مهمی است. زیرا در صورتی که دستگاه اندازه گیری امکان انجام کارهای مختلفی را دارا باشد به دستگاههای کمتری نیاز خواهد بود. شناخت مشترکات بین گروه های مختلف تجهیزات نیز بسیار مفید می باشد.

وسایل بکاررفته در مونیتورینگ پدیده های الکترومغناطیسی می توانند شامل وسایلی از قبیل یک ولتمتر آنالوگ تا یک تحلیل گر طیفی باشند. در انتخاب و استفاده صحیح نوع مونیتور، استفاده کننده باید به قابلیتها و محدودیتهای دستگاه اندازه گیری، پاسخ آن به تغییرات شبکه و اهداف ویژه تحلیل ها آشنا باشد.

مشخصه های مورد نیاز دستگاه اندازه گیری وابستگی به محل مونیتورینگ و اهداف این کار دارد. اگر بعنوان مثال ارزیابی کیفیت برق در محل ورودی به مشترک موردنظر باشد، تأکید ممکن است تنها روی شرایط حالات ماندگار بلندمدت باشد. سطح جزئیات موردنیاز مانند منحنی ولتاژ موثر توسط نوع پدیده موردنظر مشخص گردد.

۸-۵ (چگونگی انتخاب ترانسدیوسرها)

در مونیتورینگ کیفیت برق، اغلب برای بدست آوردن سطح موردنیاز ولتاژ و جریان نیاز به ترانسفورماتورهای ولتاژ و جریان است. در سیستمهای ولتاژ پایین، مونیتورینگ ولتاژ معمولاً با اتصال مستقیم انجام می گیرد، اما در همین سیستمها برای مونیتورینگ جریان به ترانسفورماتور جریان احتیاج است. در واقع چون انجام اندازه گیری مستقیم جریان بدون

اثرگذاشتن روی شبکه قدرت مشکل است معمولاً از یک ترانس جریان CT استفاده می شود. CT های گیره ای حول یک کابل یا شینه بسته شده تا اندازه گیری جریان براحتی انجام گیرد. ترانسدیوسرهای ولتاژ و جریان باید بنحوی انتخاب شوند که سطوح اصلی ولتاژ جریان را کاهش و به سطوح موردنیاز دستگاه اندازه گیری برسانند.

دو مطلب قابل توجه در انتخاب ترانسفورماتورهای ولتاژ جریان عبارتند از:

(**سطوح سیگنال**) از محدوده کامل دستگاه بدون خراب شدن و یا بریده شدن سیگنال ولتاژ یا جریان باید استفاده شود.

(**پاسخ فرکانسی**) این مسئله در مونیتورینگ اعوجاجات هارمونیکی و اگر، جائی که سیگنالهای با فرکانس بالا موجود می باشند بسیار حائز اهمیت است.

۸-۵-۱ (سطوح سیگنال)

جهت استفاده کامل از دستگاه مونیتورینگ باید در انتخاب اندازه ترانسدیوسر CT, VT دقت خاصی صورت گیرد بنحوی که بدون بریده شدن سیگنال بتوان اندازه گیری را به شکل صحیح انجام داد. انتخاب نامناسب ترانسفورماتورهای ولتاژ و یا جریان می تواند باعث صدمه دیدگی دستگاه مونیتورینگ و یا عدم دقت در اندازه گیری شود.

دستگاههای مونیتورینگ دیجیتال از مبدلهای آنالوگ به دیجیتال A/D استفاده می کنند. این مبدلها A/D برای عملیات پردازش، سیگنالهای آنالوگ وارد شده به دستگاه را به سیگنال دیجیتال تبدیل می کنند.

جهت ارائه نمایش دقیقی از سیگنال مونیتور شده لازم است که از رنج کامل مبدل A/D تا سرحد امکان استفاده شود. بعنوان یک قانون عمومی، سیگنال ورودی به دستگاه اندازه

گری نباید کمتر از یک هشتم مقدار رنج کامل باشد بنحوی که بسیار بالاتر از سطح نویز یک مبدل A/D قرار گیرد. این امر را می توان با انتخاب یک ترانسدیوسر مناسب اعمال نمود.

۸-۵-۱-۱ (ترانسدیوسر ولتاژ)

از مهمترین انواع ترانسدیوسر ولتاژ، ترانسفورماتورهای ولتاژ VT می باشند اندازه ترانسفورماتور ولتاژ VT باید به نحوی انتخاب شود که در شرایط کاری به اشباع نرود. در حالت گذرا، معمولاً لازم است که نقطه زانویی منحنی اشباع ترانسفورماتور حداقل ۲۰۰ درصد ولتاژ نامی سیستم باشد.

ولتاژ حالت ماندگار نباید درست برابر با محدوده کامل دستگاه اندازه گیری باشد. اگر اضافه ولتاژ بوجود آمده باعث شود که سیگنال، توسط A/D بریده شود، اندازه گیری این امر را می توان با تغییر درجه بندی دستگاه اندازه گیری و یا انتخاب مناسب نسبت تبدیل دیگری برای ترانسفورماتور ولتاژ انجام داد.

۸-۵-۱-۲ (ترانسدیوسر جریان)

بدلیل تغییرات بیشتر جریان، انتخاب ترانسفورماتور جریان مناسب، نسبت به ترانسفورماتور ولتاژ مشکل تر خواهد بود. اغلب سازندگان تجهیزات اندازه گیری کیفیت برق در دستگاههای خود CT نصب می نمایند. این CT ها در اندازه های مختلف بوده بنحوی که بتوانند بدون مشکل سطوح جریان مختلفی را از خود عبور دهند. CT ها معمولاً براساس حداکثر جریان، دائم انتخاب می شود.

انتخاب مناسب جریان نامی و نسبت دورهای یک CT بستگی بـه هـدف انـدازه گیـری دارد. اگر اندازه گیری جریان هجومی یا اتصال کوتاه موردنظر اسـت، انـدازه CT بایـد ۲۰ تـا ۳۰ برابر جریان بار نامی باشد. البته انتخاب چنین نسبتی موجـب خواهـد شـد کـه دقـت انـدازه گیری جریان بار کم شده و در نتیجه توانایی مشخص نمودن هارمونیـک هـای جریـان بـار کاهش یابد.

اگر هارمونیکها و مشخصه بار موردنظر باشند، CT ها باید به نحوی انتخاب شوند کـه بـه صورت دقیق تری جریان بار را اندازه گیری نمایند. در این صورت امکان ارزیابی پاسخ بار به تغییرات ولتاژ سیستم و نیز محاسبه دقیق هارمونیکهای جریان بوجود می آید.

در اینجا نیز برای انتخاب ترانسفورماتورها جریان از یک مثال کمک گرفته می شود.

مثال سیگنال جریانی که به دستگاه اندازه گیری داده می شود برابر با ۱ تـا ۱۲ آمپـر مـوثر است با فرض انتخاب مقدار ۱ آمپر برای ورودی به دسـتگاه انـدازه گیـری و اینکـه جریـان متوسط فیدر ۱۲۰ آمپر موثر می باشد نسبت تبدیل CT چقدر بایستی باشد

معمولاً کارخانه های سازنده ترانـسفورماتورهای جریـان نـسبت تبـدیل CT را براسـاس ۵ آمپر ثانویه مشخص می نمایند. در چنین حالتی جریان نامی اولیه به طریق زیر محاسبه می شود:

$$CT_{PRI} = \frac{I_{PRI} CT_{\sec}}{I \sec} = \frac{120 \times 5}{1} = 600$$

درنتیجه باید از CT با نسبت تبدیل ۵:۶۰۰ استفاده نمود.

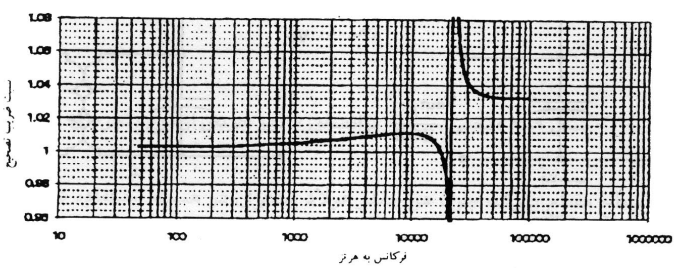
۸-۵-۲ (پاسخ فرکانسی)

مشخصه پاسخ فرکانسی ترانسفورماتورهای جریان و یا ولتاژ را می توان توسط منحنی نسبت ضریب تصحیح RCF برحسب فرکانس توضیح داد. RCF نسبت سیگنال خروجی موردانتظار به سیگنال خروجی واقعی باشد.

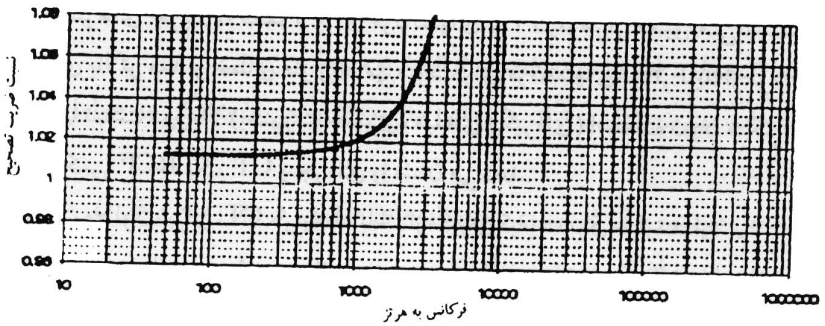
۸-۵-۲-۱ (پاسخ فرکانسی ترانسفورماتور ولتاژ)

پاسخ فرکانسی ترانسفورماتورهای ولتاژ کلاس اندازه گیری (به عنوان یک نمونه از ترانسدیوسرهای ولتاژ) بستگی به نوع و بار آن دارد. عموماً بار، امپدانس بسیار بالایی دارد. این مورد معمولاً در اغلب تجهیزات اندازه گیری جدید مشکلی ایجاد نخواهد کرد.

تجهیزات مونیتورینگ کیفیت برق مانند مولتی مترها، اسیلوسکوپها و دیگر وسایل امپدانس بسیار بالایی را در مقابل ترانسفورماتورها ولتاژ از خود نشان می دهند. با وجود امپدانس بار بسیار بالا، معمولاً پاسخ ها تا فرکانس ۵ کیلوهرتز دقیق می باشند. در بعضی پستها از ترانسفورماتور ولتاژ با کوپلاژ خازنی CVT بعنوان ترانسفورماتور کاهنده ولتاژ استفاده می گردد. از این نوع ترانسفورماتورها نباید برای مونیتورینگ کیفیت برق استفاده نمود. CCT ها دارای ترانسفورماتور ولتاژ پایینی هستند که در مقسم خازنی موازی با خازن پایین بسته می شود. شکلهای ۹-۱ و ۹-۲ منحنی RCF یک ترانسفورماتور ولتاژ استاندارد را برای دو بار یک مگااهمی و صداهمی نشان می دهد.

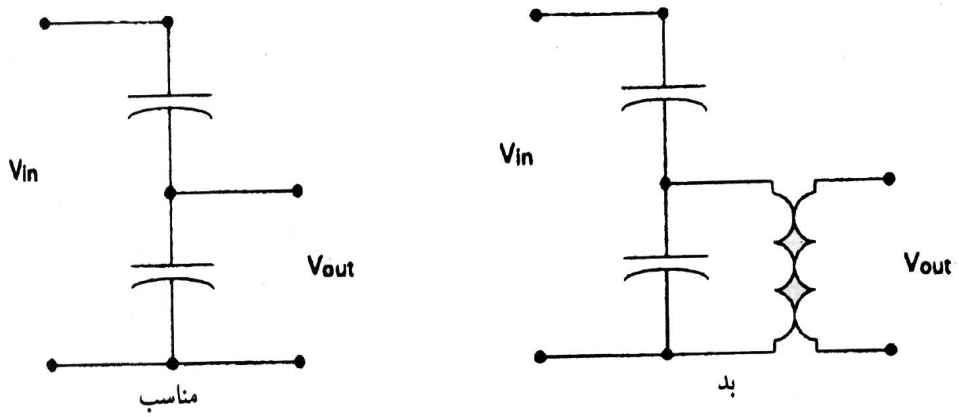


شکل ۹ـ ۱: منحنی RCF یک ترانسفورماتور ولتاژ استاندارد با بار یک مگااهمی



شکل ۹ـ ۲: منحنی RCF یک ترانسفورماتور ولتاژ استاندارد با بار ۱۰۰ اهمی

نسبت تبدیل ترانسفورماتورهای ولتاژ خازنی برای فرکانس ۵۰ هرتز تنظیم شده و برای مولفه های فرکانس های بالاتر عملکرد دقیقی نخواهد داشت. برای اندازه گیری مولفه های فرکانسی بسیار بالای ولتاژ نیاز به یک مقسم خازنی یا مقسم مقاومتی خالص خواهد بود. شکل ۹-۳ تفاوت یک CVT یک مقسم خازنی را نشان می دهد مقسم خازنی برای مقاصد خاص را می توان برای اندازه گیری دقیق مشخصه حالت گذرای تا یک مگاهرتز استفاده نمود.



شکل ۹ـ ۳: مقسم‌های ولتاژ خازنی

۸-۵-۲-۲ (پاسخ فرکانسی ترانسدیوسرهای جریان)

ترانسفورماتورهای جریان کلاس اندازه گیری (به عنوان یک نمونه از ترانسدیوسرهای جریان) معمولاً برای فرکانسهای تا ۲ کیلوهرتز دقیق می باشند. در فرکانسهای بالاتر مقدار خطای فاز زیاد می شود. برای فرکانسهای بالاتر از نوع CT پنجره ای با نسبت دور بالا(بصورت حلقوی میله ای و گیره ای) استفاده شود. شکل ۹-٤ منحنی عکس RCF یک CT پنجره ای را نشان می دهد.

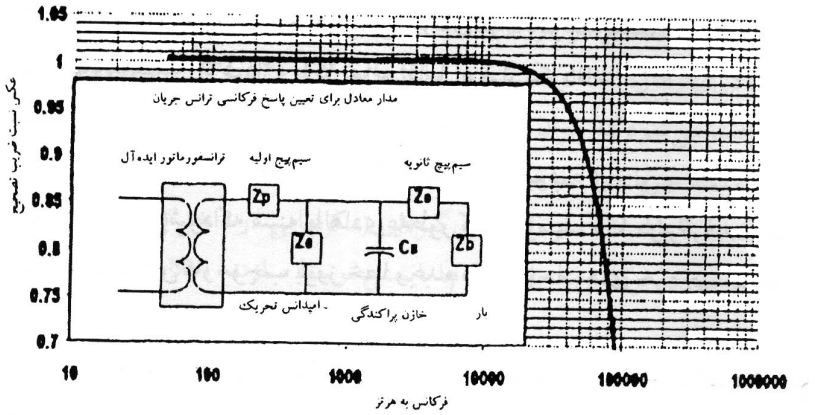
مشخصات مطلوب برای CT در رابطه با اندازه گیری کیفیت برق عبارتند از:

-نسبت دور زیاد یعنی ٥ : ۲۰۰۰ یا بیشتر

-نوع پنجره ای بودن

-دارای فوران پسماند پس ماند کوچکی باشند مثلاً کمتر از ۱۰ درصد مقدار اشباع هسته

- سطح مقطع بزرگ، چون هرچقدر فولاد بیشتری در هسته استفاده شود پاسخ فرکانسی CT بهتر می شود.



شکل ۹ـ۴: منحنی $\frac{1}{RCF}$ ترانسفورماتور جریان از نوع پنجره‌ای

- امپدانس پراکندگی و مقاومت سیم پیچی ثانویه تا حد امکان کم باشد. همانطور که در شکل ۹-٤ دیده می شود این مسئله سبب می شود که بیشتر سیگنال خروجی به طرف بار رفته و وارد امپدانس مغناطیس کنندگی و خازن بین اولیه و ثانویه نگردد.

۸-۵-۳ (موارد ضروری در نصب ترانسدیوسرها)

انتخاب بهترین ترکیب ترانسفورماتورهای ولتاژ و جریان بستگی به عوامل مختلفی دارد مانند:

- محل مونیتورینگ (پست، برروی پایه های هوایی، در زیرزمین و غیره)
- محدودیت فضای مورد استفاده
- امکان قطع مدار برای نصب ترانسفورماتورهای جریان
- نیاز به مونیتورینگ جریان

مسائلی که عموماً در زمان استفاده از CT های گیره ای بوجود آمده و باید به علت تأثیرگذاری آنها روی نتایج موردنظر قرار گیرند شامل موارد زیر می باشند:

- شینه یا هادی به طور مناسب در ناحیه گیره ای قرار نگرفته است.
- دو انتهای هسته چاک دار CT تماس کامل برقرار نکرده اند.
- تعداد اندکی از هادیها درون CT قرار گرفته اند.

در آخر می توان به پلاریته نامناسب CT اشاره نمود.

عموماً فرض می شود که شینه یا هادی به طور کامل توسط CT دربرگرفته می شود هرگونه اشکال در این کار موجب بروز خطا و عدم دقت در داده های خروجی آن خواهد شد.

هنگامی که چندین هادی در حال اندازه گیری شدن هستند، باید توجه داشت که هیچ هادی برگشتی درون CT قرار نگیرد. این هادی مقداری یا کل میدان مغناطیسی هادی اندازه گیری شده را خنثی ساخته و بنابراین داده های خروجی را تغیر می دهد.

۸-۵-۴ (محل نصب ترانسدیوسرها)

۸-۵-۴-۱ در پستها

معمولاً از CT های و VT های (بجز CVT) پست می توان برای مونیتورینگ کیفیت برق نیز استفاده نمود.

۸-۵-۴-۲ (محل نصب در سیستم های توزیع)

برای مونیتورینگ کیفیت برق سیستم های توزیع مناسب است از ترانسدیوسرهای جریان یا ولتاژی استفاده شود که بدون از مدار خارج کردن سیستم بتوان آن را نصب نمود. امروزه می توان از ترانسدیوسرهایی که قابلیت مونیتورکردن همزمان ولتاژ و جریان را دارا بوده و می توانند برروی خط برقدار نصب گردند استفاده نمود. این وسایل از یک VT با مقسم مقاومتی و یک CT پنجره ای در یک مجموعه استفاده می کنند. به هر حال در تطبیق دادن این نوع ترانسدیوسرها به وسایل اندازه گیری باید توجهات ویژه ای را بکار گرفت. اگر ترانسدیوسرهای از نوع فوق در دسترس نبود باید برای بدست آوردن نتایج دقیق در محدوده طیف فرکانسی موردنیاز از CT و VT های کلاس اندازه گیری استفاده شود که به هر صورت به خروج از مدار منجر می شود

۸-۵-۴-۳ (در محل مشترکین)

انتخاب ترانسدیوسر موردنیاز در طرف ثانویه فشار ضعیف ساده تر است. در اندازه گیری ولتاژ، اتصال مستقیم در ولتاژهای ۲۳۰/٤۰۰ V امکان پذیر می باشد. این امر باعث می شود که بتوان بطور کامل از قابلیتهای پاسخ فرکانسی وسایل مونیتورینگ بهره گرفت. جریان را هم می توان با استفاده از CT های اندازه گیری (مثلاً در ورودی مشترک) و یا با استفاده از CT های گیره ای اندازه گیری نمود. محدوده فرکانس مجاز CT ها بایستی توسط سازنده اعلام می گردد.

۸-۵-۵ (توصیه های کلی مربوط به انتخاب ترانسدیوسر)

جدول ۹-۲ محلهای مختلف مونیتورینگ و نیز انواع مختلف ترانسدیوسرهایی که برای مونیتورینگ این محلها مناسب می باشند را بیان کرده است. جدول ۹-۳ نیز پدیده های مختلف کیفیت برق و ترانسدیوسرهای مناسب آن نوع پدیده را تصویف می کند. جداول زیر باید در ارتباط با یکدیگر مورد استفاده قرار گیرند تا بهترین ترانسدیوسر برای یک کاربرد خاص انتخاب شود.

جدول ۹-۲ انتخاب ترانسفورماتور جریان و ولتاژ برای محل های مختلف

مکان	نوع VT	نوع CT
پست	کلاس اندازه گیری از نوع مقسم خازنی برای استفاده خاص یا مقسم مقاومتی کالیبره شده با استفاده از تپ	کلاس اندازه گیری
در خطوط هوایی	کلاس اندازه گیری	کلاس اندازه گیری
در کابل های زمینی	کلاس اندازه گیری قرار گرفته برروی سکوی ترانس نوع خاص مقسمی	کلاس اندازه گیری
در ورودی مشترک	ارتباط مستقیم	کلاس اندازه گیری گیره ای
در داخل محوطه مشترک و ورودی به تجهیزات	ارتباط مستقیم	گیره ای

جدول ۹-۳ نیازهای ترانسفورماتور جریان و ولتاژ

دلیل نصب	نوع VT	نوع CT
تغییرات ولتاژ	کلاس اندازه گیری	کلاس اندازه گیری
سطح هارمونیک	کلاس اندازه گیری	پنجره ای
حالت گذرا فرکانس پایین (کلیدزنی)	کلاس اندازه گیری با نقطه زانویی اشباع بالا	پنجره ای
حالت گذرای فرکانس بالا (صاعقه)	مقسم خازنی یا مقاومتی	پنجره ای

۸-۶ (تغذیه وسایل اندازه گیری)

۸-۶-۱ (منبع تغذیه و سازگاری آن)

در زمان استفاده از وسایل مونیتورینگ، کمینه کردن تأثیر این وسایل روی پارامتری که اندازه گیری می شود اهمیت بسزایی دارد. با بکاربردن ترانسفورماتورهای ولتاژ و جریان مناسب، این مورد می تواند انجام گیرد. به هر حال مسائلی ممکن است در فرایند اندازه گیری پیش آید که مربوط به اتصالات به سیستم نیست بلکه به منبع تغذیه دستگاه ارتباط می یابد. اگرچه اکثر وسایل مونیتورینگ احتیاج به توان کمی دارند ولی به هر حال منابع تغذیه آنها ممکن است در اندازه گیریها اخلال ایجاد کند. موارد زیر باید قبل از انتخاب توان دستگاه موردنظر قرار گیرند.

منبع تغذیه خود تولید نویز نکند

مصرف دستگاه روی اندازه گیری ها تأثیر نگذارد.

در صورتی که منبع تغذیه به وسیله حفاظتی حالات گذرا مجهز باشد این وسیله نباید روی اندازه گیری ها تأثیر گذارد.

دستگاه باید در زمان بروز تغییرات در شبکه قدرت (که می توانند موجب مسائل کیفیت برق گردند) بطور صحیح عمل کند.

از کابلهای قدرت پارازیت زا استفاده نشود.

اگر تغذیه دستگاه و اندازه گیریها از دو محل جدا از هم باشند ممکن است برای بسیاری از موارد فوق، دستگاه را دچار خطا نکنند به هر حال باید موارد زیر در آنها رعایت گردد

کیفیت توان تغذیه دستگاه به صورتی باشد که روی اندازه گیریها تأثیر نگذراد.

محل دستگاه اندازه گیری طوری باشد که به کابلهای تغذیه بلند نیاز نباشد چون در غیر این صورت ممکن است دقت دستگاه تحت تأثیر قرار گیرد.

۸-۶-۲ (تغذیه DC)

با توجه به محلی که از شبکه قدرت که قرار است اندازه گیری در آن انجام شود یک وسیله مونیتورینگ ممکن است برای عملکرد خود از تغذیه DC بهره گیرد تغذیه DC می تواند به صورت داخلی و یا خارجی به دستگاه اعمال گردد. هنگام استفاده از تغذیه DC موارد متعددی شامل موارد زیر باید در نظر گرفته شود.

اگر از تغذیه DC به صورت خارجی استفاده می شود اندازه کابلها بطور مناسب انتخاب گردد.

دستگاه بطور مناسب زمین شود.

اگر از یک شارژ خارجی استفاده می شود، سطح عایقی شارژ مقداری باشد که تأثیری روی شبکه قدرت نگذارد.

۸-۷- (روشهای کاربرد دستگاههای مونیتورینگ)

در کاربردهای دستگاههای مونیتورینگ بایستی مواردی را رعایت نمود تا اندازه گیری به شکل ایمن و موثر انجام گردد. این موارد بشرح زیر می باشند.

۸-۷-۱ (ایمنی)

روشی که دستگاه مونیتورینگ اعوجاج به مدار تحت بررسی متصل می شود ممکن است علاوه بر تأثیر روی دقت داده ها، روی مواد دیگری مانند ایمنی پرسنل نیز اثر بگذارد. در

واقع در نحوه اتصال سیم های ارتباطی مونیتور، علاوه بر اینکه این اتصالات باید کامل و بی نقص انجام گیرد، ایمنی پرسنل نیز نباید دچار خطر شود.

اغلب در مدت اندازه گیری درپوش تابلو برداشته می شوند. بنابراین کلیه سمتهای برقدار باید به اندازه کافی حفاظت شود. اگر از ترمینالهای پیچی استفاده می شود سیمهای در معرض باید در پوششهای مناسب قرار گیرند. از اتصال سیمهای متعدد به یک پیچ باید اجتناب شود.

۸-۷-۲ (کیفیت هادیها و اتصالات)

اتصال سیمهای رابط دستگاه اندازه گیری در تابلوها، باید به نحوی انجام گیرد که حالت معمول و وضعیت عادی سیستم را تغییر نداده و همچنین مشخصات وسایلی که این اتصالات به آن وصل می باشد را عوض نکند. اگر درب تابلو ها در حین مونیتورینگ باز بماند باید وسیله ای اضافی تهیه گردد تا دسترسی به ناحیه اتصال مونیتور را محدود نموده و اشخاص دیگر را از انجام عمل مونیتورینگ مطلع سازد. سیمهای رابط نباید دور سیمهای موجود پیچیده شوند یا در محل اتصالی قرار گیرند که تنها برای اتصال یک سیم طراحی شده است. از گیره های سوسماری نباید برای اتصالی استفاده شود چون آنها به راحتی باز می شوند.

در حالی که بتوان برای اتصال دادن از پیچها یا اتصالات کلمپی موجود استفاده نمود، از اتصال نوع بافته شده باید استفاده کرد. برای اجرای این نوع اتصال، برق مدار باید قطع شود، هادی ای که اندازه گیری از طریق آن انجام می شود از اتصال خود بیرون کشیده شود، یک اتصال بافته شده از هادی الکتریکی عایق دار با همان ظرفیت محل جریان هادی

اصلی در اتصال اصلی قرار گیرد و سپس اتصال بافته شده، هادی اصلی و سیم ارتباطی مونیتور توسط وسیله ای مناسب به همدیگر متصل می گردند این اتصال جدید باید نوارپیچی شود تا به عایق بندی و ایمنی اتصال، اطمینان حاصل شود.

سیمهای رابط در واقع ارتباط بین شبکه الکرتیکی و مونیتور هستند. آنها ادامه ورودیهای مونیتور هستند نه ادامه شبکه الکتریکی. این بدان معنی است که هرگونه اتصال نامناسب باید قبل از آغاز اندازه گیری اصلاح شود. علاوه بر این نتیجه برخی اندازه گیریهای اشتباه ممکن است نتیجه نوع اتصال باشد و به شبکه الکتریکی ارتباطی نداشته باشند.

هادیهای ارتباطی دستگاههای مونیتورینگ عموماً به امواج با فرکانس رادیویی حساس هستند. برای کمینه کردن اثرات نامطلوب این امواج، باید دو سیم به هر کانال ورودی مونیتور متصل گردد. و از روش معمول یک سیم در هر کانال با یک سیم مشترک تکی نباید استفاده شود در برخی حالات، دستگاه مونیتورینگ وقایعی را ارائه می کند مانند ولتاژهای گذرا که از تداخل امواج رادیویی با هادی های ارتباطی به وجود آمده اند. این ها به ویژه هنگامی که آستانه های مونیتور اعداد کوچکی هستند (مثلاً ۲۵ تا ۵۰ ولت در یک سیستم ٤۰۰ ولت) مشکل زا می شوند. هنگامی که از روش دو سیم برای هر کانال استفاده می شود، این دو هادی باید روی همدیگر پیچیده شوند.

برای اندازه گیری های طولانی مدت باید از اتصالاتی استفاده نمود که در طول زمان خاصیت خود را از دست نداده و مطمئن شد که جنس اتصالات با نوع سیم مطابقت داشته باشد.

همواره سیمهای رابط را باید پس از اینکه به دستگاه مونیتور متصل شده باشد به مدار موردنظر اتصال داد.

هنگامی که دستگاه مونیتور در معرض سطوح مختلف امواج با فرکانس رادیویی قرار می گیرد ممکن است اطلاعات غلط و همراه با خطا ارائه دهد. تداخلات ممکن است در اثر سیم های رابط ورودی وارد دستگاه شوند. اگر داده های جمع آوری شده غیرواقعی به نظر برسند ممکن است علت آن تداخل دستگاه با امواج خارجی با فرکانس رادیویی باشد.

۸-۷-۳ (جایابی مونیتور)

مونیتور باید به دقت نصب شود به نحوی که امکان حرکت دستگاه و جدا شدن اتصالات وجود نداشته باشد. اگر از یک چاپگر برای نمایش نتایج اندازه گیری استفاده می شود، باید احتیاطهای لازم صورت گیرد تا کاغذ چاپگر در موقع کار مشکلی ایجاد نکند. مونیتورها نباید در معرض حرارت زیاد، رطوبت و گرد و غبار قرار گیرند. زیرا در این صورت ممکن است دستگاه صدمه دیده و یا در فرآیند اندازه گیری مشکلی ایجاد شود. مونیتورها نباید در مسیرهای پررفت و آمد نصب شوند. مونیتور باید به نحوی نصب شود که ایمنی افراد شاغل در آن مکان را به مخاطره نیاندازد. یک محفظه حفاظتی یا یک سد کننده می تواند گاهی اوقات برای این منظور استفاده شود. همچنین محل قرارگیری مونیتور نباید ایمنی شخصی را که مشغول نصب دستگاه است به خطر اندازد.

اگر در جایی محدودیت مکانی وجود داشته باشد و نتوان اتصالی با ایمنی مناسب برای سیمهای رابط دستگاه ایجاد کرد باید جا و مکان دیگری برای مونیتور انتخاب نمود.

عوامل محیطی و خارجی ممکن است روی عملکرد دستگاه مونیتور تأثیر بگذارند. این عوامل می تواند شامل دما، رطوبت، میدانهای با فرکانس رادیویی، بارهای استاتیک، شوک های مکانیکی و لرزشی باشند.

درجه حرارت روی رفتار هرگونه دستگاهی که با استفاده از سیستم میکروپروسسوری کار کند تأثیر می گذارد. اگر درجه حرارت محیط از حد مجاز (تعیین شده در مشخصات فنی دستگاه) بیشتر شود دستگاه مونیتورینگ تحت تأثیر قرار می گیرد. رطوبت اضافی نیز ممکن است سبب تقطیر رطوبت در داخل دستگاه شود که می تواند عامل ایجاد اتصالی های الکتریکی، قوس، خوردگی و نهایتاً ارائه اطلاعات غلط شود. هوایی که خشکی آن زیاد است نیز ممکن است عامل تولید بارهای استاتیکی شود که می تواندبه تجهیزات الکترونیکی درون دستگاه صدمه بزند.

شوک های مکانیکی و لرزش می تواند تنش هایی را در داخل دستگاه ایجاد کند که باعث ضعیف شدن اتصالات مکانیکی، بروز قوس و ایجاد اطلاعات همراه با خطا شود. هنگامی که مونیتور در ناحیه قرار دارد که احتمال وجود تنش های مکانیک در آن وجود دارد استفاده کننده باید مطمئن شود که دستگاه توانایی تحمل و عملکرد صحیح در آن محیط را دارا می باشد. به دلیل لرزش ها و تنش های مکانیک که در حین انتقال دستگاه به محل مونیتورینگ ممکن است ایجاد شود، عملکرد صحیح دستگاه باید قبل از استفاده بازبینی شود.

۸-۸ (محل اندازه گیری و دریافت اطلاعات)

۸-۸-۱ (انتخاب محل)

مسئله دیگری که در مونیتورینگ کیفیت برق اهمیت دارد محل مونیتورینگ می باشد. لازم است که نقطه مونیتورینگ تا جائی که امکان دارد نزدیک به تجهیزات حساسی باشد که عملکرد آنها تحت تأثیر کیفیت برق قرار می گیرند تا همان تغییراتی را که تجهیزات حساس دریافت می کنند تعقیب نماید به عنوان مثال در حالات گذرا با فرکانس بالا در صورتی که محل مونیتورینگ و تجهیزاتی که تحت تأثیر قار گرفته اند از یکدیگر دور باشند تغییرات اعمال شده به تجهیز در محل مونیتورینگ مشاهده نخواهد شد.

محل مهم دیگر برای دریافت اطلاعات و مونیتورینگ وقایع، محل اصلی ورودی برق به مشترک می باشد زیرا تغییرات ولتاژ و حالت گذرایی که در این نقطه اتفاق می افتند توسط بسیاری از دستگاههای مشتکرک دیده می شوند. همچنین این نقطه بهترین محل برای نشان دادن اعوجاج های به وجود آمده توسط سیستم است(گرچه این امکان وجود دارد که اعوجاجات مشاهده شده در محل اصلی ورودی برق به مشترک، ناشی از حوادث به وجود آمده در شبکه داخلی مشترک باشد) البته مشخصات برخی از پدیده های مربوط به کیفیت برق به دلیل وجود امپدانسهای سیستم توزیع و دینامیک بار تغییر می کند. به عنوان مثال یک موج گذرای ولتاژ مقداری انرژی ار روی امپدانسها تلف نموده که این امر سبب شود که شیب موج ، دامنه بیک و فرکانس نوسانات تغییرکند.

محل ابتدایی نصب یک مونیتور کیفیت برق به هدف و نوع بررسی بستگی خواهد داشت. اگر هدف مونیتورینگ تشخیص مشکل به وجود آمده در عملکرد یک تجهیز باشد، مونیتور باید

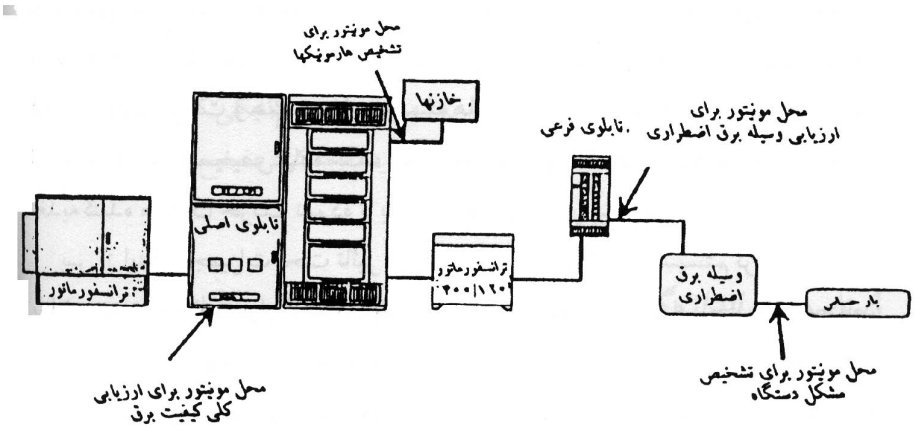
تا حد ممکن نزدیک به تجهیز مورد بررسی نصب شود. این مسئله می تواند هم شامل تجهیزات حساس الکترونیکی مانند کامپیوترها و محرکه های با قابلیت تنظیم سرعت و هم تجهیزات سیستم های توزیع مانند کلیدها و خازنها باشد. پس از اینکه مشکل تشخیص داده شد، دستگاه مونیتورینگ می تواند به سمت پست تغذیه کننده مشترک حرکت نموده تا بتوان منبع اعوجاج ها را پیدا نمود.

پس از اینکه تجهیزات تحت تأثیر قرار گرفته با استفاده از یک سیستم برق اضطراری با فیلتر تحت حفاظت قرار گرفت، باید محل مونیتور تغییر یابد. در این حال مونیتور باید در محل اتصال تجهیز به شبکه الکتریکی (بین وسیله برق اضطراری و دستگاه تحت دستگاه آیا با مشخصات فنی پیشنهادی سازنده مطابقت دارد یا خیر؟ پس از این کار، مونیتور باید مجدداً به طرف منبع وسیله برق اضطراری یا فیلتر متصل شود تا نشان دهد که سطح اعوجاج ایجاد شده در توانایی فیلتر یا وسیله برق اضطراری هست یا خیر؟

اگر هدف مونیتورینگ تحقیق در خصوص کیفیت برق یک مشترک باشد مونیتور باید در محل ورودی برق تغذیه مشترک قرار گیرد. مونیتور سپس می تواند به سمت شبکه داخلی حرکت داده شود تا کیفیت برق هر فیدر را مشخص نماید.

اگر اندازه گیری هارمونیکها موردنظر باشد مونیتور باید در محل فیلتر یا خازن نصب شود تا مقدار هارمونیک جریان و ولتاژ اعوجاج یافته را اندازه گیری نماید. بزرگ سازی گذراهای کلیدزنی نیز می تواند با اتصال مونیتور به بانک خازنی تحقیق شود. شکل ۹-۵ چنین موردی را نشان می دهد.

مونیتور کیفیت برق باید تا حد ممکن نزدیک به بارهای مشکوک نصب شود. باید با بازرسی دقیق اطمینان حاصل شود که تجهیزاتی مانند فیلترها، ترانسفورماتورها و غیره بین مونیتور و بار موردنظر متصل نشده باشد. در این صورت دستگاه مونیتور، دامنه اعوجاج های ولتاژی را که مستقیماً روی بار می افتند را نمایش داده و از مدار فیلتر و امپدانس ها تأثیر نمی گیرد. همچنین با این نوع نصب می توان مستقیماً شینه جریان تغذیه کننده بار را مورد اندازه گیری قرار داد بدون اینکه طول سیم های رابط مونیتور افزایش یابد.



شکل ۹ـ۵: محل‌های پیشنهادی برای مونیتور روی یک سیستم فشار ضعیف نمونه

گاهی اوقات امکان اتصال مونیتور به بار نیست. به عنوان مثال نقاط اتصال ولتاژ ممکن است در دسترس نباشد و یا بار ممکن است در یک مکان خطرناک باشد در چنین موقعیتی مونیتور ممکن است در نزدیک ترین تابلوی فرعی تغذیه کننده بار متصل گردد. عمل فوق دارای این مزیت است که هادیهای مدار برای اندازه گیریهای جریان در دسترس می باشند.

۸-۸-۲ (چگونگی پیدانمودن منبع ایجادکننده کیفیت نامناسب برق (منبع اعوجاج)

اولین قدم در شناسایی منبع ایجادکننده کیفیت نامناسب برق ارتباط دادن شکل موج این با عوامل ممکن است. به مجرد آنکه دسته بندی دلایل و عوامل تعین گردید (مانند کلیدزنی بار، کلیدزنی خازن،اتصال کوتاه در شبکه، عمل وصل مجدد و غیره) شناسایی مسئله سر راست می گردد. برای این کار راهکارهای عمومی زیر را می توان استفاده نمود:

- تغییرات ولتاژ با فرکانس بالا محدود به مکانهایی نزدیک به محل اعوجاج خواهد بود. به دلیل بالابودن مقاومت شبکه در سطوح پایین ولتاژ (مانند ٤٠٠ ولت) مولفه های فرکانس بالا سریعاً میرا می شود در چنین شرایطی مولفه های فرکانس بالا تنها زمانی آشکار می گردند که دستگاه مونیتور نزدیک به محل ایجاد اعوجاج باشد.

قطع برق در نزدیکی محل اندازه گیری باعث ایجاد تغییرات ناگهانی ولتاژ می گردد. قطع برق در نقاطی دور از محل اندازه گیری باعث ایجاد کاهش تدریجی ولتاژ می گردد که این پدیده نیز ناشی از انرژی ذخیره شده در خازنها و ماشینهای الکتریکی خواهد بود.

اعوجاج ولتاژ با هارمونیکهای مرتبه بالا در نزدیک خازنها اتفاق می افتد و باعث ایجاد تشدید می گردد. در این حالات، در طیف ولتاژ هارمونیکی یک فرکانس خاص اغلب می گردد.

۸-۹ (نحوه اتصال مونیتور کیفیت برق)

اتصال هادیهای ارتباطی مونیتور باید کلیه مدهای اعوجاجی را که روی وسیله موردنظر تأثیر می گذارند پوشش می دهد. همانطور که هادیهای مدار افزایش می یابند، وضعیت های اندازه گیری لازم نیز افزایش خواهند یافت. برای مثال اگر دستگاهی با یک پریز ۲۳۰ ولت بدون هادی زمین کننده تجهیزات تغذیه شود (مثل تجهیزات صوتی،تصویری) تنها مونیتورینگ فاز- نوترال احتیاج خواهد بود در عوض در صورت استفاده از پریز ۲۳۰ ولتی دارای اتصال زمین، آرایشهای فاز- نوترال، فاز زمین و نوترال زمین نیز باید مونیتور گردند. در یک واحد پردازش گر داده سه فاز، باید حالت های فاز-فاز، فاز- نوترال، فاز- زمین و نوترال- زمین آن اندازه گیری شود. در مورد بارهای سه فاز، بهترین راه اتصال مونیتورها همان گونه است که بار موردنظر اتصال یافته است. برای مثال اگر بار حساس به صورت مثلث بسته شده است (سه سیم بدون نوترال) مونیتور نیز باید به همان صورت آرایش یابد. یک کانال فاز- زمین می تواند در صورت امکان اضافه شود. اگر بار حساس به صورت ستاره بسته شود، مونیتور می تواند به صورت مشابه بسته شده و یک کانال نوترال- زمین نیز در آن شامل شود.

پیشنهاد می گردد که برق تغذیه دستگاه مونیتورینگ از مداری بجز مداری که قرار است مورد مونیتورینگ قرار گیرد تأمین شود. بعضی از سازندگان، فیلترهای ورودی و یا خفه کننده های موج ضربه را برروی منابع تغذیه خودشان قرار می دهند که باعث تغییر اطلاعات مربوط به اعوجاجات واقعی در سیستم می گردد که این حالت، در صورتیکه

دستگاه مونیتور متصل به همان منبعی که قرار است که آن را مونیتور کند به وجود می آید.

یکی از مهمترین مسائل سیستم زمین مونیتور است. مونیتورها باید یک اتصال زمین برای سیگنالهایی که قرار است مونیتور شوند و یک اتصال زمین دیگر برای منبع تغذیه تجهیزات داشته باشد. هردو این زمین ها باید به شاسی دستگاه وصل شوند. به دلایل ایمنی، هردو ترمینال زمین را باید به زمین واقعی متصل نمود. به هر حال، این کار امکان بالقوه ایجاد حلقه های زمین را به وجود می آورد. با توجه به اهمیت مسئله ایمنی بهتر است که هردوترمینال زمین به یکدیگر متصل شوند. در صورتیکه حلقه های زمین ایجاد مشکل نمایند مثلاً جریانهای گذرا باعث آسیب رساندن به تجهیزات شده و یا اندازه گیریها را دچار اختلال کنند می توان دستگاه را از همان خطی که قرار است مونیتورینگ آن انجام گیرد تغذیه نمود. از سوی دیگر، این امکان وجود دارد که فقط یک زمین را متصل کرد (مثلاً زمین مربوط به سیگنال مونیتور شده) و دستگاه را برروی یک سطح عایق قرار داد. هنگام کار با دستگاه نیز می توان از تجهیزات ایمنی مناسب دیگری مانند استفاده از دستکشهای عایق استفاده نمود. این کار زمانی لازم است که در دستگاه، امکان افزایش ولتاژ نسبت به دیگر تجهیزات و مرجع زمین وجود داشته باشد.

دستگاه معمولاً از طریق یک خروجی سه سیمه تک فاز و یک کابل قدرت استاندارد تغذیه گردد. همچنانکه اشاره گردید اگر مداری که می خواهد مورد اندازه گیری قرار گیرد همان مداری باشد که دستگاه مونیتور را تغذیه می کند، استفاده کننده باید نسبت به تأثیر دستگاه روی مدار الکتریک آگاه باشد. تغییرات ولتاژ ناشی از کشیدن جریان توسط دستگاه معمولاً

زیاد نیست اما می تواند بخصوص در زمان اندزاه گیری نوترال- زمین قابل توجه باشد. اگر منبع تغذیه دستگاه توسط یک خفه کننده موازی ولتاژ گذرا مانند وریستورهای اکسید فلزی حفاظت شود، توانایی دستگاه برای اندازه گیری اعوجاج ممکن است دچار اشکال گردد. برق دستگاه باید توسط یک مدار دیگر یا از یک وسیله دیگر مانند منبع DC (باتری) داده شود. همچنین از کابلهای قدرت و هادیهای ارتباطی طولانی نباید استفاده شود. اگر از باتری استفاده می شود (و هیچ جایی در طول کابل قدرت زمین نشود) دستگاه اندازه گیری باید به طور مناسب زمین شود.

۸-۱۰ (آستانه های اندازه گیری و جمع آوری اطلاعات)

۸-۱۰-۱ (تنظیم آستانه دستگاه مونیتور)

معمولاًمونیتورهای کیفیت برق بنحوی طراحی می گردند که شرایط غیرعادی شبکه را مشخص نمایند. بنابراین لازم است محدوده شرایطی را که شرایط عادی در نظر گرفته می شوند تعریف نمود. بعضی از دستگاههای مونیتور اعوجاج دارای مقادیر آستانه از قبل تعیین شده هستند که می توان از این مقادیر برای شروع اندازه گیری استفاده نمود.

بهترین روش انتخاب آستانه عملکرد، هماهنگ کردن آن با مشخصات تجهیزی است که مورد بررسی قرار می گیرد. این روش همواره امکان پذیر نیست زیرا راهنمای کاربرد و یا مشخصات دستگاه ممکن است موجود نباشد. روش دیگر، تنظیم آستانه از روی اطلاعات جمع آوری شده است. برای این کار در یک محدوده زمانی مشخص اطلاعات زیادی از اعوجاج های سیستم جمع آوری شده و سپس براساس این اطلاعات آستانه مناسب انتخاب خواهد شد.

هنگامی که مونیتوری به مدار متصل می شود، باید چنان برنامه ریزی شود تـا پارامترهـای مطلوب را گزارش کند. فرآیند انتخاب آستانه های مونیتور بـستگی بـه هـدف بررسـی دارد. اگر هدف، بررسی حل مشکل عملکرد یک تجهیز باشد، تنظیم کردن آستانه مونیتور بـستگی به حساسیت تجهیز خواهد داشت. بنابراین مونیتور باید بـا دامنـه هـایی بـرای ولتـاژ (و یـا جریان) برنامه ریزی شود تا در زمان عبور از حدود مجـاز حـساسیت دسـتگاه مـوردنظر، داده های مربوط به اعوجاج رخ داده شده را ارائه نماید. اگر هدف، بررسی کلـی کیفیـت بـرق باشد، تنظیم آستانه مونیتور بستگی به محدودیت های مربوط به حافظه مونیتور دارد.

سازنده های مختلف بـرای نمـایش، گـرفتن اطلاعـات و برنامـه ریـزی روی آنهـا روشـهای متفاوتی را برگزیده اند. دستگاه اندازه گیری ممکن است به دلیل روش انـدازه گیـری، نحـوه زمین کردن و شیلیدینگ، داده های نامناسب ایجاد کند. بنابراین دانستن نحوه عملیات داخلی دستگاه اندازه گیری عملی مفید و کلیدی خواهد بود.

نکته دیگری که باید در نظر گرفته شود روش یا تکنیک دستگاه مونیتورینـگ جهـت گـزارش اطلاعات جمع آوری شده است. همچنانکه اشاره گردید نمایش ایـن اطلاعـات مـی توانـد بـه صورت بصری در یک اسیلوسکوپ باشد، روی کاغذ چـاپ شـود، روی یـک دیـسک ضـبط شود و یا به ترمینال یک کامپیوتر برای تحلیل های آتی انتقال یابد.

در کلیه دستگاههای مونیتورینگ مصالحه ای بین هزینه، توانایی قابلیت حمل بودن و تکمیـل بودن آن باید صورت پذیرد. دستگاهها محدودیتهایی را در زمینه سرعت پـردازش، ذخیـره اطلاعات، سرعت چاپ و حافظه دارند. این محدودیتها ممکن است باعث عدم خواندن و ثبـت برخی از اطلاعات شود. علاوه بر این دستگاه مونیتوری کـه تنهـا یـک پـارامتر کیفیـت بـرق

مشخصی را نشان می دهد نمی تواند اطلاعات را برای نمایش تعدادی از رخدادها جمع آوری کند. همچنین این گونه دستگاه ها نمی توانند ارتباط بین تغییرات مختلف شبکه را نشان دهد.

تعدادی از دستگاه های مونیتورینگ چندین فرمت را به طور همزمان برای گزراش اطلاعات دارا هستند و می توان به صورت اختیاری برخی از آنها را انتخاب نمود. با توجه به نوع کاربرد، این مشخصه ها می توانند بازدهی دستگاه را بالا ببرند. مثلا دستگاههایی با مشخصه گرافیکی به استفاده کننده اجازه می دهند که شکل موجهای مختلف را به صورت بصری روی مونیتور و یا چاپ در روی کاغذ مشاهده کند. این مشاهات برای تنظیم آستانه دستگاه مونیتورینگ و بررسی شرایط موجود مفید خواهد بود. در برخی حالات این شکل موجها برای یافتن منبع و علت پدیده ایجادشده نیز می تواند مورد استفاده قرار گیرد. چنانچه مشترک درخواست اندازه گیری شرایط ماندگار را داشته باشد، این درخواست احتیاج به دستگاهی دارد که توانایی گزارش و نمایش مطلوب شرایط ماندگار را برای پریود کامل مونیتورینگ داشته باشد. پریود مونیتورینگ می تواند چندین هفته یا حتی چند ماه باشد.

۸-۱۰-۲ (روش آماده سازی دستگاه مونیتورینگ)

در ابتدا باید مونیتور را نصب نمود و اجازه داد که در حالت خلاصه و به مدت نیم ساعت یا به اندازه ثبت اولین واقعه کار کند. می توان حتی اجازه داد که قبل از انجام عمل تنظیم آستانه ها، مونیتور برای ۲٤ ساعت در حالت خلاصه عمل نماید.

در این زمان می توان عملکرد صحیح دستگاه را بازرسی نمود و از ضبط بی دلیل اطلاعات در حافظه یا کاغذ جلوگیری نمود.

اگر هدف مونیتورینگ بررسی مشکل به وجود آمده در عملکرد یک تجهیز ویژه در یک شبکه سالم (جایی که اعوجاج ولتاژ قابل ملاحظه ای موجود نیست) باشد، تنظیم آستانه های دستگاه اندازه گیری کاری ساده و راحت خواهد بود. آستانه مونیتور ممکن است درست در مرز سطوح حساسیت تجهیز تحت آزمون تنظیم شود بنابراین میزان اعوجاج می تواند از شکل موج گزارش شده استنتاج شود. این کاربراساس هماهنگی زمانی با زمان عملکرد نادرست تجهیز و یا هنگامی که مقدار اعوجاج به طور آشکار از سطح حساسیت تجهیز بالاتر می رود انجام می گیرد.

انتخاب آستانه ها در یک شبکه فعال الکتریکی (مانند ورودی به یک محرکه با قابلیت تنظیم سرعت) بسیار مشکل تر است. اگر آستانه ها خیلی پایین انتخاب شوند، نوسانات دائمی، قابلیتهای مونیتور را از بین برده و ممکن است حتی از گزارش شدن بسیاری از اعوجاجات قابل ملاحظه جلوگیری کنند.

۸-۱۰-۳ (ملاحظاتی در خصوص حساسیت تجهیزات)

بهترین نوع تنظیم آستانه ها، انتخاب آنها متناسب با سطوح حساسیت تجهیز تحت آزمون است. سطوح حساسیت تجهیز را می توان از مشخصات فنی آن و یا از بررسی های گذشته انجام شده روی آن تجهیز بدست آورد. این اطلاعا ت بندرت در استانداردهای صنعتی برای هر تجهیز مشخص در دسترس است. حتی هنگامی که اطالعات ویژه در دسترس باشد نیز ممکن است سطوح حساسیت تجهیز همواره با آستانه مونیتور تطبیق نیابد. سطوح

حساسیتی که معمولاً از روی استانداردهای صنعتی گرفته می شود اغلب برای تنظیم آستانه ها مفید خواهند بود، بخصوص هنگامی که همراه با سطوح مشخص شده توسط سازنده به کار می روند.

آستانه ها باید کمی پایین تر از سطوح حساسیت تجهیز تنظیم شوند تا مطمئن شویم که شکل موج اعوجاجی گزارش خواهد شد. طول عمر تجهیز، تفاوت بین سطوح حساسیت تجهیز با آنچه که در پلاک مشخصات آمده است ودقت مونیتور عواملی هستند که در زمانی که سطوح ولتاژ زیر سطوح حساسیت موردانتظار هستند سبب عملکر نادرست تجهیز خواهند شد.

جدول ۹-٤ می تواند به عنوان قاعده کلی برای تنظیم آستانه ها بکار رود. این قواعد برای تجهیزات با ولتاژ نامی ۲۳۰ ولت کاربرد دارند.

جدول ۹ـ۴: قواعد کلی برای تنظیم آستانه‌ها

	موردانداز‌ه‌گیری	تنظیم پیشنهادی	ملاحظات
آستانه‌های ولتاژ فاز	فلش برآمدگی ولتاژ	۲۰۷ ولت مؤثر ۲۴۱ ولت مؤثر	۱۰ـ درصد ولتاژ نامی تغذیه ۵- درصد ولتاژ نامی تغذیه
	گذرا	۴۲۰ ولت	تقریباً حدود دو برابر ولتاژ نامی فاز ـ نوترال
	نویز	۲/۵ ولت	حدود یک درصد ولتاژ نامی فاز ـ نوترال
	هارمونیک‌ها	اعوجاج هارمونیکی کل ۵ درصد	سطح اعوجاج ولتاژ در پارهایی که تحت تأثیر قرار می‌گیرند
	فرکانس	۰/۳ ± هرتز	—
	عدم تعادل ولتاژ	٪۲	عدم تعادل ولتاژ بیش از ٪۲ می‌تواند روی تجهیز تأثیر گذارد
آستانه‌های ولتاژ‌تفاضلی نوترال ـ زمین	برآمدگی ولتاژ	۳ ولت‌موثر	سطوح نمونه برای مسائل موجود زمین و یا نوترال
	گذراهای ضربه‌ای	۳۸ ولت پیک	ده تا بیست درصد ولتاژ فاز ـ نوترال
	نویز	۲/۵ ولت‌موثر	سطوح نمونه حساسیت تجهیزات
آستانه‌های جریان	جریان فاز / نوترال	جریان‌بارعادی‌براساس مقدارموثر ـ واقعی	ممکن است احتیاج باشد که آستانه‌های جریان بار بالاتر از جریان بار عادی انتخاب شوند. این انتخاب بستگی به داده‌های مطلوب و مقدار نوسان در جریان بار دارد.
	جریان زمین	۰/۵ آمپر مؤثر واقعی	وابسته به ولتاژهای ایمنی و همچنین داده‌های دارای خطا
	هارمونیک	اعوجاج هارمونیکی کل ۲۰ درصد برای مشترکین کوچک و ۵ درصد برای مشترکین خیلی‌بزرگ	اندازه‌گیری شده در ورودی مشترک و نسبت به حداکثر دیماند جریان بار. سطوح اعوجاج هارمونیکی تابلوهای فرعی باید باتوجه به تأثیر هارمونیکها روی تجهیز که مونیتور می‌شود مانند سایر نوترال، بارگذاری ترانس و خازن انتخاب‌شود

۸-۱۱ (طول دوره مونیتورینگ)

طول دوره مونیتورینگ بستگی مستقیم با هدف مونیتورینگ دارد. معمولاً این زمان باید بازه زمانی را که الگوی مصرف تکرار می شود پوشش دهد. به عنوان مثال، یک مشترک صنعتی ممکن است الگوی مصرف توانش در هر روز و یا در هر شیفت کاری تکرار شود. بسته به هدف مونیتورینگ ممکن است لازم باشد که حداقل یک شیفت کاری عمل اندازه گیری انجام گیرد.

۸-۱۱-۱ (مونیتورینگ مقدماتی)

مونیتورینگ مقدماتی فرآیند نسبتاً کوتاهی است. هدف آن بدست آوردن پروفیل کیفیت برق در یک محل مشخص است. اطلاعات اولیه شامل تعیین مقادیر تغییرات ولتاژ و جریان در حالت ماندگار و گذرا می باشد. دیگر پارامترها مانند فرکانس نیز می تواند از مسائل مورد توجه باشد. طول دوره مونیتورینگ باید برابر با سیکل کاری کامل انتخاب شود. اگر وضعیت شبکه برقرسانی تغییر کند، تکرار اندازه گیری ها و مقایسه با حالت قبل پیشنهاد می شود. پروفیل کیفیت برق ممکن است تغییرات فصلی نیز داشته باشد. بنابراین در فصول مختلف باید مونیتورینگ را انجام داد.

۸-۱۱-۲ (مونیتورینگ برای حل مشکلات)

یافتن مشکل برق یک دستگاه بخصوص که سبب عملکرد نادرست آن شده است می تواند روزها یا حتی هفته ها طول بکشد. این نوع فعالیت باید اعوجاج ویژه ای که سبب مشکل شده است را بیابد.هنگامی که مشکل پیدا شد، راه حل مناسبی باید در نظر گرفته شود. پس

از این کار، برای مطمئن شدن از تأثیر راه حل ارائه شـده و ایـن نکتـه کـه هـیچ نـوع مـسئله جدیدی ایجاد نشده است مونیتورینگ مجدد باید انجام گیرد.

۸-۱۱-۳ (مونیتورینگ برای مطالعه جامع کیفیت برق)

این نوع مونیتورینگ، کلید درک و فهم چگونگی کیفیت برق در اثر تغییر عمـده ای در شـبکه برق است. مطالعات برای مدت های طولانی (معمولاً چند سال) در نقاط مختلف شبکه انجـام می گیرد.

۸-۱۲ (تفسیر نتایج مونیتورینگ)

۸-۱۲-۱ (کلیات)

در بررسی مسئله کیفیت برق مهم این است که مشخصات اعوجاج را بـا عوامـل ایجادکننـده آن مرتبط نمود. این امر به دانش و آگاهی در خصوص مشخصات انواع مختلف اعوجاج هـا نیاز دارد. این مشخصات برای هر گروه از اعوجاجات محدوده معینی دارند. شکل موجهـا و اطلاعات ارائه شده در این دستورالعمل به نحوی طبقه بندی شـده انـد کـه تـا حـدی امکـان زمینه تفسیر وضعیت نامناسب کیفیت برق ر افراهم آورد.

هنگامی که دلیل اعوجاج مشخص گردید باید تأثیر آن برروی تجهیزات و راه حلهـای ممکـن جهت بهبود وضعیت کیفیت برق تعیین شوند.

البته همواره نمی توان یـک رابطـه مـستقیم علـت- معلـولی بـین اعوجـاج و اثـر آن بـرروی تجهیزات پیدا نمود. (مثلاً کاهش کیفیـت تجهیـزات در اثـر طـول عمـر و تـداخل سیـستمهای کنترلی برروی سائل کیفیت برق تأثیر می گذارند) در نتیجه ارزیابی تأثیر این اعوجـاج هـا و

پیدانمودن راه حلهای مناسب مشکل خواهد بود. بهرحال این دستورالعمل کمک خواهد نمـود که بتوان به راه حلهای مناسب دست یافت

یافتن راه حلهای مناسب برای مشکلات ناشی از کیفیت برق شامل موراد متعددی می گـردد. برخی از مسائل را می توان با بازبینی تجهیزات، بررسی صحت سیم کشی و سیـستم هـای زمین حـل نمـود. لـیکن بقیـه مـسائل نیـاز بـه انـدازه گیـری کامـل دارد. بررسـی خروجـی مونیتورها شاید مهمترین بخش بررسی مسئله کیفیت برق باشد. تنوع بسیار وسـایل انـدازه گیری و محدودیتهای آنها، محدوده وسیع سیـستم هـای توزیـع و مشخـصه هـای مختلـف بارها باعث می گردد که تفسیر نتایج به تجربه و مهارت استفاده کننده بستگی داشته باشد.

۸-۱۲-۲ (بررسی داده ها و اطلاعات خلاصه شده)

اولیه مرحله در تفسیر اطلاعات زمانی بدست آمده از دستگاه مونیتور، بررسـی خلاصـه ای از آنها در یک بازه زمانی است. این بازه زمانی بسته به شرایط موجـود، مـی توانـد از یـک دوره کاری یا حتی یک ماه نیز طول بکشد، ولی بهرحال کمتر از یک دوره کاری نباید باشد. بررسی خلاصه اطلاعات می تواند نمایی از مفاهیم مهم را مـشخص سـازد و بـه کمـک آن، لزوم انجام آزمایش و بدست آوردن جزئیات بیشتر را معین کند.

۸-۱۲-۲-۱ (تهیه اطلاعات خلاصه شده)

نوع و جزئیات خلاصه اطلاعات باید اهداف اولیه را مشخص سازد. خلاصـه اطلاعـات بایـد برروی دو مقوله اصلی تأیید کند. اول آنکه، اطلاعات را باید برحسب زمـان وقـوع آن جمـع آوری نمود تا بتوان ارتباط بین آنها را مشخص کرد. دوم آنکه اطلاعات باید با توجه به نوع اعوجاج و زمان وقوع دسته بندی شود.

۸-۱۲-۲-۲- (بازبینی اطلاعات خلاصه شده)

بازبینی اطلاعات بدست آمده بسیار مهم می باشد. با توجه به دقت موردنیاز جهت بررسی اطلاعات، همیشه مقداری اطلاعات غلط وارد محسبات خواهد شد. میزان صحت اطلاعات بدست آمده بستگی به توانایی و تسلط مفسر اطلاعات دارد. بازبینی اطلاعات باید قبل از تفسیر آنها انجام پذیرد. با این کار می توان اطلاعات قابل قبول را جدا ساخت.

۸-۱۲-۲-۳ (تفسیر اطلاعات خلاصه شده)

بعد از مطمئن شدن از صحت اطلاعات خلاصه شده، می توان اولین مرحله تفسیر اطلاعات را انجام داد. در این مرحله ممکن است که نتوان به اهداف اصلی رسید ولی می توان اطلاعات موردنیاز بیشتری را جهت پیشبرد بررسی بدست آورد. سلسله وقوع حوادث می تواند به این عمل بسیار کمک نماید. این سلسله حوادث را می توان با سیکل مصرف، مشخصات تجهیزات مونیتورینگ، نتایج مذاکرات با افرادی که در محل مشغول به کار هستند و یا هر نوع اطلاعات جمع آوری شده مقایسه نمود.

با استفاده از هیستوگرام زمان- اعوجاج می توان به اینکه اعوجاج رخ داده است یا خیر و نیز به زمان وقوع آن واقف شد. الگوی اعوجاجات برحسب زمان می تواند به یافتن منبع مسئله عدم کیفیت مناسب برق منجر شود.

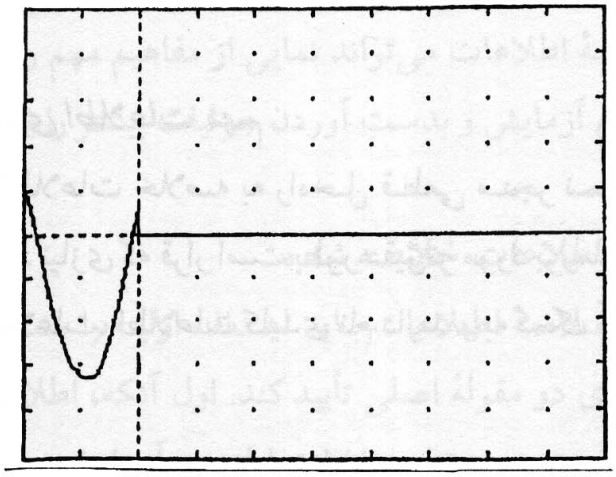
۸-۱۲-۳ (جداسازی اطلاعات مهم)

اغلب، بررسی اطلاعات خلاصه به راه حل قطعی منجر می شود. ولی بهر حال اطلاعات مهم و موردنیازی که قرار است بطور دقیق تر مورد بررسی قرار گیرند مشخص خواهندشد. این اطلاعات،اطلاعات کلیدی نام دارند و به کمک آنها می توان به بررسی مسائل پرداخت

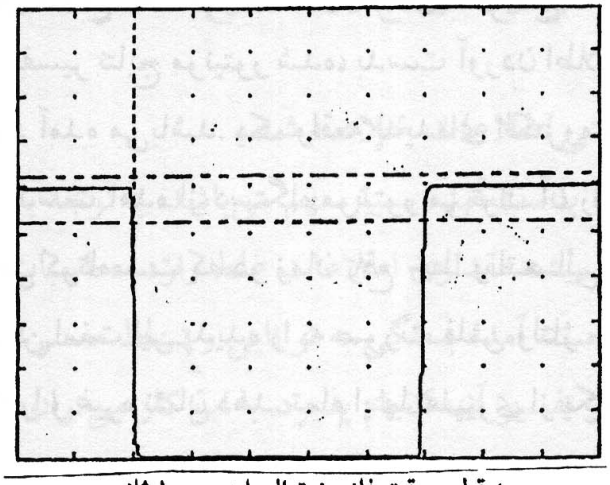
۸-۱۲-۳-۱ (تعیین وقایع کلیدی از روی چندین اعوجاج)

مرحله بعدی در تفسیر نتایج مونیتور شده، بدست آوردن اطلاعات کلیدی و ترکیب آنها با وقایع به وجود آمده می باشد. یک واقعه پدیده ای الکترومغناطیسی است که از یک یا چند گزارش بدست آمده از دستگاه مونیتور می توان آن را نتیجه گرفت. برای مثال، در هنگام قطعی کوتاه مدت که در زمان رفع خطا و اتصالی به وقوع می پیوندد دستگاه مونیتور ممکن است این پدیده را به صورت فلش ولتاژ خط- نوترال، قطعی یا یک یا چند حالت گذرا و غیره نشان دهد. تمام اینها تفسیری از یک واقعه قطعی را نشان می هند.

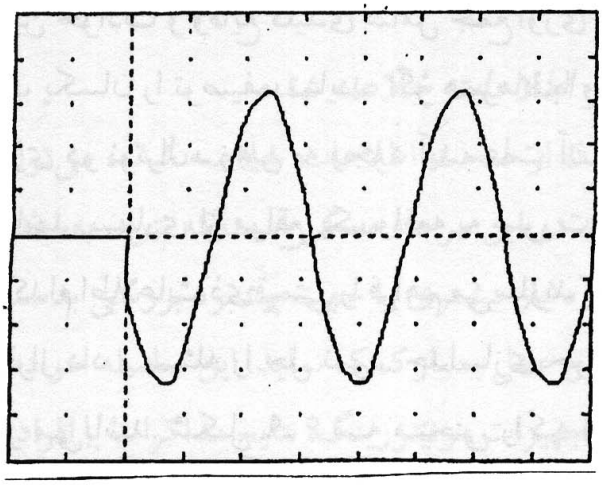
بطور عملی، تعیین حوادث و وقایع کلیدی شامل جمع آوری تمام اعوجاجاتی است که می توانند حوادث یکسان را توصیف نمایند. اگر همزمان با وقوع فلش ولتاژ خط به نوترال، افزایش ولتاژی در نوترال، زمین به وجود می آید علت آن می تواند تغییر بار در مدار مونیتور شده باشد. بسیاری از مواقع یک واقعه به صورت گروهی از اعوجاجات دیده می شود که هرکدام اطلاعات ذی قیمتی را فراهم می سازند که می توان آن اطلاعات را در کنار یکدیگر قرار داد و مسئله را حل نمود. جداسازی حوادث با توجه به زمان وقوع آنها امکان پذیر باشد. شکل ۹-٦ سه منحنی را که نشان دهنده یک واقعه مشخص (یک قطعی مختص محلی) است را نمایش می دهد. توجه کنید که در قسمت ج، اعوجاج در شکل موج نشان می دهد که زمان برق دار شدن مجدد برای با زمان اعوجاج اولیه بعلاوه طول دوره قطعی می باشد.



الف) شکل موج اعوجاج اولیه در زمان t ثانیه



ب) قطع موقت فاز ـ نوترال یا دوره ۱۰ ثانیه

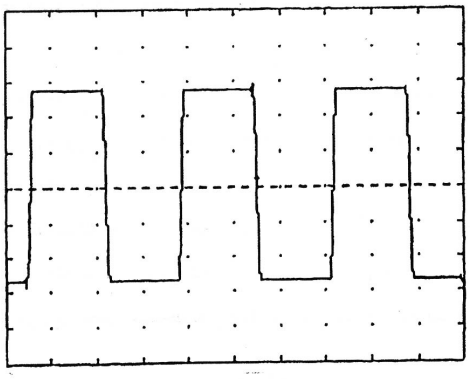


ج) شکل موج اعوجاج نهایی در زمان ۱۰+t ثانیه

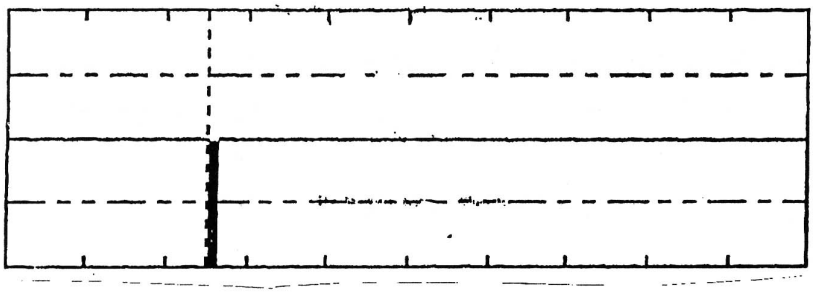
شکل ۹ـ ۶: سه منحنی که یک حادثه قطع موقت را توصیف می‌کنند

۹-۱۲-۳-۲ (بازبینی واقعیت حوادث)

بازبینی و تعیین صحت واقعیت یک حادثه را باید براساس منحنی های واقعی از آنها استوار ساخت. بطور کلی بازبینی و تعیین صحت اطلاعات ضبط شده باید براساس نحوه آرایش مدار و روش مونیتورینگ انجام گیرد. شکلهای ۹-۷ و ۹-۸ نیاز به بازبینی واقعیت حادثه را نشان می دهد. با مراجعه به شکل ۹-۷ می توان مشاهده نمود که جریان بالای پالسی شکلی در سیستم وجود داشته که باعث تخت شدن ولتاژ شده است. در واقع، این حالت می تواند خروجی ولتاژ یک UPS باشد. البته ممکن است این تصور پیش آید که پدیده فوق در عملکرد نرمال شبکه امکانپذیر نیست.



شکل ۹ـ۷: خروجی ولتاژ مربعی UPS



شکل ۹ـ۸: موج ضربه منتجه از خطای دستگاه اندازه‌گیری

شکل ۹-۸ یک موج ضربه ای سریع را نشان می دهد (ممکن است در اثر دشارژ استاتیکی باشد) اما با دقت بیشتر مشاهده می شود که موج ضربه با دامنه ٤٠٠ ولت بدون هیچگونه جهشی به صورت لحظه ای به ماکزیمم خود رسیده و سپس به مقدار صفر بازگشته است. حتی در صورت استفاده از وسایل حفاظتی نیز یک شبکه قدرت خطی به ندرت پاسخی بدین شکل خواهد داشت. اینرسی الکتریکی مربوط به امپدانس سیستم، مقداری جهش را به دنبال خواهد داشت وبنابراین این موج حتماً در اثر خطای دستگاه اندازه گیری ایجاد شده است.

۸-۱۲-۴ (تفسیر حوادث کلیدی عامل کیفیت نامناسب برق)

هنگامی که حوادث کلیدی توسط اندازه گیری تشخیص داده شد و بازبینی گردید، قدم بعدی تفسیر این حوادث است. اگر تحلیل خروجی ها حادثه مشخصی را نشان دهد، این امر باید آزمایش شود. اگر به حادثه مشخصی نتوان اشاره نمود باید به ترتیب بروز وقایع، کلیه موارد بررسی شوند. بایستی توجه داشت که بروز هر واقعه ممکن است شامل بیش از یک منحنی یا گزارش باشد.

جدول ۹-٦ می تواند به عنوان مراجعی برای تفسیر اطلاعات به حساب آید. این جدول برای شرایط ارائه شده، روش تحلیلی بکار رفته همراه با شماره زیر بخش آن را نشان می دهد. در هر زیر بخش مشخصه و علل ممکن شرح داده شده است.

۸-۱۲-۴-۱ (تحلیل شکل موج حالت ماندگار)

مفاهیم بسیاری را می توان با آزمایش و تحلیل شکل موج حالت ماندگار بارها یا شبکه قدرت استخراج نمود. این نوع تحلیل روی اعوجاجات متمرکز نمی شود بلکه ترجیحاً روی آنچه که هنگام عدم وجود اعوجاج اتفاق می افتد تکیه دارد. بطور کلی تحلیل شکل موج در

محل ورودی مشترک یا کمی بالاتر به سمت شبکه شرکت برق، نتایج مفیدتری را دربر دارد.

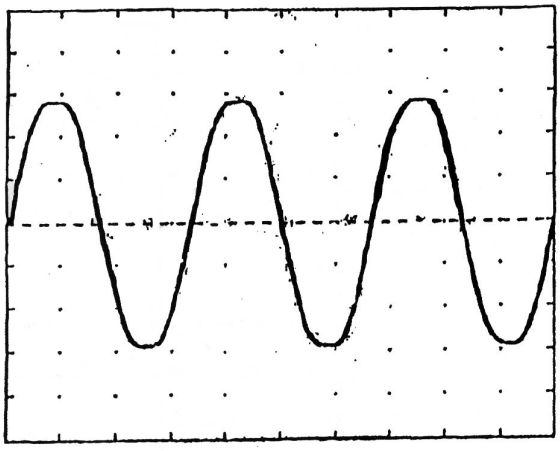
تحلیل حالت ماندگار اطلاعاتی را در زمینه زیر بدست می آید:نوع بارها

- صحت عملکرد مناسب شبکه قدرت
- تحقیق در رابطه با سیم کشی (نوترال اختصاصی یا سهم شده)

جدول ۹ـ ۶: مرجعی برای تحلیل مسائل

مسائل نمونه	نوع اعوجاج	علل ممکن	شماره‌زیربخش
گرمای اضافی در نوترال		نوترال مشترک	
قطعی‌های متناوب	حالت ماندگار	سیم‌کشی نامناسب و ناکافی	۹ـ۱۲ـ۴ـ۱
انحراف فرکانس		امپدانس منبع زیاد	
	برش‌های ولتاژی		
	هارمونیکها		
قطعی		اتصالی در شبکه	
داده‌های تحریف‌شده		جریانهای هجومی	۹ـ۱۲ـ۴ـ۲
افزایش تصادفی در سطوح هارمونیکی		سیم‌کشی ناکافی	
قطعی‌های متناوب		تغییرات ولتاژ تغذیه	
فلیکر	فلش / برآمدگی	جریانهای ضربه‌ای /هجومی‌ی	۹ـ۱۲ـ۴ـ۳
داده‌های تحریف‌شده		سیم‌کشی ناکافی	
خرابی تجهیزات		صاعقه	
شکست عایقی	موج‌های ضربه	کلیدزنی بار	۹ـ۱۲ـ۴ـ۴
قطعی	تداخل الکترومغناطیسی	کلیدزنی خازنها	
داده‌های تحریف‌شده		دشارژاستاتیکی	
	قوس، قطعی سیم‌کشی		
گرمای اضافی در ترانسفورماتورها		بارهای الکترونیکی	
اعوجاج ولتاژ		یکسوکننده‌ها	۹ـ۱۲ـ۴ـ۵
اعوجاج جریان	هارمونیک‌ها		
گرمای اضافی در موتورها			
داده‌های تحریف شده			
قطعی			
مشکلات به وقوع پیوسته به صورت همزمان		بارهای زمانی	
مشکلات به وقوع پیوسته در بازه‌های منظم	همگی	بارهای دوره‌ای	۹ـ ۱۲ـ ۴ـ ۶
کلیدهای انتقال اتوماتیک کار نمی‌کنند		کلیدزنی به منابع دیگر	
شیفت فرکانس بیش از اندازه	قطعی‌ها	کلیدزنی غیرسنکرون شده	۹ـ ۱۲ـ ۴ـ ۷

هنگامی که بارهای مختلف برق دار می شوند، ولتاژها و جریانهای لحظه ای توسط قانون اهم و امپدانس سیستم به یکدیگر ارتباط می یابند. این ارتباط هم در دامنه (افت ولتاژ) و هم در شکل موج است. برای مثال اگر بار، یک کامپیوتر شخصی یا دیگر بارهای الکترونیکی که جریان را به صورت پالسی می کشند باشد افت ولتاژ در پیک شکل موج ولتاژ اتفاق می افتد پدیده فوق سبب می شود که قله شکل موج کمی تخت شود. شکل ۹-۹



شکل ۹ـ ۹: پدیده تخت‌شدن قله موج به دلیل وجود منابع تغذیهٔ سوئیچینگ

در شبکه هایی که اتصال نوترال- زمین دارند، اطلاعات بسیاری را می توان از شکل موج ولتاژ نوترال- زمین بدست آورد. قانون اهم می گوید که ولتاژ نوترال- زمین متناسب با جریان هادی نوترال است. ولتاژ در فرکانس های پایین و صفر بودن جریان هادی زمین، مستقیماً متناسب با جریان نوترال خواهد بود. در نتیجه شکل موج های ولتاژ نوترال زمین می تواند اطلاعاتی را در رابطه با جریان درون نوترال در اختیار قرار دهند.

این موضوع می تواند بخصوص در آزمایش مدارات تک فاز اختصاصی که اکثراً برای بارهای الکترونیکی استفاده می شوند مفید واقع شود. اگر شکل موج ولتاژ نوترال- زمین

یک مولفه بزرگ سینوسی را نشان دهد، برخلاف جریان پالسی شکل بارهای الکترونیکی، یک بار غیرالکترونیکی وجود دارد که از فیدر اختصاصی استفاده می کند همچنین عمل فوق در یافتن دلیل پایین بودن ولتاژ روی بار مفید خواهد بود. اگر ولتاژ نوترال- زمین روی یک مدار ۲۳۰ ولتی کمتر از چند ولت باشد، برا ین پدیده دلالت دارد که افت ولتاژ روی نوترال کم است بنابراین بالطبع افت روی هادی خط نیز کم خواهد بود. از طرف دیگر، اگر ولتاژ نوترال- زمین بالاتر از حالت قبل باشد افت ولتاژ روی نوترال بالا بوده، بنابراین احتمال اینکه سیم کشی و اتصالات ناکافی باشد زیاد خواهد بود.

جریان در هادی نوترال یک سیستم سه فاز متعادل (سیتم سه فازی که جریان در هرسه فاز مساوی است) برابر صفر است، بنابراین هادی نوترال می تواند سطح مقطع کوچکتری از هادیهای فاز داشته باشد. اما هنگامی که بارهای تک فاز الکترونیک وجود داشته باشد، مخصوصاً با منابع تغذیه سوئیچینگ، این موضوع درست نخواهد بود.

چون بارهای الکترونیکی تمایل دارند که جریان پالسی شکل را در نزدیکی پیک موج سینوسی از منبع بکشند، جریانهای هارمونیکی در هر فاز نمی توانند حتی در سیستم های دقیقاً متعادل همدیگر را خنثی نموده و در نتیجه جریان نوترال می تواند حتی بزرگتر از جریان فاز باشد. شکل موج جریان ممکن است سینوسی باشد،ولی فرکانس آن ۱۵۰ هرتز خواهد بود. در این حالت سطح مقطع هادی نوترال باید دو برابر سطح مقطع هادی فاز باشد.

توجه کنید که نه تنها ولتاژ موثر زمین- نوترال متناسب با جریان نوترال است، بلکه شکل موج آن نیز دارای این تناسب است. بنابراین اگر فرکانس جریان نوترال ۱۵۰ هرتز باشد

فرکانس ولتاژ نوترال زمین نیز ۱۵۰ هرتز می باشد. به دلیل بالابودن جریان نوترال،ولتاژ نوترال- زمین نیز زیاد خواهد بود. همچنین به خاطر داشته باشید که تغییر در ولتاژ نوترال- زمین می تواند در اثر تغییر در امپدانس مثلاً (اتصالات نامناسب) مدار نوترال و یا جریان غیرعادی در مدار زمین باشد.

۸-۱۲-۴-۲ (شکل موج های اعوجاجی)

اعوجاج در شکل موج، پدیده ای است که می تواند باعث تغییر قابل ملاحظه ای در شکل موج ولتاژ یا حریان از یک سیکل به سیکل دیگر شود. عموماً این پدیده ها در رابطه با ولتاژ هستند نه جریان، علت این است که تغییرات دینامیکی بار یک مشترک برق شکل موج جریان را تغییر می دهد. اعوجاج شکل موج می تواند اطلاعاتی را در خصوص عملکرد دقیق سیستم و طبیعت بارهای موجود در یک مشترک ارائه دهد. تعدادی از خرابیهای می توانند منبع اعوجاج را مشخص نموده و برخی دیگر نیز ممکن است علت اعوجاج را معین سازند.

یک سیستم برق AC دارای اینرسی است و در نتیجه باید مشخصه پاسخ سیستم را در نظر گرفت. کلیه بارهای متصل به شکبه قدرت، توان مصرف می کنند. اکثر قطعی ها تغییری در شکل موج واقعی ایجاد می کنند ولی این تغییر به صورت لحظه ای نخواهد بود. جریان می تواند به طور ناگهانی قطع شود اما انرژی ممکن است از طریق میدانها وارد سیستم شود. اکثر بارها مثل موتورها، هنگامی که ولتاژ تغذیه آنها قطع می شود سریعاً متوقف نمی شوند.

۸-۱۲-۴-۳ (فلش / برآمدگی)

مشابه با شکل موج اعوجاجی، فلش ها و برآمدگی ها تغییرات شلک موج ولتاژ و جریان را توصیف می کنند. به هر حال فلش ها و برآمدگی ها نوعاً از ۰/۵ سیکل تا ۱ دقیقه طول می کشند و دارای دامنه ای هستند که برحس مقدار موثر بیان می شود این بدان معنی است که به جای مشاهده شکل موج لحظه ای، مقدار موثر موج بررسی می شود.

اگر این مقدار ۱۰٪ کمتر و یا بیشتر از مقدار نامی باشد، یک فلش یا برآمدگی به وقوع پیوسته است. اگر مقدار موثر ولتاژ از ۱۰٪ کمتر و یا بیشتر شود و بیش از یک دقیقه طول بکشد پدیده، اضافه ولتاژ یا کاهش ولتاژ به حساب می آید.

تغییرات ناگهانی جریان می تواند موجب تغییراتی در ولتاژ خط- نوترال و نوترال- زمین شود. برای مثال اگر باری که دارای ۱/۵ ثانیه جریان هجومی است راه اندازی شود، فلش ولتاژ خط- نوترال و افزایش ولتاژ نوترال- زمین برای ۱/۵ ثانیه ایجاد خواهد کرد. در حقیقت بالارفتن ولتاژ نوترال- زمین تقریباً حدود نصف دامنه فلش خط- نوترال است. فلش ناشی از افت ولتاژ هادیهای خط و نوترال است، در حالی که ولتاژ نوترال- زمین تنها در اثر افت روی هادی نوترال می باشد.

توجه به اینکه اکثر فلش ها و برآمدگی های ولتاژ ناشی از تغییرات جریان می باشند، می توان به راحتی به علل اکثر این نوع اعوجاجات پی برد. هرگاه که دو کمیت ولتاژ و جریان در دسترس باشند، تشخیص علت ممکن است حتی راحت تر نیز صورت می گیرد. بسته به محل مونیتورینگ نسبت به کل سیستم قدرت، اینرسی الکتریکی ممکن است خود را به صورت فلش یا برآمدگی نشان دهد.

۸-۱۲-۴-۴ (اعوجاج های با فرکانس بالا)

بسیاری از اعوجاج های موجود در شبکه برق، دارای فرکانس شبکه قدرت نیستند. برخی از این اعوجاجات سیگنالهای فرکانس بالا، ولتاژ پایین و دائمی بوده که روی خطوط انتقال جریان دارند. برخی دیگر نیز سیگنالهای ولتاژ بالا یا متوسط هستند که گذرا نامیده می شوند. هنگامی که این اعوجاجات به شبکه قدرت تزریق می شوند پاسخ آنها با پدیده فرکانس پایین متفاوت خواهد بود.

در فرکانسهای بالا، شبکه قدرت در معرض کوپلینگ خازنی و دیگر پدیده هایی قرار می گیرد که در تحلیل های فرکانس پایین در نظر گرفته نمی شدند. مدلهای فرکانس بالا هنگامی بکار می روند که حالات گذرا و دیگر اعوجاجات با مولفه های فرکانسی حدود ۲۰ برابر فرکانس اصلی شبکه قدرت وجود داشته باشند. برای مثال، در فرکانس حدود ۱۰۰۰ هرتز، از تأثیر پدیده های فرکانس بالا نمی توان صرفنظر نمود. داده هایی که چنین حالات گذرایی را نشان می دهند می توانند از یک سیم به سیم دیگر انتقال یابند حتی اگر این سیم ها به یکدیگر اتصال نداشته باشند (مثلاً از طریق کوپلینگ خازنی) امواج با فرکانسهای بالا می توانند از کلیدهای باز نیز انتقال یابند. مشخصه های فرکانس بالا شبکه قدرت باید در محدوده فرکانسی ذکر شده در نظر گرفته شوند. پدیده انعکاس امواج در این محدوده فرکانسی نیز می تواند رخ دهد (یادآوری می گردد که نصف طول موج یک موج یک مگاهرتزی تنها ۱۵۰ متر است) گرچه آنها معمولاً توسط بارهای خازنی روی خط سریعاً میرا می گردند. حالات گذرا معمولاً در اثر اضافه کردن یا برداشتن بارهای راکتیو از روی

خطوط ایجاد می شوند. البته علل محیطی مانند صاعقه نیز می توانند عامل به وجود آمن آنها باشد.

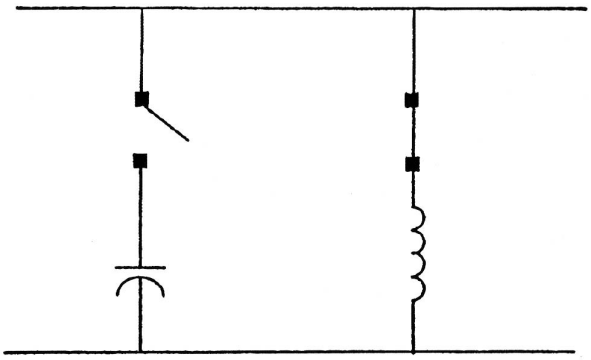
یک مدل بسیار ساده از یک خازن و یک سلف در شکل ۹-۱۰ آمده است. خازنی که به یک شبکه قدرت متصل می شود نوعاً در حالت دشارژ است هنگامی که خازن برق دار می شود حدود ۱۰۰۰ درصد جریان نامی را برای حدود ۱ تا ۵ سیکل از شبکه می کشد که این موضوع می تواند یکی از علل پدیدار شدن حالت گذرای کلیدزنی باشد. انرژی کشیده شده از خازن توسط گذراها منعکس می گردد. این بدان معنی است که چون انرژی از منبع کشیده می شود لبنه جلورونده موج گذرا دارای پلاریته ای مخالف با شکل موج AC است، یعنی در صورتی که بار خازنی در نیم سیکل مثبت برق دار شود، لبه جلورونده حالت گذرا، منفی خواهد بود.

اگر یک بار خازنی به یک شبکه اندوکتیو متصل شود ممکن است پاسخ فرکانسی سیستم را نیز تغییر دهد. یک مدار LC دارای فرکانس تشدید خواهد بود که می تواند با گذارهای خازنی،تحریک شده و منجر به یک گذرای نوسانی میرا شونده گردد.

از طرف دیگر هنگامی که یک سلف به شبکه قدرت اتصال می یابد. مقدار گذرا زیاد نخواهد بود، چون در این حالت سلف جریان کشیده و میدان مغناطیسی خود را ایجاد می کند. به هر حال در زمان بی برق کردن یک سلف حالت گذرای شدیدی پدید می آید.

اگر سوئیچ کنترل بار سلفی باز شود سه اتفاق رخ می دهد. اول میدان مغناطیسی که در حال از بین رفتن است باعث ایجاد حالت گذرایی می شود. چون این حالت گذرا مقداری انرژی به سیستم بر می گرداند موقعیت آن روی شکل موج AC با پلاریته مشابه خواهد

بود دوم در طی جلوگیری از عبور جریان ممکن است در کلید قوسی زده شود این قوس به عنوان یک نویز بسیار سریع روی حالت گذرای سلفی تـأثیر گذاشـته و روی آن سـوار مـی شود. سوم، بسته به دامنه جریان قطع شده سوئیچ ممکن است دوباره وصـل شـود. وصـل مجدد سوئیچ، گذرای دیگر کوچکتری را بلافاصله پس از گذرای اول تولید می کند.



شکل ۹ـ ۱۰: مدلی برای تولید گذرای ناشی از بار

۸-۱۲-۴-۵- (هارمونیکها)

هارمونیکها، اعوجاج حالت ماندگاری را روی سـیگنالهای جریـان و ولتـاژ ایجـاد مـی کننـد. گرچه هارمونیکها همواره در شبکه قدرت وجود داشته اند، با این حال ظهـور کامپیوترهـا و وسایل تبدیل توان AC به DC بر میزان آنها افزوده اسـت. امـروزه فـرض مـوج سینوسـی کامل در طراحی ها و کاربردهای عملی خطای قابل ملاحظه ای را دربر خواهد داشت.

سه روش برای تحلیل هارمونیکها وجود دارد. اولین آنها شامل راههای ساده متعددی برای اثبات وجود هارمونیک در شبکه قدرت می باشد. دومین روش کمک می کند تا بـاری را کـه

عامل ایجاد اعوجاج هارمونیک است شناخته شود و آخرین آنها چگونگی کـار بـا داده هـای هارمونیکی برای بدست آوردن طیف امپدانسی یک شبکه قدرت می باشد.

الف- (وجود هارمونیک)

قبل از آنکه تجهیزات دقیق اندازه گیری هارمونیک بکار گرفته شود، روشهای ساده متعددی می تواند انجام گیرد تا وجود هارمونیکها در شبکه را اثبـات کنـد. انـدازه گیـری احتیـاج بـه وسایل سنتی و تجهیزات اندازه گیری مقدار موثر واقعی خواهد داشت. اگر پاسخ هرکـدام از سوالات زیر مثبت باشد، هارمونیک در شبکه وجود دارد:

- آیا ضریب قله (نسبت پیک به موثر) ولتاژ یا جریان با عدد ۱/٤ تفاوت دارد
- آیا ضریب شکل (نسبت موثر به متسوط) ولتاژ یا جریان با عدد ۱/۱ تفاوت دارد
- آیا مقدار اندازه گیری شده از یک وسیله انازه گیری از نوع موثر واقعی با مقدار اندازه گیری شده توسط وسیله اندازه گیری از نوع متوسط گیری تفاوت دارد.
- آیا جریان نوترال در یک تابلو بزرگتر از آنچه که در حالت نامتعادل موردانتظار است می باشد.

ب- (طیف هارمونیکی)

اگر وجود هارمونیکها در شبکه قدرت اثبات شد، قدم بعدی احتیاج به استفاده از یک دستگاه اندازه گیری دقیق و یا تحلیـل گـر هـارمونیکی خواهـد داشـت. چنـین وسـیله ای مـی توانـد اطلاعات ویژه ای را در خصوص سطوح هارمونیکی تهیه کند. برخـی از آنهـا تنهـا اعوجـاج هارمونیکی کل THD را محاسبه می کنند، در حالی کـه بقیـه THD و طیـف هـارمونیکی را

ارائه می دهند. طیفهای هارمونیکی می تواند در دسته بندی انـواع بارهـا بـسیار مفیـد واقـع شود. سه نوع طیف هارمونیکی در زیر می آید:

اگر هارمونیکهای زوج قابل ملاحظه ای وجود داشته باشد، سیگنال جریان یا ولتاژ نسبت به محور صفر متقارن نیست.

یکسوکننده های تک فاز نوعاً جریانهای هارمونیک سوم بالایی تولید مـی کننـد. همچنـین در این نوع وسایل دامنه هارمونیکهای فرد بالاتر از سه نیز به صورت نمائی کاهش می یابد.

یکسوکننده های سه فاز هارمونیکهایی را طبق رابطه زیر تولید می کنند:

$$h = k \times q \pm 1$$

که در آن:

h : مرتبه هارمونیک

k : ثابت عددی

q : تعداد پالس های یکسوکننده

ج- (طیف امپدانسی)

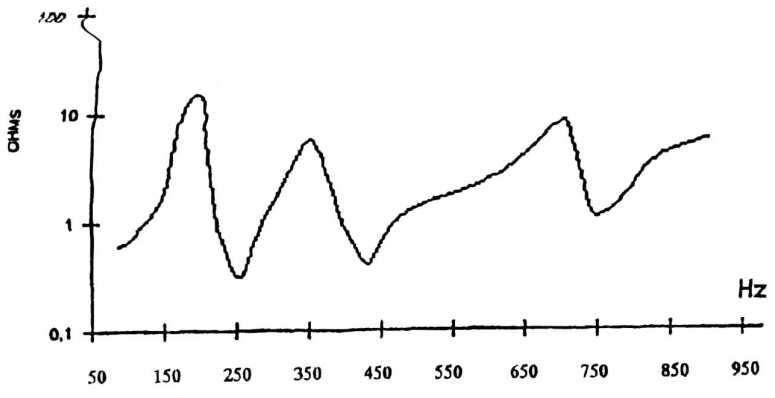
آخرین روشی که مورد بررسی قرار می گیرد طیف امپدانـسی اسـت. یـک نمونـه از منحنـی طیف امپدانسی در شکل ۹-۱۱ آمده است. این روش اطلاعات هارمونیک ولتـاژ و جریـان را گرفته و امپدانس شبکه را برحس فرکانس ترسیم می کند. از منحنی فوق می توان اطلاعـاتی در خصوص پاسخ فرکانسی سیستم، نقاط تشدید و مـشکلات ولتـاژی مربـوط بـه اعوجـاج هارمونیکها را بدست آورد.

برای ایجاد طیف امپدانسی، داده های هارمونیک جریان و تفاضل هارمونیک ولتاژ در نقطه موردنظر باید اندازه گیری شود. داده های مربوط به تفاضل هارمونیک ولتاژ به این معنی است که تفاوت بین داده های هارمونیکی ولتاژ در بی باری و بار کامل اندازه گیری شوند. داده های باری می توانند یا با خاموش کردن بار بدست آیند و یا با استفاده از داده های هارمونیکی در نقطه ای نزدیک به ترانسفورماتور ورودی مشترک اندازه گیری شوند.

با این داده ها، امپدانس می تواند در هر فرکانس هارمونیکی محاسبه و رسم شود. این امر، منحنی مشخصه فرکانسی شبکه قدرت را در نقطه اندازه گیری تعیین می کند، برای مثال اگر در یک فرکانس هارمونیکی مشخص امپدانس بالایی مشاهده شد، باید مقدار آن جریان هارمونیکی را کم نمود تا اعوجاج ولتاژ نیز کاهش یابد.

۸-۱۲-۴-۶ (تحلیل شناسه ها)

شناسه ها نشان دهنده گرافیکی مشخصات پدیده های مربوط به کیفیت برق هستند. برای مثال، برقدار کردن یک نوع بار خاص ممکن است اعوجاجات شبیه به هم را تولید کند این



شکل ۹ـ ۱۱: امپدانس برحسب فرکانس

موج اعوجاج یافتـه، شناسـه آن بـار نامیـده مـی شـود. بـا مـشاهده ایـن شناسـه در نتـایج مونیتورینگ می توان به حضور آن بار خاص پی برد. اکثر پدیده های مربوط به کیفیت برق دارای شناسه هایی هستند که می تواند تشخیص و سـپس تحلیـل شـوند. هرچـدر اطلاعـات بدست آمده از یک گراف بیشتر باشد،امکان اینکه یک اعوجاج بتواند توسط شناسـه خـودش شناخته شود بیشتر خواهد شد. برای مثال گرافهای مربوط به فلش / برآمدگی که به هطـور همزمان ولتاژ و جریان را نشان می دهند ممکن است بسیار سریع تر نسبت بـه نـشان دادن فلش ولتاژ یا جریان به تنهایی به نتایج صحیح منجر شوند. شناسه ها حتمـاً نبایـد گرافیکـی بوده و می توانند نوشتاری نیز باشند.

آشنا شدن با شناسه های ویژه پارامترهای کیفیت برق در تفسیر هرچه سریع تر داده هـای گرافیکی مفید خواهد بود، اما در برخی مواقع، این شنسه ها و منحنی های مربوط بـه آن،بـه تنهایی کاربرد نخواهد داشت. دیگر پارامترها مانند ساعت وقوع نیز می توانـد بـرای تفـسیر داده ها، کلیدی باشد.

کلید تشخیص شناسه ها، در واقع این نکته است که در مقابل چند شناسه ای که به صـورت طبیعی رخ می دهد، اکثر آنها به دست انسان اتفاق می افتـد. تحلیـل ایـن شنـسنه هـا، شـامل جستجوی علل ایجاد پدیده و تأثیر که روی عملکـرد دیگـر تجهیـزات مـی گـذرد مـی باشـد. جدول زیر مثالهایی را در خصوص روابط زمانی ارائه می دهد.

جدول ۹-٦ تشخیص الگوها

الگوها	علل ممکن
زمان روز	خازنهای تصحیح ضریب قدرت به صورت اتوماتیک روشن می شود روشنایی مجتمع های تجاری به صورت اتوماتیک روشن یا خاموش شوند.
طول دوره اعوجاج	بارهای دوره ای مثل پمپ ها و موتورها المنت حرارتی پرینتر لیزری برای تنها ۱۰ تا ۳۰ ثانیه روشن است کنترل زمنی پروسه ها و تجهیزات المنت حرارتی پرینتر لیزری، دستگاههای کپی به صورت دوره ای کار می کنند.
نرخ وقوع	گذارهای ناشی از وسایل کنترلSCR در هر سیکل به وجود می آید. موتورها در لحظه راه اندازی گذرا ایجاد می کنند

۸-۱۲-۴-۷ (ناپیوستگی ها)

ناپیوستگی به انحراف کلی برخی از عناصر شبکه از حالت عادی خود اطلاق می شود که مدلهای موجود قادر به توضیح آن نیستند. به طور حسی آنها زیرمجموعه ای از شناسه ها هستند. چون به هر حال یک الگوی گرافیکی را ارائه می دهند. تفاوت ناپیوستگی با شناسه ها در این است که ناپیوستگی ها وجود اثرات خارجی را به اثبات می رسانند.

دو نوع معروف از این عوامل خارجی، وسایل حفاظتی و منابع مستقل می باشند. مهمترین روش برای مشخص کردن ناپیوستگی ها، درک چگونگی عملکرد شبکه قدرت است. انحراف از پاسخ فرکانسی نرمال (طبیعی یا اجباری) معمولاً بر حضور برخی عوامل خارجی دلالت دارد. فهرست زیر برای تشخیص اینکه آیا تأثیر خارجی است یا نه قابل استفاده خواهد بود.

- آیا فرکانس سیگنال به طور ناگهانی تغییر می کند؟
- آیا محل برخورد به نقطه صفر سیگنال پیوسته باقی می ماند؟
- آیا تغییرات دامنه به طور لحظه ای اتفاق می افتد یا مدت زمانی طول می کشد؟

۸-۱۲-۵ (تحقیق در خصوص تفسیر اطلاعات)

در واقع این مرحله ابتدا روی نکات کلیدی متمرکز شده، آنها را جمع آوری و کنار هم می چیند و سپس به یک راه حل می رسد یا حداقل حدس خوبی می زند. قدم انتهای در فرایند تفسیر اطلاعات، یعنی بازبینی مجدد راه حل (یا حدس) برای این است که آیا راه حل پیشنهادی، راه حل واقعی مسئله است یا خیر؟ این کار می تواند در طی مرحله پس پردازش انجام گیرد.

روش تحقیقی دیگر، بکارگیری ابزارهای شبیه سازی کامپیوتری است. چنین برنامه هایی اجازه می دهند که استفاده کننده اعتبار راه حل پیشنهادی را آزمایش می کند. این کار بخصوص در زمانی که روش سعی و خطا هزینه بر باشد کاربرد دارد.

۸-۱۲-۵-۱ (مونیتورینگ مجدد برای تحقیق)

هنگامی که راه حلی بکار گرفته شد، مونیتورینگ مجدد، میزان موفقیت راه حل را آشکار می کند و می تواند به سوالات زیر جواب دهد:

- آیا تجهیزي که قبلاً مدار خارج مي شد اکنون به طور صحیح کار مي کند؟
- آیا کاهشي در مقدار اعوجاج به وجود آمده است؟

اگر پاسخ جوابهای فوق نه باشد تحقیقات بیشتری لازم خواهد بود. البته این بدان معنی نیست که راه حل ارائه شده اشتباه بوده است.

۸-۱۲-۵-۲ (مونیتورینگ مجدد برای تعیین عکس العمل سیستم)

با تغییر قسمتی از سیستم، کل سیستم تحت تأثیر قرار می گیرد ممکن است که با ارائه یک راه حل برای یک مشکل و انجام آن، مشکل دیگری به سیستم اعمال شود. برای مثال اگر مشکل ایجاد شرایط گذرا توسط یک ماشین در سیستم باشد و راه حل آن عوض نمودن محل تغذیه ورودی به ماشین انتخاب شود. در این حال کلیه وسایلی که از محل اول تغذیه می شدند مشکلی نخواهد داشت ولی وسایلی که از محل جدید تغذیه می گردند ممکن است دچار مسئله شوند. مونیتورینگ مجدد کمک می کند تا تعیین شود آیا نیاز به بررسی مجدد و راه حل جدید وجود دارد یا خیر؟

فصل نهم

روشهای پیشنهاد شده

IEEE

برای مونیتورینگ کیفیت برق

شیوه های معرفی شده IEEE برای مونیتورینگ کیفیت توان

۱- توضیحات عمومی

۱-۱ هدف

این شیوه های معرفی شده شامل مونیتورینگ کیفیت توان الکتریکی تک فاز و چند فاز می باشد . ACسیستم های

هدف از تدوین این استاندارد بررسی مونیتورینگ کیفیت برق در شبکه های برق ، اثرات کیفیت نامناسب برق بر تجهیزات شرکت های برق ومصرف کنندگان ، تغییر مقادیر اندازه گیری شده ، انتخاب مبدل مناسب وچگونگی کاربرد اندازه گیری کیفیت برق می باشد.

دامنه کاربرد ۱-۲

این استاندارد ارتباط کیفیت برق واندازه گیری ، اصول اساسی اندازه گیری ، روش های کاربردی تجهیزات اندازه گیری و روش ها . مشکلات ارزیابی نتایج حاصله از اندازه گیری با استفاده از ابزارهای مختلف اندازه گیری را در بر می گیرد. این استاندارد همچنین شکلی از روشهای سالم و قابل قبول برای مونیتورینگ کیفیت توان و استفاده از نتایج آن می باشد

۲ مراجع الزامی

مدارک الزامی زیر حاوی مقرراتی است که در متن این استاندارد به آنها ارجاع شده است. بدین ترتیب آن مقررات جزیی از این استاندارد محسوب می‌شود.

استفاده از مراجع زیر برای کاربرد این استاندارد الزامی است :

1-_ IEEE recommended practice for monitoring electric power quality, IEEE std 1159.

2- J . Lamoree and C. Dewinkel , " Description of MICRO – SMES system for protection of critical customer facilities , IEEE Trans. On power Delivery, Vol.9, No.2, 1994.

3-J. Ruiz, y. Oruondo, Real time power quality measurement and monitoring multichannel system" , IEEE Trans. On power Delivery, Vol.10,No.3, 1995.

4- R.C. Dugan, M. McGranaghan , Electical power system quality , McGraw- Hill, 1996.

5- R.H. Simpson, " Instrumentation, measurement techniques and analytical tools in power quality studies, IEEE Trans. On Industry Applications, Vol. 34, No.3, 1998.

اصطلاحات و تعاریف ۳

در این استاندارد اصطلاحات زیر یا واژه ها با تعاریف زیر به کار می رود.

مونتیور: دستگاه اندازه گیری که علاوه بر اندازه گیری ، امکان نظارت و کنترل را برای بررسی عملکرد سیستم دارا می باشد.

مبدل : دستگاهی که توسط آن انرژی از یک سیستم یا محیط ، به سیستم و محیط دیگری انتقال می یابد.

گذرا : به پدیده یا کمیتی که بین شرایط مانای شبکه ، و در فاصله زمانی کوتاه اتفاق بیفتد اطلاق می گردد.

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

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

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

۱-۱-۳ دقت: رهایی از خطای اندازه گیری

۲-۱-۳ میزان دقت: میزان خطای یک وسیله بطور متوسط در یک استاندارد استفاده شده نامعلوم دقت ان است

۳-۱-۳ روش عمومی ولتاژ

٤-۱-۳- تنظیم دقت کردن

٥-۱-۳ توان تجارتی

٦-۱-۳ اتصال کردن

: یک دستگاه ترانسفورماتور طراحی شده با یک سیم پیچ ۳-۱-۷ct ترانسفورماتور جریان اولیه که با سیم های حامل جریان سری شده و با آن جریان اندازه گیری یا کنترل می شود.

۳-۱-۸ اندازه گرفتن: افت

۳-۱-۹ تلفات: تلفات عملکرد دستگاهها بواسطه نویز، افت یا وقفه

۳-۱-۱۰ افت ولتاژ: ولتاژی که بابت عملکرد دستگاه ها کم می شود.

۳-۱-۱۱ سازگاری الکترومغناطیسی : توانایی یک وسیله ، تجهیز یا سیستم برای عملکرد رضایت بخش در محیط الکترومغناطیسی خود ، بدون اینکه اغتشاشی الکترومغناطیسی به عنصر دیگری در آن محیط واردکند.

۳-۱-۱۲ نویز الکترومغناطیسی: بعضی پدیده های الکترومغناطیسی که ممکن است عملکرد یک وسیله دستگاه و یا یک سیستم را تنزل دهد.

۳-۱-۱۳ محیط الکترومغناطیسی

۳-۱-۱٤ قابلیت الکترومغناطیسی: عدم توانایی یک دستگاه وسیله یا سیستم برای عملکرد بدون کاهش در ظاهرشدن نویز مغناطیسی

۳-۱-۱۵ زمینه کردن دستگاه

۳-۱-۱٦ روش خطا

۳-۱-۱۷ فلیکر : تاثیری زودگذر که یک منبع روشنایی روی حس بینایی گذاشته در حالی که توزیع طیفی یا شدت روشنایی آن تغییر می کند.

۳-۱-۱۸ پاسخ فرکانسی : در مسایل مربوط به کیفیت برق عموما" به تغییرات امپدانس سیستم (یا یک مبدل اندازه گیری) بر حسب تابعی از فرکانس اطلاق می گردد.

۳-۱-۱۹ اجزاء: مولفه های سری فوریه یک کمیت متناوب

۳-۱-۲۰ -زمین: اتصال یک هادی به زمین بوسیله یک مدار الکتریکی یا یک دستگاه

۳-۱-۲۱ حلقه زمین:

۳-۱-۲۲ مولفه های هارمونیک

۳-۱-۲۳ محتوی هارمونیک

۳-۱-۲٤ مصونیت (پارازیت)

توانایی یک وسیله، دستگاه یا سیستم در کارکردن بدون کاهش در درصد یک پارازیت مغناطیسی

۳-۱-۲۵ -ضربه:

۳-۱-۲٦ ضربه لحظه ای

۳-۱-۲۷ لحظه ای

۳-۱-۲۸ سرچشمه های هارمونیک

۳-۱-۲۹ قطع کنندگی لحظه ای

۳-۱-۳۰ قطع کنندگی مداوم

۳-۱-۳۱ قطع کنندگی موقتی

۳-۱-۳۲ زمین عایق شده

۳-۱-۳۳ ایزوله کردن

۳-۱-۳٤ تغییرات کوتاه مدت ولتاژ : تغییر در مقدار موثر ولتاژ که مدت زمانی بین نیم سیکل تا یک دقیقه طول می کشد.

تغییرات بلند مدت ولتاژ : تغییر در مقدار ولتاژ برای پریودی بزرگ تر از یک دقیقه .

۳-۱-۳٦ وقفه لحظه ای

۳-۱-۳۷ نویز

۳-۱-۳۸ ولتاژ نامی

۳-۱-۳۹ بار غیر خطی

۳-۱-٤۰ ولتاژ نوع نرمال

۳-۱-٤۱ برش

۳-۱-٤۲ نوسانات گذرا

۳-۱-٤۳ اضافه ولتاژ

۳-۱-٤٤ انحراف فاز

۳-۱-٤٥(PT) ترانسفورماتور ولتاژ

۳-۱-٤٦ پارازیت توان

۳-۱-٤۷ کیفیت توان

۳-۱-٤۸ محافظت

۳-۱-٤۹ تغییرات کوتاه مدت ولتاژ

۳-۱-٥۰ میزان چرخش

۳-۱-٥۱ نگهدارنده

۳-۱-۵۲ نمو: یک افزایش در مقدار موثر ولتاژ یا جریان برای مدت ۰/۵ سیکل تا ۱ دقیقه

۳-۱-۵۳ خطای سیستماتیک

۳-۱-۵٤ وقفه موقتی

۳-۱-۵۵ تلرانس: تغییرات مجاز از مقدار نامی

۳-۱-۵٦ مجموع انحراف هارمونیک سطح اغتشاشات

۳-۱-۵۷ قابلیت اثر گذاری

۳-۱-۵۸ گذرا

۳-۱-۵۹ کاهش ولتاژ

۳-۱-٦۰ تغییرات ولتاژ

۳-۱-٦۱ فیلکر ولتاژ

۳-۱-٦۱ رگولاسیون ولتاژ

۳-۱-٦۳ انحراف شکل موج

۳-۲- بخشهای اجتناب شده

قسمتهای زیر تغییراتی از تاریخ کاربردشان و بعضی ها ممکن است تعاریف مشخصی برای سایر عملکردها داشته باشند.

blackout frequency shift
blink glitch
brownout (see 4.4.3.2) interruption (when not further qualiÞed)
bump outage (see 4.4.3.3)
clean ground power surge
clean power raw power

computer grade ground raw utility power

counterpoise ground shared ground

dedicated ground spike

dirty ground subcycle outages

dirty power surge (see 4.4.1)

wink

۳-۳ خلاصه ها و مخفف ها

The following abbreviations and acronyms are used throughout this recommended practice:

3.3.1 A: amperes

3.3.2 ac: alternating current

3.3.3 ASD: adjustable speed drive

3.3.4 CRT: cathode-ray tube

3.3.5 CT: current transformer

3.3.6 CVT: constant voltage transformer

3.3.7 dc: direct current

3.3.8 DMM: digital multimeter

3.3.9 DVM: digital voltmeter

3.3.10 EFT: electrical fast transient

3.3.11 EMC: electromagnetic compatibility

3.3.12 emf: electromotive force

3.3.13 EMF: electromagnetic Þeld

3.3.14 EMI: electromagnetic interference

3.3.15 ESD: electrostatic discharge

3.3.16 Hz: hertz; cycles per second

3.3.17 LC: inductor-capacitor

3.3.18 MOV: metal-oxide varistor

3.3.19 MCOV: maximum continuous operating voltage

3.3.20 MTBF: mean time between failures

3.3.21 NEMP: nuclear electromagnetic pulse

3.3.22 PC: personal computer

3.3.23 PLC: programmable logic controller

3.3.24 PT: potential transformer

3.3.25 RAM: random-access memory

3.3.26 RFI: radio-frequency interference

3.3.27 rms: root-mean-square (effective value)

3.3.28 RVM: recording voltmeter

3.3.29 SCR: silicon-controlled rectiÞer

3.3.30 SPD: surge-protective device

3.3.31 THD: total harmonic distortion

3.3.32 TVSS: transient voltage surge suppressor

۴- اثرات کیفیت توان

۴-۱- مقدمه

بخش کیفیت توان بر می گردد به تنوع نامحدود پدیده های الکترومغناطیسی که ولتاژ جریان در یک محل و زمان داده شده از سیستم قدرت مشخص شده است.

۴-۲- سازگاری الکترومغناطیسی

در کمیته IEEEمتعادل سازگاری الکترومغناطیسی بوسیله جامعه ملی استانداردهای پذیرفته شده استIEC 77صنعتی

۴-۳- طبقه بندی عمومی پدیده ها

در چندین طبقه در جدول ۱ نشان داده شده IECطبقه بندی پدیده های الکترومغناطیسی است.

۳-۴ طبقه بندی عمومی پدیده ها:

نشان داده (Blo) در چندین گروه در جدول ۱ IECطبقه بندی پدیده های الکترمغناطیسی پارامترهای الکتریکی هدایت شده در جدول ۱ آمده IECشده است آدرس استانداردهای است. بخشهای فرکانس بالا و فرکانس پایین در یک بخش و رنج فرکانس طبقه بندی تعریف نمی شوند اما در عوض انتخاب شده اند برای نشان دادن تفاوتهای نسبی در محتوی فرکانس اصلی پدیده های در این مقوله لیست شده اند .این شیوه های پیشنهادشده شامل می باشد بخش افت در کیفیت IECتعداد کمی بشخهای اضافی متناسب شده با اصطلاحات مقوله تغییرات IECتوان مشترک استفاده شده است بعنوان کلمه مترادف با بخشهای تلفات کوتاه مدت استفاده شده بر می گردد به افت ولتاژ و وقفه های کوتاه.

و بحث (ANSI C84-1984(Bبحث تغییرات بلندمدت اضافه شده به بحث کردن در مورد نویز به بحث درباره پهنای باند پدیده ها اضافه شده است جدول ۲ مباحث پدیده های الکترومغناطیسی استفاده شده برای اشتراک کیفیت توان را نشان می دهد.

طبقه IECجدول ۱- پدیده های اصلی موجب شدن اغتشاشات الکترومغناطیسی که بوسیله بندی شده است. پدیده های لیست شده در جدول ۱ می توانند بیشتر توصیف شده باشند برای لیست شدن نسبت مقتضی برای حالت ماندگار پدیده ها، صفات زیر می تواند استفاده شده باشند.

عمق برش دامنه نوسان-مدولاسیون-سطح برش-فرکانس-امپدانس منبع-طیف-

برای حالت ناپایداری پدیده ها ممکن است صفتهای دیگری مقرر شده باشد.

امپدانس منبع فرکانس–میزان دقت–پتانسیل انرژی– میزان نمو–دامنه–دوره–طیف–

Table 1—Principal phenomena causing electromagnetic disturbances as classified by the IEC

Conducted low-frequency phenomena	Harmonics, interharmonics
	Signal systems (power line carrier)
	Voltage fluctuations
	Voltage dips and interruptions
	Voltage imbalance
	Power-frequency variations
	Induced low-frequency voltages
	DC in ac networks
Radiated low-frequency phenomena	Magnetic fields
	Electric fields
Conducted high-frequency phenomena	Induced continuous wave voltages or currents
	Unidirectional transients
	Oscillatory transients
Radiated high-frequency phenomena	Magnetic fields
	Electric fields
	Electromagnetic fields
	Continuous waves
	Transients
Electrostatic discharge phenomena	—
Nuclear electromagnetic pulse	—

جدول ۱ اطلاعاتی درباره محتوی طیف نمونه، مدت و اندازه جای که اختصاص دارد برای

هر طبقه پدیده های الکترومغناطیسی فراهم می آورد[10]B, [B15], [B16]

طبقات جدول ۲ زمانیکه استفاده شده با نسبت های ذکرشده در بالای یک معنی فراهم می کند برای تعریف روشنی از یک اغتشاش الکترومغناطیسی طبقه ها و این تعاریف برای توانایی انجام طبقه بندی نتایج اندازه گیری و توصیف پدیده های الکترومغناطیسی که می توانند باعث ایجاد مشکل در کیفیت توان شوند مهم می باشند.

باقیمانده این قضیه در مورد جزئیات هر طبقه بحث خواهد کرد.

۴-۴ شرح جزئیات پدیده ها

این قضیه فرعی جزئیات تعاریف بیشتری برای هر طبقه تغییر کیفیت توان مصرفی شده در جدول ۲ فراهم می کند این تعاریف در مورد قسمتهایی که بطور مداوم استفاده می شود برای هر طبقه برخی سوابق فراهم می آورد.

نمونه موجب شده آثار الکترومغناطیسی در هر طبقه معرفی شده است و توسعه داده شده در قضیه ۸ یکی از دلایل برای توسعه دادن طبقات مختلف آثار الکترومغناطیسی آن است که راه های مختلفی برای حل مشکلات کیفیت توان بستگی دارند به تغییرات بخشی که به آن مربوط می شود.

حل های مختلف قابل دسترسی برای هر طبقه مورد بحث قرار داده شده است. اینها همچنین نیازهای مختلفی برای مشخص کردن آثار استفاده شده در اندازه گیری می باشد.

۱-۴-۴ زودگذر- لحظه ای

بخش زودگذر در آنالیز سیستم قدرت برای مدت طولانی استفاده شده است این درخواست نام گذاری فوری روی تصور یک واقعه که نامطلوب اما لحظه ای در طبیعت است می باشد.

تعریف انعکاس لحظه ای این مفهوم است.std IEEE100-1992استاندارد

که با لحظه ای هم معنی است IEEEدیگر کلمه استفاده شده در جریان استانداردهای ضربه را تعریف می کند بعنوان IEEEstd 100-1992) می باشد استاندارد (surgeضربه از بخش IEEE C62یک موج لحظه ای جریان، ولتاژ یا توان در مدار الکتریکی کلکسیون ضربه، ضربه سوئیچینگ و لحظه ای بجای توصیف انواع مشابه پدیده ها استفاده می شود برای اهداف این سند، ضربه استفاده نخواهد شد برای توصیف پدیده های [B14] surgeالکترومغناطیسی لحظه ای از زمانیکه استاندارد از قسمت زودگذر برای توصیف استفاده می کند این محدودیت نبایستی باعث تضاد و مغایرت شود بطور وسیع صحبت می تواند به دو طبقه دسته بندی شود- ضربه و نوسان این transientکردن درباره بخشها بر میگردد به شکل موج یک جریان یا ولتاژ لحظه ای

جدول ۲- طبقه ها و مشخصات نمونه آثار الکترومغناطیسی سیستم قدرت

۱-۱-۴-۴ گذرای ضربه ای

گذرای ضربه ای یک تغییر فرکانس بدون توان ناگهانی در وضعیت حالت ماندگار ولتاژ یا جریان یا هردو است که بطور غیرمستقیم در پلاریته است مقدمهً یا مثبت یا منفی گذراهای ضربه ای بطور نرمال مشخص شده اند بوسیله پیشرفت و پسرفت زمان آنها. این پدیده ها همچنین می توانند بوسیله محتوی طیف آنها تعریف شده باشند. برای مثال یک ثانیه و کاهش 1.2 می رسد در 2000v به مقدار پیک آن 1.2/50µs2000vایمپالس گذرای علت عمومی یک ایمپالس ضربه ای رعد 50µs [B14]می یابد به نصف مقدار پیک در زمان و برق است. شکل ۱ یک نمونه جریان ایمپالس گذرای ایجاد شده بوسیله رعد و برق را نشان می دهد

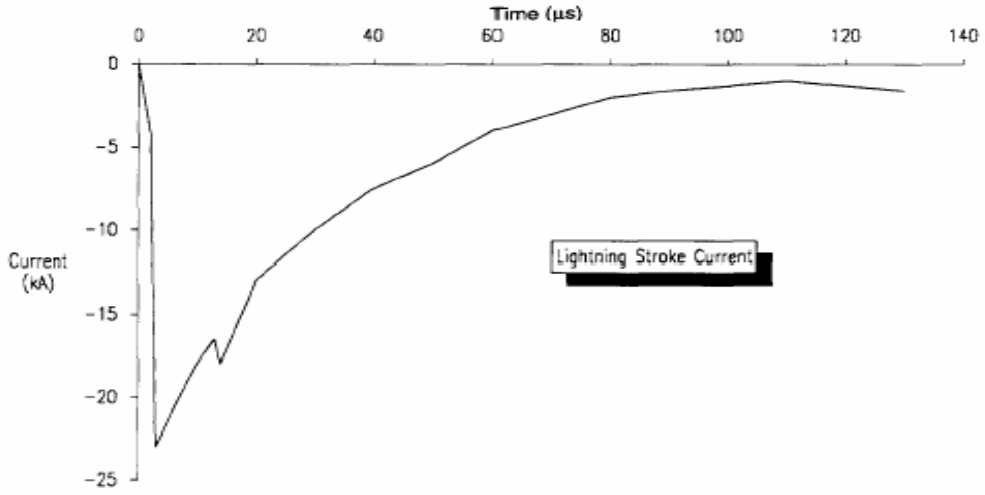


Figure 1—Lightning stroke current that can result in impulsive transients on the power system

شکل ۱- جریان برخورد رعد و برق که می تواند باعث ایمپالس گذرا در سیستم قدرت شود.

بواسطه یک فرکانس بالای پوشش داده شده ایمپالس گذرا بسرعت دمپ شده، بوسیله اجزای مقاومتی مدار و دور از منبع آن هدایت نشده است. اینها می توانند معانی مختلفی در مشخصه های گذرا از یک محل در داخل یک ساختمان به دیگری باشند. ایمپالس گذرا می تواند مدار رزونانس سیستم قدرت را تحریک کند و نوع بعدی اغتشاشات گذرای نوسانی را تولید نماید.

۲-۱-۴-۴ نوسانساز لحظه ای

یک نوسانساز لحظه ای مرکب از ولتاژ یا جریان که مقدار لحظه ای پلاریته آن بسرعت تغییر می کند می باشد این تعریف شده بوسیله ظرفیت طیف (فرکانس غالب) مدت و بزرگی آن ظرفیت طبق قضیه فرعی تعریف شده در جدول ۲ برای high; Low; Medium فرکانسی می باشد.

و یک مدت نمونه انداز 500KHZنوسانساز لحظه ای با یک بخش فرکانس اولیه بزرگتر از هگیری شده در میکروثانیه (یا چند سیکل فرکانس اصلی) مورد رسیدگی نوسانساز لحظه ای فرکانس بالا قرار گرفته است این گذراها تقریباً همیشه بوسیله برخی انواع سوئیچینگ واقع می شوند.

نوسانسازهای لحظه ای فرکانس بالا اغلب نتیجه پاسخ سیستم محلی به یک ایمپالس لحظه ای می باشند وسیله های الکترونیک قدرت بخاطر تأثیر کموتاسیون و مدارات گسترده ولتاژ گذرای نوسانی تولید می کنند .RLC

حاصل شده است.این 10 khz تحریک خازن پشت به پشت از جریان لحظه ای نوسانی در پدیده اتفاق می افتد هنگامیکه یک بانک خازنی در مجاورت الکتریکی بسته یک بانک خازنی که هم اکنون در حال انجام کار است تحریک شده باشند بانک تحریک شده بانک تحریک نشده را بعنوان امپدانس مسیر می بیند (تنها بوسیله اندوکتانس باس که بانکها به آن وصل شده اند محدود می شود. نوعاً کوچک) شکل ۲ نتیجه جریان گذرا بواسطه سوئیچینگ بانک خازنی پشت به پشت را روشن می سازد.

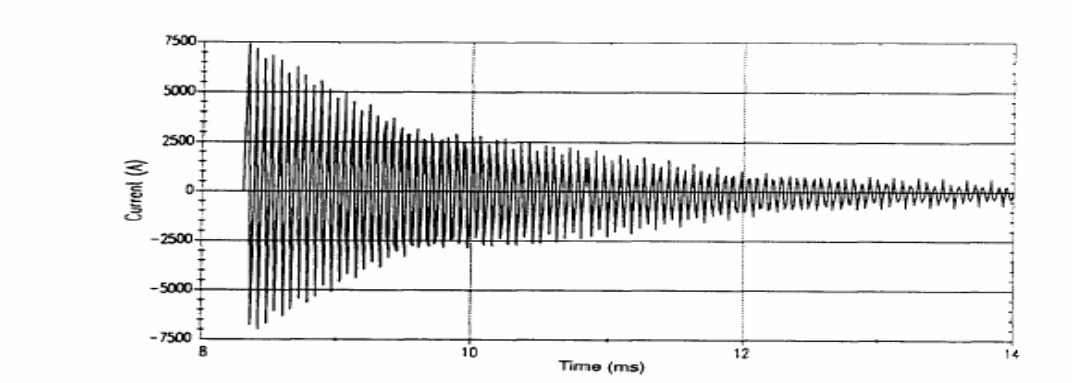


Figure 2—Oscillatory transient caused by back-to-back capacitor switching

شکل ۲- گذرای نوسانی موجب شده بواسطه سوئیچینگ بانکهای خازنی پشت به پشت

مورد رسیدگی گذرای فرکانس پایین قرار داده 50 ms تا 0.3 و یک مدت از 5khz یک گذرای با اجزای فرکانس اولیه کمتر از شده است.

همچنین می تواند در سیستم توزیع پیدا 300Hzیک نوسان گذرا با فرکانس اصلی کمتر از شده باشد. اینه ابطور عمومی با فرورزونانس و تحریک ترانسفورماتورها ربط داده شده اند (نگاه کنید به شکل ٤)

مقاومت گذرا شامل خزانهای سری همچنین در این طبقه می تواند قرار گیرد.

شکل موج ضربه فرض شده برای نشان دادن [B14]IEEE std C62.41-1991استاندارد شرایط محیطی دستگاههای الکتریکی و وسایل محافظت ضربه مورد انتظار واقع شده عمل خواهند کرد.

منبع ولتاژ ضربه ای (گذرا)، مقدار دقت و سطح ولتاژ در مدار حفاظت نشده، [B14]مرجع شکل موج ولتاژ ضربه ای معرفی شده، انرژی و امپدانس منبع را پوشش می دهد.

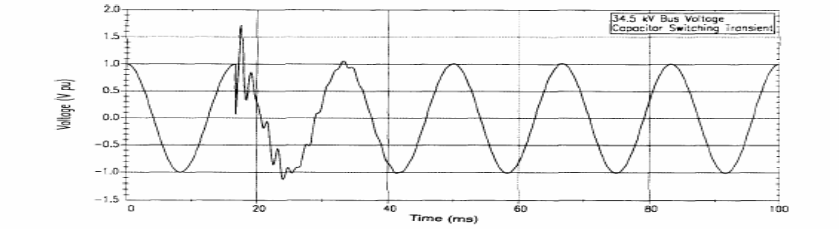


Figure 3—Low frequency oscillatory transient caused by capacitor-bank energization

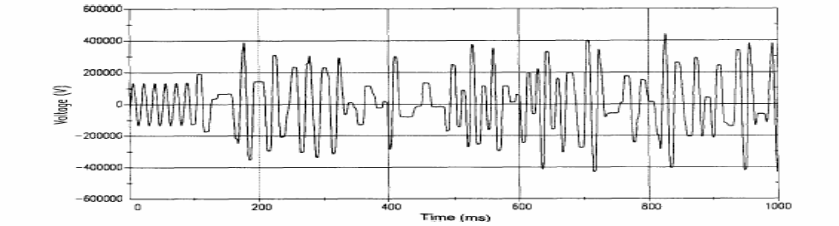


Figure 4—Low-frequency oscillatory transient caused by ferroresonance of an unloaded transformer

شکل ۳- نوسان گذرای فرکانسی پایین ناشی از بانک خازنی تحریک شده

شکل ٤- نوسان گذرای فرکانس پایین ناشی شده توسط رزونانس آهنی یک ترانسفورمر بدون بار

۲-۴-۴ تغییرات کوتاه مدت.

هر نوع تغییری می تواند بصورت آنی ، لحظه ای یا کوتاه مدت باشد و این بستگی دارد به مدتی که در جدول ۲ تعریف شده است

تغییرات ولتاژ کوتاه مدت تقریباً همیشه منبعث شده است بوسیله وضعیت خطا، تحریک بارهای بزرگ و نیازمند جریان راه اندازی بزرگ می باشند یا تلفات موقتی هادیها در سیم کشی قدرت.

بستگی به محل خطا و وضعیت سیستم، خطا می تواند ناشی شود از نمو ولتاژ کوتاه مدت یا افت ولتاژ یا تلفات کل ولتاژ

۱-۲-۴-۴ وقفه

در یک زمان تناوب که 0.1 puیک وقفه زمانی که ولتاژ منبع یا جریان بار به مقدار کمتر از از ۱ دقیقه تجاوز نمی کند کاهش یابد اتفاق می افتد.

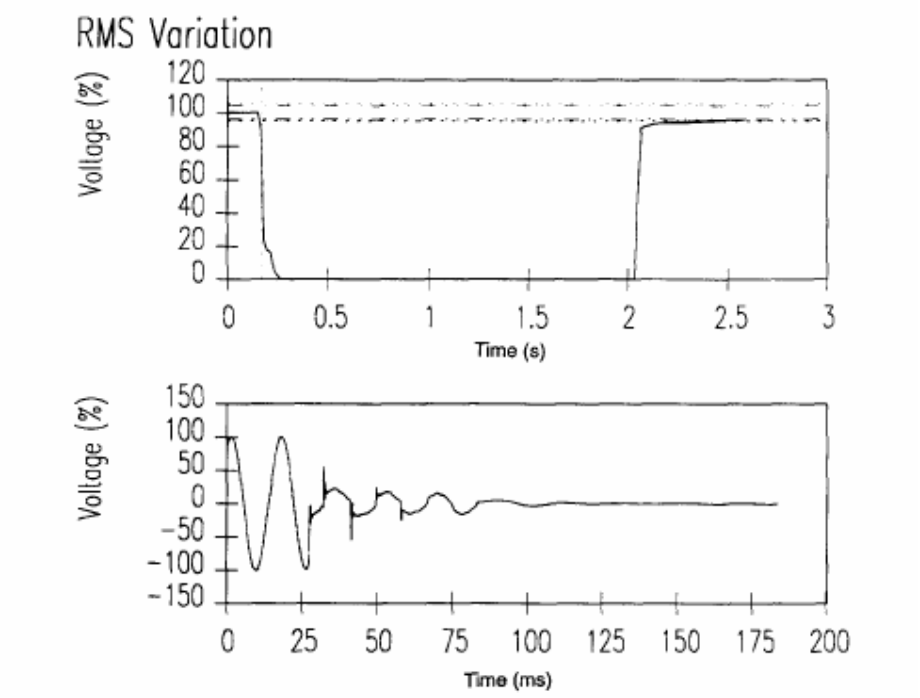
وقفه می تواند نتیجه خطای سیستم قدرت، افت دستگاهها و نقصهای کنترلی باشد. وقفه اندازه گیری شده توسط اینها همیشه از ۱۰٪ اندازه ولتاژ سینوسی نامی کوچکتر است.

مدت وقفه بواسطه یک خطا در سیستم مورد استفاده بوسیله دستگاههای حفاظتی و قسمتی از وقایعی که باعث خطا شده اند مشخص شده است. مدت وقفه بواسطه نقصهای دستگاه یا تلفات اتصالات بی قاعده است بعضی وقفه ها ممکن است پیش آمده باشند توسط افت ولتاژ هنگامیکه این بواسطه خطا در سیستم تغذیه باشد تلفات ولتاژ بین زمان شروع خطا و عملکرد دستگاههای حفاظتی اتفاق می افتد.

در فیدر خطا شده بار با یک افت ولتاژ نشان داده شده بطور لحظه ای بوسیله یک وقفه آزمایش خواهند شد مدت زمان وقفه بستگی خواهد داشت به ظرفیت توانایی دوباره بسته شدن دستگاههای حفاظتی.

وصل مجدد لحظه ای بطور عادی محدود به وقفه ناشی شده بوسیله خطای ناپایدار در کمتر از ۳۰ سیکل خواهد بود.

وصل شدن مجدد تأخیر شده دستگاههای حفاظتی ممکن است باعث وقفه لحظه ای یا کوتاه مدت شوند.



شکل ۵ مدت زمان یک وقفه لحظه ای را که ولتاژ در حدود ۳-۲ ثانیه افت کرده است را نشان می دهد از شکل موج رسم شده این حادثه ملاحظه می شود که ولتاژ لحظه ای ممکن نیست به حدود صفر افت کند بطور آنی.

۲-۲-۴-۴ فلش

اصطلاحات استفاده شده برای توصیف اندازه خمش ولتاژ اغلب باهم اشتباه می شوند استعمال پیشنهاد شده یک فلش با ۲۰٪ یعنی یعنی اینکه ولتاژ خطر به ۲۰٪ مقدار نرمال آن کاهش داده شده نه اینکه ۲۰٪ کاهش یافته است.

فلش ولتاژ معمولاً مرتبط شده است با خطای سیستم اما می تواند همچنین بوسیله سوئیچینگ بارهای سنگین با راه اندازی موتورهای بزرگ باشد. شکل ٦ یک نمونه فلش را نشان میدهد. (SLG)ولتاژ را که می تواند ارتباط داشته باشد با خطای تک فاز با زمین همچنین مدار فیدر موازی باعث افت ولتاژ خواهد شد در شینهای فرعی که روی همه فیدرهای دیگر اثر می گذارد تا زمانیکه خطا پاک شود.

بطور نمونه رنج زمان پاک شدن خطا از ۳ تا ۳۰ سیکل می باشد که بستگی دارد به اندازه جریان خطا و نوع آشکار اضافه جریان و وقفه.

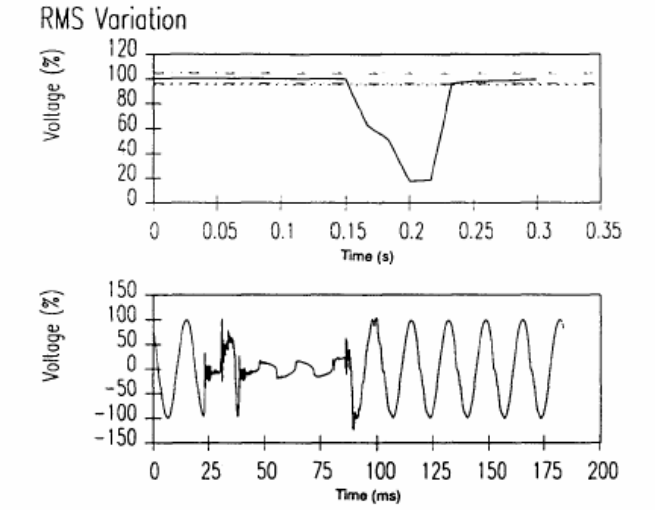


Figure 6—Instantaneous voltage sag caused by a SLG fault

شکل ٦: فلش ولتاژ لحظه ای ناشی شده بوسیله خطای SLG

فلش ولتاژ همچنین می تواند ناشی از تغییربارهای بزرگ و راه اندازی موتورها باشد. یک موتور القایی از لحظه راه اندازی ٦ تا ١٠ ثانیه طول خواهد کشید تا به جریان بار کامل برسد. این جریان عقب افتاده باعث افت ولتاژ در امپدانس سیستم می شود. اگر اندازه جریان نسبت به جریان خطای قابل دسترسی سیستم بزرگ باشد در نتیجه فلش ولتاژ می تواند مهم باشد. شکل ٧ اثرات راه اندازی موتور بزرگ را روشن می نماید.

قبلاً مدت اتفاق افتادن فلش آشکارا تعریف شده بود. مدت فلش نمونه تعریف شده در برخی سیکل) تا یکی دو دقیقه می باشد. کاهش ولتاژ که 1.8 (حدوداً 2msرنجهای منتشر شده از کمتر از یک دوم سیکل نمی تواند بطور موثر تحریک شده باشد بعنوان تغییر در مقدار موثر اندازه فرکانس اصلی، بنابراین این حادثه گذرا مورد بررسی قرار داده شده است، نگاه کنید IEC 1000-2-1(1992)به

۳-۲-۴-۴ برآمدگی

یک برآمدگی تعریف شده بعنوان یک کاهش در ولتاژ موثر یا جریان در فرکانس قدرت می باشند. 1.8pu و 1.1 سیکل تا ١ دقیقه. بطور نمونه اندازه بین 0.5برای مدت زمانی از اندازه برآمدگی همچنین توصیف شده است بوسیله ولتاژ باقیمانده، در این حالت، همیشه همراه با فلش، برآمدگی معمولاً با وضعیت خطای سیستم مرتبط شده است. 1.0بزرگت از اما آنها خیلی کم عمومی تر هستند از فلش ولتاژ یک برآمدگی می تواند اتفاق بیفتد بواسطه خطای یک فاز با زمین در نتیجه افزایش ولتاژ موقتی در فاز سالم سیستم . برآمدگی همچنین می تواند بوجود آمده باشد بوسیله سوئیچینگ بارهای بزرگ یا سوئیچینگ در

را (SLG)بانکهای خازنی بزرگ شکل ۸ برآمدگی ولتاژ ناشی از خطای تک فاز با زمین نشان می دهد.

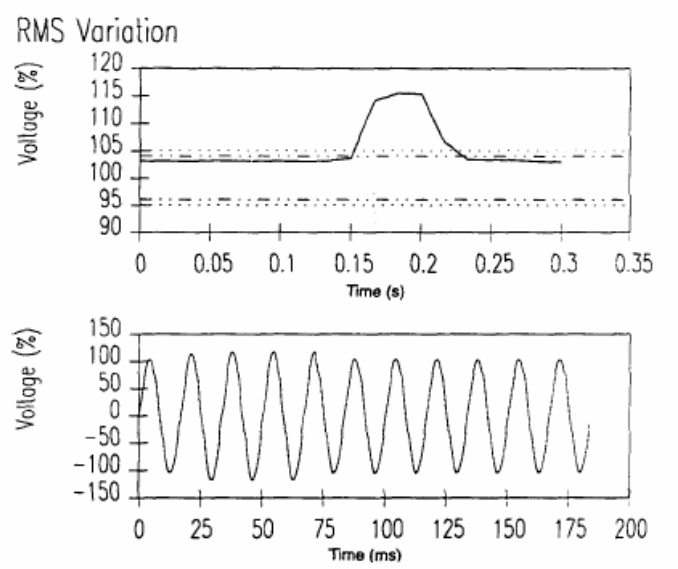


Figure 8—Instantaneous voltage swell caused by a SLG fault

برآمدگی بوسیله این مقدار (مقدار موثر) و مدت آن مشخص شده است

سختی برآمدگی ولتاژ در طول شرایط خطا تابعی از محل خطا، امپدانس سیستم و اتصال زمین است در یک سیستم زمین شده ولتاژ خط با زمین در فاز زمین نشده در مدت نزدیک ایستگاه فرعی یک سیستم زمین شده (SLG)وضعیت خطای تک فاز با زمین خواهد بود.1.7pu

در برخی نشریه ها بخش اضافه ولتاژ استفاده شده است بعنوان کلمه مترادفی برای برآمدگی.

هست یک کاهش موقتی در IEEE std C62-4 (1992)یک تعریف شکل برآمدگی در فرکانس قدرت ولتاژ تحویل داده شده بوسیله تلرانس نامی با یک مدت بیشتر از یک سیکل این تعریف بوسیله کمیته کیفیت توان عرضه نشده است.[B14]و کمتر از چند ثانیه

۳-۴-۴ تغییرات بلندمدت:

تغییرات بلندمدت شامل انحراف rms در فرکانس توان برای مدت بیشتر از یک دقیقه می باشد [B1] حالت ماندگار تلرانس ولتاژ منتظرشده در سیستم توان مشخص شده است در این اندازه ها ارجاع داده شده اند در جدول ۲. تغییرات بلندمدت مورد رسیدگی شده با ANSI حاضربودن هنگامیکه محدودیت برای بیشتر از یک دقیقه تجاوز نموده است. تغییرات بلندمدت می تواند هریک از اضافه ولتاژ یا کاهش ولتاژ بستگی به علت تغییرات باشد اضافه ولتاژ و کاهش ولتاژ عموماً نتیجه خطای سیستم نمی باشند. آنها ناشی شده اند از تغییرات بار در سیستم و یا عملکرد سوئیچینگ سیستم. این تغییرات مشخص شده در مقابل زمان. rms اند بوسیله رسم ولتاژ

۱-۳-۴-۴ اضافه ولتاژ

اضافه ولتاژ می تواند در نتیجه سوئیچینگ بار (سوئیچینگ یک بار بزرگ) یا تغییر در جبران کننده فعال در سیستم (سوئیچینگ در بانکهای خازنی) رگولاسیون ولتاژ سیستم ضعیف توانایی یا کنترل ناشی از کاهش ولتاژ می باشد.

ستینگ نادرست تپ ترانسفورماتور می تواند همچنین سبب اضافه ولتاژ شود

۲-۳-۴-۴ کاهش ولتاژ

کاهش ولتاژ در نتیجه واقعه ای است که برعکس واقعه ای می باشد که سبب افزایش ولتاژ می شود. روشن کردن سوئیچینگ یک بار یا خاموش کردن سوئیچینگ یک بانک خازنی می تواند سبب کاهش ولتاژ شود تا اینکه دستگاه رگولاسیون ولتاژ در سیستم بتواند ولتاژ را

به داخل تلرانس بر گرداند. مدار دارای اضافه بار شده نیز می تواند موجب کاهش ولتاژ شود.

۳-۳-۴-۴ قطعه ی بادوام

کاهش ولتاژ تغذیه به حدود صفر برای پریود زمانی متجاوز بر ۱ دقیقه یک قطعی بادوام فرض شده است قطعی ولتاژ طولانی تر از ۱ دقیقه اغلب همیشگی در طبیعت و نیازمند مداخله دستی برای بازگشت است قطعی با دوام یک پدیده سیستم قدرت مشخص است و ربطی به موارد مصرف بخش افت ندارد.

همچنین استفاده کردن از بخش قطعی در زمینه مونیتورینگ کیفیت توان ربطی به قابلیت اطمینان دیگر مقادیر خدمات استاتیکی ندارد.

۴-۴-۴ عدم تعادل ولتاژ

عدم تعادل ولتاژ تعریف شده است بعنوان نرخ جزء توالی صفر و منفی در جزء توالی مثبت ولتاژ یا توالی صفر ولتاژ در سیستم قدرت عموماً نتیجه ای از عدم بارهای نامتعادل شده جریانهای توالی صفر یا منفی در مقابل فلو است

شکل ۹ یک مثال از روند یک هفته ای نامتعادل آزمایش شده در نقطه ای از یک فیدر مسکونی را نشان می دهد. عدم تعادل می تواند تخمین زده شود بعنوان ماکزیمم انحراف از ولتاژ یا ولتاژ سه فاز یا جریان تقسیم شده بر مقدار متوسط ولتاژ یا جریان سه فاز ضرب در صد. در شکل معادله زیر

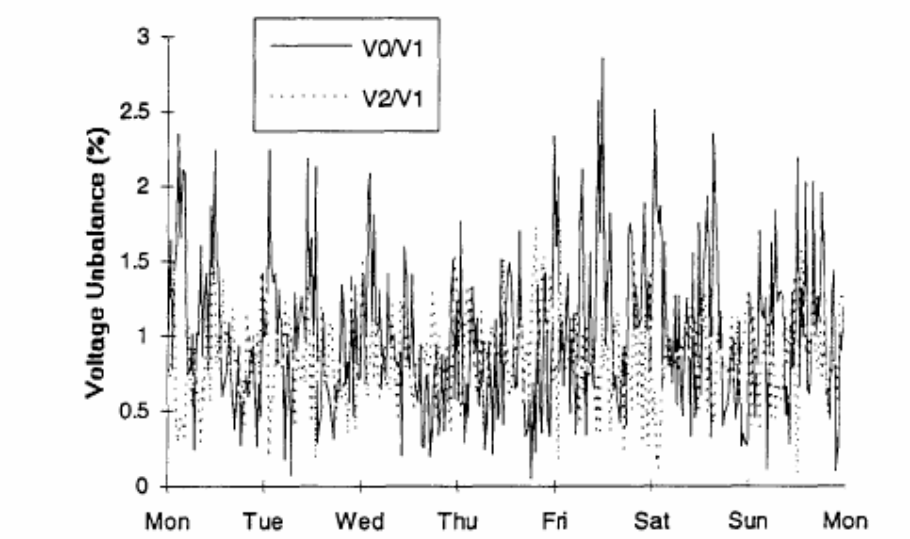


Figure 9—Imbalance trend for a residential feeder

متوسط ولتاژ/(ماکزیمم انحراف از ولتاژ متوسط) × ۱۰۰ = عدم تعادل ولتاژ

برای مثال، ولتاژ فاز با فاز خوانده شده ۲۳۰ و ۲۳۲ و ۲۲۵ و مقدار متوسط برابر ۲۲۹ ولت است.

ماکزیمم انحراف از مقدار متوسط ٤ خوانده شده است. درصد عدم تعادل برابر است با:

$$100 \times \frac{4}{229} = 1.7\%$$

منبع اولیه عدم تعادل ولتاژ کمتر از ۲٪ بار تک فاز نامتعادل شده در یک مدار سه فاز است. عدم تعادل ولتاژ همچنین می تواند ناشی از یک بانک خازنی غیرعادی از قبیل فیوز قرار داده شده در یک فاز بانک سه فازه عدم تعادل ولتاژ سخت (بزرگتر از ٥٪) می تواند نتیجه هادیهای تک فاز باشد.

٥-٤-٤ پیچش شکل موج

پیچش شکل موج انحراف حالت ماندگار از یک موج سینوسی ایده آل فرکانس توان بصورت اصلی توسط گنجایش طیف انحراف مشخص شده است .

اینجا پنج نوع اولیه پیچش شکل موج نشان داده شده است

a) مولفه DC

b) هارمونیک

c) هارمونیک داخلی

d) شیار دادن

e) نویز

هریک از اینها جداگانه مورد بحث قرار گرفته اند.

۴-۵-۴-۱ آفست DC

آفست است DC در سیستم قدرت بخش DC سهم جریان یا ولتاژ

این پدیده می تواند در نتیجه اغتشاشات ژئومغناطیسی یا بواسطه اثرات یکسوسازی نیم موج اتفاق بیفتد.

۴-۵-۴-۲ هارمونیکها

هارمونیک یک ولتاژ یا جریان سینوسی می باشد که فرکانس آن مضربی صحیح از فرکانس طراحی شده برای عملکرد سیستم می باشد (فرکانس اصلی معرفی شده معمولاً 50 Hz یا 60Hz) نگاه کنید به [IEC 1000-2-1] هارمونیک ترکیب با ولتاژ یا جریان اصلی می شوند و تولید پیچش شکل موج می کنند. پیچش هارمونیک موجود بواسطه مشخصات غیرخطی دستگاهها و بارها در سیستم قدرت می باشد.

این وسایل معمولاً می توانند بعنوان منبع جریانی که جریان هارمونیکی به سیستم قدرت تزریق می کنند مدل شوند. پیچش ولتاژ نتیجه می دهد که این جریان باعث افت ولتاژ غیرخطی در میان امپدانس سیستم می شود اعوجاج هارمونیکی جریان بزرگی برای بسیاری از مشترکین و برای کل سیستم قدرت بواسطه افزایش عملکرد دستگاههای الکترونیکی قدرت است.

سطح اعوجاج هارمونیکی می تواند مشخص گردد بوسیله طیف هارمونیکی کامل با اندازه ها و زاویه فازهای هرکدام از قسمتهای تکی هارمونیک. همچنین در مقدار تکی و مجموع اعوجاج هارمونیکی بعنوان اندازه گیری اندازه اعوجاج هارمونیکی استفاده می شود.

جریان های هارمونیکی نتیجه ای از عملکرد نرمال وسایل غیرخطی در سیستم قدرت می باشد شکل ۱۰ شکل موج و طیف فرکانسی برای جریان ورودی یک محرک سرعت قابل تنظیم نمونه را نشان میدهد.

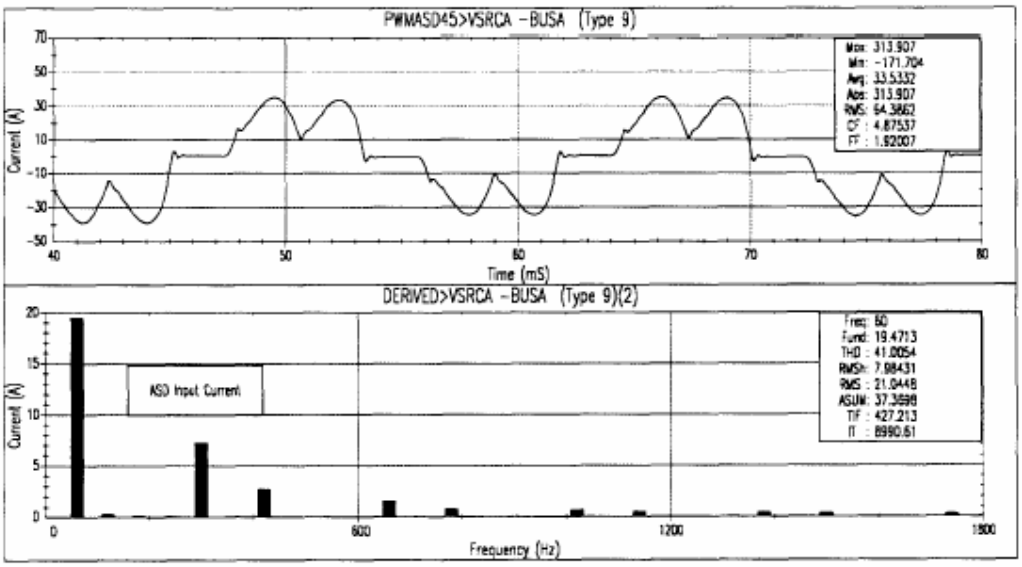


Figure 10—Current waveform and harmonic spectrum for an ASD input current

۳-۵-٤-٤ هارمونیک داخلی:

هارمونیک داخلی می تواند در همه کلاسهای ولتاژ شبکه ها یافت شود. آنها می توانند ظاهرشوند بعنوان یک فرکانس با احتیاط یا بعنوان طیف باند پهن، منبع اصلی شکل موج هارمونیکی گانورتورهای فرکانسی استاتیک، سیکلوکنورتورها، موتورهای القایی و تجهیزات قوسی می باشند سیگنال حامل توان خط همچنین می تواند بعنوان هارمونیک فرض شود.

٤-٥-٤-٤ شیاردار کردن- برش دادن

برش دادن اعوجاج ولتاژ متناوب ناشی شده توسط عملکرد نرمال دستگاه های الکترونیکی قدرت است زمانیکه جریان از یک فاز به فاز دیگر تغییر جهت داده است.

برش دادن ولتاژ حالت خاصی که بین اعوجاج هارمونیکی و گذرا اتفاق می افتد را نشان می دهد.

تولید می کند یک علت مهم برای برش دادن ولتاژ dcیکی کنورتور سه فاز که جریان مداوم می باشد (شکل ۱۱)

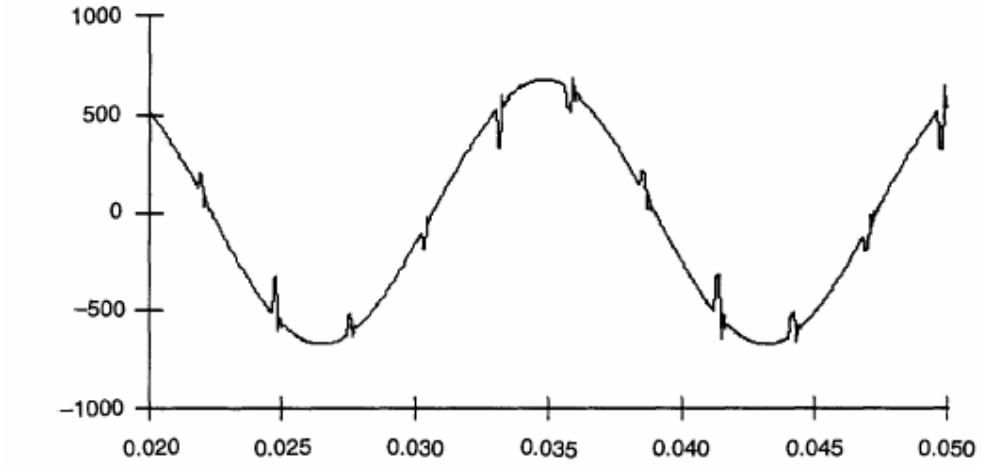


Figure 11—Example of voltage notching caused by converter operation

برش وقتی اتفاق می افتد که جریان از یک فاز به فاز دیگر منتقل شود. در طول این پریود اتصال کوتاه موقتی بین دو فاز بوجود می آید. سختی برش در هر نقطه از سیستم مشخص شده است بوسیله اندوکتانس منبع و اندوکتانس ایزولاسیون بین کنورتر و نقطه شروع مونیتورینگ برش دادن توصیف شده است در جزئیات استاندارد [IEEE std 519-1992]

٤-٥-٤-٥ نویز

نویز سیگنال الکتریکی خواسته نشده با طیف باند پهن شامل کمتر از ٢٠٠ اضافه شده khz روی ولتاژ یا جریان سیستم قدرت در هادیهای فازها یا پیدا کردن در هادیهای نوترال یا تک خط می باشد.

نویز در سیستمهای قدرت می تواند بعلت وجود دستگاههای الکترونیکی مدارات کنترل، دستگاههای قوس الکتریکی، بارهای بایکسوکننده های حالت جامد و سوئیچینگ منابع تغذیه ایجاد شده باشد.

اساساً نویز مرکب از هر اعوجاج سیگنال قدرت نخواسته شده است که نمی تواند بعنوان اعوجاج هارمونیکی یا گذرا طبقه بندی شود.

رنج فرکانس و اندازه سطح نویز بستگی دارد به منبع که نویز را تولید می کند و مشخصات سیستم یک اندازه نمونه نویز کمتر از ١٪ اندازه ولتاژ است. این شکل بوسیله استفاده کردن از فیلترها و عایق بندی ترانسفورماتورها و بعضی از هادیها می تواند رفع شود.

٤-٤-٦ فلیکر ولتاژ- نوسانات ولتاژ

فیلکر کردن ولتاژ انحراف سیستماتیک پیچش ولتاژ یا یک سری تصادفی تغییرات ولتاژ است.

پریونیت (0.95-1.05)اندازه ولتاژ که بطور نرمال از رنج ولتاژ مشخص شده توسط IEC 1000-3-3(1997) که تجدیدنظر شده است بعنوان [IEC 555-3]تجاوز نمی کند

نوع تغییرات فیلکر ولتاژ را تعریف می کند. خواننده ارجاع داده می شود [B8](نگاه کنید به به این سند برای جزئیات این نوع درهم شکستن باقیمانده این مذاکره در نوسانات ولتاژ

نوسانات ولتاژ این مدل بعنوان یک (d) نوع IEC1000-555(1994)متمرکز خواهد شد در سری تصادفی یا نوسانات پیوسته ولتاژ مشخص شده است.

هر باری که تغییرات جریان مهمی دارد مخصوصاً در مولفه راکتیو، می تواند فیلکر ولتاژ شود.

بارهاییکه مداوم تغییرات مکرر در اندازه جریان بار ارائه می دهند می توانند موجب تغییرات ولتاژ شوند که اشتباهاً ارجاع داده شده به فیلکر

بخش فیلکر مشتق شده از برخورد نوسانات ولتاژ در قدرت روشنایی، نوسانات ولتاژ پاسخ سیستم قدرت به بار متغیر و نوسان نور پاسخ سیم روشنایی است بطوریکه توسط چشم انسان قابل مشاهده است.

سیستم قدرت، سیسم روشنایی و یک انسان پاسخ می دهند به این تغییرات

۷-٤-٤ تغییرات فرکانس توان

فرکانس سیستم قدرت مستقیماً به سرعت چرخش ژنراتور بستگی دارد. در هر لحظه، فرکانس به تعادل بین بار و ظرفیت تولید قابل دسترسی بستگی دارد. زمانیکه این تعادل

دینامیکی تغییر کند تغییرات کوچکی در فرکانس اتفاق می افتد. اندازه فرکانس شیفت می یابد و مدت آن به مشخصات بار و پاسخ سیستم تولید به تغییرات بار بستگی دارد. تغییرات فرکانس که بیرون محدوده توافق شده برای عملکرد حالت ماندگار سیستم قدرت می رود بطور نرمال ناشی شده از خطا در بلوک انتقال سیتم قدرت، قطع شدن یک بلوک بار بزرگ از شبکه یا خارج شدن منبع تولید بزرگ از مدار

۵- اهداف مونیتورینگ

۵-۱ مقدمه

مونیتورینگ کیفیت توان نیازمند مشخص کردن پدیده های الکترومغناطیسی در محلهای خاصی از مدار قدرت الکتریکی است. در برخی حالات، هدف مونیتورینگ مشخص کردن ناسازگاری بین منبع توان الکتریکی و بار است. بعبارت دیگر، ارزیابی کردن محیط الکتریکی در محلهای خاص برای تصفیه کردن صنعتی قالب ریزی یا توسعه کیفیت توان خطوط.

از طرفی هنوز، مونیتورینگ ممکن است استفاده شده باشد برای پیش بینی کردن عملکرد طبیعی دستگاهها بار یا دستگاههای تعدیل کیفیت توان.

هدف مونیتورینگ برای یک موضوع خاص با انتخاب دستگاههای مونیتورینگ، روشهای دریافت اطلاعات، آستانه رهایی احتیاج شده، تکنیکهای آنالیز اطلاعات برای بکارگیری و روی هم رفته سطح کوشش لازم شده پروژه مشخص خواهد شد.

۲-۵ نیاز به مونیتورینگ در مسئله کیفیت برق

دلایل بسیاری برای مونیتور کردن کیفیت برق در برخی از نقاط شبکه و هم چنین نقاط تحویل برق به مشترکین بزرگ وجود دارد. دلیل اصلی مسئله اقتصادی است ، به ویژه زمانی که فرآیندهای مهم و حساس مشترکین تحت تاثیر پدیده های الکترومغناطیسی ناشی از کیفیت نامناسب برق قرار می گیرند. قطع فرآیندها می تواند بسیار هزینه بر باشد. علاوه بر این صدمه دیدگی تجهیزات وتعمیرات پس از آن ، هزینه و زمان بسیاری می برد. صدمه دیدگی محصول نیز به کار مجدد بر روی آن ویا در بدترین حالت به دور انداختن محصول منجر شده که مسایل اقتصادی گوناگونی را در بر خواهد داشت.

با استفاده از داده های به دست آمده از مونیتورینگ می توان یک پایگاه اطلاعاتی از میزان حساسیت تجهیزات ایجاد نمود و با استفاده از آن مشخصه " سازگاری الکترومغناطیسی " تجهیزات را اگر مشخص نباشد ارایه داد و یا برای بهبود رفتار تجهیز از آن بهره گرفت.

اضافه بر آن با این پایگاه اطلاعات می توان علل به وجود آمدن کیفیت نامناسب برق را ارایه نمود و در نتیجه برای بهبود سیستم برق رسانی اقدامات لازم را صورت داد.

به هر حال قبل از انجام عمل مونیتورینگ ، لازم است شناسایی کاملی از امکانات مشترکین شامل مشخصات تجهیزات ، نحوه سیم کشی ، نوع سیستم زمین انجام پذیرد. گاهی اوقات مشکلات کیفیت برق را می توان بدون مونیتورینگ کامل و تنها با بررسی های دقیق اطلاعات به دست آمده از مشترکین و انجام یک سری شناسایی ابتدایی از سیستم حل نمود.

۱-۲-۵ شناسایی ابتدایی قبل از مونیتورینگ

مهمترین مواردی را که باید در این مرحله به دست آورد عبارتند از :

- طبیعت مشکل به وجود آمده شامل قطعی ها ، خرابی تجهیزات ، عدم عملکرد صحیح سیستم های کنترل فرآیند و غیره .

ـ مشخصات تجهیزات حساس که در معرض مسایل و مشکلات کیفیت برق قرار گرفته اند.

ـ زمان وقوع مشکلات

- همزمانی مسایل به وجـــــود آمده با عملکردهای مشخص و شناخته شده در سیستم برق رسانی ـ شناسایی منابعی که در کیفیت برق تاثیر گذاشته و درشبکه داخلی مشترک به کار می روند

ـ اطلاعات مربوط به شبکه داخلی مشترک

ـ اطلاعات مربوط به مبدل ها

علاوه بر اطلاعات فوق که از طریق مکاتبه مشترک با شرکت برق به دست می آید ، کارشناسان شرکت برق باید از محل حادث نیز بازدید به عمل آورند که این امر به منظور تایید دیاگرام تک خطی شبکه برق مشترک ، اطلاعات سیستم الکتریکی ، سیم کشی و یکپارچگی سیستم زمین و مقادیر بار صورت می پذیرد. همچنین باید دیاگرام تک خطی سیستمی که می خواهد مونیتور شود موجود باشد. این دیاگرام باید شامل سیستم توزیع برق رسانی شرکت برق ، مشترکین مجاور و شبکه داخلی مشترک باشد .

مشترکین بزرگ مجاور نیز ممکن است روی کیفیت برق مشترک تاثیر بگذارند. بارهای منفرد بزرگی که در مجاورت مشترک مورد مطالعه موجود هستند باید مشخص شوند.

بزرگ ترین تاثیر را تجهیزات الکتریکی و مشخصات سیستم های توزیع روی کیفیت برق می گذارند. قبل از مونیتورینگ ، بایستی کلیه عوامل از فیدرهای تغذیه مشترک تا تجهیزات مشترک در انتهای مصرف مورد بازرسی قرار گیرند.

۵-۳ مشخصات تجهیزات مشترکین و تاثیر کیفیت نامناسب برق روی آن ها

قبل از انجام مونیتورینگ لازم است حدود تحمل تجهیزات مشترک در خصوص پارامترهای مختلف کیفیت برق با توجه به نوع مطالعه مشخص شود. به عبارت دیگر مشخصات انواع تجهیزات باید در مونیتورینگ کیفیت برق در نظر گرفته شود. در مونیتورینگ کیفیت برق باید تلاش گردد تا جهت تطبیق نتایج مونیتورینگ با مشکلات گزارش شده ، تجهیزات مورد مطالعه گروه بندی شوند. گروه بندی تجهیزات نشان می دهد که کدام تجهیز احتیاج به حفاظت داشته و سطح حفاظت موردنیاز چه مقدار بایستی باشد.

۵-۳-۱ نیاز به گروه بندی تجهیزات

گروه بندی تجهیزات برحســـب نحوه مصونیت آن ها در مقابل اعوجاجات ولتاژ و جریان برق خواهد بود و می توان از این گروه بندی در ساده سازی نتایج حاصله از اندازه گیری استفاده نمود.

۵-۴ نوع تجهیزات:

اگرچه ممکن است واکنش دستگاههای مختلف در مقابل مسایل ناشی از کیفیت توان در محدوده وسیعی تغییرکند، اما با این وجود وجوه تشابهی نیز می توان در آنها یافت در هر حال گروه بندی تجهیزات برحسب ایمنی آنها در برابر اغتشاشات کیفیت توان امری مفید

خواهد بود و از این تقسیم بندی در بهره گیری از نتایج بدست آمده از اندازه گیری می توان استفاده کرد.

۵-۵ تأثیر روی دستگاه بوسیله نوع پدیده

قضیه ٤ بالغ بر هفت مقوله پدیده های الکترومغناطیسی را تعریف می کند در این قسمت به مطالعه تأثیرات مسائل کیفیت برروی تجهیزات پرداخته می شود به بیانی دیگر مواردی که در ادامه ذکر خواهد شد به تقسیم بندی تجهیزات نیز کمک خواهند کرد.

۵-۵-۱ *حالات گذرا*

ولتاژهای گذرا که به علت صاعقه و کلید زنی به وجود می آیند می توانند روی عایق ها تاثیر بگذارنند. دامنه های بالا و شیب های سریع امواج گذرا منجر به پدیده شکست عایقی در تجهیزات الکتریکی خواهند شد. تکرار اعمال امواج با دامنه های کم نیز ممکن است سبب کم شدن طول عمر و خرابی عایق شود. حالات گذرا همچنین می توانند باعث قطع ناخواسته محرکه های با قابلیت تنظیم سرعت شوند. این پدیده به علت عمل مدار حفاظتی روی تغذیه dc به وجود می آید.

۵-۵-۲ *تغییرات کوتاه مدت*

شایع ترین مشکل مربوط به فلش ، برآمدگی و قطعی لحظه ای که جزء گروه تغییرات کوتاه مدت می باشند مسئله خروج از مدار تجهیزات است. در محل هایی از شبکه مشترک که از بارهای مهم و حساس استفاده می شود، حتی پدیده های با دوره زمانی بسیار کوتاه نیز

می توانند فرآیند را از مدار خارج کنند و مدت زمان زیادی طول بکشد تا فرآیند مجددا" راه اندای شود. در این حالت مونیتورینگ اهمیت بالایی خواهد.

۱-۲-۵-۵ قطعی های لحظه ای

قطعی های لحظه ای نیز ممکن است روی تجهیزات الکترونیکی و سیستم های روشنایی تاثیر گذاشته و موجب عملکرد نامناسب یا خروج از مدار آن ها شود. قطعی های لحظه ای و موقت اغلب باعث می شوند که کار دستگاه متوقف شود و حتی ممکن است موجب قطع کنتاکتورهای موتورهای القایی گردند.

۲-۲-۵-۵- فلش ولتاژ

فلش ولتاژ اغلب موجب خروج از مدار تجهیزات می شود. بسیاری از فلش های ولتاژ توسط کنترل کننده های تجهیزات حساس تشخیص داده شده و قطع این وسایل ، قطعی دیگر تجهیزات با حساسیت کم را به دنبال خواهد داشت. روش حل این مشکل ، تغذیه کنترل کننده ها با یک ترانسفورماتور ولتاژ ثابت یا دیگر وسایل مشابه است . این وسایل در طی وقوع فلش ولتاژ ، ولتاژ مناسب را به کنترل کننده ها می رسانند.

۳-۲-۵-۵- برآمدگی ولتاژ

افزایش ولتاژ اعمال شده به یک دستگاه (بالاتر از مقدار نامی) ممکن است سبب خرابی اجزاء آن گردد. وسایل الکترونیکی شامل محرکه های با قابلیت تنظیم سرعت ، کامپیوترها وکنترل کننده های الکترونیکی ممکن است تحت این شرایط دچار اشکال شوند. به هر حال ترانسفورماتورها ، کابل ها ، شینه ها ، کلیدها، ترانسفورماتورهای ولتاژ و جریان و ماشین های گردان کمتر در این حالت آسیب می بینند. افزایش موقت ولتاژ ممکن است روی عملکرد

برخی از رله های حفاظتی نیز تاثیر بگذارد. ممـــــــــکن اســـــت میزان روشنایی لامپ ها در اثر افزایش موقت ولتاژ تغییر کند.

۳-۵-۵- تغییرات بلند مدت

تغییرات ولتاژ بیشتر از یک دقیقه می تواند موجب بروز مشکلاتی برای تجهیزات گردد. در حالت عادی اضـــافه ولتاژ و کاهش ولتاژ ، ندرتا" روی فیدرهای شرکت برق اتفاق می افتد چون اکثر شرکت های برق کوشش می کنند تا با تنظیم ولتاژ ، ولتاژ را در محدوده مجاز خود نگاه دارند. به هر حال این پدیده ممکن است به علت وجود اضافه بار در روی فیدرها، انتخاب نادرست تپ ترانسفورماتورها و قطع یکی از فازهای بانک های خازنی ایجاد شود.

۱-۳-۵-۵- قطعی های با دوام

قطعی های با دوام می توانند به علل مختلف به وجود آیند. یکی از این علل می تواند ناشی از قطع کلیدها ، سوختن فیوزها و غیره باشد. یک قطعی بادوام باعث خروج از مدار تجهیز می گردد. البته این نوع قطعی روی تجهیزاتی که با UPS و یا وسایل ذخیره کننده انرژی محافظت می شوند تاثییری نخواهد گذاشت. بنا براین در دسته بندی تجهیزات باید به استفاده از وسایل جانبی نیز توجه نمود.

۲-۳-۵-۵- کاهش ولتاژ بلند مدت

کاهش ولتاژ بیش از یک دقیقه می تواند موجب عملکرد نادرست تجهیزات گردد. کنترل کننده های موتورها ممکن است تحت این شرایط از کار بیافتند. ولتاژی که باعث از کار افتادن کنترل کننده ها می گردد حدود ۷۰ تا ۸۰ درصد ولتاژ نامی است. کاهش ولتاژ بلند مدت می تواند در موتورهای القایی تلفات گرمایی را افزایش دهد. همچنین سرعت این نوع

موتورها نیز در اثر این شرایط تغییر می کند. وسایل الکترونیکی ممکن است در طی شرایط کاهش بلند مدت ولتاژ از مدار خاج شوند. کاهش ولتاژ موجب کم شدن توان راکتیو خروجی در بانک های خازنی می شود زیرا توان راکتیو خروجی متناسب با مجذور ولتاژ است. همچنین این شرایط روی سیستم های روشنایی نیز تاثیر خواهد گذاشت. به عنوان مثال موجب خاموش شدن لامپ های فلورسنت می شود.

۲-۳-۵-۵- اضافه ولتاژ بلند مدت

اضافه ولتاژ ممکن است سبب خرابی تجهیزات گردد. تجهیزات الکترونیکی تحت این شرایط بلافاصله دچار خرابی نمی شوند. اضافه ولتاژ با دوام روی این گونه وسایل می تواند موجب کاهش طول عمر آن ها شود. اضافه ولتاژ روی برخی از رله های حفاظتی ممکن است عملکرد ناخواسته ای را به دنبال داشته باشد. توان راکتیو خروجی بانک های خازنی در طی این شرایط افزایش می یابد. میزان روشنایی لامپ ها نیز به همین ترتیب زیاد خواهد شد.

۴-۵-۵- عدم تعادل ولتاژ

حتی مقدار کمی تعادل ولتاژ می تواند تاثیرات قابل ملاظحه ای را روی ژنراتور به وجود آورد. همچنین این پدیده اثرات حرارتی نامناسبی را روی تجهیزات تولید ، انتقال و توزیع ایجاد می نماید. معمولا" میزان عدم تعادل ولتاژ در شینه های شرکت های برق کوچک است. عدم تعادل ولتاژ اغلب در اثر بارهای مشترکین و در شبکه آن ها پدیدار می شود به ویژه وقتی که از بارهای بزرگ مانند کوره های القایی استفاده می گردد.

۵-۵-۵- هارمونیک ها

جریان های هارمونیکی تزریقی به شبکه قدرت ناشی از برخی بارهای مشترکین ، می توان موجب اعوجاج هارمونیکی ولتاژ شبکه شوند.

۵-۵-۶- نوسانات ولتاژ (فلیکر)

نوسانات ولتاژ اغلب خود را به صورت سوسوزدن لامپ ها را نشان می دهند. کاهش ناگهانی ولتاژ می تواند نور خروجی لامپ رشته ای را به مقدار زیادی کاهش دهد. ولی در مورد نور لامپ های گازی (تخلیه ای) تاثیر کمتری را از خود نشان می دهد. علاوه بر این نوسان ولتاژ می تواند روی گیرنده های تلویزیونی ، وسایل کنترل الکترونیکی و کامپیوترها نیز تاثیر بگذارد.

۵-۵-۷- تغییرات فرکانس

شرکت های برق در عمـــل فرکانس را در مقدار نامی خود ثابت نگاه می دارند. تغییرات فرکانس می تواند به صدمه دیدگی ژنراتور و شفت توربین منجر شود. خطای سنکرون سازی فرکانس ممکن است گاهی اوقات در فیدر یک مشترک که بارهای یکسوسازی بزرگ را تغذیه می کند رخ دهد. این بارها می توانند برش های ولتاژ ایجاد کرده و این پدیده روی عملکرد دستگاههایی که با عبور از صفر ولتاژ کار می کنند تاثیر بگذارد.

۵-۶ تجهیزات مونیتورینگ کیفیت برق

مسایل کیفیت برق محدوده وسیعی از اعوجاجات در ولتاژ و جریان و شرایط یک سیستم را در بر می گیرد.

دسته بندی اصلی تجهیزات اندازه گیری شامل موارد زیر می باشد:

ـ وسایل مربوط به آزمون سیم کشی و سیستم زمین

ـ مولتی مترها

ـ اسیلوسکوپ

ـ تحلیل گر اعوجاج

ـ تحلیل گر هارمونیکی / تحلیل گر طیف فرکانسی

ـ ترکیبی از تحلیل گرهای هارمونیکی و اعوجاجی

ـ اندازه گیری نوسان ولتاژ (فلیکرمتر)

علاوه بر تجهیزات فوق از وسایل دیگری که با اندازه گیری شرایط محیطی در حل مسایل کمک می نمایـــــند نیز می توان نام برد. به عنوان مثال وسایل انــدازه گیری مادون قرمز در پیدا نمودن اتصالات شل ویا هادی های دچار اضافه حرارت کاربرد دارند از تجهیزات با ارزش می باشند.

وسایل اندازه گیری بارهای الکتریکی ساکن از جمله وسایل ویژه ای هستند که میزان بارهای الکتریکی ساکن را در مجاورت تجهیزات حساس اندازه گیری می کنند. از نظر مسایل کیفیت برق تخلیه بارهای الکتریکی می تواند عامل بسیار مهمی در خصوص برخی از تجهیزات الکترونیکی باشد.

عوامل مهم دیگری را نیز باید در هنگام انتخاب تجهیزات اندازه گیری مدنظر قرار داد. برخی از این عوامل عبارتند از :

ـ تعداد کانال های ورودی به دستگاه (ولتاژ ـ جریان)

ـ مشخصه حرارتی دستگاه

ـ محدوده ولتاژ ورودی قابل اندازه گیری

ـ توان ورودی

ـ توانایی اندازه گیری ولتاژ سه فاز

ـ سطح عایقی داخلی

ـ توانایی اندازه گیری جریان

ـ قابل حمل بودن دستگاه

ـ توانایی امکان ارتباطات

ـ امکان استفاده از برنامه های کامپیوتری به منظور بررسی و مطالعه سیستم

راحتی امکان استفاده در کنار جامع بودن دستگاه فاکتور مهمی است. زیرا در صورتی که دستگاه اندازه گیری امکان انجام کارهای مختلفی را دارا باشد به دستگاه های کمتری نیاز خواهد بود. شناخت مشترکات بین گروه های مختلف تجهیزات نیز بسیار مفید می باشد.

وسایل به کار رفته در مونیتورینگ پدیده های الکترومغناطیسی می توانند شامل وسایلی از قبیل یک ولتمتر آنالوگ تا یک تحلیل گر طیفی باشند. در انتخاب و استفاده صحیح نوع مونیتور ، استفاده کننده باید به قابلیت ها و محدودیت های دستگاه اندازه گیری ، پاسخ آن به تغییرات شبکه و اهداف ویژه تحلیل ها آشنا باشد.

مشخصه های موردنیاز دستگاه اندازه گیری وابسته به محل مونیتورینگ و اهداف این کار دارد. اگر بعنوان مثال ارزیابی کیفیت برق درمحل ورودی به مشترک مورد نظر باشد، تاکید ممکن است تنها روی شرایط حالات ماندگار بلند مدت باشد.

۵-۴ چگونگی انتخاب مبدل ها

در مونیتورینگ کیفیت برق ، اغلب برای به دست آوردن سطح مورد نیاز ولتاژ و جریان ، نیاز به ترانسدیوسرهای ولتاژ و جریان است. در سیستم های ولتاژ پایین ، مونیتورینگ ولتاژ معمولا" با اتصال مستقیم انجام می گیرد، اما در همین سیستم ها نیز برای مونیتورینگ جریان به ترانسدیوسر جریان احتیاج است. در واقع چون انجام اندازه گیری مستقیم جریان بدون اثرگذاشتن روی شبکه قدرت مشکل است معمولا" از یک ترانس جریان (CT) [۱] که یک نوع ترانسدیوسر می باشد استفاده می شود. دو مطلب قابل توجه در انتخاب آن ها عبارتند از :

۱)سطوح سیگنال : از محدوده کامل دستگاه بدون خراب شدن و یا بریده شدن سیگنال ولتاژ یا جریان باید استفاده شود.

۲) پاسخ فرکانسی : این مسئله در مونیتورینگ اعوجاجات هارمونیکی و گذرا ، جایی که سیگنال های با فرکانس بالا موجود می باشند بسیار حایز اهمیت است.

۵-۴-۱-۱ *مبدل ولتاژ*

از مهم ترین انواع مبدل ولتاژ ، ترانسفورماتورهای ولتاژ (VT) [۲] می باشند. اندازه ترانسفورماتور ولتاژ باید به نحوی انتخاب شود که در شرایط کاری به اشباع نرود. در

1-Current Transformer

حالت گذرا ، معمولا؛ لازم است که نقطه زانویی منحنی اشباع ترانسفورماتور حداقل ۲۰۰ درصد ولتاژ نامی سیستم باشد.

ولتاژ حالت ماندگار نباید درست برابر با محدوده کامل دستگاه اندازه گیری باشد. اگر اضافه ولتاژ به وجود آمده باعث شود که سیگنال ، توسط مبدل A/D بریده شود، اندازه گیری بی فایده خواهد بود.

۵-۴-۱-۲ *مبدل جریان*

اغلب سازندگان تجهیزات اندازه گیری کیفیت برق در دستگاه های خود ترانسفورماتور جریان (CT) نصب می نمایند. این CT ها در اندازه های مختلف بوده به نحوی که بتوانند بدون مشکل سطـــوح جریان مختلفی را از خود عبوردهند. CT ها معمولا" براساس حداکثر جریان دایم انتخاب می شوند.

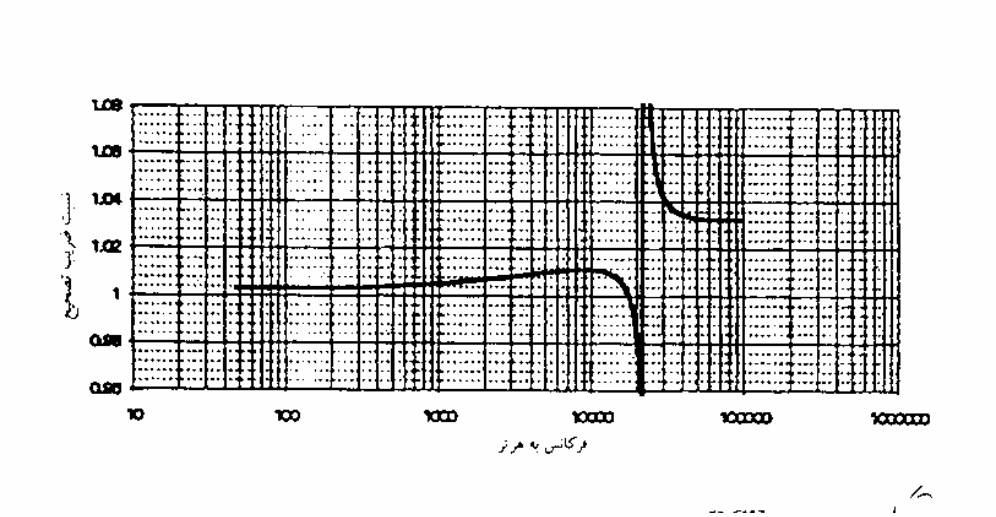
انتخـــــاب مناسب جریان نامی و نسبت تبدیل یک CT بستگی به هدف اندازه گیری دارد.

۵-۴-۲-۱ *پاسخ فرکانسی مبدل ولتاژ*

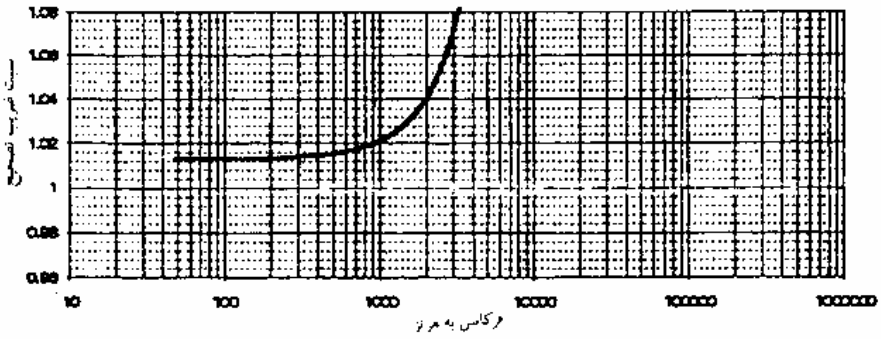
پاســـــخ فرکانسی ترانسفورماتورهای ولتاژ کلاس اندازه گیری (به عنوان یک نمونه از مبدل های

ولتاژ) بستگی به نوع و بار آن دارد. تجهیزات مونیتورینگ کیفیت برق مانند مولتی مترها ، اسیلوسکوپ ها و دیگر وسایل امپدانس بسیار بالایی را در مقابل ترانسفورماتور ولتاژ از خود نشان می دهند. با وجود امپدانس بار بسیار بالا ، معمولا" پاسخ ها تا فرکانس ٥ کیلو هرتز دقیق می باشند. در بعضی پست ها به خصوص پست های ۲۳۰ و ٤۰۰ کیلوولت از

ترانسفورماتور ولتـــــاژ با کوپلاژ خازنی (CVT) [۳] به عنوان ترانسفورماتور کاهنده ولتاژ استفاده می گردد. از این نوع ترانسفورماتورها نباید برای مونیتورینگ کیفیت برق استفاده نمود.

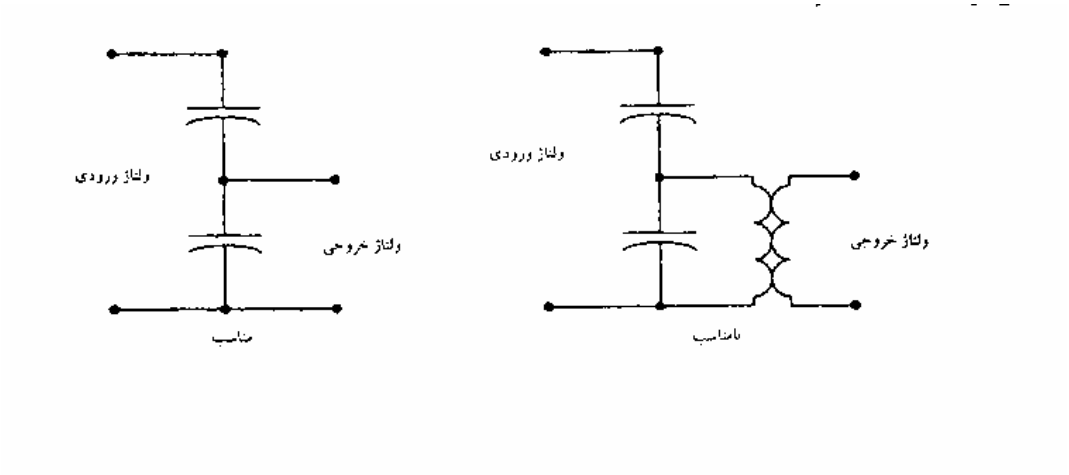


شکل ۱- منحنی RCF یک ترانسفورماتور ولتاژ استاندارد با بار یک مگا اهمی



شکل ۳- منحنی RCF یک ترانسفورماتور ولتاژ استاندارد با بار نامی ۱۰۰ اهمی

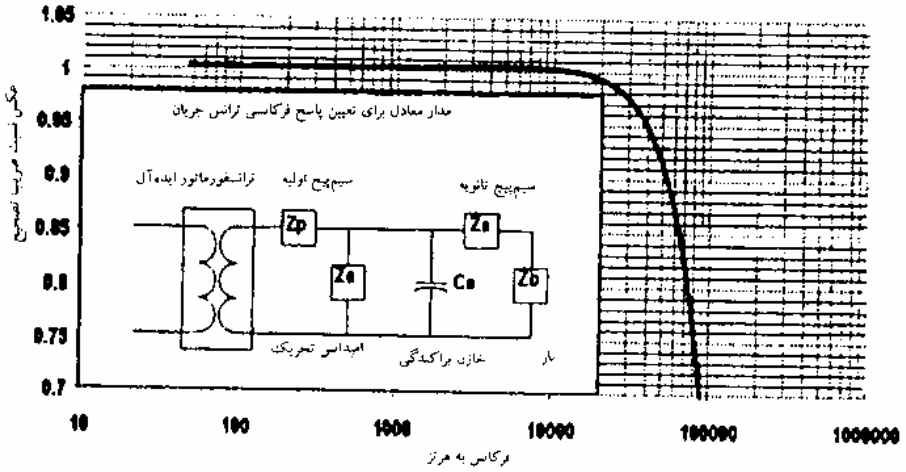
1- Capacitor Voltage Transformer



شکل ۳- مقسم های ولتاژ خازنی

۵-۴-۲-۲ *پاسخ فرکانسی مبدل جریان*

ترانسفورماتورهای جریان کلاس اندازه گیری (به عنوان یک نمونه از ترانسدیوسرهای جریان) ، معمولا" برای فرکانس های تا ۲ کیلو هرتز دقیق می باشند. در فرکانس های بالاتر مقدار خطای فاز زیاد می شود. برای فرکانس های بالاتر باید از نوع CT پنجره ای با نسبت دور بالا (به صورت حلقوی ، میله ای و گیره ای) استفاده شود.



شکل ٤- منحنی $\frac{1}{RCF}$ ترانسفورماتور جریان از نوع پنجره ای

۵-۴-۳ موارد ضروری در نصب مبدل ها

انتخاب بهترین ترکیب مبدل های ولتاژ و جریان بستگی به عوامل مختلفی دارد مانند :

ـ محل مونیتورینگ (پست ، بر روی پایه های هوایی ، در زیر زمین و غیره)

ـ محدودیت فضای مورد استفاده

ـ امکان قطع مدار برای نصب مبدل های جریان

ـ نیاز به مونیتورینگ

مسایلی که عموما" در زمان استفاده از CT های گیره ای به وجود آمده و باید به علت تاثیر گذاری آن ها روی نتایج مورد نظر قرار گیرند شامل موارد زیر می باشند:

ـ شینه یا هادی به طور مناسب در ناحیه گیره ای قرار نگرفته است.

ـ دو انتهای " هسته چاک دار " CT تماس کامل برقرار نکرده اند.

ـ تعداد غلطی از هادی ها درون CT قرار گرفته اند.

در آخر ، می توان به پلاریته نامناسب CT نیز اشاره نمود.

عموما" فرض می شود که شینه یا هادی به طور کامل توسط CT در بر گرفته می شود. هر گونه اشکال در این کار موجب بروز خطا وعدم دقت در داده های خروجی آن خواهد شد. هنگامی که چندین هادی در حال اندازه گیری شدن هستند ، باید توجه داشت که هیچ هادی برگشتی درون CT قرار نگیرد. این هادی مقداری یا کل میدان مغناطیسی هادی اندازه گیری شده را خنثی ساخته و بنا براین داده های خروجی را تغییر می دهد.

۵-۴-۴ محل نصب مبدل

۵-۴-۴-۱ در پست ها

معمولا" از CT ها و VT های پست (به جزء CVT)می توان برای مونیتورینگ کیفیت برق نیز استفاده نمود.

۵-۴-۴-۲ محل نصب در سیستم های توزیع

برای مونیتورینگ کیفیت برق سیستم های توزیع مناسب است از مبدل های جریان یا ولتاژی استفاده شود که بدون از مدار خارج کردن سیستم بتوان آن را نصب نمود. امروزه می توان از مبدل هایی که قابلیت مونیتور کردن همزمان ولتاژ و جریان را دارا بوده و می توانند بر روی خط برق دار نصب گردند استفاده نمود.

۵-۴-۴-۳ در محل مشترکین

انتخاب مبدل مورد نیاز در طرف ثانویه فشار ضعیف ساده تر است . در اندازه گیری ولتاژ، اتصال مستقیم در ولتاژهای ۲۳۰/٤۰۰ V امکان پذیر می باشد. این امر باعث می شود که بتوان به طور کامل از قابلیت های پاسخ فرکانسی وسایل مونیتورینگ بهره گرفت. جریان را هم می توان با استفاده از CT های اندازه گیری (مثلا" در ورودی مشترک) و یا با استفاده از CT های گیره ای (مکان هایی در داخل تاسیسات) اندازه گیری نمود. محدوده فرکانس مجاز CT ها بایستی توسط سازنده اعلام گردد.

۵-۴-۵ توصیه های کلی مربوط به انتخاب مبدل

جدول ۱ محل های مختلف مونیتورینگ و نیز انواع مختلف مبدل هایی که برای مونیتورینگ آن ها مناسب می باشنـــــد را بیان کرده است. جدول ۲ پدیده های مختلف کیفیت برق و مبدل های مناسب آن نوع پدیده را توصیف می کند.جداول فوق باید در ارتباط با یکدیگرمورد استفاده قرار گیرند تا بهترین مبدل برای یک حالت خاص انتخاب شود.

جدول ۱- مبدل های جریان و ولتاژ برای محل های مختلف

مکان	نوع مبدل ولتاژ	نوع مبدل جریان
پست	کلاس اندازه گیری از نوع مقسم خازنی برای استفاده یا مقسم مقاومتی کالیبره شده با استفاده از تپ	CT کلاس اندازه گیری
در خطوط هوایی	VT کلاس اندازه گیری	CT کلاس اندازه گیری
در کابل های زمینی	VT کلاس اندازه گیری قرار گرفته بر روی سکوی ترانس نوع خاص مقسمی	CT کلاس اندازه گیری
در ورودی مشترک	ارتباط مستقیم	CT کلاس اندازه گیری CT گیره ای
در داخل محوطه مشترک و ورودی به تجهیزات	ارتباط مستقیم	CT گیره ای

جدول ۲- نیازهای ترانسفورماتور جریان و ولتاژ

دلیل نصب	نوع مدبل ولتاژ	نوع مبدل جریان
تغییرات ولتاژ	VT کلاس اندزه گیری	CT کلاس اندازه گیری
سطح هارمونیک	VT کلاس اندازه گیری	CT پنجره ای
حالت گذرا فرکانس پایین (کلید زنی)	VT کلاس اندازه گیری با نقطه زانویی اشباع بالا	CT پتجره ای
حالت گذرای فرکانس بالا (صاعقه)	مقسم خازنی یا مقاومتی	CT پنجره ای

٦- دستگاههای اندازه گیری

۱-۶ مقدمه

تجهیزات استفاده شده برای مونیتورکردن پدیده های الکترومغناطیسی می تواند به آسانی بکارگیری یک ولت متر با یک دستگاه به خبرگی و مهارت یک آنالیزگر طیفی باشد. انتخاب کردن و استفاده کردن نوع صحیح مونیتور نیازمند فهم استفاده کردن از تواناییها و

محدودیتهای دستگاه ، واکنش آنها به تغییرات توان سیستم و هدف مشخص از آنالیزکردن می باشد.

این قضیه در کانون تواناییها و محدودیتهای دستگاههای مونیتورینگ مختلف متمرکز خواهد شد طرح دستگاه های مورد نیاز به محل وهدف مونیتورینگ بستگی دارد.

۲AC-٦ اندازه گیری ولتاژ

ولت مترهای آنالوگ الکترومکانیکی یکی از قدیمیترین و آشناترین نوع های ولت متر است. در یک اسکیل صحیح انتخاب شده، ولتاژ مستقیماً از اسکیل آنالوگ خوانده می شود

با نوع نیاز دستگاه به یک تفاهم شکل موج اندازه گیری شده ACدستگاه های اندازه گیری براساس یک شکل موج سینوسی کالیبره شده است. اگر ولتاژ acساخته شده اند اسکیل مورد اندازه گیری سینوسی نباشد ولتاژ خوانده شده صحیح نخواهد بود.

بطور داخلی، ولتاژ مورد اندازه گیری بوسیله یکی از یکسوسازهای نیم موج یا تمام موج، اندازه گیری شده است. معیار شمارش با فاکتور dcیکسوشده و در نتیجه ولتاژ متوسط کالیبره شده است.ACتبدیل برای تعیین خواندن صحیح ولتاژ

این اندازه گیری بسیار (DVM)نوع دیگری از انواع ولت مترها، ولت متر دیجیتال است دقیقتر و آسانتر می باشد در مقابل الکترومکانیکی.

دو تکنیک اندازه گیری عمومی استفاده شده در این دستگاه اندازه گیری متوسط وپیک سنج می باشد.

چنانکه با دستگاه اندازه گیری مورد بحث شده در فوق، متوسط سنج مقدار متوسط خالص لحظه ای ولتاژ را روی صفحه مدرج می گیرد و دستگاه ماکزیمم سنج بزرگترین مقدار

لحظه ای ولتاژ را در طول یک سیکل نشان می دهد. بیشترین ولت مترهای دیجیتال در بعنوان آسانترین و ارزانترین تکنیک اندازه ACبرخی حالتهای تبدیل برای اندازه گیری گیری استفاده می شوند.

هردو تکنیک متوسط و ماکزیمم سنج برای شکل موج سینوسی کالیبره شده اند.

یک اندازه متوسط سنج برای نمایش ۱/۱۱ زمان ولتاژ متوسط تنظیم شده است و اندازه زمان پیک ولتاژ کالیبره شده است.0.707ماکزیمم سنج برای نمایش

AC-۳-۶ اندازه گیری جریان

گودی سنج اثر هال AC ممکن است با استفاده از یک گودی سنج ACاندازه گیری جریان استفاده شده است) یا مقاومت سخت انجام شده dc(همچنین برای اندازه گیری جریان باشد.

این یادداشت مهم است که تکنیکها و محدودیتهای مورد بحث قرار داده شده بالا درباره در سیستم قدرت بکار ACولتمترهای آنالوگ و دیجیتال همچنین برای اندازه گیری جریان با استفاده کردن از یک ترانسفورماتور فعال برای ACمی رود. گودی سنج جریان آشکارکردن جریان ساخته می شود. این نوع گودی سنج همچنین بعنوان ترانسفورمر نیز که پهنای باند محدودشده دارد ارجاع شده است.CTجریان

محدودیت در فرکانسهای پایین بواسطه به اشباع رفتن پروپ و در فرکانسهای بالا بواسطه پارازیتهای اندوکتانسی و کاپاسیتانی اتفاق می افتد. بعلاوه، فراوانی وسعت سیگنال ممکن است باعث بوجود آمدن اشباع شود.

پهنای باند بیشتر قابل دسترسی ترانسفورماتور برای اندازه گیری کیفیت توان مناسبتر است.مشکلات مواجه شده با آن ها می تواند با استفاده کردن از گودی سنج اثر هال رفع شود.گودی سنج اثر هال از ترانسفورمر استفاده نمی کند بلکه میدان مغناطیسی تولیدشده بوسیله فلوی جریان الکتریکی را توسط عناصر نیمه هادی حس می کند. خروجی پروپ متناسب با جریان جاری شده در سیم است که با دستگاه اندازه گیری خوانده می شود. مزیت استفاده کردن از این نوع پروپ این است که دقت اندازه گیری خوبی در اندازه گیری شکل موج هارمونیکی بدون مربوط بودن به محدودیت پهنای باند دارد چنانکه در تکنیک ترانس جریان آزمایش شده است.

قدیمیترین روش اندازه گیری جریان مقاومت شنت است. مقاومت شنت یک مقاومت با دقت پایین است که در مدار قرار داده شده است برای اندازه گیری.

فلوی جریان تولید افت ولتاژ در دو سر مقاومت می کند که متناسب با مقاومت شنت است در نتیجه ولتاژ تبدیل شده است به جریان . استفاده کردن از شنت نیازمند قطع کردن مدار است و بنابراین نصب آن می تواند مشکل باشد. یک استفاده اصلی شنت این است که محدودیتهای پهنای باند را که با تکنیک ترانسفورمر جریان آزمایش شده است تحمل نمی کند

٦-٤ ملاحظات ولتاژ و جریان

٦-٤-١ قرائت موثر خالص

وقتی که اندازه گیری ولتاژ یا جریان ساخته می شود برای اندازه گیری یک شکل موج خالص بایستی rms یا ولت متر دیجیتال از تکنیک DVMغیرسینوسی یا اعوجاج یک استفاده شده باشد.

درست استفاده می شود که اینها توصیف شده اند بعنوان rmsامروزه سه تکنیک مبدل حرارتی، آنالوگ و دیجیتال.

حرارتی مبنا قرار داده شده است در گرم شدن بارهای مقاومتی با rmsمبدل درست سیگنال ورودی مقدار حرارت تولیدشده بوسیله این بارها مستقیماً متناسب است با مقدار موثر سیگنال

DCترموکوپل در مجاورت بار و در یک اتاق تخلیه شده قرار داده شده است، ولتاژ خروجی ترموکوپل متناسب است با حرارت تولیدشده. خروجی ترموکوپل همچنین متناسب است با اندازه موثر خوانده شده در دستگاه اندازه گیری مدار فیدبک شامل یک ترموکوپل ثانویه می باشد که ممکن است شامل علت غیرخطی بودن ترموکوپل اولیه باشد.

مبنا آنالوگ از مداری که ولتاژ ورودی را اندازه می گیرد درست شده و مجذور rmsمبدل آن را حساب می کند ثابت زمانی مدار مبدل توسط مدار متوسط کردن ممکن است نزدیک چند میلی ثانیه تا چند صد میلی ثانیه قرار داده شود.

ثابت زمانی طولانی تر بار نوساسانات کمتری در سیگنال خروجی دارد اما ممکن است پاسخ ضعیفتری داشته باشد وقتی که تأخیر با نوسان کردن بصورت تکراری است.

۲-٤-٦ ترانسفورماتور جریان

تعدادی از دستگاههای مونیتورینگ توان، توانایی شبیه سازی مونیتورینگ ولتاژ یا جریان را دارند زمانیکه این برای اجرا مشکل باشد در اندازه گیری خطی جریان بدون تأثیر های گیره ای حول یک کابل یا CT استفاده شده است. CTسیستم قدرت یک نوع نمونه شینه بسته شده تا اندازه گیری جریان به راحتی انجام می گیرد. ترانسدیوسرهای ولتاژ و جریان باید به نحوی انتخاب شوند که سطح اصلی ولتاژ و جریان را کاهش دهد و به سطوح موردنیاز دستگاه اندازه گیری برسانند.

ها برای عملکرد مونیتورینگ توان چهار نکته زیرباید مورد توجه قرار CTهنگام انتخاب بگیرند.

دقت قرائتa)

انتقال فاز اگر وسیله توانایی فراهم کردن اندازه گیری تناسب فاز را داشته باشد.b)

پاسخ و انتقال فاز روی پهنای باند دستگاهc)

توانایی ضریب تندیd)

٦-٥ دستگاه های مونیتورینگ

٦-٥-١ اسیلوسکوپ

اسیلوسکوپ می تواند استفاده شود برای فراهم نمودن نمایش واقعی ولتاژ و هنگامیکه .acترکیب شده است با پروب جریان

اسیلوسکوپ های دیجیتال می توانند شکل موج ولتاژ و جریان را ذخیره نمایند علاوه بر این برخی از اسیلوسکوپ های دیجیتال اجازه محاسبه مستقیم پیک، متوسط، موثر و سایر مقادیر را می دهند شکل موج از پروب جریان اترهال، پروب ولتاژ و یا سایر وسایل باید

برای آنالیزکردن به اسیلوسکوپ داده شوند. از دستگاه ایمنی مجاز جدا کننده شکل موج استفاده می RF به خوبی نوع نرمال فرکانس بالا و نوع عمومی نویز در طیف 60Hzولتاژ شود.

این تکنیک اندازه گیری برای مشخص کردن سطوح نویز محدود مفید است و همچنین می تواند برای مشخص نمودن منبع نویز استفاده شود.

گیره ای انجام شود. چنانچه پیش تر CTاندازه گیری شکل موج جریان می تواند توسط یک در این سند ذکر شده است.

۲-۵-٦ نمایشگر اعوجاج

نمایشگرهای اعوجاج دستگاههای مونیتورینگ توان هستند که بطور خاصی طراحی شده اند برای آشکارسازی و ثبت کردن اطلاعات تغییرات سیستم توان. بطور نمونه، نمایشگرهای اعوجاج خط قدرت یک دستگاه قابل حمل است که شامل تعداد گوناگون و زیاد مشخصه ها می باشد. این مشخصه ها ممکن است شامل کانالها مونیتورینگ، ثبت داده ها و پیکربندی صفحه نمیاش و مشخصات دیگر که توانایی های دستگاه را بیشتر می کند، باشد.

مونیتورهای خط توزیع می توانند به چهارنوع تقسیم شوند

آشکارسازهای وقایع، مونیتورهای ثبت کننده بصورت متنی، ثتب کنندهی های حالت پایدار ولتاژ و جریان و مونیتورهای نمایش گرافیکی

٦-٦ توان دستگاه

١-٦-٦ تغذیه توان و تواناییهای مونیتورینگ

چنانکه پیش تر در این بحث ذکر شده است آنچه برروی یک اندازه گیری اثر خواهد گذاشت این است که چه وسایلی برای ساختن اندازه گیری استفاده شده است زمانیکه هدف استفاده کردن دستگاههای مونیتورینگ توان است بایستی تماس دستگاه در اندازه گیری سیستم ها که این برای عملی کردن CTقدرت می نیمم شود بوسیله بکارگرفتن مقس های ولتاژ و نسبتاً ساده است.

اگرچه، مشکل ممکن است وارد فرآیند اندازه گیری شود نه میان اتصالات اما در میان منبع تغذیه دستگاه وارد می شود حتی از میان بیشتر دستگاههای مونیتورینگ که احتیاج به تغذیه کوچک دارند، این منابع تغذیه ممکن است از شکل افتادگی مهمی در اندازه گیری ایجاد نمایند.

موضوعات زیر بایستی قبل از انتخاب کردن قدرت دستگاه در محل مونیتورینگ مورد بررس قرار گیرند.

a) سطح ایزولاسیون بین منبع تغذیه دستگاه و مدار اندازه گیری دستگاه چقدر است؟

b) آیا منبع تغذیه دستگاه تولید نویز می کند یا باعث اضافه کردن تغییرات سیستم توان می شود؟

c) آیا مصرف توان دستگاه روی اندازه گیری تأثیر می گذارد.

d) آیا منبع تغذیه دستگاه شامل حفاظت گذرای دستگاه ممکن است روی اندازه گیری تأثیر بگذارد.

e) آیا عملکرد درست دستگاه در طول تغییرات سیستم قدرت ممکن است روی مشکلات کیفیت توان اثر گذارد.

f) آیا کابل خارجی استفاده شده ممکن است قرائت اشتباه اندازه گیری را ایجاد نمایدو

اگر تغذیه دستگاه و اندازه گیریها از دو محل جدا از هم باشند ممکن است بسیاری در موارد فوق دستگاه را دچار خطا نکند به هر حال باید موارد زیر در آن ها رعایت شود.

a) آیا کیفیت توان تغذیه شده به دستگاه روی داده های اندازه گیری شده اثر خواهد گذاشت

b) آیا حلقه های زمین تعریف شده در نصب دستگاه وجود دارد.

c) محل دستگاه اندازه گیری طوری باشد که به کابلهای بلند نیاز نباشد چون در غیر اینصورت ممکن است دقت دستگاه تحت تأثیر قرار گیرد.

۲DC-٦-٦ توان

برای dcبستگی به محل سیستم قدرت برای اندازه گیری کیفیت توان ممکن است از تغذیه بطور داخلی بکار گرفته شده dcعملکرد دستگاهها استفاده شود بعلاوه ممکن است توان باشد در دستگاه برای فراهم کردن تغذیه پشتیبان اضطراری

ممکن است بصورت داخلی یا خارجی در دستگاه استفاده شده باشد. هنگامیکه از dcتوان استفاده می شود چندین نکته باید مورد توجه قرار گیرند. یک بار دیگر مراجعه dcتوان کنید به راهنمای عملکرد دستگاه برای راهنمایی

a) اگر از توان خارجی استفاده می شود سایز کابلها چقدر باشند.

b) آیا دستگاه زمین شده است.

c) از باتری که می تواند در حافظه ساخته شده باشد آمده است.dc آیا توان

متصل شده، توانایی AC اگر از شارژ خارجی استفاده شده و به یک خروجی d)

ایزولاسیون شارژر چیست و شارژر چه تأثیری روی سیستم قدرت دارد.

۶-۶- تغذیه وسایل اندازه گیری

۱-۶-۶- *منبع تغذیه و سازگاری آن*

در زمان استفاده از وسایل مونیتورینگ ، کمینه کردن تاثیر این وسیله روی پارامتری که اندازه گیری می شود اهمیت به سزایی دارد. با به کار بردن ترانسفورماتورهای ولتاژ و جریان مناسب ، این مورد می تواند انجام گیرد. موارد زیر باید قبل از انتخاب توان دستگاه مد نظر قرار گیرند.

ـ منبع تغذیه خود تولید نویز تاثیر گذار نکند.

ـ مصرف دستگاه روی اندازه گیری ها تاثیر نگذارد و حتی المقدور کم باشد.

ـ در صـــورتی که منبع تغذیه به وسیله حفاظتی حالات گذرا مجهز باشد این وسیله نباید روی اندازه گیری ها تاثیر گذارد.

ـ دستگاه باید در زمان بروز تغییرات در شبکه اکتریکی (که می توانند موجب مسایل کیفیت برق گردند) به طور صحیح عمل کند.

ـ از کابل های قدرت پارازیت زاد استفاده نشود.

اگر تغذیه دستگاه و اندازه گیری ها از دو محل جدا از هم باشند ممکن است برای بسیاری از موارد فوق ، دستگاه را دچار خطا نکنند. به هر حال باید موارد زیر در آن ها رعایت گردد :

ـ کیفیت توان تغذیه دستگاه به صورتی باشد که روی اندازه گیری ها تاثیر نگذارد.

ـ محل دستگاه اندازه گیری طوری باشد که به کابل های تغذیه بلند نیاز نباشد

۲-۶-۶- تغذیه DC

با توجه به محلی از شبکه الکتریکی که قرار است اندازه گیری در آن انجام شود، یک وسیله مونیتورینگ ممکن است برای عملکرد خود از تغذیه DC بهره گیرد. تغذیه DC می تواند به صورت داخلی و یا خارجی به دستگاه اعمال گردد. هنگام استفاده از تغذیه DC ، موارد متعددی شامل موارد زیر باید در نظر گرفته شود :

ـ اگر از تغذیه DC به صورت خارجی استفاده می شود اندازه کابل ها به طور مناسب انتخاب گردد.

ـ دستگاه به طور مناسب زمین شود.

ـ اگر از یک شارژر خارجی استفاده می شود ، قابلیت ایزوله کردن بار توسط شارژر مقداری باشد که خود شارژر تاثیری روی شبکه نگذارد.

۷- ملاحظات کاربردی دستگاههای مونیتورینگ

در کاربرد دستگاه های مونیتورینگ بایستی مواردی را رعایت نمود تا اندازه گیری به شکل ایمن و موثر انجام گردد. این موراد به شرح زیر می باشد :

مسئله دیگری که در مونیتورینگ کیفیت برق اهمیت دارد محل مونیتورینگ می باشد. لازم است که نقطه مونیتورینگ تا جایی که امکان دارد نزدیک به تجهیزات حساسی باشد که عملکرد آن ها تحت تاثیر کیفیت برق قرار می گیرند تا همان تغییراتی را که تجهیزات حساس دریافت می کنند تعقیب نماید.

محـل مهم دیگر برای دریافت اطلاعات و مونیتورینگ وقایع ، محل اصلی ورودی برق به مشترک می باشد زیرا تغییرات ولتاژ و حالات گذرایی که در این نقطه اتفاق می افتند توسط بسیاری از دستگاههای مشترک دیده می شوند.

همچنین این نقطه بهترین محل برای نشان دادن اعوجاج به وجود آمده توسط سیستم است البته مشخصات برخی از پدیده های مربوط به کیفیت برق به دلیل وجود امپدانس های سیستم توزیع و دینامیک بار تغییر می کند.

محل ابتدایی نصب یک مونیتور کیفیت برق به هدف ونوع بررسی بستگی خواهد داشت. اگر هدف مونیتورینگ تشخیص مشکل به وجود آمده در عملکرد یک تجهیز باشد، مونیتور باید تا حد ممکن نزدیک به تجهیز مورد بررسی نصب شود.

اگر هدف مونیتورینگ تحقیق درخصوص کیفیت کلی برق یک مشترک باشد مونیتور باید در محل ورودی برق تغذیه مشترک قرار گیرد. مونیتور سپس می تواند به سمت پست اصلی توزیع حرکت نموده تا کیفیت برق فیدرهای مجزا را مشخص نماید.

اگر اندازه گیری هارمونیک ها مورد نظر باشد مونیتور باید در محل فیلتر یا خازن نصب شود تا مقدار هارمونیک جریان و ولتاژ اعوجاج یافته را اندازه گیری نماید. " بزرگ سازی گذراهای کلید زنی " نیز می تواند با اتصال مونیتور به بانک خازنی تحقیق شود. شکل ٥ چنین موردی را نشان می دهد.

مونیتور کیفیت برق باید تا حد ممکن نزدیک به بارهای مشکوک نصب شود. باید با بازرسی دقیق اطمینان حاصل شود که تجهیزاتی مانند فیلترها ، ترانسفورماتورها و غیره بین مونیتور و بار مورد نظر

متصل نشده باشند. در این صورت دستگاه مونیتور ، دامنه اعوجاجات ولتاژی را که مستقیما" روی بار می افتند نمایش داده و از مدار فیلتر و امپدانس ها تاثیر نمی گیرد. همچنین با این نوع نصب می توان مستقیما" شینه جریان تغذیه کننده بار را مورد اندازه گیری قرار داد بدون اینکه طول سیم های رابط مونیتور افزایش یابد.

گاهی اوقات امکان اتصال مونیتور به بار نیست. به عنوان مثال نقاط اتصال ولتاژ ممکن است در دسترس نباشد و یا بار ممکن است در یک مکان خطرناک باشد. در چنین موقعیتی مونیتور ممکن است در نزدیکترین تابلوی فرعی تغذیه کننده بار متصل گردد. عمل فوق دارای این مزیت است که هادی های مدار برای اندازه گیری جریان در دسترس می باشند.

۱-۷- ایمنی

روشی که دستگاه مونیتورینگ اعوجاج به مدار تحت بررسی متصل می شود ممکن است علاوه بر تاثیر روی دقت داده ها ، روی موارد دیگری مانند ایمنی پرسنل نیز اثر بگذارد. در واقع در نحوه اتصال سیم های ارتباطی مونیتور ، علاوه بر این که این اتصالات باید کامل و بی نقص انجام گیرد ، ایمنی پرسنل نیز نباید دچار خطر شود.

اغلب در مدت اندازه گیری درپوش تابلو بر داشته می شود. بنا براین کلیه قسمت های برق دار باید به اندازه کافی حفاظت شود. اگر از ترمینال های پیچی استفاده می شود سیم های در دسترس باید در پوشش های مناسب قرار گیرند. از اتصال سیم هـــای متعدد به یک پیچ باید اجتناب شود. پیشنهاد می شود برای اجتناب از برداشتن درپوش تابلوها برای اتصال دستگاه مونیتورینگ به آن در صورت امکان در هنگام ساخت تابلو ترمینال هایی بر روی آن بدین منظور پیش بینی گردد.

۱-۱-۷- کیفیت هادی ها و اتصالات

اتصال سیم های رابط دستگاه اندازه گیری در تابلوها باید به نحوی انجام گیرد که حالت معمول و وضعیت عادی سیستم را تغییر نداده و همچنین مشخصات وسایلی که این اتصالات به آن وصل می باشد را عوض نکند . اگر درب تابلوها در حین مونیتورینگ باز بماند باید وسیله ای اضافی تهیه گردد تا دسترسی به ناحیه اتصال مونیتور را محدود نموده و اشخاص دیگر را از انجام عمل مونیتورینگ مطلع سازد. سیم های رابط نباید دور سیم های موجود پیچیده شوند یا درمحل اتصالی قرار گیرند که تنها برای اتصال یک سیم طراحی شده است. از " گیره های سوسماری " نباید برای اتصال استفاده شود چون آن ها به راحتی باز می شوند.

در حالتی که نتوان برای اتصال دادن از پیچ ها یا اتصالات کلمپی موجود استفاده نمود ، از اتصال نوع بافته شده باید استفاده کرد. برای اجرای این نوع اتصال ، برق مدار باید قطع شود، هادیی که اندازه گیری از طریق آن انجام می شود از اتصال خود بیرون کشیده شود ، یک اتصال بافته شده از هادی الکتریکی عایق دار با همان سطح مقطع هادی اصلی در اتصال اصلی قرار گیرد و سپس اتصال بافته شده ، هادی اصلی و سیم ارتباطی مونیتور توسط وسیله ای مناسب به همدیگر متصل می گردند. این اتصال جدید باید نوار پیچی شود تا به عایق بندی و ایمنی اتصال ، اطمینان حاصل شود.

سیم های رابط در واقع ارتباط بین شبکه الکتریکی و مونیتور هستند. آن ها ادامه ورودی های مونیتور هستند نه ادامه شبکه الکتریکی . این بدان معنی است که هر گونه اتصال

نامناسب باید قبل از آغاز اندازه گیری اصلاح شود. علاوه بر این نتیجه برخی اندازه گیری های اشتباه ممکن است نتیجه نوع اتصال باشد و به شبکه الکتریکی ارتباطی نداشته باشند. هادی های ارتباطی دستگاه های مونیتورینگ عموما" به امواج با فرکانس رادیویی حساس هستند. برای کمینه کردن اثرات نامطلوب این امواج ، باید دو سیم به هر کانال ورودی مونیتور متصل گردد و از روش معمول یک سیم در هر کانال با یک سیم مشترک تکی نباید استفاده شود. در برخی حالات ، دستگاه مونیتورینگ وقایعی را ارایه می کند(مانند ولتاژهای گذرا) که از تداخل امواج رادیویی با هادی های ارتباطی به وجود آمده اند. این وقایع به ویژه هنگامی که آستانه های مونیتور اعداد کوچکی هستند (مثلا" ۲۵ تا ۵۰ ولت در یک سیستم ٤۰۰ ولت) مشکل زاد می شوند.

هنگامی که از روش دو سیم برای هر کانال استفاده می شود ، این دو هادی باید روی همدیگر پیچده شوند.

برای اندازه گیری های طولانی مدت باید از اتصالاتی استفاده نمود که در طول زمان خاصیت خود را از دست نداده و مطمئن شد که جنس اتصالات با نوع سیم مطابقت داشته باشد. در این حالت اگر جنس آن ها متفاوت باشد می توان از کلمپ های بی متال استفاده نمود.

همواره سیم های رابط را باید پس از اینکه به دستگاه مونیتور متصل شده باشند به مدار مورد نظر اتصال داد. هنگامی که دستگاه مونیتور در معرض سطوح مختلف امواج با فرکانس رادیویی قرار می گیرد ممکن است اطلاعات غلط و همراه با خطا ارایه دهد. تداخلات ممکن است در اثر سیم های رابط ورودی وارد دستگاه شوند. اگر داده های جمع

آوری شده غیر واقعی به نظر برسند علت آن می تواند تداخل دستگاه با امواج خارجی با فرکانس رادیویی باشد.

۴-۱-۷- جایابی مونیتور

مونیتور باید به دقت نصب شود به نحوی که امکان حرکت دستگاه و جدا شدن اتصالات وجود نداشته باشد. اگر از یک چاپگر برای چاپ نتایج اندازه گیری استفاده می شود ، باید احتیاط های لازم صـــورت گیرد تا کاغذ چاپگر در موقع کار مشکلی ایجاد نکند. مونیتورها نباید در معرض حرارت زیاد ، رطوبت و گرد وغبار قرار گیرند زیرا در این صورت ممکن است دستگاه صدمه دیده ویا در فرآیند اندازه گیری مشکلی ایجاد شود. مونیتورها نباید در مسیرهای پر رفت و آمد نصب شوند. مونیتور باید به نحوی نصب شود که ایمنی افراد شاغل در آن مکان را به مخاطره نیاندازد. یک محفظه حفاظتی یا یک سد کننده می تواند گاهی اوقات برای این منظور استفاده شود همچنین محل قرار گیری مونیتور نباید ایمنی شخصی را که مشغول نصب دستگاه است به خطر اندازد. اگر در جایی محدودیت مکانی وجود داشته باشد و نتوان اتصال با ایمنی مناسب برای سیم های رابط دستگاه ایجاد کرد باید جا و مکان دیگری برای مونیتور انتخاب نمود.

عوامل محیطی و خارجی ممکن است روی عملکرد دستگاه مونیتور تاثیر بـــــگذارند. شوک های مکانیکی و لرزش می تواند تنش هایی را در داخل دستگاه ایجاد کند که باعث ضعیف شدن اتصالات مکانیکی ، بروز قوس وایجاد اطلاعات همراه با خطا شود. هنگامی که مونیتور در ناحیه ای قرار گرفته که احتمال وجود تنش های مکانیکی در آن وجود دارد استفاده کننده باید مطمئن شود که دستگاه توانایی تحمل و عملکرد صحیح در آن محیط را

دارا می باشد. به دلیل لرزش ها و تنش های مکانیکی که در حین انتقال دستگاه به محل مونیتورینگ ایجاد می شود ، عملکرد صحیح دستگاه باید قبل از استفاده بازبینی شود.

۲-۷ محل مونیتورینگ

۱-۲-۷ هدف

مشخصات برخی نوسانات سیستم قدرت بستگی به نزدیکی به منبع، امپدانس سیستم توزیع و دینامیک بار تغییر می کند بعنوان مثال، ولتاژ گذرا ، پخش انرژی خواهد شد بین امپدانسهایی که با گوشه جلو زمان صعود، دامنه پیک و فرکانس نوسان تغییر خواهند کرد. محل اولیه برای نصب مونیتور کیفیت توان برای هدف اندازه گیری بستگی خواهد داشت اگر هدف مونیتورینگ نمایش مشکلات دستگاه باشد مونیتور باید تا حد ممکن نزدیک بار نصب شود این مسأله می تواند هم شامل تجهیزات حساس الکترونیکی مانند کامپیوترها و محرکه های با قابلیت تنظیم سرعت و هم تجهیزات سیستم های توزیع مانند کلیدها و خازنها باشد. بعد از نوسان ولتاژ مشخص شده، مونیتور ممکن است برای مشخص کردن منبع اعوجاج در مدار حرکت داده شود.

اگر دستگاه تحت تأثیر قرار گرفته بوسیله یک سیستم برق اضطراری یا فیلتر تحت حفاظت قرار گرفت محل مونیتور باید تغییر یابد. در این حال مونیتور باید در محل اتصال دستگاه به منبع تغذیه نصب شود (بین دستگاه برق اضطراری و دستگاه تحت تأثیر قرار گرفته) این اندازه گیری نشان خواهد داد آیا توان تحویل شده به دستگاه با مشخصات فنی پیشنهاد شده کارخانه سازنده مطابقت دارد؟

پس از اینکار، مونیتور بایستی به طرف منبع وسیله برق اضطراری یا فیلتر متصل شود تا نشان دهد که سطح اعوجاج ایجاد شده در توانایی فیلتر یا وسیله برق اضطراری هست یا خیر

اگر هدف مونیتورینگ تحقیق در خصوص کیفیت کلی برق یک مشترک باشد مونیتور باید در محل ورودی برق تغذیه مشترک قرار گیرد مونیتور سپس می تواند به طرف پست اصلی توزیع حرکت نموده تا کیفیت توان فیدرهای مجزا را مشخص نماید.

اگر اندازه گیری هارمونیک ها مدنظر باشد باید مونیتور در محل فیلتر یا خازن نصب شود تا مقدار هارمونیک جریان و ولتاژ اعوجاج یافته را اندازه گیری نماید بزرگ سازی گذراهای کلیدزنی نیز می تواند با اتصال مونیتور به بانک خازنی تحقیق شود. مراجعه شود به شکل۱۵

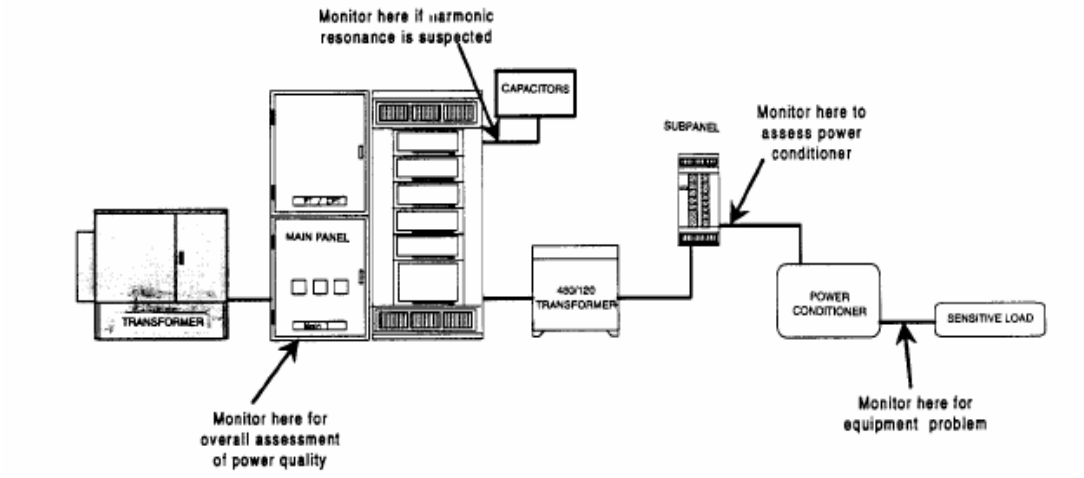


Figure 15—Suggested monitoring locations on a typical low voltage system

شکل ۵– محل های پیشنهادی برای مونیتور روی یک سیستم فشار ضعیف نمونه

۲-۲-۷ دانش مدارهای الکتریکی

بررسی کردن داخل محیط الکتریکی پیش از اتصال به دستگاه مونیتورینگ مهم است. این می تواند بهترین ترسیم یا تعیین دیاگرام تک خطی مدار الکتریکی مونیتورشده باشد این طرح تک خطی ممکن است شامل صفات مورد استفاده، مشترکان الکتریکی مجاور، سیم کشی داخلی و بارها باشد.

آگاهی از محیط مورد بررسی برای ایمنی از اتصالات مخصوص گزارش داده ها را آسان می کند .

بارهای الکتریکی در مجاورت وسایل ممکن است تأثیر بگذاری روی کیفیت الکتریکی در محل مونیتورینگ.

۳-۲-۷- چگونگی پیدا نمودن منبع ایجاد کننده کیفیت نامناسب برق (منبع اعوجاج)

اولین قدم در شناسایی منبع ایجاد کننده کیفیت نامناسب برق ارتباط دادن شکل موج آن با عوامل ممکن است .

به مجرد آنکه دسته بندی دلایل وعوامل تعیین گردید (مانند کلید زنی بار ، کلید زنی خازن ، اتصال کوتاه در شبکه ، عمل وصل مجدد و غیره) شناسایی مسئله سر راست می گردد.

برای این کار راهکار های عمومی زیر را می توان استفاده نمود :

ـ تغییرات ولتاژ با فرکانس بالا محدود به مکان هایی نزدیک به محل اعوجاج خواهد بود.

ـ قطع برق در نزدیکی محل اندازه گیری باعث ایجاد تغییرات ناگهانی ولتاژ می گردد .قطع برق در نقاطی دور از محل اندازه گیری باعث ایجاد کاهش تدریجی ولتاژ می گردد که این پدیده نیز ناشی از انرژی ذخیره شده در خازن ها و ماشین های الکتریکی خواهد بود.

ـ اعوجاج ولتاژ با هارمونیک های مرتبه بالا در نزدیک خازن ها اتفاق می افتد و باعث ایجاد تشدید می گردد. در این حالات ، در طیف ولتاژ هارمونیکی یک فرکانس خاص غالب می گردد.

۳-۷- نحوه اتصال مونیتورکیفیت برق

اتصـــــال هادی های ارتباطی مونیتور باید کلیه مدهای اعوجاجی را که روی وسیله موردنظر تاثیر می گذارند پوشش دهد. همان طور که هادی های مدار افزایش می یابند ، وضعیت های اندازه گیری لازم نیز افزایش خواهند یافت.

در مورد بارهای سه فاز ، بهترین راه اتصال مونیتورها همانگونه است که بار مورد نظر اتصال یافته است. برای مثال اگر بار حساس به صورت مثلث بسته شده است (سه سیم بدون نوترال) مونیتور نیز باید به همان صورت آرایش یابد. یک کانال فاز ـ زمین می تواند در صورت امکان اضافه شود.

پیشنهاد می گردد که برق تغذیه دستگاه مونیتورینگ از مداری به جز مداری که قرار است مورد مونیتورینگ قرار گیرد تامین شود.

یکـــی از مهم ترین مسایل ، سیستم زمین مونیتور است. مونیتورها باید یک اتصال زمین برای سیگنال هایی که قرار است مونیتور شوند و یک اتصال زمین دیگر برای منبع تغذیه تجهیزات داشته باشند.

هر دو این زمین ها باید به شاسی دستگاه وصل شوند. به دلایل ایمنی ، هر دو ترمینال زمین را باید به زمین مـــناسب متصل نمود. به هر حال ، این کار امکان بالقوه ایجاد حلقه های زمین را به وجود می آورد. با توجه به اهمیت مسئله ایمنی بهتر است که هر دو

ترمینال زمین به یکدیگر متصل شوند. در صورتی که حلقه های زمین ایجاد مشکل نمایند مثلا" جریان های گذرا باعث آسیب رساندن به تجهیزات شده و یا اندازه گیری ها را دچار اختلال کنند می توان دستگاه را از همان مداری که قرار است مونیتورینگ آن انجام گیرد تغذیه نمود. از سوی دیگر ، این امکان وجود دارد که فقط یک زمین را متصل کرد (مثلا" زمین مربوط به سیگنال مونیتور شده) و دستگاه را بر روی یک سطح عایق قرار داد.

۴-۷- آستانه های اندازه گیری و جمع آوری اطلاعات

۱-۴-۷- تنظیم آستانه دستگاه مونیتور

معمولا" مونیتورهای کیفیت برق به نحوی طراحی می گردند که شرایط غیر عادی شبکه را مشخص نمایند. بنا براین لازم است محدوده شرایطی را که شرایط عادی در نظر گرفته می شوند تعریف نمود. بعضی از دستگاههای مونیتور اعوجاج دارای مقادیر آستانه از قبل تعیین شده هستند که می توان از این مقادیر برای شروع اندازه گیری استفاده نمود. بهترین روش انتخاب آستانه عملکرد ، هماهنگ کردن آن با مشخصات تجهیزی است که مورد بررسی قرار می گیرد. این روش همواره امکان پذیر نیست زیرا راهنمای کاربرد و یا مشخصات دستگاه ممکن است موجود نباشد. روش دیگر ، تنظیم آستانه از روی اطلاعات جمع آوری شده است. برای این کار در یک محدوده زمانی مشخص اطلاعات زیادی از اعوجاجات سیستم جمع آوری شده و سپس براساس این اطلاعات آسانه مناسب انتخاب خواهد شد.

هنگامی که مونیتوری به مدار متصل می شود ، باید چنان برنامه ریزی شود تا پارامترهای مطلوب را گزارش کند. فرآیند انتخاب آستانه های مونیتور بستگی به هدف بررسی دارد.

اگر هدف ، بررسی حل مشکل عملکرد یک تجهیز باشد ، تنظیم کردن آستانه مونیتور بستگی به حساسیت تجهیز خواهد داشت. بنا براین مونیتور باید با دامنه هایی برای ولتاژ (ویا جریان) برنامه ریزی شود تا در زمان عبور از حدود مجاز حساسیت دستگاه مورد نظر ، داده های مربوط به اعوجاج رخ داده شده را ارایه نماید. اگر هدف ، بررسی کلی کیفیت برق باشد ، تنظیم آستانه مونیتور بستگی به محدودیت های مربوط به حافظه مونیتور دارد.

سازنده های مختلف برای گرفتن اطلاعات ، برنامه ریزی و نمایش آن ها روش های متفاوتی را برگزیده اند. دستگاه اندازه گیری ممکن است به دلیل روش اندازه گیری ، نحوه زمین کردن و شیلدینگ ، داده های نامناسب ایجاد کند.

در کلیه دستگاه های مونیتورینگ مصالحه ای بین هزینه ، توانایی قابلیت حمل بودن و تکمیل بودن آن باید صورت پذیرد. دستگاه ها محدودیت هایی را در زمینه سرعت پردازش ، ذخیره اطلاعات ، سرعت چاپ و حافظه دارند. این محدودیت ها ممکن است باعث عدم خواندن و ثبت برخی از اطلاعات شود.

۲-۴-۷- روش آماده سازی دستگاه مونیتوینگ

در ابتدا باید مونیتور را نصب نمود و اجازه داد که بدون ضبط در حافظه یا چاپ اطلاعات به مدت نیم ساعت یا به اندازه ثبت اولین واقعه کار کند. می توان حتی اجازه داد که قبل از انجام عمل تنظیم آستانه ها ، مونیتور برای ٢٤ ساعت در این حالت بماند. در این زمان می توان عملکرد صحیح دستگاه را بازرسی نمود و از ضبط بی دلیل اطلاعات در حافظه یا کاغذ چاپ جلوگیری نمود.

اگر هدف مونیتورینگ بررسی مشکل به وجـــــود آمده در عملکرد یک تجهیز ویژه در یک شبکه " سالم " (جایی که اعوجاج ولتاژ قابل ملاظحه ای موجود نیست) باشد ، تنظیم آستانه های دستگاه اندازه گیری کاری ساده و راحت خواهد بود. آستانه مونیتور ممکن است درست در مرز سطح حساسیت تجهیز تحت آزمون تنظیم شود. بنا براین میزان اعوجاج می تواند از شکل موج گزارش استنتاج شود. این کار براساس هماهنگی زمانی با زمان عملکرد نادرست تجهیز و یا هنگامی که مقدار اعوجاج به طور آشکار از سطح حساسیت تجهیز بالاتر می رود انجام می گیرد.

انتخاب آستانه ها در یک شبکه فعال الکتیرکی (مانند ورودی به یک محکره با قابلیت تنظیم سرعت) بسیار مشکل تر است. اگر آستانه ها خیلی پایین انتخاب شوند ، نوسانات دایمی ، قابلیت های مونیتور را از بین برده و ممکن است حتی از گزارش شدن بسیاری از اعوجاجات قابل ملاحظه ای جلوگیری کنند.

۴-۴-۷- *ملاحظاتی درخصوص حساسیت تجهیزات*

بهترین نوع تنظیم آستانه ها ، انتخاب آن ها متناسب با سطوح حساسیت تجهیز تحت آزمون است. سطوح حساسیت تجهیز را می توان از مشخصات فنی آن ویا از بررسی های گذشته انجام شده روی آن تجهیز به دست آورد.

آستانه ها باید کمی پایین تر از سطوح حساسیت تجهیز تنظیم شوند تا مطمئن شویم که شکل موج اعوجاجی گزارش خواهد شد. طول عمر تجهیز، تفاوت بین سطوح حساسیت تجهیز با آنچه که در پلاک مشخصات آمده است و دقت مونیتور عواملی هستند که در

زمانی که سطوح ولتاژ زیر سطوح حساسیت مورد انتظار هستند سبب عملکرد نادرست تجهیز خواهد شد.

جدول ۳ می تواند به عنوان قاعده کلی برای تنظیم آستانه های به کار رود. این قواعد برای تجهیزات با ولتاژ نامی ۲۳۰ ولت کاربرد دارند.

جدول ۳- قواعد کلی برای تنظیم آستانه ها

	مورد اندازه گیری	تنظیم پیشنهادی	ملاحظات
آستانه های ولتاژ نامی	فلش	۲۰۷ ولت موثر	۱۰ – درصد ولتاژ نامی تغذیه
	برآمدگی ولتاژ گذرا	۲٤۱ ولت موثر	٥ + درصد ولتاژ نامی تغذیه
	گذرا	٤۲۰ ولت	تقریبا" حدود دو برابر ولتاژ نامی فاز ـ نوترال
	نویز	۲/٥ ولت	حدود یک درصد ولتاژ نامی فاز ـ نوترال
	هارمونیک ها	اعوجاج هارمونیکی کل ٥ درصد	سطح اعوجاج ولتاژ در بارهایی که تحت تاثیر قرار می گیرند.
	فرکانس	۰/۳ $\pm$ هرتز	-
	عدم تعادل ولتاژ	۲٪	عدم تعادل ولتاژ بیش از ۲٪ می تواند روی تجهیز تاثیر گذارد
	فلیکر	شاخص کوتاه مدت فلیکر (P_{st}) برابر ۱	$P_{st}=1$ اسانه آزاردهی چشم است
آستانه های ولتاژ بین نوترال ـ زمین	برآمدگی ولتاژ گذراهای ضربه ای نویز	۳ ولت موثر ۳۸ ولت پیک ۲/٥ ولت موثر	سطوح نمونه برای مسائل موجود زمین و یا نوترال ده تا بیست درصد ولتاژ فاز ـ نوترال سطوح نمونه حساسیت تجهیزات
آستانه های جریان	جریان فاز / نوترال	جریان بار عادی براساس مقدار موثر ـ واقعی	ممکن است احتیاج باشد که آستانه های جریان بار بالاتر از جریان بار عادی انتخاب شوند. این انتخاب بستگی به داده های مطلوب و مقدار نوسان در جریان بار دارد
	جریان زمین	۰/٥ آمپر موثر واقعی	وابسته به ولتاژهای ایمنی و همچنیـــن داده های دارای خطا
	هارمونیک	اعوجاج هارمونیکی کل ۲۰ درصد برای مشترکین کوچک و مشترکین بزرگ ٥ درصد برای	اندازه گیری شده د ورودی مشترک و نسبت به حداکث دیماند جریان بار. سطوح اعوجاج هارمونیکی تابلوهای فرعی باید با توجه به تاثیر هارمونیک ها روی تجهیز که مونیتور می شود مانند سایز نوترال ، بار گذاری ترانس و خازن انتخاب شود.

طول دوره مونیتورینگ

طول دوره مونیتورینگ بستگی مستقیم با هدف مونیتورینگ دارد. معمولا" این زمان باید بازه زمانی را که الگوی مصرف تکرار می شود پوشش دهد. به عنوان مثال ، یک مشترک صنعتی ممکن است الگوی مصرف توانش در هر روز ویا د هر شیفت کاری تکرار شود. بسته به هدف مونیتورینگ ممکن است لازم باشد که حداقل یک شیفت کاری عمل اندازه گیری انجام گیرد.

۲-۵-۷- مونیتورینگ مقدماتی

مونیتورینگ مقدماتی فرایند نسبتا" کـــوتاهـــی است. هدف آن به دست آوردن محدوده تغییرات (پروفیل) کیفیت برق در یک محل مشخص است. اطلاعات اولیه شامل تعیین مقادیر تغییرات ولتاژ و جریان در حالت ماندگار و گذرا می باشد. دیگر پارامترها مانند فرکانس نیز می تواند از مسائل مورد توجه باشد. طول دوره مونیتورینگ باید برابر با سیکل کاری کامل انتخاب شود. اگر وضعیت شبکه برق رسانی تغییر کند ، تکرار اندازه گیری ها و مقایسه با حالت قبل پیشنهاد می شود. پروفیل کیفیت برق ممکن است تغییرات فصلی نیز داشته باشد. بنا براین در فصول مختلف باید مونیتورینگ را انجام داد.

۳-۵-۷- مونیتورینگ برای حل مشکلات

یافتن مشکل برق یک دستگاه به خصوص که سبب عملکرد نادرست آن شده است می تواند روزها یا حتی هفته ها طول بکشد. این نوع فعالیت باید اعوجاج ویژه ای که سبب مشکل شده است را بیابد. هنگامی که مشکل پیدا شد راه حل مناسبی باید در نظر گرفته شود. پس

از این کار، برای مطمئن شدن از تاثیر راه حل ارایه شده و این نکته که هیچ نوع مسئله جدیدی ایجاد نشده است مونیتورینگ مجدد باید انجام گیرد.

۴-۵-۷- *مونیتورینگ برای مطالعه جامع کیفیت برق*

این نوع مونیتورینگ ، کلید درک و فهم چگونگی کیفیت برق در اثر تغییر عمده ای در شبکه برق است. مطالعات برای مدت های طولانی (معمولا" چند سال) در نقاط مختلف شبکه انجام می گیرد.

۸- تفسیر نتایج مونیتورینگ

۱-۸- مقدمه

در بررسی مسئله کیفیت برق مهم این است که مشخصات اعوجاج را با عامل ایجاد کننده آن مرتبط نمود. این امر به دانش و آگاهی درخصوص مشخصات انواع مختلف اعوجاج ها نیاز دارد. این مشخصات برای هر گروه از اعوجاجات محدوده معینی دارند. شکل موج ها و اطلاعات ارایه شده در این دستورالعمل به نحوی طبقه بندی شده اند که تا حد امکان زمینه تفسیر وضعیت نامناسب کیفیت برق را فراهم آورد. هنگامی که دلیل اعوجاج مشخص گردید باید تاثیر آن بر روی تجهیزات و راه حل های ممکن جهت بهوبد وضعیت کیفیت برق تعیین شوند.

یافتن راه حل های مناسب برای مشکلات ناشی از کیفیت برق شامل موارد متعددی می گردد. برخی از مسائل را می توان با بازبینی تجهیزات ، بررسی صحت سیم کشی و سیستم های زمین حل نمود. لیکن بقیه مسایل نیاز به اندازه گیری کامل دارد. بررسی خروجی مونیتورها شاید مهم ترین بخش بررسی مسئله کیفیت برق باشد. تنوع بسیار

وسایل اندازه گیری و محدودیت های آن ها ، محدوده وسیع سیستم های توزیع و مشخصه های مختلف بارها باعث می گردد که تفسیر نتایج به تجربه و مهارت استفاده کننده بستگی داشته باشد.

۲-۸- بررسی داده ها و اطلاعات خلاصه شده

اولین مرحله در تفسیر اطلاعات به دست آمده از دستگاه مونیتور ، بررسی خلاصه ای از آن ها در یک بازه زمانی است. این بازه زمانی بسته به شرایط موجود ، می تواند از یک دوره کاری یا حتی یک ماه نـــیز طول بکشد ، ولی به هر حال کمتر از یک دوره کاری نباید باشد. بررسی خلاصه اطلاعات می تواند نمایی از مفاهیم مهم را مشخص سازد و کمک آن ، لزوم انجام آزمایش و به دست آوردن جزئیات بیشتر را معین کند.

۱-۲-۸- تهیه اطلاعات خلاصه شده

نوع و جزئیات خلاصه اطلاعات باید اهداف اولیه را مشخص سازد. خلاصه اطلاعات باید بر روی دو مقوله اصلی تاکید کند. اول آنکه ، اطلاعات را باید بر حسب زمان وقوع آن جمع آوری نمود تا بتوان ارتباط بین آن ها را مشخص کرد. دوم آنکه اطلاعات باید با توجه به نوع اعوجاج و زمان وقوع دسته بندی شود.

۲-۲-۸- بازبینی اطلاعات خلاصه شده

بعد از مطمئن شدن از صحت اطلاعات خلاصه شده ، می توان اولین مرحله تفسیر اطلاعات را انجام داد. دراین مرحله ممکن است که نتوان به اهداف اصلی رسید ولی می توان اطلاعات مورد نیاز بیشتری را جهت پیشبرد برسی به دست آورد. سلسله وقوع حوادث می تواند به این عمل بسیار کمک نماید. این سلسله حوادث را می توان با سیکل مصرف ،

مشخصات تجهیزات مونیتورینگ ، نتایج مذاکرات با افرادی که در محل مشغول به کار هستند ویا هر نوع اطلاعات جمع آوری شده مقایسه نمود.

با استفاده از " هیستوگرام زمان ـ اعوجاج " می توان به اینکه اعوجاج رخ داده است یا خیر و نز به زمان وقوع آن واقف شد. الگوی اعوجاجات بر حسب زمان می تواند به یافتن منبع مسئله عدم کیفیت مناسب برق منجر شود.

۳-۸- *جداسازی اطلاعات مهم*

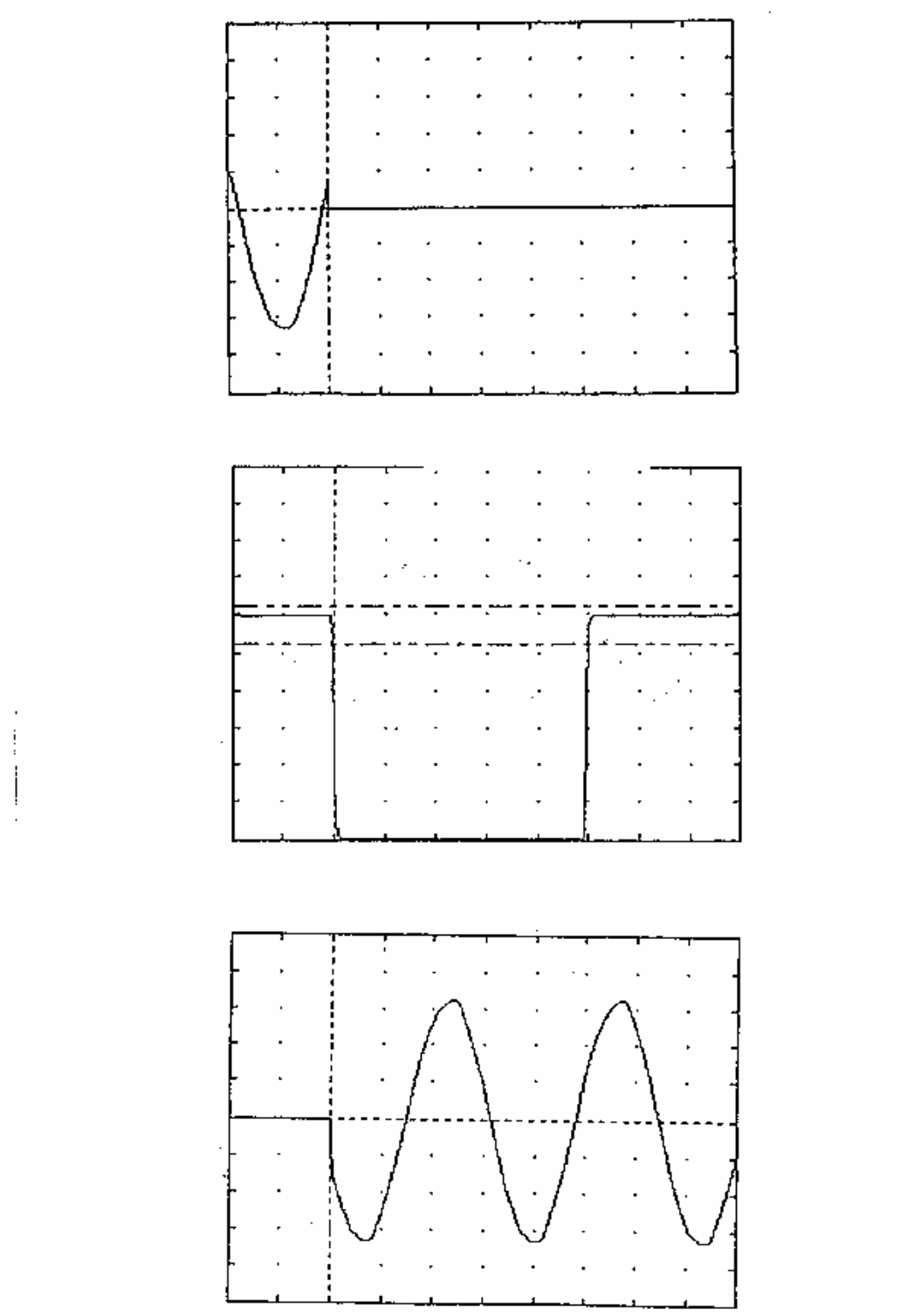
اغلب ، بررسی اطلاعات خلاصه به راه حل قطعی منجر نمی شود. ولی به هر حال اطلاعات مهم و مورد نیازی که قرار است به طور دقیق تر مورد بررسی قرار گیرند مشخص خواهند شد. این اطلاعات ، اطلاعات کلیدی نام دارند و به کمک آن ها می توان به بررسی مسائل پرداخت.

۱-۳-۸- *تعیین وقایع کیدی از روی چندین اعوجاج*

مرحله بعدی در تفسیر نتایج مونیتور شده ، به دست آوردن اطلاعات کلیدی و ترکیب آن ها با وقایع به وجود آمده می باشد. یک واقعه پدیده ای الکترومغناطیسی است که از یک یا چند گزارش به دست آمده از دستگاه مونیتور می توان آن را نتیجه گرفت. برای مثال ، در هنگام قطعی کوتاه مدت که در زمان رفع خطا و اتصالی به وقوع می پیوندد دستگاه مونیتور ممکن است این پدیده را به صورت فلش ولتاژ خط ـ نوترال ، قطعی یا یک یا چند حالت گذرا و غیره نشان دهد. تمام این ها تفسیری از یک واقعه قطعی را نشان می دهند.

به طور عملی ، تعیین حوادث و وقایع کلیدی شامل جمع آوری تمام اعوجاجاتی است که می توانند حوادث یکسان را توصیف نمایند. اگر همزمان با وقوع فلش ولتاژ خط به نوترال ،

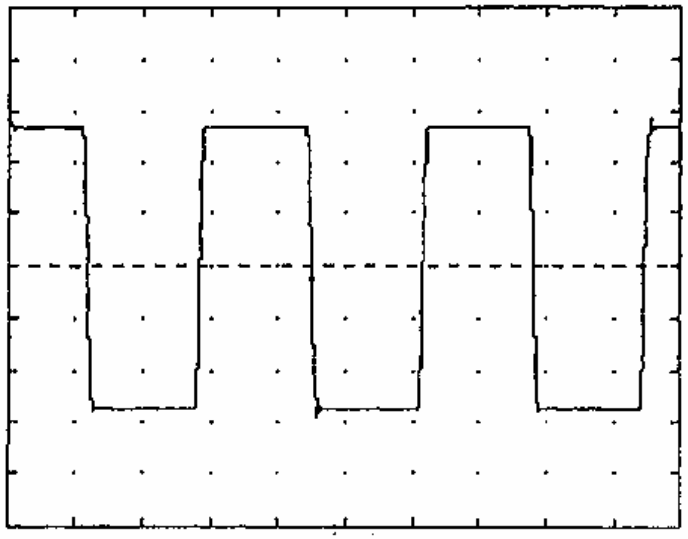
افزایش ولتاژی در نوترال ـ زمین به وجود آید ، علت آن می تواند تغییر بار در مدار مونیتور شده باشد. بسیاری از مواقع یک واقعه به صورت گروهی از اعوجاجات دیده می شود که هر کدام اطلاعات ذی قیمتی ا فراهم می سازند که می توان آن اطلاعات را در کنار یکدیگر قرار داد و مسئله را حل نمود.جداسازی حوادث با توجه به زمان وقوع آن ها امکان پذیر می باشد شکل ٦ سه منحنی را که نشان دهنده یک واقعه مشـــخص (یک قطعی مختصر محلی) است نمایش می دهد. توجه کنید که در شکل شماره (٦ ج) ، اعوجاج در شکل موج نشان می دهد که زمان برق دار شدن مجدد برابر با زمان اعوجاج اولیه به علاوه طول دوره قطعی می باشد.



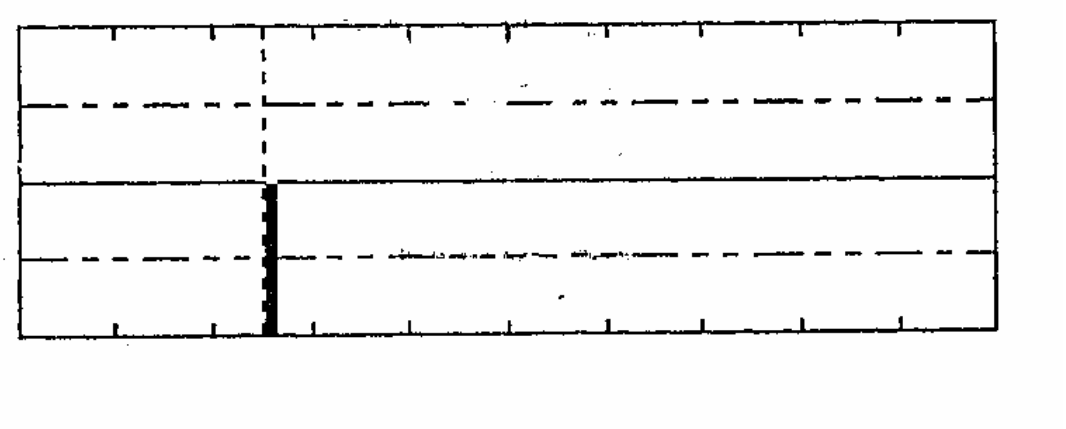
شکل ٦- الف- موج اعوجاج اولیه در زمان t ثانیه ب – قطع موقت فاز ـ نوترال با دوره ١٠ ثانیه ج ـ موج اعوجاج نهایی در زمان ١٠ + t ثانیه

۴-۸- *بازبینی واقعیت حوادث*

بازبینی و تعیین صحت واقعیت یک حادثه را بر اساس منحنی های واقعی از آن ها استوار ساخت. به طور کلی بازبینی و تعیین صحت اطلاعات ضبط شده باید بر اساس نحوه آرایش مدار و روش مونیتورینگ انجام گیرد. شکل های ۷ و ۸ نیاز به بازبینی واقعیت حادثه را نشان می دهد. با مراجعه به شکل ۷ می توان مشاهده نمود که جریان بالای پالسی شکلی در سیستم وجود داشته که باعث تخت شدن ولتاژ شده است . در واقع ، این حالت می تواند خروجی ولتاژ یک UPS باشد. البته ممکن است این تصور پیش آید که پدیده فوق در عملکرد نرمال شبکه امکان پذیر نیست.



شکل ۷- خروجی ولتاژ مربعی UPS



شکل ۸- موج ضربه منتجه از خطای دستگاه اندازه گیری

شکـــل ۸ یک موج ضربه ای سریع را نشان می دهد (ممکن است در اثر دشارژ استاتیکی باشد). اما با دقت بیشتر مشاهده می شود که موج ضربه با دامنه ٤٠٠ ولت بدون هیچ گونه جهشی به صورت لحظه ای به ماکزیمم خود رسیده و سپس به مقدار صفر بازگشته است. حتی در صورت استفاده از وسایل حفاظتی نیز یک شبکه قدرت خطی به ندرت پاسخی بدین شکل خواهد داشت. اینرسی الکتریکی مربوط به امپدانس سیستم ، مقداری جهش را به دنبال خواهد داشت و بنا براین این موج حتما" در اثر خطای دستگاه اندازه گیری ایجاد شده است.

۱-٤-۸- ***تفسیر حوادث کلیدی عامل کیفیت نامناسب برق***

هنگامی که حوادث کلیدی توسط اندازه گیری تشخیص داده شد و بازبینی گردید ، قدم بعدی تفسیر این حوادث است. اگر تحلیل خروجی ها حادثه مشخصی را نشان دهد، این امر باید بررسی شود. اگر به حادثه مشخصی نتوان اشاره نمود باید به ترتیب بروز وقایع ،

کلیه موارد بررسی شوند. بایستی توجه داشت که بروز هر واقعه ممکن است شامل بیش از یک منحنی یا گزارش باشد.

جدول ۵- مرجعی برای تحلیل مسائل

مسائل نمونه	نوع اعوجاج	علل ممکم	شماره زیر بخش
گرمای اضافی در نوترال قطعی های متناوب انحراف فرکانس	حالت ماندگار	نوترال مشترک سیم کشی نامناسب و ناکافی امپدانس منبع زیاد برش های ولتاژی هارمونیک ها	٤-١١-٣-١
قطعی داده های غیر عادی افزایش تصادفی در سطوح هارمونیکی		اتصالی در شبکه جریان های هجومی سیم کشی ناکافی	٤-١١-٣-٢
قطهی های متناوب فلیکر داده های غیر عادی	فلش / برآمدگی	تغییرات ولتاژ تغذیه جریان های ضربه ای / هجومی سیم کشی ناکافی	٤-١١-٣-٣
خرابی تجهیزات شکست عایقی قطعی داده های غیر عادی	موج های صربه تداخل الکترومغناطیسی	صاعقه کلید زنی بار کلید زنی خازن ها دشارژ استاتیکی قوس ، قطعی سیم کشی	٤-١١-٣-٤
گرمای اضافی در ترانسفورماتورها اعوجاج ولتاژ اعوجاج جریان گرمای اضافی در موتورها داده های غیر عادی قطعی	هارمونیک ها	بارهای الکترونیکی یکسوکننده ها	٤-١١-٣-٥
مشکلات به وقوع پیوسته به صورت همزمان مشکلات به وقوع پیوسته در بازه های منظم	شناسه ها	بارهای زمانی بارهای دوره ای	٤-١١-٣-٧
کلیدهای انتقال اتوماتیک کار نمی کنند شیفت فرکانس بیش از اندازه	قطعی ها	کلیدزنی به منابع دیگر کیدزنی غیر سنکرون شده	٤-١١-٣-٧

۲-۴-۸- تحلیل شکل موج ماندگار

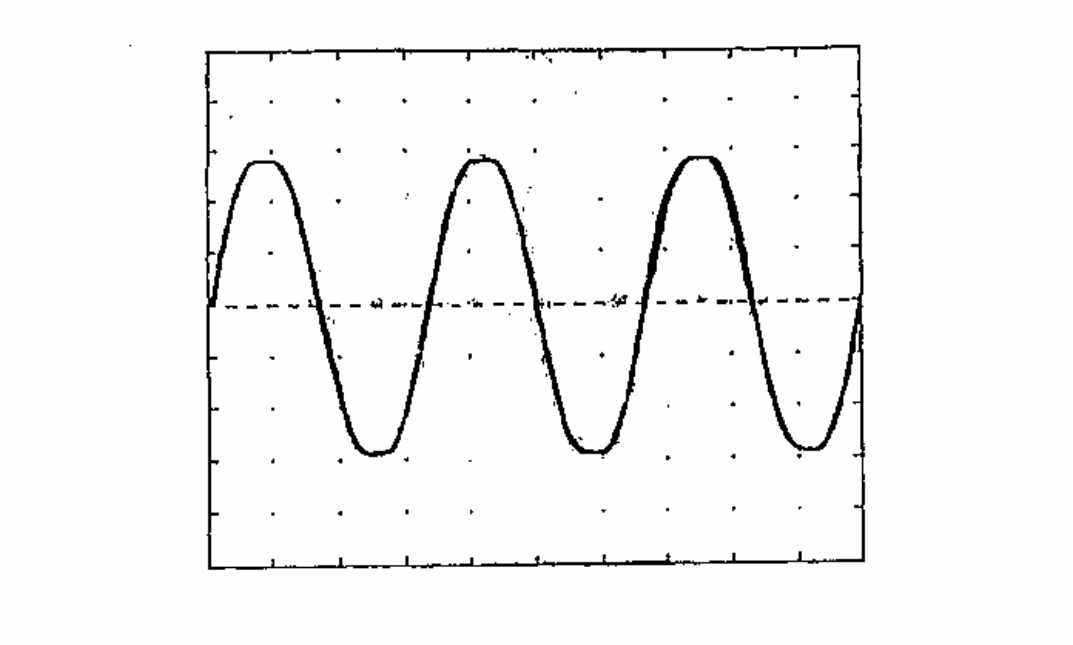
مفاهیم بسیاری را می توان با آزمایش و تحلیل شکل موج حالت ماندگار بارها یا شبکه قدرت استخراج نمود. این نوع تحلیل روی اعوجاجات متمرکز نمی شود بلکه ترجیحا" روی آنچه که هنگام عدم وجود اعوجاج اتفاق می افتد تکیه دارد. به طورکلی تحلیل شکل موج در محل ورودی مشترک یا کمی بالاتر به سمت شبکه شرکت برق ، نتایج مفیدتری را در بر دارد.

تحلیل حالت ماندگار اطلاعاتی را در زمینه های زیر به دست می دهد:

- نوع بارها
- صحت عملکرد مناسب شبکه قدرت
- تحقیق در رابطه با سیم کشی (نوترال اختصاسی یا سهم شده)

۲-۲-۴-۸- تحلیل اطلاعات شکل موج در حالت ماندگار

هنگامی که بارهای مختلف برق دار می شوند ، ولتاژها و جریان های لحظه ای توسط قانون اهم و امپدانس سیستم به یکدیگر ارتباط می یابتد. این ارتباط هم در دامنه (افت ولناژ) و هم در شکل موج است. برای مثال اگر بار ، یک کامپیوتر شخصی یا دیگر بارهای الکترونیکی که جریان را به صورت پالسی می کشند باشد افت ولتاژ در پیک شکل موج ولتاژ اتفاق می افتد. پدیده فوق سبب می شود که قله شکل موج کمی تخت شود (رجوع شود به شکل ۹).



شکل ۹- پدیده تخت شدن قله موج به دلیل وجود منابع تغذیه سوئیچینگ

در شبکه هایی که اتصال نوترال _ زمین دارند ، اطلاعات بسیاری را می توان از شکل موج ولتاژ نوترال ـ زمین به دست آورد. قانون اهم می گوید که ولتاژ نوترال ـ زمین متناسب با جریان هادی نوترال است. ولتاژ در فرکانس های پایین و صفر بودن جریان هادی زمین ، مستقیما" متناسب با جریان نوترال خواهد بود. در نتیجه شکل موج های ولتاژ نوترال ـ زمین می تواند اطلاعاتی را در رابطه با جریان درون نوترال در اختیار قرار دهند.

این موضوع می تواند به خصوص در آزمایش مدارات تک فاز اختصاصی که اکثرا" برای بارهای الکترونیکی استفاده می شوند مفید واقع شود. اگر شکل موج ولتاژ نوترال ـ زمین یک مولفه بزرگ سینوسی را نشان دهد، برخلاف جریان پالسی شکل بارهای الکترونیکی ، یک بار غیر الکترونیکی وجود دارد که از فیدر اختصاصی استفاده می کند.

همچنین عمل فوق در یافتن دلیل پایین بودن ولتاژ روی بار مفید خواهد بود. اگر ولتاژ نوترال ـ زمین روی یک مدار ۲۲۰ ولتی کمتر از چند ولت باشد ، بر این پدیده دلالت دارد که افت ولتاژ روی نوتـــــرال کم است بنا براین بالطبع افت روی هادی خط نیز کم خواهد بود. از طرف دیگر ، اگر ولتاژ نوترال ـ زمین بالاتر از حالت قبل باشد افت ولتاژ روی نوترال بالا بوده ، بنا براین احتمال اینکه سیم کشی و اتصالات ناکافی باشد زیاد خواهد بود.

جریان در هادی نوترال یک سیستم سه فاز متعادل (سیستم سه فازی که جریان در هر سه فاز مساوی است) برابر صفر است ، بنا برایـــــن هادی نوترال می تواند سطح مقطع کوچکتری از هادی های فاز داشته باشد. اما هنگامی که بارهای تک فاز الکترونیکی وجود داشته باشند ، مخصوصا" با منابع تغذیه سوئیچینگ ، این موضوع درست نخواهد بود.

چون بارهای الکترونیکی تمایل دارند که جریان پالسی شکل را در نزدیکی پیک موج سینوسی از منبع بکشند ، جریان های هارمونیکی در هر فاز نمی توانند حتی در سیستم های دقیقا" متعادل همدیگر را خنثی نموده و در نتیجه جریان نوترال می تواند حتی بزرگ تر از جریان فاز باشد. شکل موج جریان ممکن است سینوسی باشد ، ولی فرکانس آن ۱۵۰ هرتز خواهد بود. در این حالت سطح مقطع هادی نوترال باید دوبرابر سطح مقطع هادی فاز باشد.

توجه کنید که نه تنها ولتاژ موثر زمین ـ نوترال متناسب با جریان نوترال است ، بلکه شکل موج آن نیز دارای این تناسب است . بنا براین اگر فرکانس جریان نوترال ۱۵۰ هرتز باشد فرکانس ولتاژ نوترال ـ زمین نیز ۱۵۰ هرتز می باشد. به دلیل بالا بودن جریان نوترال ـ زمین نیز زیاد خواهد بود. همـــــچنین به خاطر داشته باشید که تغییر در ولتاژ نوترال ـ زمین می تواند در اثر تغییر در امپدانس (مثلا" اتصالات نامناسب) مدار نوترال و یا جریان غیر عادی در مدار زمین باشد.

۳-۴-۸- *شکل موج های اعوجاجی*

اعوجاج در شکل موج ، پدیده ای است که می تواند باعث تغییر قابل ملاحظه ای در شکل موج ولتاژ یا جریان یا یک سیکل به سیکل دیگر شود. اعوجاج شکل موج می تواند اطلاعاتی را در خصوص عملـــــکرد دقیق سیستم و طبیعت بارهای موجود در یک مشترک ارایه دهد. تعدادی از حرابی ها می توانند منبع اعوجاج را مشخص نموده و برخی دیگر نیز ممکن است علت اعوجاج را معین سازند.

۱-۳-۴-۸- *تحلیل اطلاعات شکل موج اعوجاجی*

یک سیستم برق AC دارای اینرسی است و در نتیجه باید مشخصه پاسخ سیستم را در نظر گرفت. کلیه بارهای متصل به شبکه برق ، توان مصرف می کنند. اکثر قطعی ها تغییری در شکل موج واقعی ایجاد می کنند ولی این تغییر به صورت لحظه ای نخواهد بود. جریان می تواند به طور ناگهانی قطع شود اما انرژی ممکن است از طریق میدان ها وارد سیستم شود. اکثر بارها مثل موتورها ، هنگامی که ولتاژ تغذیه آن ها قطع می شود سریعا" متوقف نمی شوند.

۴-۴-۸- فلش / برآمدگی

مشابه با شکل موج اعوجاجی ، فلش ها و برآمدگی ها تغییرات شکل موج ولتاژ و جریان را توصیف می کنند. به هر حال فلش ها و بر آمدگی ها نوعا" از ۱۰/۵ سیکل تا ۱ دقیقه طول می کشند و دارای دامنه ای هستند که بر حسب مقدار موثر بیان می شود. این بدان معنی است که به جای مشاهده شکل موج لحظه ای ، مقدار موثر موج بررسی می شود. اگر این مقدار ۱۰ ردصد کمتر ویا بیشتر از مقدار نامی باشد ، یک فلش یا برآمدگی به وقوع پیوسته است. اگر مقدار موثر ولتاژ از ۱۰ درصد کمتر ویا بیشنر شود و بیش از یک دقیقه طول بکشد پدیده ، اضافه ولتاژ یا کاهش ولتاژ به حساب می آید.

۲-۴-۴-۸- تحلیل اطلاعات فلش / برآمدگی

تغییرات ناگهانی جریان می تواند موجب تغییراتی در ولتاژ خط ـ نوترال و نوترال ـ زمین شود. برای مثال اگر باری که دارای ۱/۵ ثانیه جریان هجومی است راه اندازی شود ، فلش ولتاژ خط ـ نوترال و افزایش ولتاژ نوترال ـ زمین برای ۱/۵ ثانیه ایجاد خواهد کرد. درحقیقت بالا رفتن ولتاژ نوترال ـ زمین تقریبا" حدود نصف دامنه فلش خط ـ نوترال است. فلش ناشی از افت ولتاژ هادی های خط و نوترال است ، در حالی که ولتاژ نوترال ـ زمین تنها در اثر افت روی هادی نوترال می باشد.

توجه به اینکه اکثر فلش ها و برآمدگی های ولتاژ ناشی از تغییرات جریان می باشند ، می توان به راحتی به علل اکثر این نوع اعوجاجات پی برد. هر گاه که دو کمیت ولتاژ و جریان در دسترس باشند، تشخیص علت ممکن حتی راحت تر نیز صورت می گیرد. بسته به محل

مونیتورینگ نسبت به کل شبکه برق ، اینرسی الکتریکی ممکن است خود را به صورت فلش یا برآمدگی نشان دهد.

۵-۴-۸- اعوجاج های بار فرکانس بالا

بسیاری از اعوچاج های موجود در شبکه برق ، دارای فرکانس قدرت نیستند. برخی از این اعوجاجات سیگنال های فرکانس بالا با ولتاژ پایین و دایمی بوده که روی خطوط انتقال جریان دارند. برخی دیگر نیز سیگنال های ولتاژ بالا یا متوسط هستند که گذرا نامیده می شوند. هنگامی که ای اعوجاجات به شبکه قدرت تزریق می شوند پاسخ ان ها با پدیده فرکانس پایین متفاوت خواهد بود.

۲-۵-۴-۸- تحلیل اطلاعات اعوجاج های با فرکانس بالا

در فرکانس های بالا ، شبکه قدرت در معرض کوپلینگ خازنی و دیگر پدیده هایی قرار می گیرد که در تحلـــیل های فرکانـــس پایین در نظر گرفته نمی شدند. مدل های فرکانس بالا هنگامی به کار می روند که حالات گذرا و دیگر اعوجاجات با مولفه های فرکانسی حدود ۲۰ برابر فرکانس اصلی شبکه برق وجود داشته باشند. برای مثال ، در فرکانس حدود ۱۰۰۰ هرتز ، از تاثیر پدیده های فرکانس بالا نمـــــی توان صرف نظر نمود. داده هایی که چنین حالات گذرایی را نشان می دهند می توانند از یک سیم به سیم دیگر انتقال یابند. حتی اگر این سیم ها به یکدیگر اتصال نداشته باشند (مثلا" از طریق کوپلینگ خازنی) . امواج با فرکانس های بالا می توانند از کلیدهای باز نیز انتقال یابند. مشخصه های فرکانس بالای شبکه های قدرت باید در محدوده فرکانسی ذکر شده در نظر گرفته شوند. پدیده انعکاس امواج در این محدوده فرکانسی نیز می تواند رخ دهد (یادآوری می گردد که نصف طول

موج یک موج یک مگاهرتزی تنها ۱۵۰ متر است) گرچه آن ها معمولا" توسط بارهای خازنی روی خط سریعا" میرا می گردند.

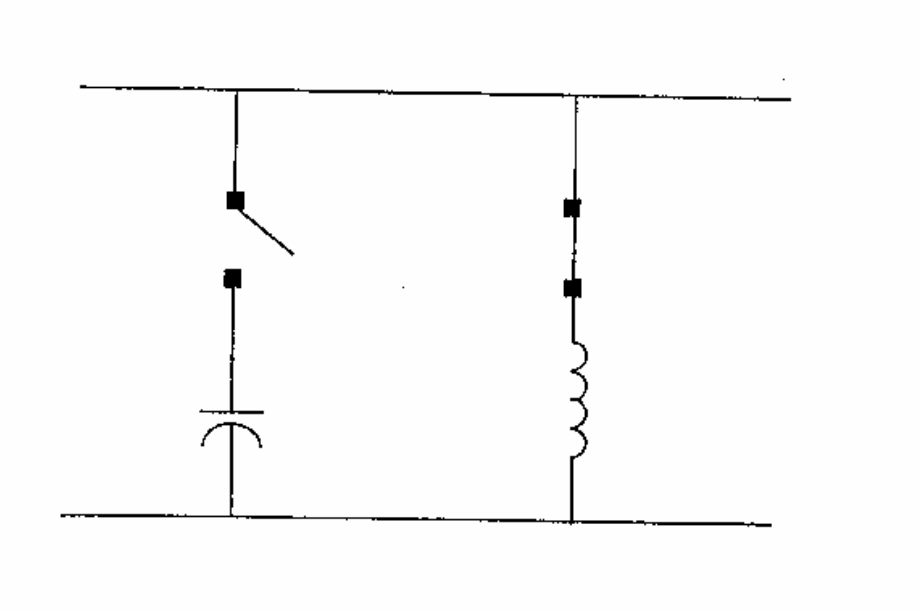
حالات گذرا معمولا" در اثر اضافه کردن یا برداشتن بارهای راکتیو از روی خطوط ایجاد می شوند. البته علل محیطی مانند صاعقه نیز می توانند عامل به وجود آمدن آن ها باشد.

یک مدل بسیار ساده از یک خازن ویک سلف در شکل ۱۰ آمده است. خازنی که به یک شبکه قدرت متصل می شود نوعا" در حالت دشارژ است. هنگامی که خازن برق دار می شود حدود ۱۰۰۰ درصد جریان نامی را برای حدود ۱ تا ۵ سیکل از شبکه می کشد که این موضوع می تواند یکی از علل پدیدار شدن حالت گذرای کلید زنی باشد. چون انرژی از منبع کشیده می شود لبه جلو رونده موج گذرا دارای پلاریته ای مخالف با شکل موج AC است ، یعنی در صورتی که بار خازنی در نیم سیکل مثبت برق دار شود ، لبه جلو رونده حالت گذرا ، منفی خواهد بود.

اگر یک بار خازنی به یک شبکه سلفی متصل شود ممکن است پاسخ فرکانسی سیستم را نیز تغییر دهد. یک مدار LC دارای فرکانس تشدید خواهد بود که می تواند با گذراهای خازنی ، تحریک شده ومنجر به یک گذرای نوسانی میرا شونده گردد.

از طرف دیگر هنگامی که یک سلف به شبکه قدرت اتصال می یابد، مقدار گذرا زیاد نخواهد بود، چون در این حالت سلف جریان کشیده و میدان مغناطیسی خود را ایجاد می کند. به هر حال در زمان بی برق کردن یک سلف حالت گذرای شدیدی پدید می آید. اگر سوئیچ کنترل بار سلفی باز شود سه اتفاق رخ می دهد. اول میدان مغنـــــاطیسی که در حال از بین رفتن است باعث ایجاد حالت گذرایی می شود. چون این حالت گذرا مقداری انرژی به

سیستم بر می گرداند موقعیت آن روی شکل موج AC با پلاریته مشابه خواهد بود.دوم ، در طی جلوگیری از عبور جریان ممکن است در کلید قوسی زده شود. این قوس به عنوان یک نویز بسیار سریع روی حالت گذرای سلفی تاثیر گذاشته و روی آن سوار می شود. سوم ، بسته به دامنه جریان قطع شده سوئیچ ممکن است دوباره وصـــل شود. وصل مجدد سوئیچ ، گذرای دیگر کوچکتری را بلافاصله پس از گذرای اول تولید می کند.



شکل ۱۰- مدلی برای تولید گذرای ناشی از بار

۶-۴-۸- *هارمونیک ها*

هارمونیک ها ، اعوجاج حالت ماندگاری را روی سیگنال های جریان و ولتاژ ایجاد می کنند. گر چه هارمونیک ها همواره در شبکه قدرت وجود داشته اند ، با این حال ظهور کامپیوترها و وسایل تبدیل توان AC به DC بر میزان آن ها افزوده است. امروزه فرض " موج

سینوسی کامل " در طراحی ها وکاربردهای عملی خطای قابل ملاحظه ای را در بر خواهد داشت.

۲-۶-۴-۸- تحلیل اطلاعات هارمونیک

سه روش برای تحلیل هارمونیک ها وجود دارد . اولین آن ها شامل راه های ساده متعددی برای اثبات وجود هارمونیک در شبکه قدرت می باشد. دومین روش کمک می کند تا باری که عامل ایجاد اعوجاج هارمونیک است شناخته شود و آخرین آن ها چگونگی کار با داده های هارمونیکی برای به دست آوردن طیف امپدانسی یک شبکه قدرت می باشد.

۳-۶-۴-۸- وجود هارمونیک

قبل از آن که تجهـیزات دقیق اندازه گیری هارمونیک به کار گرفته شود ، روش های ساده متعددی می تواند انجام گیرد تا وجود هارمونیک ها در شبکه را اثبات کند. اندازه گیری احتیاج به وسایل رایج و تجهیزات اندازه گیری مقدار موثر واقعی خواهد داشت. اگر پاسخ هر کدام از سوالات زیر مثبت باشد ، هارمونیک در شبکه وجود دارد :

_ آیا ضریب قله (نسبت پیک به موثر) ولتاژ یا جریان با عدد ۱/٤ تفاوت دارد؟

_ آیا ضریب شکل (نسبت موثر به متوسط) ولتاژ یا جریان با عدد ۱/۱ تفاوت دارد؟

_ آیا مقدار اندازه گیری شده از یک وسیله اندازه گیری از نوع موثر واقعی با مقدار اندازه گیری شده توسط وسیله اندازه گیری از نوع متوسط گیری تفاوت دارد؟

ـ آیا جریان نوترال در یک تابلو بزرگ تر از آنچه که درحالت نامتعادل مورد انتظار است می باشد؟

۴-۶-۴-۸- طیف هارمونیکی

اگر وجود هارمونیک ها در شبکه قدرت اثبات شد ، قدم بعدی احتیاج به استفاده از یک دستگاه اندازه گیری دقیق و یا تحلـیل گر هارمونیکی خواهد داشت. چنین وسیله ای می تواند اطلاعات ویـــــژه ای را در خصوص سطوح هارمونیکی تهیه کند. برخی از آن ها تنها اعوجاج هارمونیکی کل (THD) [۴] را محاسبه می کنند ، در حالی که بقیه THD و طیف هارمونیکی را ارایه می دهند. طیف های هارمونیکی می تواند در دسته بندی انواع بارها بسیار مفید واقع شود. سه نوع طیف هارمونیکی در زیر می آید :

ـ اگر هارمونیک های زوج قابل ملاخظه ای وجود داشته باشند ، سیگنال جریان یا ولتاژ نسبت به محور صفر متقارن نیست.

ـ یکسو کننده های تک فاز نوعا" جریان های هارمونیک سوم بالایی تولید می کنند. همچنین در این وسایل دامنه هارمونیک های فرد بالاتر از سه نیز به صورت نمایی کاهش می یابد.

ـ یکسو کننده های سه فاز هارمونیک هایی را طبق رابطه زیر تولید می کنند :

که در آن : $h = k * q \pm 1$

h : مرتبه هارمونیک

K : ثابت عددی $(k = 1,2,3,...)$

Q : تعداد پالس های یکسو کننده

۵-۶-۴-۸- طیف امپدانسی

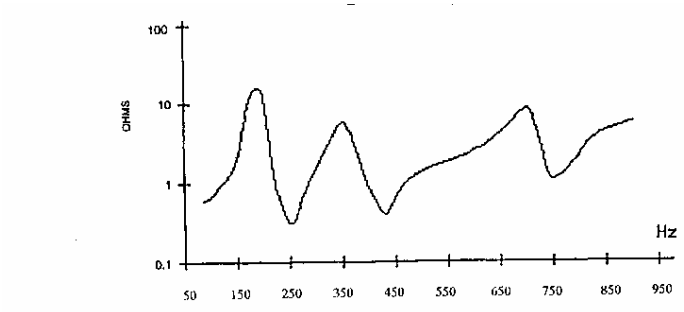
1- Total Harmonic Distorsion

آخرین روشی که مورد برسی قرار می گیرد طیف امپدانسی است. یک نمونه از منحنی طیف امپدانسی در شکل ۱۱ آمده است. این روش اطلاعات هارمونیک ولتاژ و جریان را گرفته و امپدانس شبکه را بر حسب فرکانس ترسیم می کند. از منحنی فوق می توان اطلاعاتی درخصوص پاسخ فرکانسی سیستم ، نقاط تشدید و مشکلات ولتاژی مربوط به اعوجاج هارمونیک ها را به دست آورد.

برای ایجاد طیف امپدانسی ، داده های هارمونیک جریان و تفاضل هارمونیک ولتاژ در نقطه مورد نظر باید اندازه گیری شوند. داده های مربوط به تفاضل هارمونیک ولتاژ به این معنی است که تفاوت بین داده های هارمونیکی ولتاژ در بی باری و بار کامل اندازه گیری شوند. داده های بی باری می توانند قطع بار با استفاده از داده های هارمونیکی در نقطه ای نزدیک به ترانسفورماتور ورودی مشترک اندازه گیری شوند.

با این داده ها ، امپدانس می تواند در هر فرکانس هارمونیکی محاسبه و رسم شود. این امر ، منحنی مشخصه فرکانسی شبکه قدرت را در نقطه اندازه گیری تعیین می کند. برای مثال اگر در یک فرکانس هارمونیکی مشخص امپدانس بالایی مشاهده شد ، باید مقدار آن جریان هارمونیکی را کم نمود تا اعوجاج ولتاژ نیز کاهش یابد.

شکل ۱۱- امپدانس برحسب فرکانس ، مثالی که فرکانس های تشدیدی مربوط به یک خازن تصحیح ضریب قدرت را نشان می دهد.



۷-۴-۸- تحلیل شناسه ها

" شناسه ها " نشان دهنده گرافیکی مشخصات پدیده های مربوط به کیفیت برق هستند. برای مثال ، برق دار کردن یک نوع بار خاص ممکن است اعوجاجات شبیه به هم را تولید کند. این موج اعوجاج یافته ، شناسه آن بار نامیده می شود. با مشاهده این شناسه در نتایج مونیتورینگ می توان به حضور آن بار خاص پی یرد. اکثر پدیده های مربوط به کیفیت برق دارای شناسه هایی هستند که می توانند تشخیص و سپس تحلیل شوند. هر چقدر اطلاعات به دست آمده از یک گراف بیشتر باشد، امکان این که یک اعوجاج بتواند توسط شناسه خودش شناخته شود بیشتر خواهد شد. برای مثال گراف های مربوط به فلش / بر آمدگی که به طور همزمان ولتاژ و جریان را نشان می دهند ممکن است بســـیار سریع تر نسبت به نشان دادن فلش ولتاژ یا جریان به تنهایی به نتایج صحیح منجر شوند. شناسه ها حتما" نباید گرافیکی بوده و می توانند نوشتاری نیز باشند.

آشنا شدن با شناسه های ویژه پارامترهای کیفیت برق در تفسیر هرچه سریع تر داده های گرافیکی مفید خواهد بود، اما در برخی مواقع ، این شناسه ها و منحنی های مربوط به آن ، به تنهایی کاربرد نخواهند داشت. دیگر پارامتر ها مانند ساعت وقوع نیز می تواند برای تفسیر داده ها ، کلیدی باشد.

۲-۷-۴-۸- تحلیل شناسه ها

کلید تشخیص شناسه ها در واقع این نکته است که در مقابل چند شناسه ای که به صورت طبیعی رخ می دهد ، اکثر آن ها به دست انسان اتفاق می افتد. تحلیل این شناسه ها ، شامل

جستجوی علل ایجاد پدیده و تاثیری که روی عملکرد دیگر تجهیزات می گذارد می باشد.

جدول ٦ مثال هایی را در خصوص روابط زمانی ارایه می دهد

.جدول ۶- تشخیص الگوها

الگوها	علل ممکن
ساعت وقوع در طول شبانه روز	خازن های تصحـــــیح ضریب قدرت به صورت خودکار روشن می شوند. روشنایی مجتمع های تجاری به صورت خودکار روشن یا خاموش می شوند.
طول دوره اعوجاج	بارهای دوره ای مثل پمپ ها و موتورها المنت حرارتی پرینتر لیزری برای تنها ۱۰ تا ۳۰ ثانیه روشن است. کنترل زمانی پروسه و تجهیزات
نرخ وقوع	المنت حرارتی پرینتر لیزری ، دستگاههای کپی به صورت دوره ای کار می کنند. گذراهای ناشی از وسایل کنترل SCR در هر سیکل به وجود می آید. موتورها در لحظه راه اندازی ، حالت گذرا ایجاد می کنند.

۸-۴-۸- *نا پیوستگی ها*

" ناپیوستگی " به انحـــــراف کلی برخی از عناصر شبکه از حالت عادی خود اطلاق می شود که مدل های موجود قادر به توضیح آن نیستند. به طور حسی آن ها زیر مجموعه ای از شناسه ها هستند. چون به هر حال یک الگوی گرافیکی را ارایه می دهند. تفاوت ناپیوستگی با شناسه ها در این است که ناپیوستگی ها وجود اثرات عوامل خارجی را به اثبات می رسانند. دو نوع معروف از این عوامل خارجی ، وسایل حفاظتی و مناسب مستقل می باشند.

۲-۸-۴-۸- *تحلیل اطلاعات مربوط به ناپیوستگی ها*

مهم ترین روش برای مشخص کردن ناپیوستگی ها ۷ درک چگونگی عملکرد شبکه قدرت است. انحراف از پاسخ فرکانسی نرمال (طبیعی یا اجباری) معمولا" بر حضور برخی

عوامل خارجی دلالت دارد. فهرست زیر برای تشخیص اینکه آیا تاثیر خارجی است یا نه قابل استفاده خواهد بود.

ـ آیا فرکانس سیگنال به طور ناگهانی تغییر می کند؟

ـ آیا محل برخورد به نقطه صفر سیگنال پیوسته باقی می ماند ؟

ـ آیا تغییرات دامنه به طور لحظه ای اتفاق می افتد یا مدت زمانی طول می کشد ؟

۵-۷- تحقیق در خصوص تفسیر اطلاعات

گرچه این بخش ، در انتهای این استاندارد آمده است ولی دلیل بر کم اهمیت بودن آن نیست . در واقع این مرحله ابتدا روی نکات کلیدی متمرکز شده ، آن ها را جمع آوری و کنار هم می چیند و سپـــس به یک راه حل می رسد یا حداقل حدس خوبی می زند. قدم انتهایی در فرآیند تفسیر اطلاعات ، یعنی بازبینی مجدد راه حل (یا حدس) برای این است که ایا راه حل پیشنهادی ، راه حل واقعی مسئله است یا خیر ؟ این کار می تواند در طی مرحله " پس پردازش " انجام گیرد.

روش تحقیـــــقی دیگر ، به کارگیری ابزارهای شبیه سازی کامپیوتری است. چنین برنامه هایی اجازه می دهند که استفاده کننده اعتبار راه حل پیشنهادی را آزمایش کند. این کار به خصوص در زمانی که روش سعی و خطا هزینه بر باشد کاربرد دارد.

۱-۵-۸- مونیتورینگ مجدد برای تحقیق

هنگامی که راه حلی به کار گرفته شد ، مونیتورینگ مجدد ، میزان موفقیت را حل را آشکار می کند و می تواند به سوالات زیر جواب دهد :

ـ آیا تجهیزی که قبلاً" از مدار خارج می شد اکنون به طور صحیح کار می کند؟

ـ آیا کاهشی در مقدار اعوجاج به وجود آمده است.

اگر پاسخ جواب های فوق " نه " باشد ، تحقیقات بیشتری لازم خواهد بود. البته این بدان معنی نیست که راه حل ارایه شده اشتباه بوده است.

۲-۵-۸- *مونیتورینگ مجدد برای تعیین عکس العمل سیستم*

با تغییر قسمتی از سیستم ، کل سیتم تحت تاثیر قرار می گیرد. ممکن است که با ارایه راه حل برای یک مشکل و انجام آن ، مشکل دیگری به سیستم اعمال شود. برای مثال اگر مشکل ایجاد شرایس گذرا توسط یک ماشین در سیستم باشد و راه حل آن عوض نمودن تغذیه ورودی به ماشین انتخاب شود. در این حال کلیه وسایلی که از محل اول تغذیه می شدند مشکلی نخواهد داشت ولی وسایلی که از محل جدید تغذیه می گردند ممکن است دچار مسئله شوند. مونیتورینگ مجدد کمک می کند تا تعیین شود آیا نیاز به بررسی مجدد و راه حل جدید وجود دارد یا خیر ؟

فواصل زمانی اندازه گیری ها

اندازه گیری هارمونیکی ها

در پست های ٦٣ ، ١٣٢ ، ٢٣٠ ، ٤٠٠ کیلوولت اندازه گیری هارمونیکی ها به صورت سالانه در دو مقطع زمانی بیشترین مقدار مصرف و کمترین مصرف سالانه پست انجام شود.

یاد آوری ۱ : در صـورت اتصـــال خطوط جدید بین پست ها و یا تغییر آرایش شبکه ، این اندازه گیری ها در پست های مربوطه صورت گیرد.

یاد آوری ۲ : در صـــورت اتصـــال مصـــارف بزرگ به پست هایی با سطوح ولتاژ اشاره شده ، این اندازه گیری ها درمحل پست مربوطه انجام شود.

در پست های ۲۰ و ۳۳ کیلوولت ، اندازه گیری هارمونیک در پست های مجاور به مشترکین هارمونیک زا انجام شود. اندازه گیری هارمونیک ها به صورت سالانه و در مقطع زمانی با بیشترین مقدار مصرف انجام گیرد.

یاد آوری ۳ : در صـــــورت اتصـــــال مشترکین بزرگ هارمونیک زا ، اندازه گیری هارمونیک ها در پست مورد نظر برای اتصال مشترک جدید باید انجام شود.

یاد آوری ۴ : در صـورت شکایت مشترکین از نحوه عملکرد نامناسب تجهیزات به علت وجود هارمونیک ها ، اندازه گیری هارمونیکی در پست تغذیه مشترک صورت گیرد.

بعـــد از نصب تجهیزات کاهش دهنده هارمونیک باید به منظور اثبات عملکرد مناسب تجهیزات اندازه گیری مجدداً انجام گیرد.

اندازه گیری فلیکر ولتاژ

در پســـــت های ٦٣ ، ١٣٢ ، ٢٣٠ ، ٤٠٠ کیلوولت در صورت اتصال بارهای فلیکر زا به آن ها ، اندازه گیری فلیکر ولتاژ باید انجام شود.

یاد آوری ۱ : در صورت بزرگ بودن بارهای فلیکر زاد، به منظور اندازه گیری میزان انتقال فلیکر به پست های مجاور ، اندازه گیری باید رد پست های مجاور نیز صورت گیرد.

یاد آوری ۲ : اندازه گیری فلیکر در سطوح ولتاژ اشاره شده یک بار در سال و در شرایط بیشترین مقدار مصرف انجام شود. شرایط و مدت زمان اندازه گیری در استاندارد شماره ۲۰۲-۶۵ آورده شده است.

در پست های ۲۰ و ۳۳ کیلوولت در صورت اتصال مصارف فلیکر زا اندازه گیری فلیکر صورت گیرد.

باتوجه به تعداد زیاد پست های ۲۰ و ۳۳ کیلوولت و نیز فیدرهای خروجی ٤۰۰ ولت آن ها ، در صورت شکایت مشترکین اندازه گیری فلیکر انجام شود.

محاسبات واندازه گیری فلش ولتاژ

محاسبات فلش به کمک شبیه سازی کامپیوتری سیستم انتقال و با در نظر گرفتن امکانش رایط اتصال کوتاه ناشی از صاعقه و یا حوادث دیگر میسر می باشد. با جمع آوری اطلاعات آماری شامل تعداد وقوع اتصال کوتاه و نیز مدت زمان عملکرد رله های و تجهیزات حفاظتی ، یک بانک اطلاعاتی قوی به منظور استفاده در محاسبات فلش ولتاژ با استفاده از برنامه های شبیه سازی کامپیوتری باید به دست آید.

یاد آوری ۱ : جمع آوری اطلاعاتی شامل تعداد و نوع خطا و مدت استمرار خطا در طول سال به صورت مستمر باید انجام گیرد . این اطلاعات را می توان از ثبات های موجود در پست ها نیز جمع آوری نمود.

یاد آوری ۲ : با داشتن بانک اطلاعاتی مناسب و درصورت درخواست مشترکینی که دارای تجهیزات حساس به فلش ولتاژ می باشند ، محسابات فلش ولتاژ و دفعات از مدار خارج شدن این تجهیزات که به پست های ۲۰ و ۳۳ کیلوولت و فیدرهای خروجی ۴۰۰ ولت آن ها متصل هستند باید محاسبه شود.

یاد آوری ۳ : نصـــــب ثبات های ولتاژ و جریان و خطا در پست های حساس ۲۰ و ۳۳ کیلوولت پیشنهاد می شود.

اندازه گیری ولتاژ و جریان و عدم تعادل آن ها

اندازه گیری ولتاژ و جریان و ثبت خطاها در پست های ٦٣ ، ١٣٢ ، ٢٣٠ ، ٤٠٠ کیلوولت با استفاده از دستگاههای اندازه گیری به صورت مستمر باید انجام شود.

یاد آوری ١ : با استفاده از اطلاعات جمع آوری شده منحنی تجمعی ولتاژ و جریان به صورت هفتگی تهیه شود. این منحنی های تجمعی به صورت سالانه نیز باید آماده شود.

یاد آوری ٢ : عدم تعادل ولتاژ و جریان با استفاده از اطلاعات جمع آوری شده به صورت منحنی تجمعی به صورت هفتگی تهیه شود. این منحنی های تجمعی به صورت سالانه نیز باید آماده شود.

یاد آوری ٣ : جمع آوری اطلاعات حداقل به صورت ساعتی انجام شود.

یاد آوری ۴ : جمع آوری اطلاعات ولتاژ به صورت ولتاژ فاز به زمین و فاز به فاز و جریان سه فاز باید انجام شود.

در پست های ٢٠ و ٣٣ کیلوولت و در فیدهای خروجی ٤٠٠ ولت آن ها اندازه گیری جریان و ولتاژ باید در طول سال در مقطع زمانی پرباری انجام گیرد.

تهیه وسایل قابل حمل ونصب سریع به منظور اندازه گیری پارامترهای مختلف پیشنهاد می شود.

فصل دهم

کد تستهای اصلی برای اندازه گیری الکتریکی در مدارات قدرت پدیده های گذرا

مندرجات

۱۰-۱- هدف

۱۰-۲- دامنه کاربرد

۱۰-۳- بخشها

۱۰-۳۱- بخشهای اصلی منحصراً کاربردی

۱۰-۳۲- کلاسهای دستگاه‌های اندازه‌گیری

۱۰-۳۳- مشخصات دستگاه‌ها

۱۰-٤۰- رنج و دقت

۱۰-٤۱- محدودیت خطا

۱۰-٤۲- انتخاب دستگاه‌ها

۱۰-٤۳- انتقال دستگاه‌ها

۱۰-۵۰- نصب

۱۰-۵۱- موقعیت در مدار

۱۰-٦۰- احتیاط در برداشت قرائتها

۱۰-۷۰- درستی (دقت)

۱۰-۸۰- کالیبراسیون

اندازه گیری ولتاژ

۱۰-۲- تعاریف

۲۰-۲- ولت مترهای جریان مستقیم

۳۰-۲- ولت مترهای جریان متناوب

۳۱-۲- ولت مترهای الکترودینامیکی

۳۲-۲- ولت مترهای پره آهن نرم

۳۳A-C-۲- ولت مترهای با خفه کن

۳٤-۲- ولت مترهای فرکانسی جبران شده

۳۵-۲- ولت مترهای ترموکوپلی

۳٦-۲- ولت مترهای یکسوساز

۳۷-۲- ولت مترهای لوله خلاء

٤۰H.V-۲- اندازه گیری ولتاژهای بالا

۵۰-۲- دقت و رنج

٦۰-۲- روش عملکرد

۷۰-۲- احتیاط در برداشت قرائتها

۸۰-۲- ارتباطات

۹۰-۲- کالیبراسیون ولت متر

اندازه گیری جریان

۱۰-۳- تعاریف

۲۰-۳- آمپرمترهای جریان مستقیم

۳-۲۱- آمپرمترهای کیفی

۳-۲۲- آمپرمتر شفت

۳-۲۳- اندازه گیری مستقیم جریانهای بزرگ

۳-۲٤- مبدل برای اندازه گیری مستقیم جریان‌های بزرگ

۳-۳۰- آمپرمترهای جریان متناوب

۳-۳۱- اندازه گیری جریانهای متناوب بزرگ

۳-٤۰- رنج و دقت

۳-۵۰- روش

۳-٦۰- احتیاط در برداشت قرائتها

۳-۸۰- کالیبراسیون آمپرمترها

مبدلهای اندازه گیری

٤-۱۰- عملکرد مبدلهای اندازه گیری

٤-۱۱- خواص مشخصه

٤-۱۲CT- انواع ترانسهای جریان

٤-۱۳PT- انواع ترانسهای ولتاژ

۳-۱٤- پلاریته

۳-۱۵- ارزیابی کردن

۳-۱٦- مزایا و معایب استفاده از مبدلهای اندازه گیری

٤-۲۰- رنج و دقت

۳۰-٤- زمین کردن مبدلهای اندازه گیری

٤۰-٤- احتیاط در استفاده کردن از ترانسهای اندازه گیری

٥۰-٤- تصحیح

٦۰-٤- کالیبراسیون

٦۱-٤- کتاب شناسی پوششی مبدلهای اندازه گیری

اندازه گیری توان

۱۰-٥- تعاریف

۲۰-٥- توان جریان مستقیم

۳۰-٥- توان جریان متناوب

۳۱-٥- وات مترها

۳۲-٥- وات مترهای الکترودینامیکی

۳۳-٥- وات مترهای چند فازه

٥-۳٤ وات متر نوع القایی

۳٥-٥- وات مترهای استاندارد آزمایشگاهی

٤۰-٥- رنج و دقت

٥۰-٥- طرز عمل

٥۱-٥- اندازه گیری توان در مدارات تکفاز

٥۲-٥- مدارات دوفاز چهار سیم (بدون اتصال داخلی)

۵۳-۵- مدارات سه سیمه

۵۴-۵- مدارات دوفاز چهار سیمه متصل شده داخلی

۵۵-۵- مدارات سه فازه چهار سیمه

۵۶N-۵- مدارات سیمه

۵۷-۵- نوترال کمکی

۵۸-۵- استفاده از وات مترهای چند فاز

۶۰-۵- اندازه گیری توانهای بزرگ

۷۰-۵- احتیاط در برداشت قرائتها

۸۰-۵- خطای درجه حرارت

۸۱-۵- خطای اندوکتانس

۸۲-۵- خطای پخش میدان مغناطیسی

۸۳-۵- خطای میدانهای الکترواستاتیکی

۸۴-۵- خطا بواسطه تلفات دستگاه

۸۵-۵- خطای زاویه فاز

۹۰-۵- کالیبراسیون وات مترها

اندازه گیری انرژی

۱۰-۶- تعاریف

۲۰-۶- انواع وات ساعت سنج های جریان مستقیم

٦-٢١- کموتاتور نوع سنج

٦-٢٢- جبرانسازی برای اصطکاک در کموتاتور نوع سنج

٦-٢٣- جبرانسازی برای دما در کموتاتور نوع سنج

٦-٢٤- موتور شمارش کننده جیوه‌ای

٦-٢٥- جبرانساز برای اصطکاک در موتور شمارش کننده جیوه‌ای

٦-٣٠- وات ساعت سنج‌های جریان متناوب

٦-٣١- جبرانساز بوبین برای اندازه گیری‌های نوع القایی

٦-٣٢- جبرانسازی اصطکاک

٦-٣٣- اندازه گیری برای مدارهای چند فاز

٦-٤٠- عملکرد اندازه گیری‌های مخصوص و اندازه گیری‌های استاندارد

٦-٥٠- رنج و دقت

٦-٦٠- احتیاط در برداشت قرائتها

- **کد تست اصلی برای اندازه گیری الکتریکی در سیستم قدرت عمومی**

۱۰-۱- هدف :

هدف این کدها دادن ساختاری برای اندازه گیری الکتریکی مقادیر الکتریکی که عموماً لازم شده اند در تعیین کردن ویژگیهای ماشینهای الکتریکی و دستگاه‌ها.

انتخاب روش و دستگاه‌های استفاده شده در هر حالت بستگی دارد به هدف اندازه گیری ، دقت مورد نیاز ، زمان و دستگاه تست قابل دسترسی و طبیعت مدار برای اندازه‌گیری

۲۰-۱- دامنه کاربرد

روشهای داده شده در اینجا شامل اندازه گیری، بطوریکه با آشکار کردن یا مجتمع کردن دستگاه‌های قدرت، ولتاژ یا جریان در جریان مستقیم، ترانسفورمرها، عملکرد آشکار سازی قوس و دستگاه‌های حرارتی مقاومتی و یکسوسازهای جرقه جیوه‌ای ساخته می‌شوند. این همچنین شامل اندازه گیری ساخته شده با دستگاه‌ها و وسایل منبع تغذیه می باشد. این کد شامل برخی اندازه گیریها بعنوان مقاومت و درجه حرارت که اغلب مشتمل بر تعیین ویژگیهای ماشینهای الکتریکی است نمی‌باشد.

۳۱-۱- بخشهای کاملا عملی :

بخشهای مطلقاً عملی مقادیر الکتریکی عبارتند از: نیروی محرکه الکتریکی و پتانسیل

ولت	اختلاف (ولتاژ)
اهم	مقاومت
آمپر	جریان

کولمب	بار الکتریکی
وات	توان
ژول	انرژی
فاراد	ظرفیت
هانری	اندوکتانس

۳۲-۱- انواع دستگاه‌های اندازه گیری الکتریکی

اندازه گیری در حوزه مهندسی بیشترین مقادیر الکتریکی مرسوم، مانند ولتاژ، جریان، توان یا انرژی معمولا با تعیین کردن رسم منحنی و یا دستگاه‌های مجتمع ساخته شده‌اند.

اینها در شکلهای گوناگون قابل دسترسی هستند که بطور عمومی بعنوان دستگاه‌های معیار، دستگاه‌های قابل حمل و دستگاه‌های تابلو برق طبقه بندی می شوند.

"دستگاه‌های معیار" دستگاه‌های درجه بالا، دقت بالا، دستگاه‌های آشکار ساز که بیشترین یا کمترین قابلیت حمل را دارند انتخاب اولیه برای آزمایشگاه‌ها می‌باشند. بنابراین دستگاه‌های قابل حمل نامیده شده‌اند که حساسیت کمتری دارند و برای کار تست کردن و در خارج آزمایشگاه قابل اجرا می باشند.

"دستگاه‌های تابلو برق" طراحی شده‌اند برای ساختمان طولانی جعبه کلید با دستگاه‌هایی تحت عنوان دستگاه‌های الکتریکی کنترل شده، اینها در حالت پایدار عمل می‌نمایند. مانند شروع بکار کردن مداومی یک مدار و نوسانی که ممکن است موجود باشد دستگاه‌های نمایشگر قابل حمل کلاس و شکل بسیار مناسبی هستند برای تست کردن دستگاه‌های الکتریکی.

آنها بهترین ترکیب از مشخصات مهم مانند پایداری، قابلیت حمل، دقت و قابلیت اطمینان هستند.

۳۳-۱- ویژگیهای دستگاه

-C39.1مرجع ساخته شده در استاندارد آمریکا برای دستگاه‌های نمایش دهنده الکتریکی و بوسیله زیر کمیته ASA ویرایش شده بوسیله انجمن استانداردهای الکتریکی 1955 نمایندگی هر دوی کارخانه‌ها و استفاده کننده‌های دستگاه تهیه شده است.

۴۰-۱- رنج و دقت

رنج ولتاژ، جریان یا توان دستگاه تقریباً نامحدود است زیرا استفاده صحیح از دستگاه‌ها به رنج استفاده شده اختصاص دارد. اگر لازم باشد با لوازم یدکی مانند مقاومتهای سری و موازی و دستگاه‌های مبدل مجاز قابل انعطاف در رنج

۴۱-۱- محدودیت خطا

حد خطای دستگاه‌های نشان دهنده الکتریکی معمولا بوسیله سازنده بعنوان درصدی از تمام اسکیل مشخص می شود.

این تلرانس قابل دستیابی است با یک دستگاه در وضعیت دریافت شده یا هنگامیکه تحت موقعیت مرجع درجه حرارت، رطوبت، وضعیت و غیره استفاده شده است.

دقت قابل دستیابی در اندازه گیری مقادیر الکتریک با هر مقدار دیگر به ضریب‌های متغیری که وارد آزمایش می شوند مانند درستی روش استفاده شده، پایداری مقدار مورد آزمایش، موقعیت دستگاه بکار گرفته شده ، تعداد و دامنه خطای پیش بینی شده و دقت در محاسبات بستگی دارد.

جدول زیر در یک راه عمومی دقت نتیجه نهایی که منطقاً ممکن است توقع داشته شده باشد را نشان می دهد.

دستگاه‌های قابل حمل ۱ تا ۱/٤ درصد کلاس دقت و دستگاه‌های تابلو برق ۱ درصد کلاس [C39.1]دقت در استاندارد آمریکا تعریف شده اند

جدول صفحه ،

۴۲-۱- انتخاب دستگاه‌ها

تست کردن اغلب ارزش پولی قابل توجهی نشان می دهد بواسطه انعام یا پاداش وابسته به نتایج یا سرمایه گذاری در آزمایش انجام شده

بعداً تلفات کل می آید اگر نیاز به تکرار بواسطه خطا در طول آزمایش باشد

دستگاه بر اساس استفاده ای که از آنها می شود بر اساس دقت، شرایط کاربرد، نوع عملکرد و ... انتخاب می شوند.

۴۳-۱- انتقال دستگاه‌ها

باید توجه شود دستگاه کالیبره شده بدون اختلال در کالیبراسیون از آزمایشگاه به محل تست کردن حمل می شود . اگر تعداد زیادی دستگاه به فاصله قابل توجهی توسط کامیون یا ماشین حمل شوند بایستی از جعبه‌های چوبی محکم آستر بندی شده با نمد سبک استفاده شود ، دستگاه باید در زبر قسمت نرم بازسازی شود.

وقتی که دستگاه بصورت دستی حمل می شود بایستی بر روی محور گردانیده شود.

باید توجه شود دستگاه مبدل در جعبه مجزا از دستگاه اندازه گیری به خوبی حمل شود.

۵۰-۱- نصب

در دستگاه‌های الکتریکی تست کردن نصب، بایستی توسط کارگر خوب و ماهر و به روش خوب ترتیب داده شود.

دستگاه بایستی در محلی نصب شود ، روی یک میز یا نیمکت غیر مغناطیسی بطوریکه به راحتی خوانده شود. و سیم کشی به خوبی و منطقی ترتیب داده شود.

۵۱-۱- موقعیت در مدار

تمام دستگاه‌ها بایستی در نقاطی قرار بگیرند که تاثیری روی نتایج نداشته باشند. اتصال جریان برای آمپرمتر و وات متر بایستی طوری ساخته شود که جریان ترمینال دستگاه یا ماشین از بگذرد و اتصال ولتاژ برای وات متر و ولت متر طوری باشد که ولتاژ ترمینال دستگاه روی آن قرار گیرد. و این نقاط باید طوری باشد که افت ولتاژ ناچیز ایجاد نماید. در حالت معمولی اتصال دستگاه باید تا حد ممکن نزدیک ترمینال ماشین یا وسیله قرار گیرد.

۶۰-۱- احتیاط در برداشت قرائتها

احتیاطهای زیر بایستی در تنظیمات و استفاده کردن دستگاه‌های الکتریکی برای اندازه گیر ورودی و خروجی وسیله الکتریکی رعایت شده باشند.

- **اندازه گیری ولتاژ**

۱۰-۲- توضیح

دستگاه‌های ولتاژ در ارتباط با تستهای تحت کد تست اصلی بایستی بصورت معمولی با ولت‌مترهای نشان دهنده قابل حمل ساخته شوند. دستگاه‌های تابلویی معمولاً مورد توجه قابل قبول نمی باشند اما اگر از آنها استفاده شده باشد کالیبراسیون خطای تحت وضعیت را نشان خواهد داد.use

۲۰-۲- ولت مترهای جریان dc

یک ولت متر برای جریان مستقیم ذاتاً یک گالوانومتر قابل حمل حساسیت پایین است که فراهم شده با یک مقیاس که عقربه حرکت می کند بعنوان سیسم متحرک. اسکیل (صفحه مدرج) در ولتاژ بوسیله، مقایسه با دستگاه نمایش دهنده دقت بالا یا بوسیله پتانسیومتر کالیبره می شود. تقریباً تمام ولت مترهای جریان مستقیم از یک گالوانومتر اصلی استفاده می کنند.

مرکب از یک بوبین قاب سیم پیچی شده که بر روی صفحه dcولت مترهای جریان آلومینیومی قرار گرفته، یاتاقان آبکاری شده بر روی محور و حلقه چرخنده در فضای بین هسته و قطبها می باشد.

از یک آهنربای دائمی برای تولید فلوی ثابت در فضای خالی هوایی استفاده شده است.

قاب آلومینیومی مدار ثانویه بسته شده می باشد که حرکت می کند بعنوان ترمز یا خفه کننده ، یک فنر برای ریست سیستم تعبیه شده است عقربه لوله‌ای شکل نوری متصل شده به بوبین متحرک روی صفحه مدرج منحرف می شود.

۳۰-۲- ولت مترهای جریان متناوب

ولت مترهای جریان متاوب برای تستها و قدرت مهندسی در محدوده فرکانسی ۲۵ تا ۱۲۵ و در هر دو نوع الکترودینامیکی یا پره آهن نرم موجود می باشد. هر دو نوع HZ مذکور معمولاً به شکل قابل حمل ساخته می شوند اما استانداردهای مورد استفاده مانند استانداردهای آزمایشگاه معمولاً از نوع الکترودینامیکی هستند. ولت متر نوع ۱۰۰۰ فراهم شود.HZالکترودینامیکی می تواند تا حدود فرکانس

در فرکانسهای بالاتر اندوکتانس سیم پیچهای بوبین افزایش یافته و ایجاد اشتباده در اندازه گیری می نماید.

در حالیکه اندوکتانس ولت متر پره آهن نرم معمولاً بوسیله سازنده مشخص نشده و ممکن است با فرکانس متغیر باشد ، متناسب با انحراف صفحه مدرج

۱۲۵ باید از ولت متر جبران شده فرکانس HZبراس ساختن ولت متر در فرکانس بالاتر از استفاده شود.

۱۸۰ برای ابزارآلات ماشین HZبرخس از فرکانسهای عمومی استفاده شده عبارتند از ۳۰۰۰ برای ۸۰۰HZ برای هواپیما، ۹۶۰ تا HZدستی و موتورهای سرعت بالا ۴۰۰ و ۱۲۰۰۰ برای استفاده های عملیات حرارتیHZکوره‌های الکتریکی و ۸۰۰۰ تا ۱۵۰ می باشد.HZفرکانس ولت مترهای جبران شده فرکانسی از ۰ تا

متاسفانه جبرانسازی فرکانس در ولت‌مترهای رنج پایین نیازمند اجزای بزرگ دارد و بنابراین ولت مترهای جبران شده فرکانسی رنج پایین به سهولت قابل دسترسی نمی باشند. ۱۰۰۰ از ولت مترهای ترموکوپلی استفاده می‌شد و در فرکانسهای HZدر فرکانسهای بالا تا ۲۰۰۰۰ از ولت مترهای یک سو شده می توان استفاده نمود.HZبالاتر تا

۳۱-۲- ولت مترهای الکترودینامیکی

در ولت مترهای الکترودینامیکی انحراف در نتیجه واکنش بین یک چند بوبین متحرک و میدان تولید شده بوسیله یک یا چند بوبین ثابت می باشد بوبینها بصورت سری متصل شده‌اند. انحراف سیستم متحرک اندازه جریان در مدار دستگاه و بنابراین ولتاژ موثر ترمینال است. یک ترکیب مهم ولت مترهای الکترودینامیکی این است که می توانند با جریان کالیبره شوند برای فرکانسهای تجاری آنها بطور خاصی وابسته هستند به dc یا ولتاژ dc تغییرات فرکانس.

در اکثر دستگاه های انی نوع یک بوبین متحرک در میان دو بوبین ثابت قرار گرفته و انحراف تابع مجذور جریان و زاویه صفحه ثابت و بوبین متحرک.

۳۲-۲- ولت متر با پره آهن نرم

در این نوع از یک یا چند قطعه آهنربای موقتی آهن نرم و میدان مغناطیسی استفاده شده است. در دستگاه های بوبین شیب دار تامسون از بوبین تحریک شده با زاویه نسبت به شافت ساخته می شود. که حامل یک بخش شامل یک یا چند قطعه تقریباً مستطیلی بسیار نازک آهن نرم می باشد. این قطعه‌های آهن روی شافت محور با زاویه نصب شده‌اند چنانکه گردش فراهم شده توسط آهن با میدان موازی شده توسط بوبین شروع می شود.

در دستگاه‌های دفعی این نوع : عملکردی که تولید انحراف می کند ممکن است محل بین دو قطعه آهن نرم و ذکر شده در برخی میدانهای مغناطیسی بگیرد.

۲-۳۳- خفه کن ولت متر AC

در برخی دستگاه ها، خفه کن هوا توسط پره آلومینیومی نصب شده با سیستم قابل حرکت و حرکت کردن در حلقه بسته فراهم شده است. در روشهای دیگر، خفه کن مغناطیسی بوسیله حرکت صفحه آلومینیومی در بین دو قطب آهنربای دائم فراهم شده است.

۲-۳۴- ولت مترهای فرکانسی جبران شده

این نوع دارای بخش مقاومتهای سری موازی شده با خازنهای مناسب برای توسعه رنج فرکانس که روی تغییرات قابل حس راکتانس القایی اثر می گذارد در اندازه جریان عبوری از بوبین دستگاه

۲-۳۵- ولت مترهای ترموکوپلی

در این روش یک سیم گرمایی نازک بصورت سری با مقاومت بکار گرفته شده است. از یک ولت متر نوع بوبین متحرک با آهنربای دائم استفاده شده برای آشکارسازی نیروی محرکه القایی تولید شده توسط ترموکوپل وصل شده به سیم حرارت نازک

۲-۳۶- ولت مترهای یکسوساز

در دستگاه‌های این نوع معمولاً یکسوسازی اکسید مس بکار گرفته شده است. معمولاً چهار دیسک اکسید مس در مدار با میلی ولت متر نوع بوبین متحرک آهنربای دائم متصل شده است. یکسو ساز تمام موج جریان متناوب این چنین تهیه شده است. مقاومت سری مناسب فراهم شده است برای داده رنج توسعه یافته.

۲-۳۷- ولت مترهای لوله ـ خلاء

وجه برتر ولت مترهای لوله خلاء بویژه بواسطه امپدانس ورودی بالا و رنج فرکانسی وسیع است. اکثر ولت مترهای لوله خلاء با مقدار موثر کالیبره شده اند و در ولتاژ شکل موج سینوسی عمل می نمایند. اگر چه در زمانیکه دستگاه به پیک، پیک تا پیک یا مقدار متوسط موج ولتاژ یا بعضی ترکیبات وابسته پاسخ می دهد. نمایشگرهای ولت متر لوله خلاء در موج های سینوسی دیگر بایستی با احتیاط مورد استفاده قرار گیرند.

۲-۴۰- اندازه گیری ولتاژهای بالا (H.V)

از لحاظ تئوری هر ولتاژ بالا با یک ولت متر که به اندازه کافی مقاومت غیر القایی سری با آن داشته باشد. می تواند اندازه گیر شود مخصوصاً این روش برای ولتاژهای تا حدود چند هزار ولت قابل اجرا می باشد به دلیل مصرف نسبی بالا در مقاومتها و ضرورت جداسازی مقاومتهای مزاحم

همچنین این روش برای سیستمهای زمین شده خطرناک است. در مدارهای جریان متناوب هر مقدار قابل توجه اندوکتانس و کاپاسینانس در مقاومت بایستی اجتناب شده باشد. اندازه ۳۰۰ بایستی از یک ولت متر و یک دستگاه مبدل پتانسیله Vگیر ولتاژ متناوب بیشتر از ساخته شده باشد.

هنگام استفاده از ترانس ولتاژ با ولت متر برای اندازه گیری ولتاژ، مقدار نامی درست باید شناسایی شده و این مقدار هنگامیکه بوسیله ولتاژ متقابل با نمایش ولت متر چند برابر شده است ولتاژ اندازه گیری شده را به ما می دهد.

اندازه واقعی ممکن است از اندازه مینیمم ۰،۵ تا ۰،۱ درصد تغییر کند.

ولتاژهای بالا همچنین بوسیله ولت مترهای الکترواستاتیکی اندازه گیری می شود این وسیله برای اندازه گیری ولتاژهای متناسب بالا مفید می باشد. اما از آنجا که نیروی توسعه داده شده با مجذور گشتاور پایین ولتاژ متناسب است با ولتاژ پایین متوجه شده است. آنها با صفحه‌های مدرجی که خواندن مستقیم و توان مصرفی ناچیز را در فرکانسهای پایین می‌سازد فراهم شده اند. وقتی که از ولت متر الکترواستاتیکی در جریان مستقیم استفاده شده است به ولت متر یک جریان صفر می آید بجز برای نخستین شارژ جریان در این دستگاه اندازه گیری از منبع تغذیه جریان پایین ولتاژ بالا استفاده شده است.

۵۰-۲- رنج و دقت

به پاراگراف ٤٠-١ و ٤١-١ نگاه کنید

۶۰-۲- روش ، متد

به پاراگراف ٥١-١ نگاه کنید.

۷۰-۲- احتیاط در برداشت قرائتها

به پاراگراف ٦٠-١ نگاه کنید

۸۰-۲- درستی

به پاراگراف ٧٠-١ نگاه کنید.

۹۰-۲- کالیبراسیون ولت مترها

یک ولت متر نشان دهنده جریان مستقیم کالیبره شده است:

) بوسیله مقایسه با ولت متر استاندارد آزمایشگاهی کالیبره شده دقیقa

) بوسیله مقایسه مستقیم در برای یک سلول نمونه بوسیله پتانسیومتر b

در چنین حالتی هر دو متصل شده اند به منبع ولتاژ پایداریی که می تواند بنابر مصلحت توسط رئوستا یا هر وسیله دیگر تعدیل شده باشد. و خواندن های استاندارد مطابق با تشخیص تغییرات ولت متر چک شده مشخص شده اند. و نوع دینامرمتر ولت متر جریان متناوب می تواند با جریان مستقیم در مقابل یک ولت مر استاندارد جریان مستقیم یا بوسیله مقایسه مستقیم با استفاده کردن بخش نمونه یک پتانسیومتر چک شود.

قرائت مستقیم و معکوس شده در هر نقطه بایستی گرفته شود ولتاژ صحیح چنانکه توسط استاندارد نشان داده شده یادداشت شود برای نشان دادن مشخصات دستگاه چک شده با جهت جریان و ولتاژ گرفته شده بعنوان ولتاژ صحیح در مقابل مشخص

دستگاه پره آهن نرم می تواند با جریان مستقیم فقط با درست آتش کردن چک شود. با هر جهت جریان مشخص نمایش دلخواه بایستی با افزایش دقیق از مقدار پایین و سپس کاهش داده از مقدار بالاتر بدست آمده باشد به گرفته اور شوت بدست آمده در هر حالت توجه شود. از مقدار بدست آمده باید میانگین گیری شود. اگر راه حل آسانی برای کالیبراسیون جریان مستقیم در دسترس نمی باشد و یا دقت بالا مورد نظر می باشد، کالیبراسیون باید با جریان متناوب در برابر ولت متری که با جریان مستقیم کالیبره شده است ساخته شود.

ولت مترهای ترموکوپلی می توانند با گرفتن جریان مستقیم خواندنهای مستقیم و معکوس ٦٠ ترجیح داده شده و معمولاً دقت بیشتری HZشده امتحان شوند اما کالیبراسیون در دارد.

ولت مترهای لوله خلاء و یکسوساز بایستی با ولتاژ متناوب مطابق با استانداردها ثانویه کالیبره شوند.

- اندازه جریان

۱۰-۳- تعاریف

اندازه گیری جریان در ارتباط با این کد در حالت عمومی با آمپرمترهای نشان دهنده قابل حمل ساخته می شود. اصول همه آمپرمترها ذاتاً شبیه به هم می باشند مانند ولت مترهای الکترودینامیکی ، پره آن نرم و ترموکوپلی که تحت عنوان اندازه گیری ولتاژ تعریف شده‌اند. چنانکه تحت عنون عمومی در این کند تعیین شده رنج دستگاه‌های جریان تقریباً نامحدود است بواسطه استفاده از وسایل کمکی مانند مقاومتهای شفت برای جریانهای مستقیم و ترانسهای جریان برای جریان‌های متناوب

۲۰-۳- آمپرمترهای جریان مستقیم

آمپرمترهای جریان مستقیم معمولاً ولت مترهای رنج پایین متصل شده در عرض رئوستای با مقاومت کم (شفت) می باشند که بطور سری متصل شده است با مداری که جریان آن اندازه گیری می شود.

تغییرات با افت ولتاژ دو سر شفت متناسب خواهد بود و بنابراین با جریان عبوری از آن متناسب است این افت ولتاژ سر شفت کوچک می باشد و لذا تلفات توان در آن ناچیز خواهد بود.

از اینرو این دستگاه ذاتاً یک میل ولت متر است اما صفحه آن متناسب برای اندازه گیری جریان درجه بندی شده است.

۲۱-۳- آمپرمترهای قابل حمل

آمپرمترهای قابل حمل تا ۲۵ آمپر معمولا خود نگهدارنده دارند که شفت داخل دستگاه قرار دارد و برای رنجهای بزرگتر از ۲۵ آمپر شفت معمولاً جدا از دستگاه می باشد اما بوسیله کابلهای انتقال اطلاعات به آن متصل شده است.

۲۲-۳- آمپرمترهای شفت

یک آمپرمتر شفت با داشتن یک مقاومت که تحت هر شرایطی تا حد ممکن تقریباً ثابت است ساخته شده است.

فنر مقاومت ضریب حرارتی مقاومتی کمی دارد و حرارت پایین نگه داشته می‌شود یا بوسیله وصل کردن چندین نوار موازی و پایین آوردن چگالی جریان یا اگر چگالی جریان بایستی بالا باشد با استفاده از پایه‌های اتصال کوتاه فلز مقاومت با ترمینالهای مسی سنگین طراحی شده برای پخش کردن حرارت بوسیله انتقال و انتشار.

حرارتی کمتر نسبت به مس داشته باشد.emfبعلاوه فلز مقاومتی باید به دو دلیل زیر نخست، اگر یک طرح شفت گرمتر از طرف دیگر آن شده باشد. به دلیل ضعف اتصال در یک حرارتی تولید افت ولتاژ emfجریان یا اتصال ضعیف در کابل و یا باس در نزدیک شفت اضافه در دو سر شفت خواهد کرد.

emfدوم ، جریان از میان پیوند دو فلز غیر مشابه عبور می نماید که نسبت به همدیگر حرارتی داشته باشند بنابراین یک پیوند با سرد شدن یکی و گرم شدن دیگری فراهم حرارتی تولید خواهد کرد.emfمی‌شود و در نتیجه اختلاف درجه حرارت

افت ولتاژ تمام اسکیل در شدت معمولاً حدود ۵۰ تا ۱۰۰ میلی ولت است. دستگاه‌های طراحی شده برای فرکانس بالا نیازمند ۱۰۰ تا ۲۰۰ میلی ولت افت ولتاژ تمام اسکیل می‌باشند.

شفت معمولاً برای تمام رنجهای جریان جدا از دستگاه می باشد بنابراین در یک میلی ولت متر ممکن است از چندین شفت استفاده شده باشد.

هر وقت شفت جدا از دستگاه است شکل هادی ورودی یک بخش مدار دستگاه بود و نباید بدون کالیبراسیون دوباره دستگاه یا گرفتن دقت که مقاومت هادی را بطور معمولی نگه داشته است تغییر داده شود.

آمپرمترهای جریان مستقیم تعدیل شده‌اند بوسیله تغییر دادن مقاومت شفت، مقاومت مدار میلی ولت متر یا هر دو.

پیشتر هر دستگاه و شفتی با هم متعادل شده بودند اما برای تعدیل همه دستگاه‌های نوع انحراف تمام صفحه با افت ولتاژ مشابه در حدود میلی ولت در ترمینال هادی شده است. شفت برای دستگاه‌های تماماً به طور مشابه تعدیل شده با دادن افت ولتاژ مشابه می‌باشد، بنابراین همه شفتها و دستگاه‌ها از نوع قابل تغییر ساخته می شوند. شفت‌ها باید بوسیله تغییر دادن مقاومت میان تپ‌های پتانسیل تعدیل شوند بوسیله تعدیل کردن سیم‌های مقاومتی وصل شده بصورت سری در ورودی دستگاه.

۲۳-۳- اندازه گیری جریانهای بزرگ مستقیم

جریانهای مستقیم بزرگ به روش مشابه جریانهای کوچک اندازه گیری می‌شوند با میلی ولت متر وصل شده به شفت .

شفت از لحاظ فیزیکی بزرگتر ولی مقاومت آن کوچکتر شده است.

بعضی احتیاطها باید به هر ترتیب هنگام استفاده کردن از شفت‌های بزرگ رعایت شوند.

شفت‌ها در ظرفیت چندین هزار آمپر بایستی با بلوکهای مسی چندین لایه کاغذ، طولانی طراحی شوند برای اطمینان از اینکه توزیع جریان میان شفت یکنواخت بوده و مانند بعد از نصب خواهد بود زمانیکه کالیبره شده است.

در نصب شفتها ظرفیت بالا در ساختار باس آنها بایستی ترجیحاً در باس جارجی افقی قرار داده شود.

با شروع به حرکت کردن سوار شده بر روی صفحه عمودی، شفت قرار داده شده در ساختار باس بطور لحظه ای به زاویه راست نمی چرخد.

۲۴-۳- مبدل برای اندازه گیری جریانهای مستقیم بزرگ

جریانهای مستقیم بزرگ همچنین می توانند بوسیله ترانسریوسرهایی که مشخصه‌های ترانس جریان را دارند اندازه گیری شوند. ترانسریوسرها بعضی اوقات استفاده شده‌اند هنگامیکه روشهای بکار گرفته شده شفت به دلیل اندازه شفت و مشکلات تلفات در آن مناسب نمی‌باشند.

ترانسریوسرهای اندازه گیری شامل دو هسته آهنی المانهای ترانسریوسر نامیده می‌شوند. می دهند. هر حلقه یک سیم پیچ dcهر کدام تشکیل یک مدار مغناطیسی بسته به دور هادی دارد و دو سیم پیچی بطور سری با هم وصل بطریقی با هم وصل شده‌اند که یکی AC بوبین کمکی میدان و دیگری در جهت مقابل می باشد.

بوبینها با ولتاژ متناوب تحریک شده‌اند و جریانی که جاری شده اندازه گیری می‌شود.

ترجیحاً بوسیله آمپرمتر نوع یکسو. اندازه مقدار یک سو شده جریان متناسب با جریان یا ±مستقیم هادی متناسب می باشد. ترانسریوسرهای اندازه گیریی خطای محدود بین ٪۲ کمتر دارند اما در جریانهای کوچک مستقیم از تنها یک دور اولیه استفاده می‌شود. دقت‌های بالاتر ممکن است نیازمند مواد خاصی در هسته باشد.

۳۰-۳- آمپرمترهای جریان متناوب

آمپرمترهای جریان متناوب برای اندازه گیریهای مهندسی معمولاً یا از نوع الکترودینامیکی یا از نوع قاب آهن نرم می باشند. روش اصلی بکار گرفته شده در هر کدام مشابه است. با نوع ولت متر، خلاصه تعاریف که تحت عنوان اندازه گیری ولتاژ داده شده است.

از نظر ساختمان ممکن است تا اندازه‌ای متفاوت باشند. اگر چه برخی از دستگاه‌های دینامومتر مدرن دور رنج ۰،۵ تا ۰،۷۵ آمپر می‌باشند بوبینهای ثابت شده کل جریان اندازه گیری شده را تحمل می کند در صورتیکه بوبین متحرک به دو سر شفت که سری است با بوبین ثابت متصل شده باشد.

آمپرمترهای نوع پره آهن نرم از ولت متر نوع مشابه فقط از لحاظ سایز سیستم‌ها و تعداد دور بکار برده شده متفاوت می باشد. در هر دو نوع ولت متر نوع خفه کن بکار برده شده مشابه است. آمپرمترهای مدرن آهن گردان می‌توانند تا فرکانس ۵۰۰ هرتز تقریباً بدون خطا بکار برده شوند. که این بواسطه این حقیقت است که خطای فرکانسی بوسیله تغییرات راکتانس القایی سبب نشده بلکه فقط توسط تغییرات تلفات جریان گردابی است. در آمپرمترهای جبران شده فرکانسی این تلفات به مقدار می نیمم بواسطه استفاده از مواد با مقاومت ویژه بالا، برای تشکیل بوبین میدان و مواد با هسیترزین پایین در مدار مغناطیسی

کاهش می یابد. بطوریکه خطا نتیجه شده در آمپرمتر به مقدار کمی در رنج فرکانسی ٦٠ تا ٣٠٠٠ هرتز کاهش می یابد.

آمپرمترهای ترموکوپلی هنگامیکه بطور صحیح طراحی شده برای اجتناب از خطای اثر پوستی ممکن است تقریباً بدون خطا در فرکانسهای تا چند مگاهرتز استفاده شود.

در آمپرمترهای یکسو از چهار المان یکسوساز اکسید مس در اتصال با میلی آمپرمتر استفاده می شود.

المانهای یکسوساز بگونه‌ای مرتب شده اند که در دو نیم موج جریان از دستگاه عبور می‌نماید.

آمپرمتر یکسو معمولاً در رنج چند میلی آمپر و به پایین تا حدود ١٠٠ میکرو آمپر ساخته می‌شود.

این آمپرمترها خطای فرکانسی در حدود ٠،٥ درصد در ١٠٠٠ هرتز و بالاتر تا حدود ٢٠٠٠٠ هرتز دارند. کاهش مقدار خوانده شده متناسب است با افزایش فرکانس. یک مقدار کوچک جریان معکوس وجود دارد اما صفحه مدرج تقریباً روی قسمتهای بزرگ رنج خطی است. نشان دادن با مقدار متوسط جریان متناسب است و اگر صفحه مدرج با مقدار موثر کالیبره شده باشد خطایی با شکل موج پیچش داده شده اتفاق می افتد.

٣١-٣- اندازه گیری جریانهای متناوب بزرگ

جریانهای متناوب مقدار بالا (متجاوز از ١٠٠ آمپر و گاهی کمتر) معمولا با ترانسفرمر جریان و آمپرمتر با رنج ٥ تا ١٠ آمپر اندازه گیری می شود.

۴۰-۳- رنج و دقت

مراجعه کنید به پاراگراف ٤٠-١ و ٤١-١

۵۰-۳- روش یا متد

نگاه کنید به پاراگراف ٥١-١

۶۰-۳- احتیاط در برداشت قرائتها

به پاراگراف ٦٠-١ نگاه کنید.

در دادن جریان به دستگاه‌های جریان مستقیم با متصل شدن میان دستگاه و شفت و میان شفت و مدار که به آن متصل شده بایستی توجه ویژه شود. سطح تیغه‌های اتصال باید کاملاً تمیز باشد.

در اندازه گیری جریانهای بزرگ باید بطور خاصی به ریسک خطا از میدانهای مغناطیسی منتشر شده توجه شود و احتیاط های داده شده قبلی بایستی بطور ویژه یادداشت شوند.

۷۰-۳- تصحیح

حرارتی در ترمینالهای پتانسیل شفت های آمپرمتر بعد از قطع مدار اصلی emfخطا بواسطه آشکار شده است.

مقدار خوانده شده دستگاه مشاهده می شود و سپس مدار اصلی قطع می شود. اگر دستگاه انحراف کوچکی را نشان دهد.

حرارتی معلوم می شود. مقدار خوانده شده بایستی بوسیله تفریق جبری انحراف emf مشاهده شده بلافاصله بعد از باز شدن مدار اصلی اصلاح شود.

استفاده می شود بایستی مقدار ACهنگامیکه از ترانسفورمر جریان در اتصال با آمپرمتر درست ترانس جریان برای چندین مقدار جریان شناخته شده باشد.

۸۰-۳- کالیبراسیون آمپرمترها

آمپرمترهای جریان مستقیم با رنج معمولی ممکن است با متصل شدن سری با یک استاندارد مناسب کالیبره شده باشد که استاندارد مناسب ممکن است یک رئوستای استاندارد که بعنوان یک پتانسیومتر برای اندازه گیری افت ولتاژ بکار برده شده باشد. در برخی حالتها یک میلی ولت متر آزمایشگاهی با یکسان کردن شفت مطابق با استاندارد کالیبره شده است. در دستگاه‌های با رنج بزرگ اثر حرارت بایستی با نگه داشتن جریان در مقدار دو یا سه برابر برای چند لحظه در وضعیت تمام اسکیل جبران شود و هر تغییری از مقدار معمولی صفحه مدرج یادداشت شود.

هنگام درجه بندی کردن دستگاه‌ها بیشتر آسان کردن در دست است. مقاومت شفت میان تپ‌های پتانسیل می تواند به دقت اندازه گیری شده و خود دستگاه بطور جداگانه بعنوان میلی ولت متر چک شود.

برای کار دقیق مقاومت شفت بایستی با پل کلوین اندازه گیری شده باشد. اندازه گیری باید در چندین درجه حرارت انجام شود بطوریکه هنگامیکه دستگاه در حال استفاده کردن می‌باشد تصحیح درست برای هر وضعیت بار داده شده بتواند بوسیله یادداشتهای ساده مطابق با درجه حرارت شفت آزمایش شده بدست آید. این درجه حرارت بطور دقیق اندازه گیری شده است زیر تغییر در مقاومت شفت موجب تغییر درجه حرارت خواهد شد که این تغییر نسبتاً کوچک است.

آمپرمترهای جریان مستقیم رنج بالا شامل مقاومت شفت و میل ولت متر بطور جداگانه چک و کالیبره می شوند بطوریکه در پاراگراف قبلی نشان داده شد.

در اندازه گیری مقاومت‌های شدت بزرگ برای این هدف این نکته بسیار مهم است که توزیع جریان تست کردن در دو سر شفت با اتصال درست ترمینالها در مدار تست بطور یکنواخت انجام شود. اگر مدار تست کردن فقط به یک گشوه بلوک ترمینال متصل شده باشد. توزیع جریان از شکل یکنواخت خارج شده و افت ولتاژ میان تپ‌های ولتاژ مطابق با مقاومت صحیح نخواهد بود.

- مبدلهای اندازه گیری

۱۰-۴- عملکرد مبدلهای اندازه گیری

دستگاه‌های مبدل اغلب برای کنترل عملکرد دستگاه‌ها و اهداف مشابه این در دستگاه‌های الکتریکی بکار می روند اما تنها عملکردی که برای اندازه گیری استفاده می‌شود مورد بررسی قرار خواهد گرفت در این رابطه آنها برای اهداف زیر استفاده شده اند :

a) کاهش ولتاژ و جریان به مقداری که بتواند بطور صحیح اندازه گیری شود.

b) جداسازی وسیله اندازه گیری از پتانسیل بالا که ممکن است در مدارت تحت تست کردن وجود داشته باشد.

۱۱-۴- ترکیبات مشخص

عمده دستگاه‌های مبدل مشابه ترانسهای قدرت می باشند اما به دلیل عملکرد ویژه آنها در بسیاری از خصوصیات متفاوت می‌باشند.

ترانسها و جریان شامل دو سیم پیچی مخصوص می باشد که کاملاً از همدیگر و هسته آهنی که روی آن نصب شده‌اند ایزوله می باشند. سیم پیچ اولیه دارای تعداد دور کم می‌باشد و گاهی حتی یک درو سیم پیچ در اولیه که قسمتی از باس بار که بطور سری با مدار تحت آزمایش می باشد، دارد.

جریان ثانویه مطابق با جریان اولیه داده شده فقط بوسیله تعداد دستگاه‌های متصل شده به ثانویه متاثر شده است (کل بردن فراهم شده در ثانویه نباید از مقدار نامی ترانسفورمر متجاوز باشد)

مشخصات جریان اساساً با تغییر ولتاژ به مقدار کم ثابت است. ترانسهای جریان استفاده شده در سیستم‌های قدرت با ظرفیت اتصال کوتاه بالا طراحی شده‌اند. به عبارتی نبایستی به علت قطع شدن هنگام اضافه بار به مخاطره بیافتند. آنها همچنین برای میدان مغناطیسی و چگالی کم طراحی شده‌اند.

۱۲-۴- انواع تراسنهای جریان

ترانسهای جریان قابل حمل در چهار نوع ساخته می شوند.

a) اولیه از قسمتهای ساخته شده که می توانند بصورت سری یا موازی برای تغییر مقدار نامی ترانسفورمر وصل شوند. سیم پیچهای ثانویه با یک تپ که در یک سوم ثانویه است به منظور تغییرات بیشتر در مقدار نامی ترانسفورمر ساخته شده‌اند.

b) بدون سیم پیچ اولیه، یک هادی از وسط هسته آهنی ترانس بعنوان اولیه عبور می‌کند. سیم پیچهای ثانویه به درو یک هسته آهنی پیچیده شده‌اند.

c) بدون سیم پیچ اولیه دائمی و با هسته متحرک، مفصلی شده و با یک گیره فراهم شده است بطوریکه می تواند به دور هادیهای خط باز شده و گیره محکم بسته شود که این نوع معمولاً هسته جدا شونده نامیده می‌شود.

d) تراسفورماتور تعویض کننده جریان روی انتهای سیم پیچهای ترانسفورمر یا قطع کننده‌های بوشینگ در ژنراتور سوار شده‌اند. آنها معمولاً برای رله اتصال دهنده استفاده شده‌اند اما در بسیاری حالتها می توانند دقت کافی برای اندازه گیری را فراهم نمایند.

این نوع ترانسفورماتور جریان شامل هسته حلقه سیلندر می‌باشد. که با آهن ورقه‌ای نازک ساخته شده و از هادیهای مسی یا آلومینیومی ایزوله شده است. این ترانسفورمر در اتاقک بوشینگ هادیهای ولتاژ بالا نصب شده است.

۱۳-۴- ترانسفورمر پتانسیل

ترانسهای ولتاژ در طراحی معمولی و در ظاهر با ترانسهای قدرت ظرفیت کوچک کاملا مشابه می‌باشد اما ممکن است جریان مغناطیس کنندگی بیشتر داشته باشند زیرا راندمان کوچک است و یا مهم نمی باشد.

هر دو سیم پیچ نسبتاً تعداد دور کوچکی دارند زیرا فقط ظرفیت توان کوچکی مورد نیاز است.

اولیه مستقیماً به خط قدرت وصل می‌شود (البته بعد از فیوزهای حفاظتی) و ثانویه به دستگاه مورد نظر وصل می شود.

۱۴-۴- پلاریته

وقتی که از دستگاه‌های مبدل با دستگاه ها یا رله‌هایی که فقط مطابق با اندازه ولتاژ یا جریان عمل می نمایند استفاده می شود موقعیت و توالی فازها ممکن است در اتصال ثانویه عوض شود و این هیچ تغییری در دستگاه نشان دهنده و رله‌ها نمی گذارد. هنگامیکه دستگاه‌های مبدل همچنین با وات مترها و بعضی دستگاه‌های دیگر استفاده شده است. عملکرد به عکس العمل دو جریان بستگی دارد. بنابراین برای عملکرد صحیح چنین دستگاهی جریان بایستی در نسبت فاز درست متصل شود و این نیازمند نسبت مستقیم جریانهای اولیه و ثانویه سیم پیچهای ترانسفورمر است.

۱۵-۴- ارزیابی کردن

دستگاه‌های مبدل مطابق با مقدار نامی ولتاژ یا جریان اولیه به ثانویه معین شده‌اند. آنها همچنین معین شده‌اند برای :

۱) یک ترانسفورمر برای چه بردنی طرح شده است.

۲) ترانسورمر چه بردنی را بدون ایجاد خطاهای بزرگتر از مقدار تعیین شده می‌تواند تحمل کند.

در محفظه ترانس جریان مقدار نامی جریان اولیه و ماکزیمم ولتاژ مدار که ترانسفورمر بدون خطر می تواند به آن وصل شود مشخص شده است. بطور مشابه در ترانسهای ولتاژ ماکزیمم ولتاژ قابل اطمینان اولیه مشخص شده است.

۱۶-۴- مزایا و معایب استفاده از دستگاه‌های مبدل

مزایای ویژه حاصل شده بوسیله استفاده کردن از دستگاه‌های مبدل عبارتند از :

a) ایمنی : زیرا آنها اجازه می دهند که دستگاه اندازه گیری بصورت الکتریکی از دستگاه تحت تست ایزوله باشد.

b) آنها این امکان را فراهم می کنند که دستگاه در هر جایی که مناسب است قرار داده شود و نه لزوماً نزدیک دستگاه تحت تست.

c) سیم کشی دستگاه‌ها را بسیار آسان می کنند به دلیل داشتن جریان و ولتاژ کوچک

d) یک دستگاه ممکن است با چندین ترانسفورمر با مقدار نامی مناسب برای تمام دستگاه‌ها استفاده شده باشد.

ـ تنها یک عیب در استفاده کردن از دستگاه‌های مبدل هست که در تصحیح دقت اندازه گیری بایستی مشخص و عمل شده باشد برای نشان دادن دستگاه با توجه کردن به تغییرات مقدار واقعی از مقدار نامی و همچنین زاویه فاز از نسبت ایده‌ال ۱۸۰ درجه جابجایی

۲۰-۴- رنج و دقت

ترانسهای ولتاژ و جریان قابل دسترسی در استاندارد تقریباً برای هر رنج دلخواه تا حدود ۷۵۰۰۰ آمپر و ولتاژ ۲۳۰۰۰۰ ولت ساخته می شوند.

رنجهای بالاتر ممکن است بدست آمده باشند اما چنین ترانسفومرهایی مخصوص خواهند بود.

در حالت عادی، مخصوصاً برای اندازه گیری صحیح جریان ثانویه یک ترانس جریان باید بین ۲۵ تا ۱۰۰ مقدار نامی جریان باشد. ترانسهای ولتاژ نیازمند ولتاژ عملکرد نزدیک ولتاژ نامی و ثابت نمی باشند. آنها با تغییراتی در حدود ۱۰ درصد ولتاژ نامی تغییر نمی نمایند.

۳۰-۴- زمین کردن دستگاه‌های مبدل

در استفاده کردن از دستگاه‌های مبدل بایستی توجه شود . به زمین کردن بدنه یا محفظه و یک طرف مدار ثانویه ترانسفورمر برای محافظت از اپراتور و دستگاه‌ها و اولیه و ثانویه با یک قطع کننده بایستی ایزوله شوند.

در زمین کردن ثانویه ترانسفورمرهای متصل شده با مدار چند فاز بایستی توجه شود اگر ثانویه‌ها بصورت داخلی متصل شده باشند در بیشتر شکل ۱-۳۰-٤ و ۲-۳۰-٤ اتصال زمین صحیح را برای سیستم سه فاز نشان می دهد.

اگر مدار ثانویه باز شود امکان مغناطیسی شدن هسته به یکی از دو روش زیر باید حذف شود :

a) اتصال کوتاه کردن مدار ثانویه بوسیله رئوستای ۳۰ اهمی با ظرفیت جریان کافی و افزایش تدریجی جریان اولیه به مقدار نامی وسپس کاهش تدریجی آن مقدار صفر

b) با مدار باز کردن اولیه جریان متناوب ثانویه تدریجی به ٥ آمپر افزایش می یابد و سپس بطور تدریجی به صفر کاهش می یابد.

در ترانسهای ولتاژ باید توجه شود که طرف ثانویه نبایستی اتصال کوتاه شود

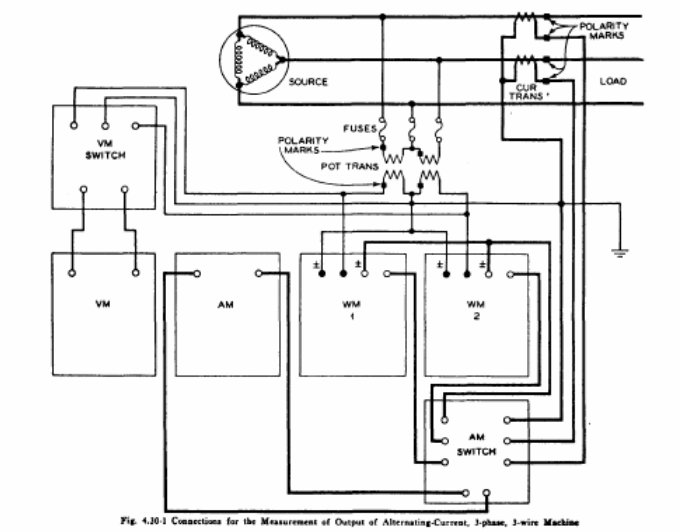


Fig. 4.30-1 Connections for the Measurement of Output of Alternating-Current, 3-phase, 3-wire Machine

۵۰-۴- دقت

در ترانسفورمر جریان ایده‌آل داریم، قابلیت نفوذ مغناطیسی هسته بی نهایت، تلفات هسته صفر و بدون فلوی نشتی،

جریان ثانویه باید بطور صحیح در تضاد با جریان اولیه و مقدار انتقال بایستی معادل تعداد دور باشد بطور واقعی هیچ یک از این شرایط موجودنمی باشند زیرا جریان نیازمند قالیت مغناطیسی هسته و همچنین نیازمند تغذیه تلفات در ترانس و سایز فاکتورهایی که به بردن بستگی دارد می باشد.

در بعضی از کلاسهای ترانسفورمرهای مهندسی این خطاها ممکن است ، کاملا نادیده گرفته شوند اما در اندازه گیری دقیق ولتاژ، توان و یا انرژی همیشه بایستی مقدار صحیح تشخیص داده شود.

در ترانسفورمرهای ولتاژ، ولتاژ اولیه اساساً در بیشتر اندازه گیری‌های مهندسی ثابت است. بطوریکه ضرورت خطا فقط برای رنجهای کوچک ولتاژ ترانسفورمرهای ولتاژ مدرن تغییرات ناچیز ضریب و زاویه فاز با انحراف از ولتاژ نامی را نشان می دهد.

ضریب معمولا از ۰،۱ تا ۰،۳ درصد کمتر از مقدار نامی برای بردن‌های کوچک (یک ولت‌متر) در صورتیکه زاویه فاز تقریباً ناچیز باشد، اما با استافده از ترانس جریان اندازه‌گیری در رنج وسیع‌تری ساخته شود. و بنابراین خطای تحت شرایط مشابه بایستی مشخص شده باشد.

خطای درصدی از مقدار نامی و اختلاف زاویه فاز برای هر مقدار خوانده شده خاص از منحنی کالیبراسیون برای ترانسفورمر مشخص شده است.

نمونه‌ای از منحنی زاویه فاز و اندازه در شکل ۱-۵۰-٤ نشان داده شده است.

۶۰-۴- کالیبراسیون

دستگاه‌ها و مبدلهای اندازه گیری مربوطه ممکن است بطور واحد کالیبره شده باشند. اما در حالت عادی این روش عمل که دستگاه‌ها و ترانسفورمرها بطور جداگانه کالیبره شوند رضایت بخش نمی باشد. مخصوصاً جایی که ولتاژ مدار از چندصد ولت و جریان مدار از ۱۰۰ تا ۲۰۰ آمپر تجاوز نکند.

این صحیح می باشد مخصوصاً جایی که شامل اندازه گیری توان یا انرژی می باشد.

در کالیبراسیون جداگانه ترانسفورمرها خطای ضریب و زاویه فاز بوسیله روشهای مخالف که شامل اندازه گیری ولتاژ یا جریان نمی باشد مشخص شده است. اما فقط مشخص کردن ضریب دو مقدار مانند مقاومت، خواندن یک دستگاه نشان دهنده معمولی و غیره به روشهای بکار گرفته شده ویژه بستگی دارد. از این رو این روش برای کالیبراسیون جداگانه دستگاه‌ها و اندازه گیری مستقیم خطا در ترانسفورمرها بسیار درست و بسیار مناسب خواهد بود. این تست کردن جداگانه مزیت‌های بیشتری هم دارد که هر صدمه به یک یا چند دستگاه و یا تغییر ثابت‌ها نیازمند تکرار تست کردن دستگاه‌های اندازه گیری نمی‌باشد.

کالیبراسیون نیازمند مشخص کردن ضریب تبدیل و انحراف زاویه فاز برای تغییرات مقدار بردن ثانویه و درصد تغییرات جریان نامی اولیه می باشد. هر چند اگر ترانسفورمر با دستگاه مخصوص استفاده شده باشد کالیبراسیون بایستی با مطابقت مقادیر بردن ثانویه ساخته شود.

همانطور که در پاراگراف ۲۰-٤ ذکر شده است اندازه گیری جریان رنج وسیع مقادیر را پوشش می دهد و ترانسفورمر جریان بایستی با مطابقت دادن محدوده رنج جریان کالیبره شود.

اگر چه در اندازه گیری ولتاژ تغییرات ولتاژ معمولا بسیار کوچک است و در چنین حالتی کالیبراسیون ممکن است با تحمیل کردن خودش در یک نقطه مشخص شود.

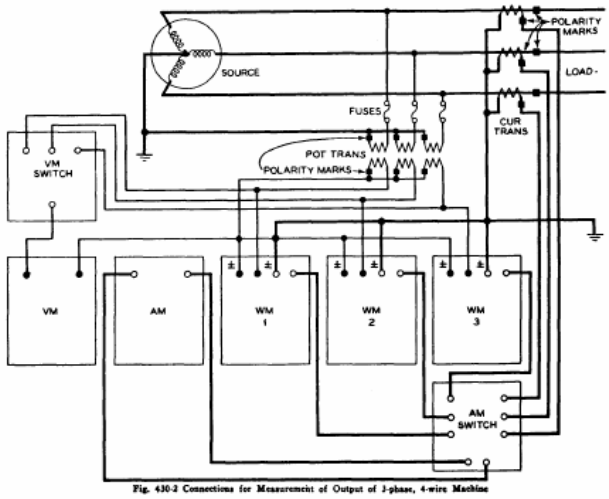


Fig. 430-2 Connections for Measurement of Output of 3-phase, 4-wire Machine

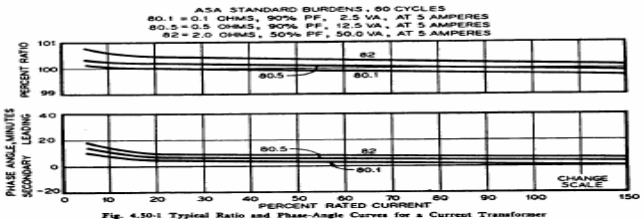


Fig. 4.50-1 Typical Ratio and Phase-Angle Curves for a Current Transformer

(1) Silsbee, F. B.: Methods for testing current transformers. American Institute of Electrical Engineers Transactions, ***43,*** 282, *(1924).*

(2) Werres, C. 0.: Hand, A. R.: La Pierre, C. W.: Shunt mcthod of testing current transformers. General Electric Review, 41, 370, (1938).

(3) Fortescue, ***C.*** *Le G.: Calibration of current transformers by means of mutual inductances. American Institute of Electrical Engineers Transactions,* ***34,*** *1599, (1915).*

(4) Baker, H. S.: ***Test*** *ring method for determining current transformer ratio and phase errors. A m e b Institute of Electrical Engineers Proceedings, 37, 1173, (1918).*

(5) Silsbee, ***F.*** *B.:* ***A*** *method for testing current transformers. Bulletin of the Bureau of Standards,* ***IS,*** *317, (1917).* ***(See also Leeds*** *and Northrup, Bulletin 715.)*

(6) Arnold, A. ***H. M.:*** *Current transformer* ***test****ing. lnstitution of Electrical Engineers* ***Jouml*** *(British), 74,424, (1934).*

Cm

(7) *Bousman, H. W.: Ten Broeck, R. L.:* ***A*** *capacitance bridge for determining the ratio and phase angle of potential transformers. American Institute of Electrical Engineers Transactions, 62, 541 (1943).*

(8) Brooks, *H. B. : Testing potential transformers.*

Bulletin of the Xational Bureau of Standards,
10, 419, (1914).
(9) Leeds and Northrup Co.: Potential transformer
testing set. Bulletin No. ***716.***
(10) *Hague, B. Pitman (London) 1936: Instrument*
transformers-their theory, characteristics
and testing. ***(A*** *very complete discussion of*
all phases of the subject with many references.)
Park, J. H.: Accuracy of high-range current
transformers. National Bureau of Standards
Journal of Research, 14, 367, (1935) (R. P.
(11) Park, J. H.: Efiective of wave form ***upon*** *the*
performance ***of*** *current transformers. National*
Bureau of Standards Journal of Research, ***19,***
517, (1937).

–

- اندازه گیری توان

۱۰-۵- توضیح

توان مصرف شده در مدار حاصل ارزش لحظه‌ای همزمان و جریان است. در جریان مستقیم، توان بر حسب وات مساوی است با ولتاژ بر حسب ولت در جریان برحسب آمپر به شکل فرمول زیر :

$$P = E \times I$$

در جریان متناوب توان بر حسب وات مساوی است با مقدار موثر ولتاژ بر حسب ولت ضرب در مقدار موثر جریان بر حسب آمپر ضرب در ضریب توان (که برای شکل موج سینوسی برابر است با کسینوس زاویه فاز میان ولتاژ و جریان) یا :

$$P = E \times I \times \cos\theta$$

توان بر حسب وات = P

ولتاژ بر حسب وات =E

جریان بر حسب آمپر = I

ضریب توان = cosθ

۲۰-۵- توان جریان مستقیم

توان جریان مستقیم تقریباً همیشه بهترین نمایش از حاصل ولتاژ اندازه گیری شده بصورت همزمان است وات مترها ممکن است برای اندازه گیری توان مستقیم استفاده شده باشند بنابراین فقط نیاز به یک دستگاه دارند هر چند، استفاده از وات متر برای اندازه گیری توان مستقیم تا اندازه‌ای نامناسب است این نیازمند میانگین‌گیری از دو اندازه گیری اتصال ولتاژ و جریان معکوس شده برای بار دوم می باشد. این احتیاط لازم می‌باشد زیرا وات‌مترها پوشش دار نشده مخصوصاً در معرض خطا از طرف میدان مغناطیسی می باشند و حتی وات مترهای پوشش دارد شده گاهی وابسته به قطبهای مغناطیسی می باشند. بنابراین اندازه گیر توان مستقیم معمولاً بوسیله اندازه گیری همزمان ولتاژ و جریان صورت می گیرد.

۳۰-۵- توان جریان متناوب

توان جریان متناوب اکثراً بطور مستقیم و بطور دقیق بوسیله وات مترها و دستگاه‌هایی که بطور مستقیم میانگین جبری حاصلضرب ولتاژ و جریان لحظه‌ای را نشان می دهند اندازه گیری شده است.

به عبارت دیگر آنها بطور مستقیم توان صحیح را بدون توجه به شکل موج و خصوصیات بار نشان می دهند.

۳۱-۵- وات مترها

المانهای اصلی وات متر عبارتند از :

) بوبین جریانa

) بوبین ولتاژb

) مکانیسمی برای نشان داده همزمان حاصل ولتاژ و جریانc

تقریباً تمام وات مترهای قابل حمل و استفاده شده در اندازه گیری مهندسی دقیق از نوع الکترودینامیکی می باشند.

۳۲-۵- وات مترهای الکترودینامیکی

در دستگاه‌های الکترودینامیکی یک المان ولتاژ و یک المان جریان بکار می رود.

المان جریان یاسری شامل دو بوبین متقاطع ثابت شده با سیم‌های ضخیم می باشد که بصورت سری با همدیگر و با مدار اصلی متصل شده اند. المان ولتاژ دارای یک بوبین متحرک سوار شده روی محور نگه داشته شده میان یاتاقانها و دو بوبین ثابت شده می باشد. که این بوبین شامل سیمهای با تعداد دور زیاد و نازک می باشد، مانند یک ولت متر. نیروی کنترل کننده بوسیله یک یا چند فنر مارپیچی فراهم شده و نوع حفه کن بکار برده شده در آن همانند روش بکار رفته در ولت مترهای جریان متناوب است.

۳۳-۵- ولت مترهای چند فاز

وات مترهای چند فاز ذاتاً ترکیب دو دستگاه تکفاز، این دو دستگاه با هم فیکس شده و اما بوبین‌های متحرک آنها با هم روی محور مشترک سوار شده‌اند.

وات مترهای چند فاز متصل شده به مدار بایستی فقط بعنوان دو دستگاه مجزا متصل شده باشند.

۳۴-۵- وات مترهای القایی

وات متر القایی فقط یک موتور القایی کوچک است که چرخش المان متحرک متقابل می‌باشد با یک فنر حلزونی که موجب حرکت عقربه متصل شده به آن به نسبت متناسب با گشتاور المان متحرک می شود.

متشخص است که دستگاه‌های القایی به فرکانسی که برای آن طراحی شده‌اند محدود می‌شوند.

۳۵-۵- وات مترهای استاندارد آزمایشگاهی

وات مترهای نیمه دستی اصلاً برای استفاده در آزمایشگاه طراحی شده‌اند.

آنها با توجه ویژه به منابع المانهای خطا مانند جریان گردابی در قسمتهای نگهدارنده و سیم پیچی‌های جریان ساخته شده‌اند. این وات متر در حالت عادی دقت بیشتری دارند.

۴۰-۵- رنج و دقت

نگاه کنید به پاراگراف ٤٠-١ و ٤١-١

۵۰-۵- روش عملی

بایستی به اتصالات وات متر در مدار اصلی توجه شود بطوریکه بوبین متحرک در مدار پتانسیل و بوبین جریان در طرف مشابه مدار اندازه گیری اتصال داده شود.

هنگامیکه از ترانسفور اندازه گیری استفاده می شود بایستی یک طرف ترانس ولتاژ اتصال زمین شود. در غیر اینصورت ممکن است جاذبه الکتریکی کافی میان دو بوبین تولید خطا نماید یا اگر پتانسیل به اندازه کافی بزرگ باشد ممکن است عایقهای میان بوبین‌ها فرو بشکند.

در وات مترهای چند فاز استفاده شده در مدارات چند فاز این انتخاب کوچک اتصال در مآخذ بالا می باشد.

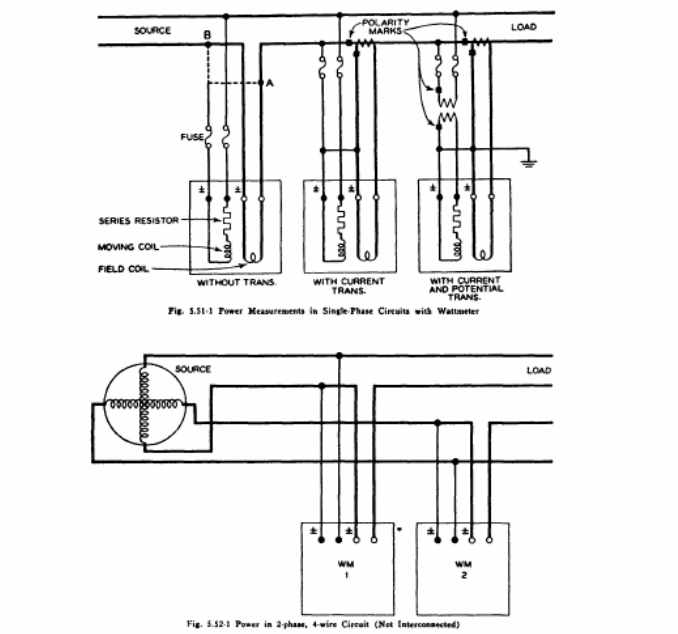


Fig. 5.51-1 Power Measurements in Single-Phase Circuits with Wattmeter

Fig. 5.52-1 Power in 2-phase, 4-wire Circuit (Not Interconnected)

۵۱-۵- اندازه گیری توان در مدار تکفاز

وات متر یک متصل شده در شکل ۱-۵۱-۵ نشان داده شده است.

در مدار پتانسیل وات $\frac{E^2}{R}$ اندازه گیری توان در بار نشان داده خواهد شد اگر تلفات توان) ساخته شود به جای طرف بار Bمتر ساخته شود. اگر اتصال مدار پتانسیل در طرف خط (ساخته شود.$I^2.R$) در مدار جریان بایستی تصحیح تلفات توان A(

۵۲-۵- مدار چهار سیمه دوفاز (بدون اتصال داخلی)

وات متر دو متصل شده، در شکل ۱-۵۲-۵ نشان داده شده است.

این وضعیت معادل دو مدار تکفاز است بطور واضح کل توان جمع حسابی قرائتهای دو دستگاه می باشد.

۵۳-۵- مدار سه سیمه

دو وات متر بایستی متصل شده باشند همانطور که در شکل ۱-۵۳-۵ نشان داده شده کل توان جمع جبری دو مقدار خوانده شده است. این اتصال برای مدار تک فاز، دو فاز و سه فاز و تحت هر شرایط بار، تعادل و ضریب توانی صحیح می باشد. چون ممکن است وات متر ۱ در ضریب توان کوچک منفی باشد سهولت برای دریافت پلاریته بایستی هنگامیکه مورد نیاز است، فراهم شده باشد.

۵۴-۵- مدار دوفاز چهار سیمه متصل شده بصورت داخلی

در این حالت سه وات متر مطابق شکل ۱-٥٤-۵ بایستی متصل شود.

توان کل در این حالت جمع جبری سه مقدار خوانده شده می باشد.

این اتصال برای تمام شرایط بار، تعدل و ضریب توان صحیح می باشد.

که ۱،٤١٤ برابر مقدار نشان داده شده در WM3باید ولتاژ نشان داده شده در واتمتر

است یادداشت شود.WM2 و WM1واتمتر

وات مترهای یک و دو، مقدار صحیح توان را نشان می دهند ، هنگامیکه بار روی هر چهار

پایه متعادل باشد.

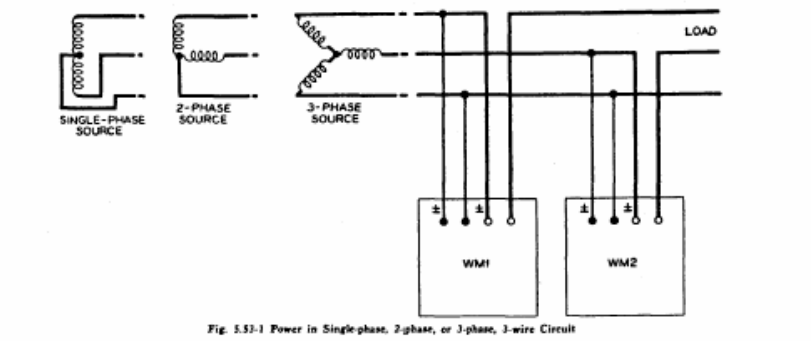


Fig. 5.53-1 Power in Single-phase, 2-phase, or 3-phase, 3-wire Circuit

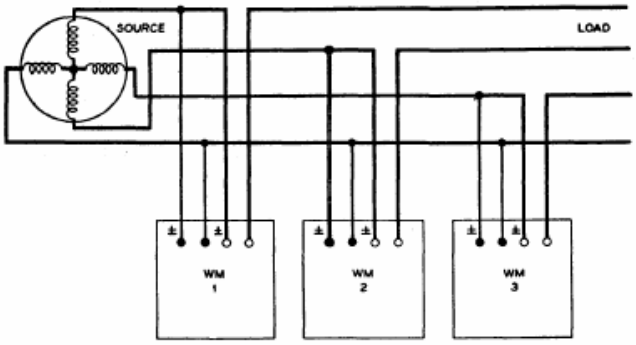


Fig. 5.54-1 Power in 2-phase, 4-wire Interconnected Circuit

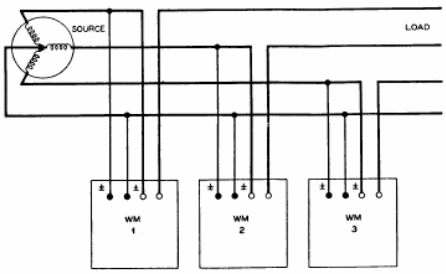


Fig. 5.55-1 Power in 3-phase, 4-wire Circuit, Using Three Wattmeters

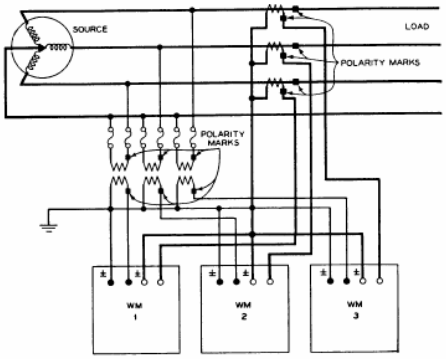


Fig. 5.55-2 Connections with Both Potential and Current Transformers in 3-phase, 4-wire circuit, Using Three Wattmeters

۵۵-۵- مدار سه فاز چهار سیمه

در این روش سه وات متر چنانکه در شکل ۱-۵۵-۵ نشان داده شده استفاده می شود. توان کل در این حالت جمع جبری سه مقدار خوانده شده می باشد.

این روش تحت تمام شرایط بار ، تعادل و ضریب توان صحیح می باشد.

یک سیستم سه فاز ستاره با نقطه صفر زمین شده واقعاً یک سیستم سه فاز چهار سیمه می‌باشد. و توان بایستی توسط سه وات متر اندازه گیری شود. بطور آشکار اگر سیستم متعادل باشد می توان از یک وات متر استفاده نمود در اینصورت توان کل برابر عدد خوانده شده ضریب در سه می باشد. زمانیکه از یک وات متر استفاده می‌شود بوبین جریان بایستی بصورت سری با هادی یا سیم فاز و بوبین ولتاژ بین هادی فاز و نقطه صفر بصورت موازی وصل شود.

و زمانیکه دستگاه‌های مبدل استفاده می شود اتصال آن در شکل ۲-۵۵-۵ نشان داده شده است.

۵-۵۶- مدار (N) سیمه

) سیم توان صحیح ممکن است بوسیله اتصال وات متر در هر Nدر هر سیستم با هر تعداد ( ) بوبینهای جریان بصورت سری با خط و N-1خط یک عدد کمتر استفاده شود (وات متر بوبینهای ولتاژ بین یک فاز و فازی که بوبین جریان به آن متصل می باشد ، قرار می‌گیرد.

۵-۵۷- نوترال کمکی

جایی که بار در تمام مواقع متعادل است توان در سه فاز مدار سه فاز گاهی با یک وات متر که در یک فاز نصب شده و با فقط نوترال کمکی که به یکی از روشهای زیر بدست آمده است اندازه گیری می شود.

۱) یک جعبه ستاره متقابل دو مقاومت اضافه شده که با هم برابرند و در مدار ولتاژ وات متر قرار گرفته‌اند و ضریب مقدار خوانده شده در عدد ۳

۲) یک ترانسفورمر دارای تپ مرکزی در عرض دو فاز با دستگاه متصل شده است و از وسط تپ به فاز سوم وصل شده است. عدد خوانده شده در ۲ ضرب می شود. این روش برای اندازه گیری دقیق پیشنهاد نمی شود.

۵-۵۸- استفاده از وات مترهای چند فاز

دو المان وات متر چند فاز ممکن است بجای دو وات متر تکفاز در مدار فاز استفاده شده باشد ، مخصوصاً جایی که بار بسیار نامتعادل است یا جایی که بطور پیوسته اطلاعات بوسیله دستگاه‌های ثبت کننده ثبت می شوند. روش دو دستگاهی ترجیح داده شده برای

نتایج قابل قبول‌تر زیرا خطای ترانسفورمرهای متغیر و دستگاه‌ها می تواند بطور دقیق‌تر مخصوصاً برای ضریب توان کوچک تصحیح شده باشد. روش دو دستگاهی نیازمند کالیبراسیون و درجه بندی دو دستگاه در عرض یک دستگاه می باشد.

۶۰-۵- اندازه گیری توانهای بزرگ

اندازه گرفته توانهای بزرگ مشکلات غیر عادی دارد.

ترانسفورمرهای جریان و ولتاژ با رنج های مناسب همراه وات متر بکار برده می‌شوند که معمولاً رنج جریان ۵ تا ۱۰ آمپر و رنج ولتاژ ۷۵ تا ۱۵۰ ولت دارند دستگاه‌های مبدل معمولاً در فاصله نزدیک از وات متر بکار می روند و اگر اتصال زمین صحیح ساخته شده باشد مشکل خاصی بواسطه پراکندگی میدانهای مغناطیسی و یا الکترواستاتیکی پیش نخواهد آمد.

۷۰-۵- احتیاط در برداشت قرائتها

تغییرات فنر بواسطه تغییرت دما ممکن است مورد رسیدگی قرار گیرد. لذا این بطور عادی مقتضی این است که جایی که طول مدت آزمایش مناسب (کافی) است قبل از گرم شدن وات متر به مدت ۳۰ دقیقه بعد که آنها بایستی بطور موقتی تقلیل تحریک یافته است با تعدیل صفر مشخص

۸۰-۵- خطاهای حرارتی

تغییر درجه حرارت مقاومت بوبین متحرک را تغییر می دهد. اثر این تغییر در مقاومت ممکن است به مقدار ناچیز توسط طراح دستگاه کاهش داده شده باشد. زمانیکه ولتاژ مدار به اندازه کافی بزرگ است توسط استفاده از سیمهای ضخیم با مقاومت سری حرارت به

اندازه کافی کوچک خواهد بود. در برخی وات مترها با درجه بندی بزرگتر سازنده درجه حرارت مناسب برای عملکرد وات متر را اعلام می کند و مخصوصاً در جایی که ولتاژ پایین است و مقاومتهای سری در مدار پتانسیل کوچک هستند درجه حرارت باید منظور شود.

۸۱-۵- خطاهای اندوکتانسی

خطاهای اندوکتانسی در وات مترها می بایست مورد بررسی قرار گیرد هنگامیکه اندازه‌گیری در ضریب توان کوچک انجام می گیرد در صورتیکه تئوری المانهای وات مترهای الکترودینامیکی فرض می کند که مدار ولتاژ اندوکتانس ندارد و این اکیداً در دستگاه‌های واقعی صحیح نمی باشد . به دلیل خود اندوکتانس بوبین متحرک.

۶۰ و رنج ولتاژ ۱۰۰ تا HZزاویه فاز ولتاژ در بهترین وات مترها برای رنج فرکانس ۲۵ تا ۱۵۰ ولت برابر ۲ تا ۱۰ دقیقه می باشد.

فرض کنید بعنوان یک مقدار متوسط ٦ دقیقه باشد خطای حاصل شده از این قضیه فقط ۰،۳ درصد است زمانیکه بار با ضریب قدرت ۰،۵ اندازه گیری شده باشد در ضریب توان ۰،۵ مقدار خطا کمتر از ۰،۱ درصد است.

در استفاده کردن وات متر با دستگاه‌های مبدل الکتریکی آن متناسب است با ترکیب زاویه فاز وات متر با ترانسفورمر ولتاژ و جریان.

به پاراگراف ۸۵-۵ نگاه کنید.

۸۲-۵- خطای پراکندگی میدان مغناطیسی

خطای پراکندگی میدان مغناطیسی در وات مترهای پوشش داده نشده، الکترودینامیکی و غیر استاتیکی قرار داده شده در میدان مغناطیسی متناوب ۵ اورستد ممکن است صفر تا ۲۵

درصد باشد. پراکندگی میدان هنگامیکه بوبین ولتاژ به تنهایی به مدار اصلی متصل شده است با یک انحراف تعیین شده است. اگر پراکندگی میدان در جهت و اندازه اثر گذاری ثابت باشد تاثیر آن در اندازه گیری ممکن است رفع شود. بوسیله چرخش دستگاه تا وقتیکه انحراف صفر شده و راستای عقربه یادداشت شود. سپس با وصل مدار جریان ، دستگاه خواهد چرخید تا وقتیکه به وضعیتی مانند قبل منحرف شود. بنابراین پراکندگی میدان اثری روی بوبین متحرک نگذاشته و خطایی بوجوید نمی آید.

امکان رفع شدن اثر میدان ضعیف اکثراً به آسانی و بوسیله فراهم کردن سویچ معکوس کننده برای مدارهای ولتاژ و جریان و میانگین گیری از مقادیر خوانده شده با جهت و اتصال معکوس شده مسیر می باشد.

توجه کنید که سویچ معکوس کننده جریان از نوع اتصال کوتاه و سویچ معکوس کننده از نوع موقتاً باز باشد.

۸۳-۵- خطاهای میدان الکترواستاتیکی

در تمام دستگاه های بوبین متحرک ممکن است خطایی بوسیله جاذبه الکترومغناطیسی میان بوبین قابل حرکت وات متر و بدنه که پتانسیل مختلفی دارد ایجاد شود. این بدنه نزدیک معمولاً داخل خود دستگاه است. بار الکتریکی ممکن است در شیشه روی صفحه مدرج یا پوشش فلزی القاء شده باشد. و این جاذبه موجب انحراف غلط عقربه می‌شود.

یک خطا ناشی از مواجه شده همیشگی وات متر است زمانیکه وات متر با مدارهای ولتاژ و جریان که با منابع جداگانه تغذیه شده و پتانسیل مختلف دارند استفاده شده است. بنابراین موجب نیروی الکترواستاتیکی میان بوبینهای ثابت و متحرک می شود . البته جایی که دو

بوبین تقریباً با پتانسیل مشابه در مدار متصل شده باشند اگر خطا بوسیله یک بررسی ساده مشخص شد. ترمینالهایی که بطور مشابه برای هر مدار علامت گذاری شده‌اند ، می توانند به همدیگر متصل شوند در صورتیکه از پتانسیل مشابه بوبینها مطمئن نباشیم و برای اجتناب از اتصالی در چنین حالتی، مدارها بطور تصادفی با چند نقطه بسته شده و ممکن است وات متر در اتصال نخست همیشه صفر را نشان دهد اگر دستگاه در جهت اشتباه می‌خواهد بایستی بوبین جریان را معکوس نمود.

وات آمپر (99.1)×(2.082)=206.330

53مقدار خوانده شده وات متر

توان ظاهری

(53)(39.64)(19.94)=4.893

ضریب توان ظاهری

$$pf = \cos\theta_s = \frac{41.893}{206.330} = 0.20304$$

)αزاویه ظاهری پس فاز شامل زاویه فاز واتمر (

$\theta_s=78^o,17'$

)y) زاویه فاز ترانس ولتاژ (βزاویه فاز ترانس جریان (

برای واتمترها چنانکه بوسیله پوشش دستگاه بدست آمده است به ترتیب R و Lمقدار اهم می باشد ، بنابراین :5000 هانری و 0.0034

$$\alpha = -\tan^{-1}\left(\frac{2\pi fL}{R}\right) = -\tan^{-1}\left(\frac{2\pi \times 60 \times 0.0034}{5000}\right) = -1'$$

$\beta = +55'$, $y = +38'$

پس زاویه فاز واقعی

$\theta = \theta_s - \alpha + \beta - y$

$= 78^o17' - (-1') + (+55') - (+38') = 78^o35'$

True pf = $\cos\theta = 0.1979$

$$PACF = \frac{\cos\theta}{\cos\theta_s} = \frac{0.1979}{0.20304} = 0.9747$$

True Power = 41893× 0.9747 = 40833 wats توان حقیقی

بدست آمده باشد که I , IIتوان حقیقی همچنین ممکن است با استفاده کردن از جداول ترکیب شده و فاکتور توان $(-\alpha + \beta - y)$فاکتور خطای زاویه فاز هنگامی که با زاویه فاز ظاهری را مشخص می نماید در این مثال خطای زاویه فاز ترکیب شده می باشد.$(-\alpha + \beta - y) = +18'$

) مشابه راه‌های تعیین شده برای ترانس جریان yخطای زاویه فاز در ترانسهای ولتاژ ( ) مثبت است هنگامیکه ولتاژ ثانویه پیش فاز است و منفی است yمشخص می‌شود علامت (هنگامیکه ولتاژ ثانویه پس فاز است.

از توضیحات بالا مشخص می شود در تمام حالات رنج پیش فاز موجب مثبت بودن علامت کمیتی که مورد اندازه گیری است می‌تشود و رنج پس فاز موجب منفی شدن علامت آن می‌گردد.

دقت مقدار خوانده شده وات متر برای خطای زاویه فاز نیازمند مشخص کردن فاکتور دقت) این فاکتور بصورت ریاضیاتی شکل زیر نشان داده می‌شد.PACFزاویه فاز می باشد. (

$$PACF = \frac{\cos\theta}{\cos\theta_s}$$

= ضریب توان درست و$\cos\theta$که در آن

= ضریب توان ظاهری$\cos\theta_s$

) بین جریان اولیه و ولتاژ اولیه بدست آمده بوسیله جمع θفاکتور توان صحیح زاویه (

جبری خطای زاویه فاز بوبین پتانسیل واتمتر، خطای زاویه فاز بوبین جریان واتمتر و

) . پس :θ_sخطای زاویه فاز ترانس ولتاژ با زاویه فاکتور توان ظاهری (

$\theta = \theta_s-\alpha+\beta-y$

$PF= \cos\theta - \cos (\theta_s-\alpha+\beta-y)$

$$PACF = \frac{\cos(\theta_s - \alpha + \beta - y)}{\cos\theta_s}$$

مقدار بدست آمده برای فاکتور تصحیح زاویه فاز از فرمول اخیر همراه فاکتور تصحیح نرخ برای ترانسفورمرهای ولتاژ و جریان و تصحیح اشل واتمتر برای مشخص کردن توان درست استفاده شده است.

مثال برای قرائت واتمتر تصحیح شده برای خطای زاویه فاز واتمتر و مقدار نامی و خطای زاویه فاز دستگاه‌های مبدل :

f=60HZ جریان پس فاز

39.64:1 CTمقدار نامی

19.94:1 PTمقدار نامی

(19.94)×(104.4)=2082 ولتاژ

(39.64)×(2.5)=99.1 جریان

اگر وات متر با ترانسهای ولتاژ و جریان استفاده شده باشد خطاهای الکترواستاتیکی ممکن است بسیار پر دردسر باشند مگر اینکه مدارها در یک ترمینال به هم متصل شده باشند. دستگاه‌هایی که پنجره پلاستیکی به جای شیشه‌ای دارند مستعد بوجود آمدن خطاهای الکترواستاتیکی بواسطه اصطکاک تصادفی می باشند بنابراین بایستی توجه کرد که بار الکتریکی القاء شده بوسیله زمین کردن پنجره شیشه‌ای رفع شود.

۸۴-۵- خطا بواسطه تلفات دستگاه‌ها

وقتیکه یک وات متر ساده بر مدار وصل شده است توان اندازه گیری شده شامل توان مصرف شده در بوبین جریان و یا مدار ولتاژ نیز می باشد که بستگی دارد به اینکه آیا جریان از میان بوبین ولتاژ عبور می کند از بوبین جریان هم عبور می کند یا اینکه آیا تلفات نشان می‌دهد Aتوان در بوبین جریان شامل اندازه گیری شده است. شکل ۱-۵۱-۵ اتصال را در اندازه گیری نشان می دهد و اگر از $\frac{E^2}{R}$ که دستگاه متصلش شده بوبین ولتاژ شامل اندازه گیری خواهد شد. بایستی $I^2.R$ استفاده شود تلفات بوبین جریان Bاتصال بخاطر آورده شود که تلفات مدارات ولتاژ دیگر مانند ولت مترها ، وات مترهای ثبت کننده و Aوات ساعت مترها ممکن شامل اندازه گیری شوند هنگامیکه از اتصال شکل ۱-۵۱-۵ ( ) استفاده می شود. و بطریق مشابه تلفات مدارات جریان مانند آمپرمترها و ... شامل اندازه گیری می شود.Bاستفاده می شود چنانچه از اتصال ۱-۵۱-۵ ( )

برخی وات مترها با سیم پیچهای میدان جبران کننده که بطور اتوماتیک برای تلفات در مدار ولتاژ می باشند تهیه شده اند. چنین وات مترهایی بسیار مناسب می باشند هنگامیکه وسایل اندازه گیری زیادی در یک توان کوچک می خواهند استفاده شوند.

وات مترهای جبران شده نبایستی با ترانسفورمرهای ولتاژ و یا جریان بکار برده شوند.

یک مدار خواندن آمپرمتر و وات متر برای جریان کشیده شده بوسیله بوبین ولتاژ ولت‌متر در تاریخ سپتامبر ۱۹۴۹ توصیف و توضیح داده AIEEو وات متر در صفحات ۲۷۵-۴۹ از شده است. این روش محاسبات مورد نیاز دقیق برای تلفات دستگاه‌ها در جاییکه افت ولتاژ در آمپرمتر و بوبین جریان وات متر ناچیز است را نشان می دهد.

۸۵-۵- خطاهای زاویه فاز

در اینجا سه نوع خطای زاویه فاز که هنگام استفاده کردن از ترانسهای ولتاژ و جریان در اندازه گیری دقیق توان تاثیر می گذارد مورد بررسی قرار می گیرند ، آنها عبارتند از :

۱- خطای زاویه فاز در مدار پتانسیل وات متر

۲- خطای زاویه فاز در ترانسفورمر جریان

۳- خطای زاویه فاز در ترانسفورمر ولتاژ

مشخص شده اند.α , β , y که هر کدام به ترتیب با حروف یونانی

اثر این خطاهای زاویه فاز در ساختن زاویه بین جریان بوبینهای ثابت و بوبینهای متحرک واتمتر بزرگتر از زاویه بین ولتاژ و جریان مدار آزمایش شده می باشد. خطایی که اینگونه ساخته می شود به ضریب توان مدار اصلی بستگی دارد.

که اغلب توسط L , R) می تواند بوسیله مقادیر αخطای زاویه فاز در مدار پتانسیل واتمتر (مقدار راکتانس مدار Lسازنده در کاتالوگ ترانسفورمر داده می‌شود تعیین می شود. از فرکانسی است که اندازه‌گیری توان در f که در آن $X = 2\pi fL$بوبین ولتاژ برابر می شود با

مقاومت بوبین ولتاژ است در اینصورت خطای زاویه فاز برابر Rآن ساخته می شود و است با :

$$\alpha = tan^{-1} \frac{X}{R}$$

اندوکتیو باشد.X کاپاستیو ومنفی است چنانچه X مثبت است چنانچه αعلامت خطای زاویه فاز وات متر بایستی همچنین بطور دقیق شامل کوچک نمودن اثر جریانهای گردابی، اندوکتانس متغیر، و هر ویژگی مدار یا ساختار داخلی و در مجموع ممکن است بعنوان خطای زاویه فاز مورد بررسی قرار داده شود.

٦٠ این اثرات اضافی معمولا کوچک می باشند بطوریکه خطای زاویه فاز در HZدر فرکانس مدار پتانسیل ملاحظه شده است اما برای برخی انواع وات مترهای جبران شده در فرکانس ٦٠ و برای تمام دستگاه‌های فرکانس بالا اطلاعات بیشتر از ترانسفورمر بایستی HZ درخواست شده و یا بوسیله تست کردن تعیین شود.

) از مشخص کردن مدارک آزمایش مقادیر βخطاهای زاویه فاز ترانسفورمهای جریان (خطای زاویه فاز بردن متصل شده به ثانویه ترانسفورمر تعیین شده است. زمانیکه بردن استفاده شده متفاوت است از بردن نامی ترانس زاویه فاز می بایستی از مشخصات منحنی مثبت است اگر جریان ثانویه پیش فاز βزاویه فاز بردن معلوم تخمین زده شود. علامت باشد و منفی است اگر جریان ثانویه پس فاز باشد.

٩٠-٥- کالیبراسیون وات مترها

وات مترها الکترودینامیکی نوع کالیبره شده با جریان مستقیم، مقدار موثر مستقیم می گیرد و معکوس می خواند و این برای انجام تست در ولتاژهای ثابت مرسوم است. معمولا ولتاژ

۱۰۰ یا ۲۰۰ ولت دارد و با تغییر جریان مقدار وات خواسته شده را می دهد. ولتاژ در یک مقدار مناسب ثابت نگهداشته می شود. بوسیله یک استاندارد (استاندارد ولت متر یا پتانسیومتر) و جریان خوانده می شود در یک استاندارد دیگر (استاندارد آمپرمتر یا پتانسیومتر با مقاومت استاندارد). البته یک پتانسیومتر ممکن است هر دو حالت را نمایش دهد بوسیله مورد استفاده قرار دادن کلید تغییر حالت دهنده (کموتاتور). این برای بدست آوردن ولتاژ و جریان از منابع جداگانه مناسب است زیرا ای فرآیند متعادل کردن یک مدار روی دیگر تاثیر نخواهد گذاشت. همچنین در محفظه دستگاه‌های ظرفیت بالا این طرح از لحاظ انرژی اقتصادی‌تر خواهد بود بطوریکه فقط ۳ تا ٤ ولت نیاز خواهد بود برای جریان مدار.

وات مترهای پرتابل (قبل حمل) همچنین می توانند با یک جریان متناوب به دقت کالیبره شوند بوسیله مقایسه کردن با یک وات متر آزمایشگاهی استاندارد بطور دقیق.

در این روش بوبین جریان وات متر استاندارد و وات متر پرتابل بصورت سری با هم قرار می‌گیرند و بوبینهای ولتاژ آنها با هم پارالل می شوند. جریان بوبینهای جریان بوسیله خروجی ثانویه ترانس تغذیه می شود که ولتاژ آن متناسب با بار تغییر می کند و همچنین پتانسیل برای بوبینهای ولتاژ می تواند بوسیله یک ترانس متغیر دیگر تغذیه شود. توجه شود بایستی شکل موج ولتاژ و جریان سینوسی باشند و تقریباً هم فاز باشند.

وات مترهای چند فاز بطور عادی در روشی مشابه بوسیله متصل کردن بوبین جریان بصورت سری و بوبین پتانسیل بصورت پارالل که دستگاه‌های تک فاز را می سازند چک شوند. باید توجه شود اگر چه دو المان بطور بسته معادل در دقت و مخصوصاً که

اندوکتانس متقابل میان دو المان بواسطه میدان مغناطیسی متاثر از یکی به دیگر نباشد.

معادل المان می تواند با وصل شدن ولتاژ بصورت موازی و بوبین جریان بصورت سری

) مانند روش ترانس جریان می باشد . yتست شود اما خطای زاویه در ترانسهای ولتاژ (

) مثبت فرض می شود هنگامی که ولتاژ ثانویه نسبت به اولیه پیش فاز باشد.yعلامت (

زمانیکه علامت می خواهد با زاویه فاز تعیین شود آن با ارتباط علامت زاویه توان اندازه گیری شده بار برای اهداف اضافه یا کم کردن زاویه در تعیین اثر آن متناسب خواهد بود.

زاویه ضریب توان پس فاز مثبت و زاویه ضریب توان پیش فاز منفی مورد رسیدگی قرار می‌گیرد.

به عبارت دیگر قرائت صحیح وات متر برای خطای زاویه فاز نیازمند تعیین ضریب وقت

) می باشد. این ضریب بصورت ریاضی عبارتست از :PACFزاویه فاز (

$$PACF = \frac{\cos\theta}{\cos\theta_s}$$

در اینجا داریم :

ضریب توان صحیح (واقعی) = $\cos\theta$

ضریب توان ظاهری =$\cos\theta_s$

) زاویه بین ولتاژ و جریان اولیه تعیین شده بوسیله خطای θزاویه ضریب توان صحیح (

زاویه فاز بصورت جبری در بوبین ولتاژ وات متر، خطای زاویه فاز ترانس جریان و خطای زاویه فاز ترانس ولتاژ و زاویه ضریب توان ظاهری بنابراین :

$$\theta = \theta_s - \alpha + \beta - y$$

$$PF = \cos\theta - \cos(\theta_s - \alpha + \beta - y)$$

$$PACF = \frac{cos(\theta_s - \alpha + \beta - y)}{cos\,\theta_s}$$

مقدار تعیین شده برای ضریب دقیق زاویه فاز از فرمول آخر همراه با ضریب دقت نامی برای ترانسهای ولتاژ و جریان و اسکیل دقیق وات متر می باشد که در تعیین توان صحیح استفاده شده است.

بنابراین اگر المان معادل اندوکتانس صفر داشته باشد. این تست برای معادل ، هر چند در یک حوزه محدود شدهاست، برای کنترل تعادل تنها برای تطابق موقعیت بوبین متناسب با انحراف صفر می باشد.

TABLE I

CORRECTION FACTORS $\left(\frac{\cos\theta}{\cos\theta_a}\right)$ FOR PHASE ANGLES

For Lagging Current When $(-\alpha+\beta-\gamma)$ Is Positive
For Leading Current When $(-\alpha+\beta-\gamma)$ Is Negative

Phase-angle	Apparent Power Factor (Cos θ_a) †													
$(-\alpha+\beta-\gamma)$	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	0.95	0.99	1.00
5′	0.9855	0.9904	0.9929	0.9944	0.9954	0.9967	0.9975	0.9981	0.9985	0.9989	0.9993	0.9995	0.9998	1.0000
10′	0.9711	0.9808	0.9857	0.9887	0.9907	0.9933	0.9950	0.9961	0.9970	0.9978	0.9986	0.9990	0.9996	1.0000
15′	0.9566	0.9712	0.9786	0.9831	0.9861	0.9900	0.9924	0.9942	0.9955	0.9967	0.9979	0.9986	0.9994	1.0000
20′	0.9421	0.9616	0.9715	0.9775	0.9815	0.9867	0.9899	0.9922	0.9940	0.9956	0.9972	0.9981	0.9992	1.0000
25′	0.9276	0.9520	0.9643	0.9718	0.9768	0.9833	0.9874	0.9903	0.9926	0.9945	0.9965	0.9976	0.9989	1.0000
30′	0.9131	0.9424	0.9572	0.9662	0.9722	0.9800	0.9848	0.9883	0.9911	0.9934	0.9957	0.9971	0.9987	1.0000
40′	0.8842	0.9232	0.9429	0.9549	0.9629	0.9733	0.9798	0.9844	0.9881	0.9912	0.9943	0.9961	0.9983	0.9999
50′	0.8552	0.9040	0.9286	0.9436	0.9536	0.9666	0.9747	0.9805	0.9851	0.9890	0.9929	0.9951	0.9978	0.9999
1° 0′	0.8262	0.8848	0.9143	0.9323	0.9444	0.9599	0.9696	0.9766	0.9820	0.9868	0.9914	0.9941	0.9974	0.9998
10′	0.7972	0.8656	0.9000	0.9209	0.9350	0.9531	0.9645	0.9726	0.9790	0.9845	0.9899	0.9931	0.9969	0.9998
20′	0.7682	0.8464	0.8857	0.9096	0.9257	0.9464	0.9594	0.9687	0.9760	0.9823	0.9885	0.9921	0.9964	0.9997
30′	0.7392	0.8271	0.8714	0.8983	0.9164	0.9397	0.9543	0.9648	0.9730	0.9800	0.9870	0.9911	0.9959	0.9997
40′	0.7102	0.8079	0.8571	0.8869	0.9071	0.9329	0.9492	0.9608	0.9699	0.9778	0.9855	0.9900	0.9954	0.9996
50′	0.6812	0.7886	0.8428	0.8756	0.8978	0.9262	0.9441	0.9568	0.9668	0.9755	0.9840	0.9890	0.9949	0.9995
2° 0′	0.6521	0.7694	0.8284	0.8642	0.8884	0.9194	0.9389	0.9529	0.9638	0.9732	0.9825	0.9879	0.9944	0.9994
10′	0.6231	0.7501	0.8141	0.8529	0.8791	0.9127	0.9338	0.9489	0.9607	0.9709	0.9810	0.9869	0.9939	0.9993
20′	0.5941	0.7308	0.7997	0.8415	0.8697	0.9059	0.9287	0.9449	0.9576	0.9686	0.9795	0.9858	0.9934	0.9992
30′	0.5650	0.7115	0.7854	0.8301	0.8603	0.8991	0.9235	0.9409	0.9545	0.9663	0.9779	0.9847	0.9928	0.9990
40′	0.5360	0.6923	0.7710	0.8187	0.8510	0.8923	0.9183	0.9369	0.9515	0.9640	0.9764	0.9836	0.9923	0.9989
50′	0.5069	0.6730	0.7566	0.8073	0.8416	0.8855	0.9132	0.9329	0.9483	0.9617	0.9748	0.9825	0.9917	0.9988
3° 0′	0.4779	0.6537	0.7422	0.7959	0.8322	0.8787	0.9080	0.9288	0.9452	0.9594	0.9733	0.9814	0.9912	0.9986
10′	0.4488	0.6344	0.7279	0.7845	0.8228	0.8719	0.9028	0.9248	0.9421	0.9570	0.9717	0.9803	0.9906	0.9985
20′	0.4198	0.6131	0.7135	0.7731	0.8134	0.8651	0.8976	0.9208	0.9390	0.9547	0.9701	0.9792	0.9900	0.9983
30′	0.3907	0.5957	0.6991	0.7617	0.8040	0.8583	0.8924	0.9167	0.9359	0.9523	0.9686	0.9781	0.9894	0.9981
40′	0.3616	0.5764	0.6847	0.7503	0.7946	0.8514	0.8872	0.9127	0.9327	0.9500	0.9670	0.9769	0.9888	0.9980
50′	0.3326	0.5571	0.6702	0.7388	0.7852	0.8446	0.8820	0.9086	0.9296	0.9476	0.9654	0.9758	0.9882	0.9978
4° 0′	0.3035	0.5378	0.6558	0.7274	0.7758	0.8377	0.8767	0.9046	0.9264	0.9452	0.9638	0.9746	0.9876	0.9976
10′	0.2744	0.5185	0.6414	0.7160	0.7663	0.8309	0.8715	0.9005	0.9232	0.9429	0.9622	0.9735	0.9870	0.9974
20′	0.2453	0.4991	0.6270	0.7045	0.7569	0.8240	0.8663	0.8964	0.9201	0.9405	0.9605	0.9723	0.9864	0.9971
30′	0.2163	0.4798	0.6125	0.6930	0.7474	0.8171	0.8610	0.8923	0.9169	0.9381	0.9589	0.9711	0.9857	0.9969
40′	0.1872	0.4604	0.5981	0.6816	0.7380	0.8103	0.8558	0.8882	0.9137	0.9357	0.9573	0.9699	0.9851	0.9967
50′	0.1581	0.4411	0.5837	0.6701	0.7285	0.8034	0.8505	0.8841	0.9105	0.9333	0.9556	0.9687	0.9844	0.9964
5° 0′	0.1290	0.4217	0.5692	0.6586	0.7191	0.7965	0.8452	0.8800	0.9073	0.9308	0.9540	0.9675	0.9838	0.9962
10′	0.0999	0.4024	0.5548	0.6472	0.7096	0.7896	0.8400	0.8759	0.9041	0.9284	0.9523	0.9663	0.9831	0.9959
20′	0.0708	0.3830	0.5403	0.6357	0.7001	0.7827	0.8347	0.8717	0.9008	0.9260	0.9507	0.9651	0.9824	0.9957

Interpolation for correction factors corresponding to values $(-\alpha+\beta-\gamma)$ lying between those given in the table, may be made without error. Interpolation for correction factors corresponding to values of cos θ_a lying between those given in the table, may be made without exceeding an error of 0.0010 in the sections of the tables lying between the heavy black lines: outside of these sections, and in all cases where the adjacent values of cos θ_a are separated by the heavy black lines the maximum error in interpolation will exceed 0.0010.

ACCORDING TO ASA STANDARDS:

α IS POSITIVE WHEN THE CURRENT IN THE WATTMETER POTENTIAL CIRCUIT LEADS THE VOLTAGE.

β IS POSITIVE WHEN THE SECONDARY CURRENT LEADS THE PRIMARY CURRENT.

γ IS POSITIVE WHEN THE SECONDARY VOLTAGE LEADS THE PRIMARY VOLTAGE.

† IN THE CASE OF POLYPHASE MEASUREMENTS, THE METER OR ELEMENT IN EACH PHASE MUST BE CORRECTED SEPARATELY, CONSIDERING θ AS THE ANGLE BETWEEN THE VOLTAGE AND CURRENT ON THE METER OR ELEMENT BEING CORRECTED (NOT THE ANGLE REPRESENTED BY THE POLYPHASE POWER FACTOR.

TABLE II

CORRECTION FACTORS $\left(\frac{\cos\theta}{\cos\theta_a}\right)$ FOR PHASE ANGLES

For Lagging Current When $(-\alpha+\beta-\gamma)$ Is Negative
For Leading Current When $(-\alpha+\beta-\gamma)$ Is Positive

Phase-angle $(-\alpha+\beta-\gamma)$	Apparent Power Factor (Cos θ_a) †													
	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	0.95	0.99	1.00
5′	1.0145	1.0096	1.0071	1.0056	1.0046	1.0033	1.0025	1.0019	1.0015	1.0011	1.0007	1.0005	1.0002	1.0000
10′	1.0289	1.0192	1.0142	1.0113	1.0092	1.0067	1.0050	1.0039	1.0030	1.0022	1.0014	1.0010	1.0004	1.0000
15′	1.0434	1.0288	1.0214	1.0169	1.0139	1.0100	1.0075	1.0058	1.0044	1.0033	1.0021	1.0014	1.0006	1.0000
20′	1.0579	1.0383	1.0285	1.0225	1.0185	1.0133	1.0101	1.0077	1.0059	1.0043	1.0028	1.0019	1.0008	1.0000
25′	1.0723	1.0479	1.0356	1.0281	1.0231	1.0166	1.0126	1.0097	1.0074	1.0054	1.0035	1.0024	1.0010	1.0000
30′	1.0868	1.0575	1.0427	1.0338	1.0277	1.0200	1.0151	1.0116	1.0089	1.0065	1.0042	1.0028	1.0012	1.0000
40′	1.1157	1.0766	1.0569	1.0450	1.0369	1.0266	1.0201	1.0154	1.0118	1.0087	1.0056	1.0038	1.0016	0.9999
50′	1.1446	1.0958	1.0711	1.0562	1.0461	1.0332	1.0251	1.0193	1.0147	1.0108	1.0069	1.0047	1.0020	0.9999
1° 0′	1.1735	1.1149	1.0853	1.0674	1.0553	1.0398	1.0301	1.0231	1.0177	1.0129	1.0083	1.0056	1.0023	0.9998
10′	1.2024	1.1340	1.0995	1.0787	1.0645	1.0464	1.0351	1.0269	1.0206	1.0151	1.0097	1.0065	1.0027	0.9998
20′	1.2313	1.1531	1.1137	1.0898	1.0737	1.0530	1.0400	1.0308	1.0235	1.0172	1.0110	1.0074	1.0030	0.9997
30′	1.2601	1.1722	1.1279	1.1010	1.0829	1.0596	1.0450	1.0346	1.0264	1.0193	1.0123	1.0083	1.0034	0.9997
40′	1.2890	1.1913	1.1421	1.1122	1.0921	1.0662	1.0500	1.0384	1.0292	1.0214	1.0137	1.0091	1.0037	0.9996
50′	1.3178	1.2104	1.1562	1.1234	1.1012	1.0728	1.0549	1.0421	1.0321	1.0235	1.0150	1.0100	1.0040	0.9995
2° 0′	1.3466	1.2294	1.1704	1.1346	1.1104	1.0794	1.0598	1.0459	1.0350	1.0256	1.0163	1.0109	1.0044	0.9994
10′	1.3755	1.2485	1.1845	1.1457	1.1195	1.0859	1.0648	1.0497	1.0379	1.0276	1.0176	1.0117	1.0047	0.9993
20′	1.4043	1.2675	1.1986	1.1569	1.1286	1.0925	1.0697	1.0535	1.0407	1.0297	1.0189	1.0126	1.0050	0.9992
30′	1.4331	1.2866	1.2127	1.1680	1.1377	1.0990	1.0746	1.0572	1.0435	1.0318	1.0202	1.0134	1.0053	0.9990
40′	1.4618	1.3056	1.2268	1.1791	1.1469	1.1055	1.0795	1.0610	1.0464	1.0338	1.0215	1.0142	1.0055	0.9989
50′	1.4906	1.3246	1.2409	1.1902	1.1560	1.1120	1.0844	1.0647	1.0490	1.0359	1.0227	1.0150	1.0058	0.9988
3° 0′	1.5194	1.3436	1.2550	1.2013	1.1650	1.1185	1.0893	1.0684	1.0520	1.0379	1.0240	1.0158	1.0061	0.9986
10′	1.5481	1.3626	1.2691	1.2124	1.1741	1.1250	1.0942	1.0721	1.0548	1.0399	1.0252	1.0166	1.0063	0.9985
20′	1.5768	1.3816	1.2832	1.2235	1.1832	1.1315	1.0990	1.0758	1.0576	1.0419	1.0265	1.0174	1.0066	0.9983
30′	1.6056	1.4005	1.2972	1.2346	1.1923	1.1380	1.1039	1.0795	1.0604	1.0439	1.0277	1.0182	1.0068	0.9981
40′	1.6343	1.4195	1.3113	1.2456	1.2013	1.1445	1.1087	1.0832	1.0632	1.0459	1.0289	1.0190	1.0071	0.9980
50′	1.6630	1.4384	1.3253	1.2567	1.2103	1.1509	1.1136	1.0869	1.0660	1.0479	1.0301	1.0197	1.0073	0.9978
4° 0′	1.6916	1.4573	1.3393	1.2677	1.2194	1.1574	1.1184	1.0906	1.0687	1.0499	1.0313	1.0205	1.0075	0.9976
10′	1.7203	1.4763	1.3533	1.2788	1.2284	1.1638	1.1232	1.0942	1.0715	1.0519	1.0325	1.0212	1.0077	0.9974
20′	1.7489	1.4952	1.3673	1.2898	1.2374	1.1703	1.1280	1.0979	1.0742	1.0538	1.0337	1.0220	1.0079	0.9971
30′	1.7776	1.5141	1.3813	1.3008	1.2464	1.1767	1.1328	1.1015	1.0770	1.0558	1.0349	1.0227	1.0081	0.9969
40′	1.8062	1.5329	1.3953	1.3118	1.2554	1.1831	1.1376	1.1052	1.0797	1.0577	1.0361	1.0234	1.0083	0.9967
50′	1.8348	1.5518	1.4092	1.3228	1.2644	1.1895	1.1424	1.1088	1.0824	1.0596	1.0373	1.0241	1.0085	0.9964
5° 0′	1.8634	1.5707	1.4232	1.3337	1.2733	1.1959	1.1472	1.1124	1.0851	1.0616	1.0384	1.0248	1.0086	0.9962
10′	1.8920	1.5895	1.4371	1.3447	1.2823	1.2023	1.1519	1.1160	1.0878	1.0635	1.0396	1.0255	1.0088	0.9959
20′	1.9205	1.6083	1.4510	1.3557	1.2912	1.2086	1.1567	1.1196	1.0905	1.0654	1.0407	1.0262	1.0089	0.9957

Interpolation for correction factors corresponding to values $(-\alpha+\beta-\gamma)$ lying between those given in the table, may be made without error. Interpolation for correction factors corresponding to values of cos θ_a lying between those given in the table, may be made without exceeding an error of 0.0010 in the sections of the tables lying between the heavy black lines; outside of these sections, and in all cases where the adjacent values of cos θ_a are separated by the heavy black lines the maximum error in interpolation will exceed 0.0010.

ACCORDING TO ASA STANDARDS:

α IS POSITIVE WHEN THE CURRENT IN THE WATTMETER POTENTIAL CIRCUIT LEADS THE VOLTAGE.

β IS POSITIVE WHEN THE SECONDARY CURRENT LEADS THE PRIMARY CURRENT.

γ IS POSITIVE WHEN THE SECONDARY VOLTAGE LEADS THE PRIMARY VOLTAGE.

† IN THE CASE OF POLYPHASE MEASUREMENTS, THE METER OR ELEMENT IN EACH PHASE MUST BE CORRECTED SEPARATELY, CONSIDERING θ AS THE ANGLE BETWEEN THE VOLTAGE AND CURRENT ON THE METER OR ELEMENT BEING CORRECTED (NOT THE ANGLE REPRESENTED BY THE POLYPHASE POWER FACTOR.

- **اندازه گیری انرژی**

۱۰-۶- شرح

در صورتیکه اندازه گیری اصلی در تست دستگاه توان الکتریکی معمولا با دستگاه نشان دهنده ساخته می‌شود . آن اغلب مطلوب است برای کنترل مصرف انرژی بطوریکه محاسبه شده از توان و زمان اندازه گیری بوسیله اندازه گیری مستقیم با انرژی منبع

شاید این درست باشد که اگر مقدار اندازه گیری شده پایدار و ثابت باشد اندازه گیری با وات متر و گرفتن ساعت نتایج دقت و اعتبار بیشتری از یک انرژی سنج دارد. در حالات دیگر از وات متر نمی توان با اعتماد به نتایج استفاده نمود و بایستی از یک انرژی سنج بعنوان دستگاه اندازه گیری اصلی استفاده نمود که مقدار موثر محاسبه شده تقسیم کل انرژی مصرفی به زمان منتضی شده می باشد وسیله‌ای که انرژی الکتریکی را اندازه گیری می کند بعنوان وات ساعت متر شناخته می شود.

همه وات ساعت مترهای کی ماشین مخصوص کوچک می باشند که با یک حرکت انتقالی المانی را که انرژی را نشان می دهد ، می چرخاند. المان چرخنده مانند یک مکانیسم ریجستری کار می کند که انرژی مصرفی مطابق با کل تعداد چرخشهای ثبت شده می‌باشد.

۲۰-۶- وات ساعت متر نوع جریان ثابت

انرژی جریان مستقیم به دو نوع اندازه گیری می شود. کموتاتورمتر و دور سنج موتور جیوه‌ای

۲۱-۶- نوع کموتاتورمتر

شکل اصلی آن در شکل ۱-۲۱-٦ نشان داده شده است.

) دیسک فلزی نورانی.d) کموتاتور و (c) آرمیچر، (aالمان چرخنده تشکیل شده از (

تمام قسمتهای سوار شده روی محور که می چرخد از فولاد جلا داده شده می‌باشد. دیسک

) بین دو یا چند آهنربای دائمی می چرخد. آرمیچر به یک مدار داخلی متصل شده است.d(

) قرار دارد و سیم پیچهای r) و مقاومت (sدر سری با آرمیچر بوبین مصرف بار روشنایی (

می باشند.ffتحریک

عملکرد اصلی نوع کموتاتور بصورت زیر می باشد. زمانیکه هسته آهنی در مدار مغناطیسی

) e,iموتور محرک قرار ندارد. گشتاور متناسب با جریان و ولتاژ حاصل خط می‌باشد (

جریان گردابی القاء شده در دیسک گشتاور چرخشی در عکس العمل به میدان مغناطیسی

آهنربای ثابت ایجاد می کند که همیشه متناسب با سرعت آن خواهد بود. لذا بصورت

تئوری سرعت همیشه متناسب با توان الکتریکی مدار خواهد بود. هر دور چرخش مقدار

معینی انرژی را نمایش می دهد و بوسیله متصل شدن به محور با یک مکانیسم ثبت کننده

مناسب بصورت اتوماتیک کل انرژی مصرف شده ثبت خواهد شد.

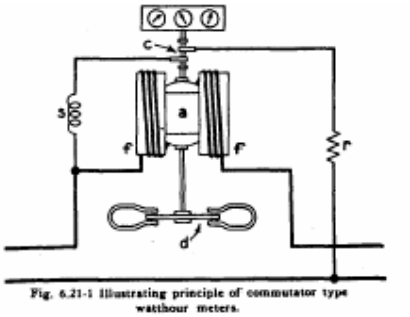


Fig. 6.21-1 Illustrating principle of commutator type watthour meters.

۲۲-۶- جبران اصطکاک در نوع کموتاتورمتر

می باشند تهیه شده ffاین جبرانسازی معمولا توسط بوبینهایی که همانند بوبینهای تحریک و بطور سری با آرمیچر طوری قرار گرفته که میدان بوجود آمده توسط آن با میدان اصلی تحریک جمع می شود.

۲۳-۶- جبران اثر حرارت در نوع کموتاتورمتر

اثرات درجه حرارت به فرم زیر می باشد:

(a) تغییر مقاومت در مدار پتانسیل

(b) تغییر مقاومت در دیسک

(c) تغییر قدرت در آهنربای دائم

این تغییرات یک اثر منتجه یا مرکب ایجاد می کند که توسط استفاده کردن از یک مقاومت سری در مدار پتانسیل جبران شده است.

۲۴-۶- دور سنج موتور جیوه‌ای

این نوع دستگاه اندازه گیری کموتاتور یا یاتاقان ندارد و بنابراین این مزیت را دارد که در جاییکه لرزش زیاد است و یا به دستگاه ممکن است شوک وارد شود کارایی دارد.

شکل ۱-۲٤-٦ بصورت دیاگرام مدار و طرح شکل عملکرد چنین دستگاهی را نشان می دهد.

) هسته دیسک شیار داده شده پر از جیوه می باشدD(

) کلید شناور که روی محور و یاتاقان پایین آن نگهداشته شدهF(

) هسته ورقه‌ای آهنیH(

) میدان انحرافی با جیوه می باشدC(

توسط بوبین شفت در دو نقطه دیسک را قطع می کند که مواد Hفلوی تولید شده در هسته از داخل جیوه و دیسک عبور می کند این جریان با L_1 به Lمتضادی دارند. جریان از طرف فلوی ایجاد شده اختلاف زاویه‌ای دارد که ایجاد گشتاور می‌کند.

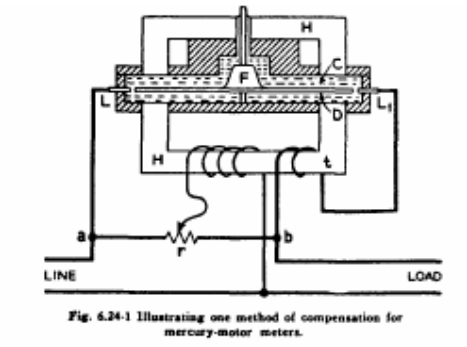


Fig. 6.24-1 Illustrating one method of compensation for mercury-motor meters.

۳۰-۶- وات ساعت متذ های جریان متناوب

وات ساعت مترهای جریان متناوب عموما از نوع ماشینهای القایی خاص می باشد .آنها بر اساس روش میدان مغناطیسی دوار ماشینهای القایی کار میکنند. شکل ساده شده روش ساخت وات ساعت متر در طرح دیاگرام ۱-۳۰-٦ نشان داده شده است.

بوبین جبران ساز میباشد . یک دیسک فلزی بین قطبها C بوبین سری و S بوبین ولتاژ ، P بطور آزاد حرکت میکند .

میدان مغناطیسی متناوب ناشی از این قطبها جریانی را در داخل دیسک بر قرار می سازد به فرمی که توسط خط دوار در شکل سمت راست نشان داده شده .

) تعداد دور زیادی دارد بنابر این اندوکتانس بالایی دارد که ولتاژ ناشی از Pبوبین ولتاژ (

) از ولتاژ تغذیه عقب خواهد بود .90^oفلوی خارج شده از نوک قطبها (

) همفاز با جریان قرارمیگیرد تا زمانیکه Sبه گفته دیگر ، فلو توسط جریان خط در بوبین (

تولید شده در هادیها توسط فلوی که آنها را در مربع زمان قطع می کند .emf

۳۱-۶- بوبین جبرانساز برای دستگاه اندازه گیری نوع القایی

اگر فاز مربعی دقیق نباشد دستگاه اندازه گیری تحت شرایط مختلف بطور صحیح مقادیر را ثبت نخواهد کرد .

از ولتاژ قرار داده شده عقب 90^oدر نتیجه مقاومت اهمی مدارپتانسیل، جریان هرگز نمی‌افتد.

(شکل ۱-۳۱-٦ را ببینید) از بوبین ولتاژ به جای اینکه با جریان E_fدر بعضی لحظه‌ها فلوی

) همفاز باشد بواسطه جریان خط کمی جلوتر خواهد بود ، همانطور که نشان I_eاگردشی (

داده شده است.

I_e , E_f. تولید شده خواهد بود. در عوض جریان OA و I_eاگشتاور متناسب با

بنابراین دستگاه اندازه گیری به آرامی حرکت خواهد کرد اما خطای اندازه گیری آنقدر کوچک نمی باشد که ناچیز و قابل صرفنظر باشد.

خطا به سرعت بزرگتر می شود هر چند که ضریب قدرت کاهش می یابد. بطور معمول در تمام مدارات جریان متناوب ضریب قدرت از یک کمتر است. سیم پیچ جبرانساز بوبین بزرگی است که برای کاهش خطا استفاده شده است. این بوبین یک بوبین اتصال کوتاه شده

) می باشد که روی قطب پتانسیل قرار گرفته است و در هر جریانی فلویی تولید می‌کند C(

خواهد بود که هم فاز با جریان St عقب تر از آن خواهد بود. این فلو 90^oکه کمی بیشتر از پس فاز می باشد.E_t از 90^oحاصل می باشد و در نتیجه

تحت آزمایش I_o) می تواند با E_{ff}) فلوی منتجه (rبوسیله متعادل کردن مقدار مقاومت (مشخص در هر شرایطی همفاز باشد. در نتیجه خطای برآیند در ضریب توان و بار بسیار کوچک خواهد بود.

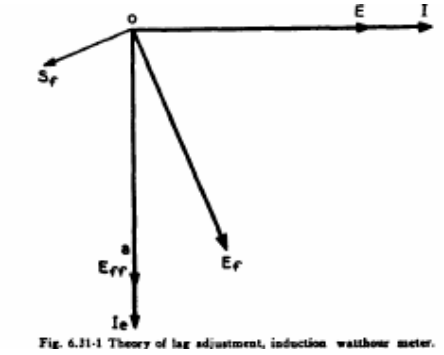


Fig. 6.31-1 Theory of lag adjustment, induction watthour meter.

۳۲-۶- جبرانساز اصطکاک

اصطکاک در دستگاه اندازه گیری نوع القایی بسیار کمتر از نوع کموتاتوری می باشد.

یک روش عمومی جبران سازی قرار دادن یک حلقه مسی اتصال کوتاه شده یا یک لایه ضخیم مسی پانچ شده در فاصله هوایی قطب ولتاژ در یک موقعیت غیر متقارن می باشد.

۳۳-۶- دستگاه اندازه گیری برای مدارات چند فاز

برای ساده نمودن اندازه گیری وات ساعت متر برای مصارف تجاری به شکل‌های مختلف با اضافه نمودن اجزای ساده به شکل تک فاز آن ساخته می شود.

وات ساعت مترهای استاندارد معمولاً فقط بصورت تک فاز در دسترس می باشند.

بنابراین برای اندازه گیری در مدارات چند فاز از دستگاه‌های تکفاز با اتصالات استاندارد همانند روش استفاده شده برای وات متر استفاده می شود.

۴۰-۶- عملکرد کار سنج و استاندارد سنج

دستگاه اندازه گیری نوع کار یکنواخت قابل اجرا می باشد در یک تست که توسعه یافته است روی زمان و جائیکه تغییرات در ثبت مقادیر خوانده شده نسبتا بزرگ است بطوریکه خطاهای مشاهده شده کاهش یافته است به درصد مجازی از تفاوت بین قرائتها.

در حالت عمومی وات ساعت مترهای در حال کار یکنواخت با ثبت کننده های استاندارد اجازه نمی دهد به اندازه کافی دقت خواندن برای آزمایشها قرار دهد . هر چند چنین دستگاهی می تواند با یک ثبات ویژه تهیه شده باشد که صفحه خواندن اضافه شده از ۰،۰۱) را اندازه گیری کند . با این روش اندازه گیری دقت 110V) و(5A) در حالت جریان (kwhr(بسیار بالا خواهد رفت .

در وات ساعت متر استاندارد تعداد دورهای المان چرخش کننده مستقیما ثبت میشود و تعداد دورهای ضرب شده در وات ساعت بر دور انرژی را میدهد که از دستگاه اندازه گیری متناسب با المان عبور کرده است .

۵۰-۶- رنج و دقت

به پاراگراف ٤٠-١ و٤١-١ مراجعه نمائید .

۶۰-۶- احتیاط در برداشت قرا ئتها

به پاراگراف ٦٠-١ مراجعه کنید

7-اندازه گیری فرکانس

7-10-شرح

فرکانس یک جریان متناوب تعداد سیکلهای کامل در یک ثانیه میباشد . یا تعداد تنها و بها در ثانیه تقسیم بر دو.

برای یک آلتر ناتور معمولی فرکانس عبارتست : $f = \frac{pn}{2}$

که در آن f= فرکانس بر حسب سیکل بر ثانیه

p= تعداد قطبهای آلتر ناتور

n=تعداد دورها در ثانیه میباشد

وقتی که ژنراتور به آسانی دسترس باشد اغلب آسانترین راه برای تعیین فرکانس شمردن تعداد قطبها و اندازه گیری سرعت است . فرکانس همچنین میتواند بوسیله دستگاه هایی که مستقیماً در مدار قرار میگیرد اندازه گیری شود. این روش یک برتری که دارد این است که فرکانس در هر لحظه مشخص میشود.

سه نوع دستگاه اندازه گیری فرکانس وجود دارد:

-رزونانس مکانیکی یا نوع تیغه نوسان کننده

-نوع بوبین متحرک

-نوع پرده متحرک

7-20- فرکانس متر تیغه نوسان کننده

یک ردیف از نوارهای باریک فولادی با طولهای مختلف که از یک طرف بطور مشترک ثابت شده اند و یک طرف دیگر آنها آزاد است. این تیغه ها در یک میدان مغناطیسی که انرژی آن

از مدار تحت ازمایش میباشد قفل میشوند تیغه ها نوسانهای مختلفی دارند . یکی که بیشترین تطابق را با میدان مغناطیسی (و در نتیجه با مداری که آن وصل شده) دارد در این نوسان قرار خواهد گرفت.

7-21-فرکانس متر پرده متحرک

90 بوینرهایی هستند که با 2,2و1,1 نشان داده شده که در آن 1-21-7این نوع در شکل یک الان متحرک میباشد که از یک هسته آهن نرم c,cاختلاف نسبت به هم ثابت شده اند و روی محور و بدون هیچ نوع کنترلی تشکیل شده است .

بطور سری با مقاومت 1,1 قرار گرفته و بوبین R2 بطور سری با مقاومت اهمی 2,2بوبین ومقاومت 1,1 بطور موازی با بوبین R1 قرار گرفته است و مقاومت اهمی دیگرX1القایی R2 و مقاومت2,2بطور موازی با بوبین X2 وصل شده و مقاومت القایی دومX2القایی متصل شده است. هسته آهن نرم موقعیتی متناسب با میدان تولید شده توسط دو بوبین میگردد.

2,2 کاهش و در بوبین1,1وقتی فرکانس تغییر میکند جریان تغییر میکند و در بوبین به نقطه ای دیگر C,Cافزایش می یابد بنابراین میدان برآیند شیفت می یابد و موقعیت الحان تغییر می یابد.

7-22- فرکانس متر بوبین متحرک

این نوع مشابه فرکانس متر پرده متحرک میباشد به استثنای اینکه دوبوبین محکم به هم بسته شده اند به شکل یک سیستم متحرک و تنها یک بوبین بعنوان عضو ثابت فیکس شده است.

7-23- اندازه گیری فرکانس بالا

جائیکه دقت اندازه گیری بالا نیاز نباشد اندازه گیری فرکانس بالا میتواند با ساختن شکل اندازه گیری شود.1-23-7موج یا با فرکانس متر نشان داده شده در دیاگرام شگل مجهز شده به یک وسیله نشان دهنده که آزادانه به مدار کوپل شده است. RLCمدار بدست می آید وبطور تئوری فرکانس Cیا L ماکزیمم جریان نخست توسط تعدیل صحیح رزونانس از پارامترهای مدار که ماکزیمم جریان را میدهد محاسبه می شود.

اما معمولاً این وسایل با فرکانس متر استاندارد کالبیراسیون می شوند.

7-24- مزایای نسبی

فرکانس مترهای نوع پرده متحرک دستگاههای عقربه ایی می باشد که بطور پیوسته فرکانس را نشان می دهد که به آسانی واسطه یابی شده است در صورتیکه نوع تیغه ای مطابق با مقدار ثابت شده اصلی اولیه را نشان می دهد . هر چند دستگاه نشان دهنده بطور محسوسی متاثر شده بوسیله تغییرات شکل موج در دستگاه نوع تیغه ای تاثیر بسیار کوچکی میگذارد.

7-30- رنج و دقت

را ببینید.41-1و40-1پاراگراف

7-40- کالبیراسیون

فرکانس مترها کالیبره میشوند بوسیله وصل کردن آنها به یک ژنراتور کوچک. سرعت میتواند روی مقادیر پایدار نگه داشته شود و سپس به دقت سرعت اندازه گیری شود.ولتاژ بکار برده شده برای دستگاه باید تقریباً مانند ولتاژ مورد استفاده در آزمایش باشد و

شرایط گرمایی باید طوری باشد که دستگاه در حالت زمان در آن دما کار می کند. مگر اینکه دستگاه بطور متناوبی به تنهایی استفاده میشود که در این حالت ولتاژ بکار گرفته شده باید بقدری باسد که برای خواندن کافی باسد.در حالت عادی دقت بالای فرکانس متر نیازی به قسمت توان ندارد.

اندازه گیری ضریب توان

8-10- شرح

ضریب توان درنرخ توان واقعی بر حسب وات که با وات متر اندازه گیری شده به توان ظاهراً

بدست آمده از حاصلضرب جریان دو ولتاژ به ترتیب بر حسب آمپر و ولت می باشد. در شرایط عادی مدارهای جریان بطور آشکار ضریب توان یک میباشد. اما با جریان ضربه ای برای مثال مانند آنچه در مدار یکسو ساز اتفاق می افتد ضریب توان ممکن است خیلی کمتر از واحد باشد. در مدارات جریان متناوب ضریب توان معمولاً زیر واحد است زیرا جریان و ولتاژ همفاز نیستند. وقتی که شکل موج سینوسی باشد ضریب توان برابر کسینوس اختلاف فاز ولتاژ و جریان میباشد.

8-11- تعیین ضریب توان

یک عمل عادی در آزمایش کردن دستگاه های الکتریکی جریان متناوب محاسبه ضریب توان از کمیتهای الکتریکی متغیر که برای قسمت های مختلف تست اندازه گیری شده اند می باشد. معمولاً ضرورتی ندارد که ضریب توان بادقت خیلی زیاد و یا بطور پیوسته در طول آزمایش تعیین شود.

8-12- ضریب توان سنج

بطور معمول اغلب دو نوع ضریب توان سنج مورد استفاده قرار می گیرد:

-نوع بوبین یا بوبین های متحرک

-نوع پرده آهن نرم متحرک

8-15- ولت -آمپر متر

اگر توان ظاهری یا کل ولت آمپر می توانست از خواندن یک دستگاه نشان دهندهبدست آید ضریب توان بسادگی می توانست از تقسیم مقدار خوانده شده توسط وات متر ته مقدار خوانده شده توسط ولت آمپر متر بدست آید.

بصورت زیربدست VAR وتوان راکتیوWکل ولت آمپر (توان ظاهری)با داشتن توان اکتیو $V.A = \sqrt{W^2} + (VAR)^2$می آید:

و بنابراین ضریب توان بفرم زیر بدست می آید:

$$\cos\theta = \frac{w}{V.A}$$

8-16- ولت آمپر متر راکتیو یا وار متر

ولت آمپر راکتیو وسیله ای است که حاصل ولتاژ، جریان و سینوس زاویه بین فاز ولتاژ و برای مدار تکفاز جریان $E.I.\sin\theta$جریان را نشان می دهد. ولت آمپر راکتیو برابر است با یا 90در بوبین ولتاژ وات متر ممکن است از لحاظ فاز ولتاژ بکار برده شده نزدیک به جابه جا شود توسط استفاده کردن از خازن سری یا سلف موازی به ترتیب 90^0دقیقاً

کل 1-53-5 و1-52-5به جای مقاومت سری برای دو فاز وات متر های نشان داده شده در توان ولت آمپر راکتیو را نشان می دهند.

برای مدارات سه۳ فاز سه۳ سیمی بایستی از وات مترهای درو الحانه با ترانسفورم های دو فاز استفاده نمود.

دقت تمام روشهای اندازه گیری توان راکتیو در سیستمهای چند فاز بوسیله استفاده کردن از ترانسفورم ها یا تغییر اتصال دهنده فاز بستگی به تعادل ولتاژ خط ها دارد.

ولت آمپر متر ها راکتیو معمولاً دارای نقطه صفر در وسط صفحه مدرج می باشد.

8-20-رنج و دقت

نگاه کنید1-41 و1-40به پاراگرافها

ضریب توان برای مدارات تکفاز30-8-

ضریب توان برای مدارات تکفاز میزان توان وات به ولت آمپر می باشد .

8-31- ضریب توان برای مدارات چند فاز

ضریب توان برای مدار چند فازی که متعادل باشد.همانند چند مدار تکفازاست.

زمانیکه فاز ها نا متقارن باشند چندین روش مختلف وجود دارد.

ضریب توان برای سیستم دو فاز سه سیمه متقارن بوسیله در وات متر و استفاده از رابطه بدست می آید.

$$\tan\theta = \frac{W_{2}}{W_{1}}$$

که در آن W_1 توان خوانده می شود از وات متری که بوبین جریان آن در فاز اول نصب

شده همانند روش استفاده در تکفاز و W_2 توان خوانده شده از وات متر دوم که بوبین جریان آن در فاز اول وبه طور سری با بوبین جریان وات متر اول قرار گرفته و بوبین ولتاژ آن بین فاز دیگر و نول قرار گرفته .واضح است که اگر با ثابت و پایدار از یک وات متر می‌توان استفاده نمود. ضریب توان از دو مقدار خوانده شده بوسیله در دستگاه و استفاده از فرمولهای زیر محاسبه می‌شود .

$$COS\theta = \sqrt{\frac{1}{1+3(\frac{W_1 - W_2}{W_1 + W_2})^2}} \qquad -1$$

$$\tan\theta = \sqrt{3\left(\frac{W_1 - W_2}{W_1 - W_2}\right)} \qquad -2$$

$$Cos\theta = \frac{1+\frac{W_2}{W_1}}{2\sqrt{1+\left(\frac{W_2}{W_1}\right)-\frac{W_2}{W_1}}} \qquad -3$$

= توان نشان داده شده بوسیله دستگاهی که توان بزرگتر را که W_1که در این فورمولها معمولاً مثبت است نشان می‌دهد .

= توان نشان داده شده بوسیله دستگاهی که توان کوچکتر را که ممکن است مثبت یا W_2 منفی باشد را نشان می‌دهد. در حالی که در سیستم ۳ فاز متقارن ضریب توان بطور

ساخته می‌شود که مقادیر مناسب از 1-31-8پیوسته محاسبه می‌شود . منحنی مانند شکل روی آن بدست می‌آید .

8-32- ضریب توانم قسمتهای یکسو شده

ضریب توان واحد یکسو سازی می‌تواند از قسمت کردن به وسیله اندازه گیری وات آمپر یا محاسبه شده‌اند . مشخصات یکسو ساز و دستگاههای مبدل به ACدر ترمینالهای خط تعیین شود .C34.1-1949طوری که در استانداردهای آمریکایی

ضریب توان تعیین شده از اندازه گیری اندکی متفاوت خواهد بود . با مقدار محاسبه شده راکتناس روی شکل موج متناوب ولتاژ و جریان اثر می‌گذارد. ACزیرا در سیستم در حالت عادی ضریب توان واحد یکسو ساز نمیتواند با اندازه گیری مستقیم بوسیله ضریب توان سنج و یا با استفاده از وات متر و ولت آمپر راکتیوبدست آید . زیرا این دستگاه ها حساس می باشند به عکس العمل ولتاژ و جریان فرکانسها مشابه بین آنها و اثرات هارمونیک مرکب جریان را شامل نمی شود.

اندازه گیری با این دستگاه ها تنها ضریب جابجایی را برای واحد یکسو ساز با مجموع فاز یا بیشتر را می دهد.24

ضریب توان برای چنین مداراتی با دستگاه هایی که خطای نا چیز دارند می تواند اندازه گیری شوند.

8-40-احتیاط در گرفتن و خواندن مقادیر

منفی است و W_2 علامت 0.5 برای ضریب توان W_2توجه کنید به ضرورت در نظر گرفتن منفی خواهد بود.W_2/W_1میزان

کوچکتر یا بزرگتر باشد به 0.5وقتی که آن مشخص نباشد اعم از اینکه ضریب توان از روش زیر عمل می کنیم . اتصال پتانسیل هردستگاه از وسط سیم به طرف دیگران را تغییر می دهیم.

نمایش جدید هر دستگاه 50%و مشاهدات را یادداشت می کنیم اگر ضریب توان بیشتر از درصد کمتر شد هر 50شباهت مستقیم خواهد داشت با نمایش عادی. اگر ضریب توان از دو نمایش جدید از مقادیر عادی معکوس خواهد شد.