شرکت توانیر

معاونت هماهنگی توزیع

دفتر مهندسی و راهبری شبکه

راهنمای آزمون تجهیزات جهت اتصال منابع تولید پراکنده به شبکه برق

کد سند:

شرکت مدیریت تولید، انتقال و توزیع نیروی برق ایران (توانیر)

پیوست د: راهنمای آزمون تجهیزات جهت اتصال منابع تولید پراکنده به شبکه برق

دریافت کنندگان سند:

- ✓ **شرکت توانیر**
- ✓ **شرکت مدیریت شبکه برق ایران**
- ✓ **سازمان انرژی‌های تجدیدپذیر و بهره‌وری انرژی برق**
- ✓ **شرکت‌های برق منطقه‌ای**
- ✓ **شرکت‌های توزیع نیروی برق**

کد سند	تاریخ تهیه	تاریخ بازنگری	شماره آخرین بازنگری
TAV114-01/03	اسفند۱۳۹۲	خرداد ۱۴۰۰	۰۲

تهیه کننده	تائید کننده	تصویب کننده
مدیر کل دفتر مهندسی و راهبری شبکه مسعود صادقی خمامی	**معاونت هماهنگی توزیع غلامعلی رخشانی‌مهر**	**مدیرعامل شرکت توانیر محمدحسن متولی‌زاده**
امضاء:	امضاء:	امضاء:

فهرست مطالب

۱- کلیات ۱

۱-۱- مقدمه ۱

۱-۲- هدف و دامنه کاربرد ۲

۱-۳- تعاریف (به ترتیب حروف الفبا) ۳

۱-۴- نیازمندی‌های عمومی ۵

۱-۴-۱- دقت نتایج آزمون ۵

۱-۴-۲- محیط انجام آزمون ۵

۱-۴-۳- دقت اندازه‌گیری و کالیبراسیون تجهیزات تست ۵

۱-۴-۴- اطلاعات محصول ۵

۱-۴-۵- گزارش نتایج آزمون ۶

۱-۴-۶- نیازمندی‌های تجهیزات تست ۶

۱-۴-۶-۱- نیازمندی‌های منبع ولتاژ آزمایش(دستگاه تست رله) ۶

۱-۴-۶-۲- نیازمندی‌های منبع شبیهساز سیستم قدرت ۷

۱-۴-۶-۳- نیازمندی‌های سیستم اندازه‌گیری ۷

۱-۵- مراجع ۸

۲- راهنمای آزمون‌های راه‌اندازی ۹

۲-۱- سیستم های اینورتری ۹

۲-۱-۱- مقدمه ۹

۲-۱-۲- آزمون های مورد نیاز ۱۲

۲-۱-۲-۱- اغتشاشات ولتاژ و فرکانس ۱۲

۲-۱-۲-۲- آزمون اغتشاش هارمونیک ۱۵

۲-۱-۲-۳- آزمون فلیکر (ولتاژ) ۱۸

۲-۱-۲-۴- آزمون تزریق جریان DC ۱۹

۲-۱-۲-۵- آزمون قابلیت اطمینان ۲۱

۲-۱-۲-۶- آزمون های ضدجزیره ای اینورترها ۲۲

۲-۱-۲-۷- آزمون تعادل جریان فاز ۲۵
۲-۱-۲-۸- آزمون اتصال مجدد سیستم اینورتری به شبکه بعد از رفع خطای شبکه و سنکرون شدن با آن ۲۶
۲-۲- آزمون های مرتبط با منابع تولید پراکنده غیراینورتری ۲۷
۲-۲-۱- آزمون های ژنراتور سنکرون (CHP) ۲۷
۲-۲-۱-۱- آزمون سنکرونیزاسیون ۲۷
۲-۲-۱-۲- آزمون تابع کنترل سنکرونیزاسیون با استفاده از منابع شبیه سازی شده ۲۸
۲-۲-۱-۳- آزمون تابع کنترل سنکرونیزاسیون با استفاده از ژنراتور واقعی ۳۱
۲-۲-۱-۴- آزمون تابع کنترل سنکرونیزاسیون برای تجهیزی با عدم امکان غیرفعال نمودن ۳۴
۲-۲-۱-۵- آزمون جزیره ای شدن ناخواسته ژنراتورهای سنکرون ۳۵
۲-۲-۱-۶- آزمون قطع فاز ۳۷
۲-۲-۱-۷- آزمون وصل مجدد پس از قطع ناشی از شرایط غیرعادی ۳۸
۲-۲-۱-۸- آزمون اضافه دور روتور ۳۹
۲-۲-۱-۹- آزمون نرخ حرارتی ژنراتور سنکرون ۴۰
۲-۲-۱-۱۰- آزمایش قابلیت اطمینان ۴۰
۲-۲-۱-۱۱- آزمون هارمونیک ها برای ژنراتور سنکرون ۴۱
۲-۲-۱-۱۲- آزمون کنترل تطابق فاز بین مولد و شبکه ۴۲
۲-۲-۲- آزمون‌های مرتبط با توربین بادی ۴۳
۲-۲-۲-۱- اهمیت انجام تست های راه اندازی و دوره ای در مورد توربین بادی ۴۳
۲-۲-۲-۲- روش های آزمون ۴۳
۲-۲-۲-۳- اعتبار آزمون ۴۴
۲-۲-۲-۴- شرایط آزمون ۴۴
۲-۲-۲-۵- تجهیزات مورد نیاز آزمون ۴۵
۲-۲-۲-۶- آزمون‌های راه اندازی ۴۶
۲-۲-۲-۶-۱- آزمون راه‌اندازی و خاموش کردن مولد – تغییرات توان اکتیو ۴۷
۲-۲-۲-۶-۲- آزمون راه اندازی و خاموشی- نرخ تغییر توان اکتیو ۴۸
۲-۲-۲-۶-۳- آزمون فلیکر ولتاژ ۵۰
۲-۲-۲-۶-۴- آزمون نامتعادلی ولتاژ ۵۰

۲-۲-۲-۶-۵- آزمون هارمونیک ولتاژ و جریان و هارمونیک‌های میانی ۵۱
۲-۲-۲-۶-۶- آزمون حفاظت شبکه ۵۳
۲-۲-۲-۶-۷- آزمون زمان وصل مجدد ۵۴
۲-۳- آزمون‌های تجهیزات و تأسیسات ۵۵
۲-۳-۱- سیستم زمین ۵۵
۲-۳-۲- باس بارها و سیم کشی هوایی ۵۷
۲-۳-۳- ترانسفورماتور اصلی ۵۸
۲-۳-۴- کلید قدرت ۵۹
۲-۳-۵- سکسیونر و تیغه زمین ۶۱
۲-۳-۶- ترانس جریان ۶۲
۲-۳-۷- ترانس اندازه‌گیری ولتاژ ۶۴
۲-۳-۸- تابلوهای فشار متوسط ۶۴
۲-۳-۹- تابلوهای حفاظت و کنترل ۶۵
۲-۳-۹-۱- موارد عمومی ۶۵
۲-۳-۹-۲- تجهیزات و تابلوهای حفاظت ۶۵
۲-۳-۹-۳- تجهیزات و تابلوهای کنترل ۶۷
۲-۳-۹-۴- تابلوی تنظیم ولتاژ ترانسفورماتور ۶۷
۲-۳-۹-۵- سیستم حفاظت و کنترل ۶۷
۲-۳-۱۰-تابلوها تغذیه جریان مستقیم و متناوب ۶۸
۲-۳-۱۱-دستگاه های شارژ باتری ۶۸
۲-۳-۱۲-باسداکت‌ها ۶۹
۲-۳-۱۳-باتری‌ها ۶۹
۲-۳-۱۴-سیستم کابلی ۷۰
۲-۳-۱۵-سیستم روشنایی محوطه ۷۱
۲-۳-۱۶-توابع حفاظتی ۷۱
۲-۳-۱۶-۱- آزمایش راه‌اندازی رله ولتاژ کم و یا ولتاژ صفر (۲۷) ۷۳
۲-۳-۱۶-۲- آزمایش راه‌اندازی رله اضافه ولتاژ (۵۹) ۷۵

۲-۳-۱۶-۳- آزمایش راه‌اندازی رله اضافه جریان آنی (۵۰، ۵۰N) ۷۵
۲-۳-۱۶-۴- آزمایش راه‌اندازی رله اضافه جریان با زمان معین (۵۱، ۵۱N) ۷۶
۲-۳-۱۶-۵- آزمایش راه‌اندازی رله اضافه جریان با زمان معکوس (۵۱، ۵۱N) ۷۶
۲-۳-۱۶-۶- آزمایش راه‌اندازی رله اضافه جریان جهت دار با زمان معکوس (۶۷، ۶۷N) ۷۶
۲-۳-۱۶-۷- فرآیند راه‌اندازی رله‌های وصل مجدد (کلید بازبست) ۷۷
۲-۳-۱۶-۸- فرآیند راه‌اندازی رله‌های سنکرون چک ۷۸
۲-۳-۱۶-۹- فرآیند راه‌اندازی رله‌های فرکانس کم ۷۹

۳- آزمون‌های دوره‌ای ۸۰

۳-۱- مقدمه ۸۰
۳-۲- آزمایش دوره‌ای ترانسفورماتور جریان (CT) ۸۱
۳-۳- آزمایش دوره‌ای ترانسفورماتور ولتاژ ۸۱
۳-۴- آزمایش نسبت تبدیل ۸۲
۳-۵- تابلوهای تغذیه جریان مستقیم ۸۲
۳-۵-۱- بازدید دوره‌ای ۸۲
۳-۵-۲- بازدید روزانه ۸۳
۳-۵-۳- بازدید هفتگی ۸۳
۳-۵-۴- بازدید ماهیانه ۸۳
۳-۶- سرویس دوره‌ای تابلوی LVDC ۸۴
۳-۷- نگهداری و بازرسی تابلوهای فشار متوسط ۸۴
۳-۸- تعمیرات دوره‌ای تابلوها ۸۵
۳-۹- تعمیر و نگهداری و بازرسی سیستم فتوولتاییک ۸۶
۳-۱۰- تست های دوره‌ای توربین بادی ۸۶
۳-۱۱- آزمون‌های دوره‌ای ژنراتور سنکرون ۸۷

فهرست اشکال

شکل (۱-۱): یک نمونه دستگاه تست رله ۶
شکل (۲-۱): مثالی از سیستم فتوولتاییک متصل به شبکه ۱۲
شکل (۲-۲): مدار تست اینورتر ضدجزیره‌ای ۲۳
شکل (۲-۳): ساختار مدار آزمون جزیره ای شده ۳۶
شکل (۲-۴): انجام تست هارمونیکی در ژنراتور سنکرون ۴۱
شکل (۲-۵): تجهیزات موردنیاز برای سیستم اندازه‌گیری ۴۵
شکل (۲-۶): شماتیک نیروگاه بادی نمونه ۴۷
شکل (۲-۷): تغییر مقدار مرجع توان اکتیو بر حسب درصدی از توان نامی ۴۹
شکل (۲-۸): نحوه اندازه‌گیری مقاومت زمین الکترود ۵۶

فهرست جداول

جدول (۲-۱): حالت‌های مختلف آزمون اغتشاش هارمونیکی ۱۷
جدول (۲-۲): حداکثر اعوجاج ولتاژ هارمونیک فرد برحسب درصدی از دامنه ولتاژ مؤلفه اصلی ۱۷
جدول (۲-۳): حداکثر اعوجاج ولتاژ هارمونیک زوج برحسب درصدی از دامنه ولتاژ مؤلفه اصلی ۱۷
جدول (۲-۴): حدود مجاز فلیکر در شینه‌هایی با سطح ولتاژ مختلف ۱۹
جدول (۲-۵): نسبت خروجی اینورتر با بار واقعی سیستم ۲۵
جدول (۲-۶): محدوده مجاز مبدل الکترونیک قدرت جهت سنکرون شدن با شبکه ۲۶
جدول (۲-۷): شرایط اتصال ژنراتور سنکرون به شبکه ۳۱
جدول (۲-۸): الزامات تجهیزات اندازه گیری ۴۶
جدول (۲-۹): حداکثر انحراف هارمونیک فرد جریان برحسب درصدی از جریان نامی ۵۲
جدول (۲-۱۰): حداکثر انحراف هارمونیک زوج جریان برحسب درصدی از جریان نامی ۵۲
جدول (۲-۱۱): محدوده مجاز هارمونیک ولتاژ ۵۲
جدول (۲-۱۲): آزمون‌های مربوط به ترانسفورماتور اصلی ۵۸
جدول (۲-۱۳): آزمون‌های مربوط به کلید قدرت ۶۰

۱- کلیات

۱-۱- مقدمه

برای بهره‌برداری ایمن از منابع تولید پراکنده، لازم است آزمایش‌هایی بر روی بخش‌های مختلف نیروگاه تولید پراکنده شامل ژنراتور تولید پراکنده، سیستم‌های اتصال‌دهنده منابع پراکنده به شبکه و همچنین کلیه تجهیزات و تاسیسات بکار رفته در نیروگاه تولید پراکنده انجام گیرد تا اطمینان لازم از عملکرد مناسب آن‌ها در شرایط مختلف بهره‌برداری حاصل گردد.

در آزمون‌های ژنراتور تولید پراکنده هدف بررسی نحوه‌ی عملکرد خود ژنراتور در شرایط بهره‌برداری عادی و بحرانی است. برای این منظور عملکرد ژنراتور در شرایط مختلف مورد بررسی قرار می‌گیرد تا در صورت صحت عملکرد اجازه‌ی آغاز و یا ادامه فعالیت به آن داده شود.

در آزمون سیستم اتصال‌دهنده منابع تولید پراکنده به شبکه هدف اطمینان از صحت عملکرد اجزای سیستم اتصال‌دهنده از جمله توابع حفاظتی، رله‌ی سنکرون‌کننده و کلید قدرت در شرایط عادی و غیر عادی در شبکه است. برای این منظور باید عملکرد توابع حفاظتی در شرایط اضافه/ افت ولتاژ ، اضافه/افت فرکانس، جزیره شدن ناخواسته، عملکرد رله‌ی سنکرونیزاسیون و ... مورد آزمایش قرار گیرند. سیستم اتصال‌دهنده منابع به شبکه که باید مورد آزمایش قرار گیرد می‌تواند شامل یک رله‌ی مجتمع دارای همه‌ی توابع حفاظتی مورد نیاز و یا مجموعه‌ای از رله‌های مجزا که هر یک تابع حفاظتی مخصوص به‌خود را دارد باشد.

در آزمون‌های تجهیزات نیز باید کلیه تجهیزات و تاسیساتی که در نیروگاه تولید پراکنده به‌کار می‌روند و عمکلرد صحیح آن‌ها در تداوم تولید نیروگاه موثر است از جمله ترانسفورماتور، تابلوها، کابل‌های ارتباطی و ... مورد آزمون قرار گیرند.

آزمون‌ها در دو مقطع زمانی صورت می‌گیرند. مقطع اول پیش از اولین اتصال منابع پراکنده به شبکه است و آزمون‌هایی که در این مقطع انجام می‌شوند آزمون‌های راه‌اندازی نام دارند. مقاطع زمانی بعدی برای انجام آزمون‌ها دوره‌های زمانی معین پس از بهره‌برداری از منابع تولید پراکنده می‌باشد. این فواصل زمانی باید در ابتدای بهره‌برداری بین بهره‌بردار شبکه و مالک منابع تولید پراکنده مورد توافق قرار گیرند. این آزمون‌ها آزمون دوره‌ای نامیده می‌شوند.

در آزمون‌های راه‌اندازی کلیه تاسیسات و تجهیزات اعم از ژنراتور تولید پراکنده، سیستم‌های اتصال‌دهنده منابع پراکنده به شبکه و همچنین کلیه تجهیزات بکار رفته در نیروگاه مورد آزمایش قرار می‌گیرند اما در آزمون‌های دوره‌ای تنها عناصر سخت‌افزاری و یا نرم افزاری از سیستم اتصال داخلی و یا تنظیماتی از سیستم اتصال دهنده که در آن دوره مورد تغییر قرار گرفته‌اند مورد آزمون جدی قرار می‌گیرند و در بقیه تجهیزات تنها به بازبینی و بررسی چشمی بسنده می‌شود.

آزمون‌ها باید توسط یک گروه مستقل و دارای شرایط لازم (مانند مهندسان حرفه‌ای، تکنسین‌های مورد تائید و یا متخصصین برق صلاحیت‌دار و دارای تجربه در آزمون تجهیزات الکتریکی) انجام شوند.

مجموعه حاضر با عنوان راهنمای آزمون تجهیزات جهت اتصال منابع تولید پراکنده به شبکه، که پیوست (د) دستورالعمل اتصال منابع تولید پراکنده به شبکه می‌باشد، مشخصات آزمون‌ها و روش‌های انجام آن‌ها را که باید بر روی این تاسیسات و تجهیزات انجام گیرند تا از عملکرد صحیح و بدون وقفه آن‌ها اطمینان حاصل گردد ارائه می‌نماید.

۱-۲- هدف و دامنه کاربرد

این دستورالعمل نحوه‌ی انجام آزمون‌های منابع تولید پراکنده را در دو بخش آزمون‌های اتصال و دوره‌ای بیان می‌کند. هدف از انجام آزمون‌ها اطمینان از عملکرد صحیح و قابل اعتماد منابع تولید پراکنده در هنگام بهره‌برداری موازی با شبکه است. برای این منظور باید روش‌های انجام آزمون استاندارد شده‌ای در دسترس مهندسان باشد. روش‌های آزمون باید نتایج قابل تکرار و مستقل از مکان آزمون در اختیار بگذارند.

دامنه کاربرد این استاندارد شامل انواع منابع تولید پراکنده (مولدهای سنکرون، مولدهای آسنکرون و سامانه-های فتوولتائیک) با محدوده‌ی قدرت کمتر یا مساوی ۲۵ مگاوات می‌باشد.

۱-۳- تعاریف (به ترتیب حروف الفبا)

سیستم اتصال‌دهنده منابع پراکنده به شبکه[1]: مجموعه‌ای از تجهیزات و توابع که برای اتصال منبع تولید پراکنده به سیستم قدرت ناحیه‌ای استفاده می‌شوند.

سیستم قدرت: تاسیساتی که توان الکتریکی را به بار منتقل می‌کنند. سیستم قدرت می‌تواند دارای واحدهای تولید نیز باشد.

سیستم قدرت محلی: سیستم قدرتی که تماماً داخل یک محل یا ساختمان یا مجموعه ای از ساختمانها باشد. (به عنوان مثال شبکه برق داخلی یک کارخانه)

سیستم قدرت ناحیه‌ای[2] : **سیستم قدرتی** که **سیستم‌های قدرت محلی** را تغذیه می‌کند. یک سیستم قدرت ناحیه‌ای نوعاً حق دسترسی به املاک عمومی و اولویت عبور از مرزهای مالکیت را دارد و تحت نظارت قوانین و مقررات می باشد.

شبیه‌ساز سیستم قدرت ناحیه‌ای: مجموعه‌ای از تجهیزات آزمون ولتاژ و فرکانس که جایگزین یک سیستم قدرت ناحیه‌ای می‌شوند. در موارد مقتضی سیستم قدرت ناحیه‌ای واقعی می‌تواند به عنوان یک شبیه‌ساز سیستم قدرت ناحیه‌ای به‌کار رود.

روش‌های آزمون تزریق سیگنال: روش‌های آزمونی که در آن سیگنال‌ها به ترمینال‌های تجهیز مورد آزمایش تزریق می‌شوند. این روش‌ها شامل هر دو روش‌های آزمون تزریق اولیه و روش‌های آزمون تزریق ثانویه می‌شوند.

کلید سنکرون‌کننده: وسیله‌ای که تحت کنترل یک تابع سنکرون‌کننده کار می‌کند و برای اتصال الکتریکی دو منبع برق‌دار به‌کار می‌رود.

مقدار نامی: مقدار یا محدوده‌ای برای یک پارامتر که در داخل شرایط قابل انتظار و یا سطوح بهره‌برداری معمول آن پارامتر قرار دارد.

---

[1] Interconnection system (ICS)

[2] Area Electric Power System

منبع تولید پراکنده: منبع تولید توان الکتریکی با قدرت نامی کمتر یا مساوی ۲۵ مگاوات که به طور مستقیم به سیستم توزیع متصل می‌شود.

نقطه اتصال مشترک[1]: نقطه ای که سیستم قدرت محلی به سیستم قدرت ناحیه‌ای وصل می‌شود.

نقطه اتصال منبع تولید پراکنده[2]: نقطه‌ای که منبع تولید پراکنده به صورت الکتریکی عملاً به سیستم قدرت ناحیه ای متصل می‌شود. این نقطه می‌تواند همان نقطه اتصال مشترک و یا نقطه‌ای در داخل سیستم قدرت محلی باشد.

هارمونیک کل جریان نامی: عبارت است از نسبتی که صورت آن جذر مجموع مربعات هارمونیک‌های جریان که به‌وسیله منبع تولید پراکنده در بار خطی متعادل ایجاد می‌شود است و در مخرج آن عدد بزرگتر حاصل از مقایسه جریان بار آزمون و جریان نامی منبع تولید پراکنده قرار می‌گیرد.

آزمون راه اندازی: آزمون هایی که با هدف اطمینان از اتصال ایمن و بدون مخاطره منابع تولید پراکنده به شبکه و بعد از این که سیستم اتصال نصب شده و آماده بهره برداری گردیدتوسط یک گروه مستقل و دارای شرایط لازم (مانند مهندسان، تکنسین های مورد تائید و یا متخصصین برق صلاحیت دار و دارای تجربه در آزمون تجهیزات) انجام می شود.

آزمون دوره‌ای: آزمون هایی که با هدف تائید عملکرد توابع حفاظتی سیستم اتصال داخلی و باطری های متناظرشان و تاسیسات و تجهیزات جانبی منابع تولید پراکنده در دوره های زمانی که در هنگام راه اندازی بین مالک تجهیز و بهره‌بردار شبکه مورد توافق قرار می گیرد توسط یک گروه مستقل و دارای شرایط لازم (مانند مهندسان، تکنسین های مورد تائید و یا متخصصین برق صلاحیت دار و دارای تجربه در آزمون تجهیزات) انجام می شود.

جزیره: قسمتی از سیستم قدرت ناحیه ای که از سیستم قدرت ناحیه ای متصل به سیستم قدرت اصلی جدا شده باشد.

---

[1] Point of Common Coupling (PCC)

[2] Point of distributed resources (DR) connection or Actual Connection Point (ACP)

زمان قطع: بازه‌ای که از لحظه‌ی عبور از صفر اولین نیم‌سیکلی که در آن پارامتر مورد اندازه‌گیری (مانند فرکانس، ولتاژ یا توان) از محدودیت قطع تجاوز می‌کند آغاز می شود و در لحظه‌ای که تجهیز مورد آزمایش مطابق انتظار پاسخ می‌دهد پایان می‌یابد.

۱-٤- نیازمندی‌های عمومی

در هنگام انجام آزمون‌ها باید توالی روال انجام آزمون حفظ گردد و همچنین برای انجام آن‌ها نکات ایمنی و سایر اقدامات احتیاطی لازم رعایت شود.

۱-٤-۱- دقت نتایج آزمون

نتایج آزمون باید نشان دهند که تجهیز مورد آزمایش نیازمندی‌های این دستورالعمل را در محدوده‌ی دقت بیان شده سازنده رعایت کرده است.

۱-٤-۲- محیط انجام آزمون

سازنده‌ی تجهیز محدوده‌ی شرایط محیطی را برای تجهیز مورد آزمایش مشخص می‌کند. بنابراین آزمون‌ها باید در محیطی که دارای شرایطی در محدوده‌ی شرایط محیطی مشخص شده توسط سازنده باشد انجام شوند.

۱-٤-۳- دقت اندازه‌گیری و کالیبراسیون تجهیزات تست

تجهیز اندازه‌گیری که برای تائید عملکرد تجهیز مورد آزمایش بکار می‌رود باید دارای تاریخ کالیبراسیون معتبر باشد. دقت تجهیز اندازه‌گیری باید با نیازمندی های نوع آزمون در حال انجام متناسب باشد.

۱-٤-٤- اطلاعات محصول

تنظیم محدودیت‌ها و ساختار این دستورالعمل بر این مبنا قرار گرفته است که نصب‌کننده و استفاده کننده در قبال توصیه‌های ارائه شده توسط سازنده برای نصب ، مسئول هستند.

مالک نیروگاه باید اطلاعات لازم اخذ شده از سازنده برای نصب صحیح سیستم یا فرآیند در محیط مورد نظر را در اختیار تیم انجام‌دهنده آزمون قرار دهد. شرح عملی و تعریف محدودیت‌های مشخص برای معیار پذیرش باید توسط سازنده مشخص شود و در گزارش نتایج آزمون قید گردد.

هر گونه الزامات مربوط به وسیله یا تجهیزات خارجی یا نیازمندی‌های خاص اتصال که برای انجام آزمون‌ها ضروری است باید به‌صورت واضح در مدارک استفاده کننده بیان شود. این نیازمندی‌های می‌تواند شامل مقدار امپدانس شبکه، بار ولت‌آمپر تجهیز مورد آزمایش، نیاز به استفاده از کابل‌های مخصوص یا شیلد، ماکزیمم طول کابل، استفاده از فیلتر و زمین کردن صحیح باشد. همچنین در صورتی‌که تجهیزات و یا نیازمندی‌های اتصال دیگری و در شرایط محیطی دیگری قابل کاربرد باشد باید توسط سازنده بیان شود.

لیستی از تجهیزات جانبی که می‌تواند به تجهیز مورد آزمون اضافه شود و نیز تاثیرات احتمالی آن‌ها بر نتایج تجهیز مورد آزمایش، باید در دسترس باشد. این اطلاعات همچنین باید در گزارش نتایج آزمون قید شوند تا به‌طور واضح فرضیات آزمون را بیان کنند.

دقت و تلورانس پارامترهای تجهیز مورد آزمایش باید بوسیله سازنده بیان شود.

۱-٤-٥- گزارش نتایج آزمون

نتایج آزمون باید در گزارش نتایج آزمون ثبت شود. گزارش نتایج آزمون باید به‌صورت واضح کلیه‌ی اطلاعات مربوطه‌ی آزمون (از قبیل شرایط بار، نوع هادی، شرح کاربردی و شرایط پذیرش) را بیان کند.

۱-٤-٦- نیازمندی‌های تجهیزات تست

۱-٤-٦-۱- نیازمندی‌های منبع ولتاژ آزمایش(دستگاه تست رله)

منظور از منبع ولتاژ آزمایش در این دستورالعمل دستگاهی با قابلیت تنظیم فرکانس، تنظیم ولتاژ و جریان و زاویه‌ی فاز بین آن‌ها می‌باشد. در شکل (۱-۱) یک نمونه منبع ولتاژ آزمایش نشان داده شده است .

شکل (۱-۱): یک نمونه دستگاه تست رله

۱-٤-٦-۲- نیازمندی‌های منبع شبیه‌ساز سیستم قدرت

در مواردی که آزمون امکان استفاده از منابع آزمون شبیه‌سازی شده می‌دهد، نیازمندی‌های زیر باید برآورده شوند.

- منبع شبیه‌سازسیستم قدرت ناحیه‌ای باید قادر به تائید عملکرد بیان‌شده سازنده باشد.
- هارمونیک‌های ولتاژ منبع شبیه‌سازسیستم قدرت ناحیه‌ای باید کمتر از ۲٫۵٪ اعوجاج هارمونیک کل باشد.
- در طول آزمون، ولتاژ حالت دائم منبع شبیه‌سازسیستم قدرت ناحیه‌ای نباید بیشتر از ۱٪ ولتاژ نامی تغییر کند.
- برای آزمون اندازه قطع ولتاژ، وضوح تغییرات ولتاژ منبع شبیه‌ساز باید در محدوده‌ی a ۰٫۵ولتاژ نامی باشد، که در آن a دقت بیان شده سازنده است.
- - برای آزمون اندازه قطع فرکانس، وضوح تغییرات فرکانس منبع شبیه‌ساز باید در محدوده‌ی a ۰٫۵ فرکانس نامی باشد، که در آن a دقت بیان شده سازنده است.
- تعداد اتصالات فاز و خنثی که توسط شبیه‌سازسیستم قدرت ناحیه‌ای در اختیار قرار داده می‌شود باید با تجهیز مورد آزمایش سازگار باشد. شبیه‌سازسیستم قدرت ناحیه‌ای سه‌فاز که اتصال خنثی را در اختیار می‌گذارد باید ولتاژهای فاز به خنثی را به‌گونه‌ای تولید کند که در محدوده‌ی ۳٪ ولتاژ نامی قرار گیرد و جابجایی فازی در محدوده‌ی 3° داشته باشد. برای شبیه‌سازسیستم قدرت ناحیه‌ای سه‌فاز بدون اتصال خنثی، بالانس ولتاژ فاز به فاز باید ۳٪ اندازه نامی باشد.
- برای آزمون‌های زمان قطع ولتاژ منبع شبیه‌ساز باید قادر به تغییر پله‌ای از V_1 به $V_1 + ۰٫۵\ (V_2 - V_1)$ در محدوده‌ی بزرگتر از یک سیکل شکل موج ولتاژ یا ۱٪ تنظیمات زمان قطع تهیز مورد آزمایش باشد.
- برای آزمون‌های زمان قطع فرکانس منبع شبیه‌ساز باید قادر به تغییر پله‌ای از مقدار f_1 به مقدار $f_1 + ۰٫۵\ (f_2 - f_1)$ در محدوده‌ی بزرگتر از یک سیکل شکل موج ولتاژ یا ۱٪ تنظیمات زمان قطع تجهیز مورد آزمایش باشد.

۱-٤-٦-۳- نیازمندی‌های سیستم اندازه‌گیری

هر اندازه‌گیری باید عدم قطعیتی کمتر از ۰٫۵ برابر دقت تجهیز مورد آزمایش داشته باشد. تجهیز اندازه‌گیری باید قادر به تائید عملکرد بیان‌شده سازنده باشد.

۱-۵- مراجع

مراجعی که در تهیه این راهنما مورد استفاده قرار گرفته‌اند به شرح زیر است:

1. IEEE Std 1547™-2018(A2020), “IEEE Standard for Interconnection and Interoperability of Distributed Energy Resources with Associated Electric Power Systems Interfaces”.
2. IEEE Std 1547.1™-2011(A2015), “IEEE Standard Conformance Test Procedures for Equipment Interconnecting Distributed Resources with Electric Power Systems”.
3. International Electrotechnical Commission. “Grid integration of large-capacity Renewable Energy sources and use of large-capacity Electrical Energy Storage.” White Paper, 2012.
4. Seaward Group USA, “Photovoltaic System Commissioning and Testing A Guide for PV System Technicians and Engineers”, 2010.
5. IEC 62446, “Grid connected photovoltaic systems – Minimum requirements for system documentation, commissioning tests and inspection”, 2009.
6. Task V Report IEA PVPS T5-06, "International Guideline for the Certification of Photovoltaic System Components and Grid-Connected systems." , 2002.
7. IEC 61400-21. “Wind Turbine Generator Systems” ,2008.

۸. شرکت توانیر، "استاندارد صنعت برق ایران- مشخصات و خصوصیات انرژی الکتریکی (کیفیت برق)"، ۱۳۸۱.

۹. "ضوابط اتصال و بهره‌برداری نیروگاه‌های بادی بزرگ به شبکه سراسری برق"، نشریه شماره ۶۵۰، ۱۳۹۲.

۱۰. "راهنمای طراحی سیستم‌های فتوولتاییک به منظور تامین انرژی الکتریکی به تفکیک اقلیم و کاربری"، سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، ۱۳۹۳.

۲- راهنمای آزمون‌های راه‌اندازی

در این قسمت به بیان روند انجام و تحلیل آزمون‌های راه‌اندازی منابع تولید پراکنده پرداخته می‌شود. به دلیل تفاوت در نوع و ساختار منابع تولید پراکنده، این منابع به دو نوع اینورتری و غیراینورتری تقسیم‌بندی شده که در ادامه به طور مجزا هر دو نوع این منابع مورد بررسی قرار می‌گیرد. بـه دلیـل اسـتفاده از اینـورتر در سـاختار DG هـای اینـورتری، آزمون‌های متفاوتی می‌بایست بر روی آن قبل از راه‌اندازی سیستم اصلی انجام شده تـا صـحت عملکـرد آن سـنجیده شود.

۲-۱- سیستم‌های اینورتری

۲-۱-۱- مقدمه

سیستم‌های متصل به شبکه اینورتری (مانند منابع فتوولتاییک) در کنار سایر منابع تولید پراکنده به منزله نیروگـاه-های کوچک، انرژی الکتریکی را به شبکه تزریق می‌کنند، لذا ورود این منابع به شبکه بـرق مسـایل تـازه‌ای را مطـرح می‌نماید. حفظ پایداری شبکه و ارائه کیفیت توان مطلوب در صورت افزایش استفاده از سیستم‌های اینورتری متصل به شبکه نیازمند تبعیت از استانداردهای جدیدی است که در این زمینه تدوین شده باشند. در دستورالعمل‌های شبکه اکثـر کشورها الزاماتی خاص برای اتصال سیستم‌های اینورتری وجود ندارد و به طـور سـطحی و خلاصـه بـه ایـن موضـوع پرداخته شده است.

قبل از انجام آزمون‌های راه‌اندازی لازم است که بررسی و بازبینی مواردی که در ادامه مطرح می‌شـود توسـط تـیم انجام دهنده آزمون‌ها صورت پذیرد:

- بررسی انطباق تجهیزات و نحوه نصب آن‌ها با طرح اتصال مصوب
- ثبت تنظیمات اعمال شده
- بررسی چشمی قابلیت عملکرد کلید جداکننده (سکسیونر)
- بررسی مطابقت توان نامی، نسبت تبدیل و پلاریته CT و PT ها با طراحی
- بررسی عملکرد کلید قدرت با فرمان رله‌های حفاظتی

بسیاری از سیستم‌های اینورتری قبل از اینکه در موقعیت سرویس‌دهی خـود قرارگیرنـد، بـه طـور رضـایت بخـش ارزیابی نمی‌شوند و تعداد کمی از آن‌ها برای بازبینی و یا تست در طول دوره عمر خـود برنامـه‌ریـزی مـی‌شـوند. ایـن موضوع منجر به سیستم‌های غیرمطمئن شده که دارای ارزش کمی خواهند بود. هر سیستم الکتریکی می‌توانـد تسـت شود تا عملکرد آن مورد تایید قرار گیرد و شرایط سیم‌بندی سیستم و تجهیزات مورد ارزیابی واقع شود.

به طور نمونه مطابقت با استاندارد IEC 62446 برای بسیاری از پروژه‌های PV در کشورهای اروپایی انجام چنین تست‌هایی ضروری است و به طور مستقیم با نیازهای NEC برای تایید امنیت سیستم‌های الکتریکی ارتباط دارد. به همین منظور از چک لیست نهایی باید استفاده شود تا تایید نماید که نصب قبل از شروع عملکرد مدار کامل شده است.

هدف از انجام این بخش، اعمال آزمون‌هایی است که می‌توانند بر روی شبکه متصل به منابع تولید پراکنده اثرات مثبت یا منفی داشته باشند. لذا از توضیح آزمون‌هایی که صرفاً جهت تایید عملکرد خود منبع درنظرگرفته می‌شود صرف‌نظر می‌شود. تست‌هایی که بر روی اینورتر این سیستم‌ها می‌بایست انجام شود در ادامه آورده شده است. در این گزارش به بیان آزمون‌هایی پرداخته خواهد شد که بر روی پارامترهای شبکه تاثیرگذار باشد.

- بازبینی اولیه اینورتر
- افزایش/کاهش فرکانس، افزایش/کاهش ولتاژ
- ضدجزیره‌ای
- اغتشاش هارمونیک
- ضریب توان
- تزریق جریان DC
- تعادل جریان فاز

اندازه‌گیری‌ها/تست‌های کیفیت توان می‌بایست در نقطه اتصال به شبکه[1] (نقطه اتصال مشترک) انجام شود. این تست‌ها به طور نوعی بعد از این‌که عملکرد سیستم تایید شود قابل انجام خواهند بود.

هم‌زمان با تست‌های عملکردی اینورتر، مواردی که در ادامه بیان می‌شود برای مدل‌های جدید اینورتری مناسب هستند که فاقد پیشینه عملکردی کافی هستند. هم‌چنین می‌توانند به عنوان جزیی از روند نگهداری برای ارزیابی قابلیت اطمینان بلندمدت استفاده شوند یا به مشکلات محلی زیر کمک نمایند:

- اغتشاش هارمونیک
- ضریب توان
- تزریق توان DC
- تعادل جریان فاز

آزمون‌هایی که در این بخش توصیف می‌شوند روال کلی آن در بخش‌های زیر انجام می‌شود:

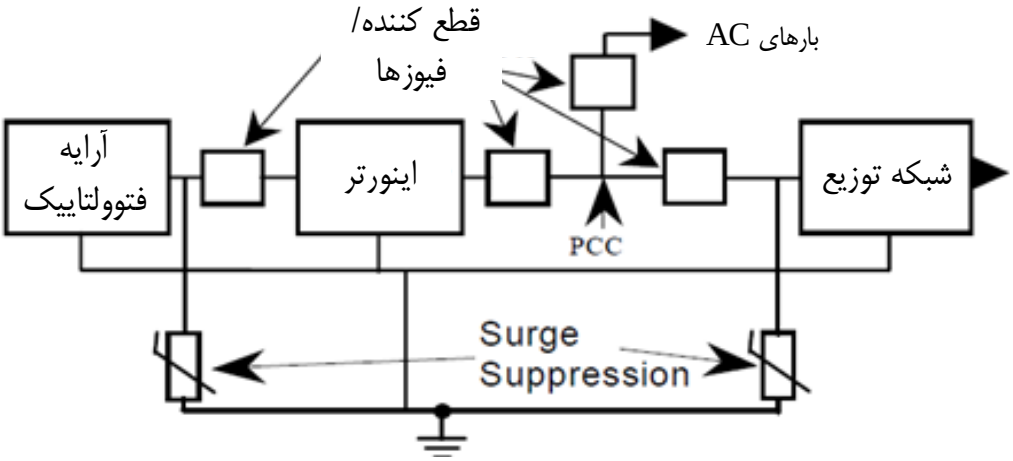
[1] Point of Common Coupling (PCC)

- مقدمه: معرفی تست
- هدف: دلیل انجام تست
- روش کار: مراحل لازم برای انجام تست
- (نکات: شرایط خاص، نیازمندی‌های ضروری یا پیشنهادی برای انجام تست)
- معیار: معیارهای قبول یا رد تست انجام شده
- (توضیحات: اطلاعات اضافی یا ملاحظات برای انجام تست)

مواردی که در پرانتز آمده است به صورت اختیاری بوده و در صورت نیاز آورده می‌شود.

۲-۱-۲- آزمون‌های مورد نیاز

شکل (۲-۱) شمای کلی از مثالی است که نحوه قرارگیری اینورتر، آرایه PV و شبکه را نشان می‌دهد. تست‌هایی که در ادامه بیان می‌شود می‌بایست بر روی اینورترهای این سیستم انجام شود.



شکل (۲-۱): مثالی از سیستم فتوولتاییک متصل به شبکه

۲-۱-۲-۱- اغتشاشات ولتاژ و فرکانس

- **مقدمه**

ظرفیت سیستم‌های اینورتری (مانند سیستم‌های فتوولتاییک) متصل به شبکه توزیع معمولاً در مقایسه با نیروگاه‌های بزرگ سنتی بسیار کمتر است و تاثیری بر روی ولتاژ شبکه ندارد. لذا این نوع سیستم‌ها در حالت منبع جریانی مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرند و وظیفه تنظیم ولتاژ را ندارند. به همین دلیل محدوده مجاز ولتاژ سیستم‌های اینورتری متصل به شبکه بر طبق دستورالعمل‌های حفاظتی آن‌ها تعیین می‌شود.

سیستم‌های اینورتری کوچک باید توانایی ادامه کار طبیعی در طول اغتشاشات کوچکی که در شبکه به وجود می‌آید و در محدوده مجاز هستند را داشته باشند. اگر تجهیزات مبدل الکترونیک قدرت سیستم اینورتری، از لحاظ الکتریکی به اندازه کافی به نقطه اتصال مشترک نزدیک باشد تا بتوان از اختلاف ولتاژ بین پایانه‌های مبدل و نقطه اتصال مشترک صرف نظر نمود، آنگاه محدوده‌های ولتاژ کاری را می‌توان برای مبدل به کار برد. اما در هر صورت برخی از مبدل‌ها ممکن است محدودیت‌هایی داشته باشند که نتوان از اختلاف ولتاژ بین پایانه‌های مبدل و نقطه اتصال مشترک صرف نظر کرد. در چنین مواردی مبدل باید دارای تجهیزاتی برای جبران این افت ولتاژ باشد زیرا ولتاژ نقطه اتصال مشترک پارامتری است که در محدوده مجاز نگه داشته می‌شود. هر چند که ممکن است ولتاژ پایانه‌های مبدل از محدوده ولتاژ

کاری خارج شده باشند، اما سیستم اینورتری تا زمانی که ولتاژ نقطه اتصال مشترک در محدوده مجاز تعیین شده باشد اجازه قطع از شبکه را ندارد.

- **هدف**

هدف از انجام این تست، تعیین عملکرد مناسب اینورتر تحت شرایط ولتاژ و فرکانس خارج از محدوده است.

- **روش کار**

۱) آزمون اضافه و افت ولتاژ

جهت انجام این کار باید سیگنال‌های مناسب از رله‌های تریپ ولتاژی و فرکانسی، تجهیزات کنترلی و مبدل‌ها شبیه‌سازی شود و زمان خاموشی مناسب تعیین گردد. هم‌چنین، نقاط تریپ تجهیز تحت آزمایش با شرایط جریانی تنظیم شود. در ادامه هر کدام از عملکردهای حفاظتی اینورترها تشریح خواهد شد.

الف) تجهیز مورد آزمایش (خروجی اینورتر) با توجه به دستورالعمل‌ها و مشخصات داده شده توسط سازنده به یک منبع تغذیه شبیه‌سازی شده متصل گردد که توانایی جذب انرژی تحویلی توسط اینورتر را داشته باشد. برای تعیین نقاط تنظیمی، ولتاژ و فرکانس اینورتر در خروجی نامی خود مورد بهره‌برداری قرار گیرد.

ب) تمامی پارامترهای سیستم قدرت شبیه‌سازی شده با شرایط عملکردی نامی باید مورد آزمایش و بررسی قرار گیرد که اینورتر تحویل توان را به درستی انجام می‌دهد.

ج) تجهیز مورد آزمایش به تنظیمات قابل اعمال زمانی و ولتاژی تریپ مطابق با استاندارد مربوطه قرار گیرد. بررسی شود که تمامی تنظیمات تجهیز مورد آزمایش در نقاط پیش‌فرض کارخانه قرار داشته باشند.

د) تنظیمات اعمالی ثبت گردد.

ه) یکی از توابع حفاظتی اضافه ولتاژ و یا کاهش ولتاژ برای تست انتخاب شود.

و) نقاط تریپ ولتاژ و زمان تریپ آن با استفاده از افزایش و کاهش ولتاژ به مقادیر خارج از پنجره عملکردی نرمال تعیین گردد. ولتاژ به نقطه‌ای معادل دو برابر دقت بیان شده توسط سازنده در خارج از تنظیمات تریپ ولتاژ رسانده، مقادیر موثر ولتاژ و زمان تریپ ثبت شود.

ز) برای واحدهای چندفاز، این آزمون در هر فاز آن انجام شود.

ح) مراحل (ه) تا (ز) برای تمامی توابع حفاظتی اضافه یا کاهش ولتاژ تکرار شود.

با توجه به قطع از سمت منبع تغذیه شبیه‌سازی شده، ولتاژ و فرکانس به مقادیر خروجی نامی اینورتر بازیابی و بررسی شود به طوری که:

- اینورتری که مجهز به ریست دستی بوده از منبع تغذیه شبیه‌سازی شده (دستگاه تست) قطع شده است.
- اینورتری که مجهز به ریست اتوماتیک بوده، تا زمانی که ولتاژ و فرکانس شبکه در یک بازه مشخص بازیابی نشود، به منبع تغذیه شبیه‌سازی شده وصل نخواهد شد.
- رد شدن تنها یکی از این آزمون‌ها به منزله رد شدن کل مجموعه تست‌ها به حساب می‌آید.

۲) آزمون افزایش و کاهش فرکانس

الف) تجهیز مورد آزمایش با توجه به دستورالعمل‌ها و مشخصات داده شده توسط سازنده به شبکه متصل شود.

ب) تمامی پارامترهای سیستم قدرت شبیه‌سازی شده با شرایط عملکردی نامی تجهیز مورد آزمایش باید مورد بررسی قرار گیرد.

ج) تجهیز مورد آزمایش به تنظیمات قابل اعمال زمانی و و فرکانسی تریپ مطابق با استاندارد مربوطه قرار داده شود. بررسی شود که تمامی تنظیمات تجهیز مورد آزمایش در نقاط پیش‌فرض کارخانه قرار داشته باشند.

د) تنظیمات اعمالی ثبت گردد.

ه) یکی از توابع حفاظتی افزایش فرکانس و یا افت فرکانس برای تست انتخاب شوند.

و) فرکانس به نقطه‌ای معادل دو برابر دقت بیان شده توسط سازنده در خارج از تنظیمات تریپ فرکانس رسانده و مقادیر موثر فرکانس و زمان تریپ ثبت گردد.

ز) برای واحدهای چندفاز، این آزمون در هر فاز آن انجام شود.

ح) مراحل (ه) تا (ز) برای تمامی توابع حفاظتی اضافه یا کاهش فرکانس تکرار گردد.

•نکات

بسیاری از اینورترها از نرم‌افزارها یا سخت‌افزارهایی استفاده می‌کنند که از تنظیمات کارخانه برای کنترل تنظیمات افزایش/کاهش ولتاژ و یا افزایش/کاهش فرکانس استفاده می‌کند. اگر به طور مناسبی تنظیم نشده باشد، تغییر موارد کنترلی نیازمند تغییرات توسط سازنده است. تغییر تنظیمات کنترلی معمولا تاییدیه اعتبارنامه اینورتر را نقض می‌کند.

• معیار

۱) محدوده مجاز ولتاژ

از نظر صاحبان سیستم‌های اینورتری و بهره‌بردار شبکه، بهترین انتخاب برای تعیین محدوده مجاز باید به گونه‌ای باشد که نویز حاصل از قطعی سیستم‌های فتوولتاییک حداقل باشد. محدوده‌های مجاز در بخش ۹-۱۲ دستورالعمل اتصال منابع تولید پراکنده به شبکه ذکر شده است. این محدوده‌ها مربوط به نقطه اتصال مشترک می‌باشد و ضرورتاً

مربوط به پایانه‌های سیستم اینورتری نیست. در صورت اختلاف از محدوده‌های مشخص شده، تزریق توان به شبکه باید قطع گردد. حداکثر (بیشینه) زمان قطع برابر است با حداکثر زمان از آغاز شرایط غیرعادی ولتاژ تا زمانی که مبدل توان تزریقی خود را به شبکه قطع می‌کند.

از آنجایی که مبدل متصل به شبکه تزریق کننده توان می‌باشد و نسبت توان نامی آن به کل توان تولیدی در شبکه مقدار کوچکی است لذا نوسان ولتاژ شبکه برای مصرف کنندگان کمتر از ۱۶ آمپر که توان کمی نسبت به کل توان تولیدی در شبکه مصرف می‌نمایند مشکل مبدل نیست و معمولا اندازه‌گیری نمی‌شود و محدودیتی برای سیستم‌های اینورتری (فتوولتاییک) متصل به شبکه اعمال نمی‌شود. در این حالت مبدل به صورت منبع جریان مدل‌سازی می‌شود.

۲) محدوده مجاز فرکانس

محدوده‌های مجاز فرکانس در بخش ۹-۱۳ دستورالعمل اتصال منابع تولید پراکنده به شبکه ذکر شده است. لذا مبدل الکترونیک قدرت سیستم فتوولتاییک متصل به شبکه باید همواره فرکانس شبکه را نمونه‌گیری کرده و توان هم‌فرکانس با فرکانس نقطه اتصال به شبکه که در محدوده مجاز قرار دارد تزریق نماید. در صورت اختلاف از محدوده‌های مشخص شده، تزریق توان به شبکه باید قطع گردد.

۲-۱-۲-۲- آزمون اغتشاش هارمونیک

- **مقدمه**

هارمونیک‌ها ولتاژها و یا جریان‌های سینوسی هستند که فرکانس آن‌ها مضرب صحیحی از فرکانس نامی سیستم است. شکل موج اعوجاج یافته را می‌توان توسط سری فوریه به مولفه فرکانس اصلی و تعدادی هارمونیک تجزیه نمود و مقدار دامنه و فاز هر مولفه فرکانسی شکل موج اعوجاج یافته را محاسبه نمود. تجهیزات مختلفی از جمله مبدل‌های الکترونیک قدرت، کوره‌های القایی و غیره تولید جریان هارمونیکی می‌کنند. هارمونیک جریان تولید شده توسط تجهیزات مختلف باعث ایجاد افت ولتاژ هارمونیکی در دو سر امپدانس شبکه می‌شود. از طرف دیگر اتصال خازن‌های تصحیح کننده ضریب قدرت ممکن است باعث ایجاد تشدید در فرکانس هارمونیک‌های تولید شده شود و باعث اضافه ولتاژ شود.

محدودیت هارمونیکی مربوط به هارمونیک های جریان و ولتاژ می‌باشد که در هر یک از این موارد به صورت محدودیت بر روی اعوجاج تکی هر هارمونیک و هم‌چنین اعوجاج کلی ارائه می‌شود. اعوجاج کلی ولتاژ یا جریان، که با THD نمایش داده می‌شود به صورت روابط زیر تعریف می‌شود:

$$THD_I = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{50} I_h^2}}{I_n} \times 100 \quad (۱)$$

$$THD_V = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{50} V_h^2}}{V_n} \times 100 \quad (۲)$$

که در روابط فوق، I_h و V_h به ترتیب مولفه‌های هارمونیکی مرتبه h جریان و ولتاژ و I_n و V_n به ترتیب جریان و ولتاژ نامی هستند. اعوجاج تکی ولتاژ یا جریان به صورت نسبت دامنه هر یک از هارمونیک‌ها به دامنه هارمونیک اصلی بر حسب درصد تعریف می‌شود.

در شرایط کار غیرعادی یعنی عدم رعایت استانداردهای فرکانس، سطوح ولتاژ شبکه و در صورت رخ دادن شرایط کارکرد جزیره‌ای، تزریق توان قطع می‌گردد. بنابراین سطح ولتاژ و فرکانس شبکه همواره باید توسط مبدل نمونه‌گیری شود. چنان‌چه خطا برطرف شده و به مدت پنج دقیقه شرایط کار عادی برقرار باشد، مبدل شروع به تزریق توان به شبکه می‌نماید. پیش‌بینی روند راه‌اندازی نرم در مبدل‌های امروزی متداول است. توصیه می‌گردد نمونه‌گیری‌ها از جریان شبکه در ترمینال خروجی مبدل صورت گیرد.

•هدف

هدف از انجام این آزمایش تعیین اغتشاش هارمونیکی کل جریان و ولتاژ یا هر کدام از هارمونیک‌های منفردی است که توسط اینورتر تولید می‌شوند.

•روش کار

جهت انجام این آزمون ابتدا یک تجهیز اندازه‌گیری کیفیت توان یا دستگاه spectrum analyzer به سمت خروجی AC اینورتر متصل شود که به طور ایده‌آل میان اینورتر و نقطه اتصال به شبکه قرار داشته باشد. اگر از یک ترانسفورماتور اختصاصی در خروجی اینورتر در بعضی طرح‌های اتصال منابع تولید پراکنده به شبکه استفاده شود، اتصالات این دستگاه در سمت شبکه ترانسفورماتور قرار داده می‌شود.

الف) تجهیز تحت آزمون با توجه به دستورالعمل‌ها و مشخصات سازنده به یک منبع تست ac متصل شود.

ب) تمامی پارامترهای ورودی منبع و شبکه به صورت شرایط عملکردی نامی برای تجهیز تحت آزمایش تنظیم گردد.

ج) ضمن عملکرد تجهیز تحت آزمایش در دمای کار نرمال و در محدوده ولتاژ و فرکانس نرمال شبکه، تجهیز تحت آزمایش به ترتیب در هر یک از چهار حالت تعیین شده در جدول (۲-۱) کار کند و پارامترهای اعوجاجات هارمونیکی جریان و ولتاژ، مشتمل بر مقادیر اعوجاج جریان نامی کل (TRD) و اعوجاج هارمونیکی کل (THD) و ۵۰ هارمونیک منفرد اول مطابق بخش ۹-۱۵ دستورالعمل اتصال منابع تولید پراکنده به شبکه ، ثبت گردد.

جدول (۲-۱): حالت‌های مختلف آزمون اغتشاش هارمونیکی

شماره	شرایط تجهیز تحت آزمایش
۱	توان ظاهری (kVA) نامی در حداکثر ضریب توان حالت تزریق، حداقل ولتاژ dc (اگر قابل اعمال باشد)
۲	ضریب توان واحد، ولتاژ dc نامی، ۱۰۰٪ توان اکتیو نامی
۳	توان ظاهری (kVA) نامی در حداکثر ضریب توان حالت جذب، حداکثر ولتاژ dc (اگر قابل اعمال باشد)
۴	مقدار توان ظاهری که در آن، سازنده اعلام می‌کند مقدار TRD % حداکثر است

•نکات

هارمونیک ولتاژ منبع تست ac، اندازه‌گیری شده در حالتی که تجهیز تحت آزمایش متصل است و در شرایط حالت دائمی در توان نامی کار می‌کند، باید کمتر از ۳ درصد THD (شامل همه هارمونیک‌های زوج و فرد و میان-هارمونیک‌ها) باشد.

در حالتی که تجهیز تحت آزمایش متصل نیست، منبع تست ac مورد استفاده نباید هارمونیک‌های ولتاژ بیشتر از محدوده مشخص شده در جداول (۲-۲) و (۲-۳) داشته باشد.

جدول (۲-۲): حداکثر اعوجاج ولتاژ هارمونیک فرد برحسب درصدی از دامنه ولتاژ مؤلفه اصلی

مرتبه هارمونیک تکی h	h<۱۱	۱۱≤h<۱۷	۱۷≤h<۲۳	۲۳≤h<۳۵	۳۵≤h<۵۰
درصد (٪)	۲	۱	۰/۷۵	۰/۳	۰/۱۵

جدول (۲-۳): حداکثر اعوجاج ولتاژ هارمونیک زوج برحسب درصدی از دامنه ولتاژ مؤلفه اصلی

مرتبه هارمونیک تکی h	h=۲	h=۴	h=۶	۸≤h<۵۰
درصد (٪)	۰/۵	۱	۱/۵	مطابق مقادیر متناظر با بازه مربوطه در جدول (۲-۲)

تجهیز مورد استفاده برای این آزمون‌ها باید منطبق بر IEC 61000-4-30 Class A باشند.

•معیار

اعوجاج‌های جریان و ولتاژ باید مطابق محدوده‌های تعیین شده در بخش ۹-۱۵ دستورالعمل اتصال منابع تولید پراکنده به شبکه باشند. برای تجهیز تحت آزمایش چند فاز، محدوده‌های مشخص شده باید در هر یک از فازها رعایت شود.

•توضیحات

اینورترهای تایید شده با کنترلر انتگرالی زمانی که مستندات مناسبی برایشان آماده شده باشد از این تست مستثنی می‌شوند. این تست می‌تواند به طور همزمان با تست ضریب توان با استفاده از تجهیز یکسان انجام شود.

۲-۱-۲-۳- آزمون فلیکر (ولتاژ)

• مقدمه

فلیکر در حقیقت احساس شخصی از کم و زیاد شدن میزان روشنایی است که به صورت سوسوزدن نور لامپ‌های رشته‌ای ظاهر می‌شود. به عبارتی فلیکر تاثیر زودگذر یک منبع روشنایی بر روی حس بینایی انسان است. در حالی که طیف فرکانسی یا شدت روشنایی آن تغییر می‌کند. بنابراین فلیکر ناشی از تغییرات منظم، کوچک و پریودیک ولتاژ است. فلیکر ولتاژ دارای دو شاخص فرکانس و اندازه نوسانات ولتاژ می‌باشد. فرکانس نوسانات فلیکر بین ۰/۵ تا ۳۵ هرتز می‌باشد. عواملی مانند کوره‌های الکتریکی، دستگاه‌های نورد آهن، جوشکاری، راه‌اندازی موتورهای الکتریکی باعث ایجاد فلیکر می‌شوند.

•هدف

هدف از انجام این تست اندازه‌گیری و تعیین مقدار فلیکر و بررسی حدود آن برای تست مربوط به اینورتر و تایید کیفیت توان آن می‌باشد.

•روش کار

برای محاسبه فلیکر از دو شاخص فلیکر کوتاه مدت و فلیکر بلندمدت استفاده می‌شود که به ترتیب با نمادهای P_{st} و P_{lt} نمایش داده می‌شوند. شاخص کوتاه مدت فلیکر، به میزان شدت فلیکر در یک دوره زمانی ۱۰ دقیقه‌ای گفته می شود. این معیار از سری های زمانی بدست امده از فلیکرمتر در مدت ۱۰ دقیقه استخراج می‌گردد. وقتی این شاخص

برابر یک است، میزان فلیکر در آستانه آزاردهی چشم انسان قرار دارد. شاخص فلیکر بلند به میزان شدت فلیکر در یک دوره زمانی دو ساعت گفته می شود که با استفاده از شاخص کوتاه مدت فلیکر محاسبه می‌شود.

• معیار

تا به امروز تعیین معیار اندازه و فرکانس غیرمجاز فلیکر در استانداردهای مختلف مورد بحث است. برای این مشخصه کیفیت توانی باید به استاندارد ملی هر کشور رجوع کرد و در هر سطح ولتاژ، محدوده مجاز فلیکر را رعایت نمود و در صورتی که چنین استانداردی وجود نداشته باشد باید الزامات فلیکر استاندارد IEEE 519 را رعایت نمود. در کشور ایران استاندارد فلیکر ولتاژ برای سطوح مختلف ولتاژ وجود دارد. در استانداردی که توسط توانیر تحت عنوان استاندارد صنعت برق ایران ذکر شده است، برای شینه‌های در سطح ولتاژ فشار ضعیف، حد مجاز فلیکر کوتاه مدت و بلندمدت به ترتیب باید کمتر از ۱ و ۰/۸ باشد. از آنجا که سیستم فتوولتاییک یک تولیدکننده توان است، لذا می‌بایست آنرا با یک شینه مدل نمود و حدود مجاز فلیکر ذکر شده را رعایت نمود. در صورتی که فلیکر ایجاد شده توسط منبع تولید پراکنده از محدوده مجاز خارج شده باشد باید مولد از شبکه جدا گردد و اقدامات اصلاحی صورت پذیرد. جدول (۲-۴) حدود مجاز شاخص‌های فلیکر را در سطوح مختلف ولتاژی نشان می‌دهد.

جدول (۲-٤): حدود مجاز فلیکر در شینه‌هایی با سطح ولتاژ مختلف

	شبکه فشار ضعیف	شبکه فشار متوسط	فشارقوی و فوق فشارقوی
فلیکر کوتاه مدت Pst	۱	۰/۹	۰/۸
فلیکر بلند مدت Plt	۰/۸	۰/۷	۰/۶

۲-۱-۲-٤- آزمون تزریق جریان DC

•مقدمه

تزریق جریان مستقیم، امر نامطلوبی است که موجب ناپایداری شبکه می‌گردد. به منظور جلوگیری از تزریق جریان مستقیم، می‌بایست از ترانسفورماتور مجزاساز استفاده نمود و یا همواره جریان DC خروجی را کنترل کرد.

•هدف

هدف از انجام این تست، تعیین اندازه جریان DC تزریق شده به شبکه می‌باشد. این تست بر روی اینورترهایی انجام می‌شود که بدون استفاده از از ترانسفورماتور ایزوله‌کننده DC به شبکه متصل می‌شود.

•روش کار

سطوح توان عملکردی در این روند دارای محدوده تغییرات ۵٪± می‌باشند.

الف) تجهیز تحت آزمون با توجه به مشخصات سازنده و دستورالعمل‌ها به شبکه متصل شود.

ب) تمامی پارامترهای منبع به صورت شرایط عملکردی نامی برای تجهیز تحت آزمایش تنظیم گردد.

ج) تمامی پارامترهای تجهیز تحت آزمایش به تنظیمات عملکردی نامی رسانده شود.

د) تمامی تنظیمات اعمالی ثبت گردد.

ه) تجهیز تحت آزمایش در ۱۰۰٪ جریان خروجی نامی و در ضریب توان واحد مورد عملکرد قرار گیرد. تجهیز مورد آزمایش باید در جریان و ضریب توان مشخص شده در حین تست عملکرد داشته باشد.

و) در خروجی تجهیز مورد آزمایش، مقدار موثر ولتاژ، جریان موثر و مولفه dc جریان در تمامی فازها اندازه‌گیری شود. پنجره میانگین برای تمامی اندازه‌گیری‌ها نباید کمتر از یک سیکل و بیشتر از ۵۰ سیکل باشد. دلیل انتخاب این محدوده این است که برای محاسبه مقدار میانگین، می بایست حداقل به اندازه یک دوره تناوب از شکل موج سپری شده باشد تا بتوان مقدار مورد نظر را محاسبه نمود. هم‌چنین طبق استاندارد بیشتر از یک ثانیه نیز نباید درنظرگرفته شود که با توجه به فرکانس استفاده شده در ایران (۵۰ هرتز) عدد ۵۰ سیکل انتخاب شده است.

ز) همه اندازه‌گیری‌ها در فرکانس نمونه‌برداری که کمتر از پنجره میانگین انتخاب شده متناظر نباشد در بازه ۵ دقیقه‌ای ثبت گردد.

برای تمامی حالت‌های مورد آزمایش، تحلیل داده‌های زیر مورد نیاز خواهد بود:

الف) میانگین مقادیر جریان و ولتاژ موثر در هر فاز محاسبه شود. برای هر اندازه‌گیری، میانگین باید شامل هر نقطه نمونه ضبط شده به ازای بازه‌های ۵ دقیقه‌ای باشد.

ب) بررسی گردد که میانگین جریان موثر در هر فاز در محدوده ۵٪ نقطه مورد آزمایش قرار داشته باشد.

پ) بررسی شود که میانگین ولتاژ موثر در هر فاز در محدوده ۵٪ ولتاژ نامی قرار داشته باشد.

ت) مقدار میانگین برای مقادیر مختلف اندازه‌گیری شده مولفه dc جریان در هر فاز مورد محاسبه قرار گیرد. میانگین باید برابر قدرمطلق هر نقطه ضبط شده نمونه حین بازه آزمایش ۵ دقیقه‌ای باشد.

ث) برای هر فاز، میانگین مقدار مولفه dc بر جریان خروجی نامی تجهیز مورد آزمایش تقسیم شده و نتیجه در عدد ۱۰۰ ضرب گردد. مقادیر ضبط شده نهایی به عنوان درصد جریان تزریق شده برای هر فاز محاسبه می‌شود.

•معیار

تزریق جریان DC به شبکه باید به طور معمول کوچک‌تر از ۰/۵ درصد جریان خروجی اینورتر باشد. اکثر مراجع از همین عدد به عنوان معیار تزریق جریان DC استفاده نموده‌اند. در صورت اختلاف با سطح مجاز، می‌بایست جریان خروجی را قطع نمود.

•توضیحات

جریان DC زیادی بر روی شبکه می‌تواند منجر به خرابی تجهیزات شبکه و بارهای مصرفی شود. این تست برای سیستم‌های با ترانسفورماتور اختصاصی ضروری است. اینورترهای تایید شده با کنترلرهای انتگرال‌گیر نیز از انجام این تست معاف شده‌اند. این تست می‌تواند به طور همزمان یا به عنوان بخشی از تست اغتشاش هارمونیک با استفاده از یک تجهیز یکسان انجام شود.

۲-۱-۲-۵- آزمون قابلیت اطمینان

• هدف

این آزمون جهت حصول اطمینان از کار بدون وقفه منبع تولید پراکنده اینورتری صورت می‌پذیرد.

•روش‌کار

قابلیت اطمینان سیستم توسط تست نسبت عملکردی انجام می‌شود. درحین این تست، پارامترهای زمان واقعی که در قسمت بعدی ذکر خواهد شد، باید در بازه‌های زمانی حداکثر پنج دقیقه برای حداقل هفت روز متوالی نمونه برداری شوند.

•معیار

پارامترهایی که در ادامه ذکر می‌شود برای یک سیستم اینورتری نمونه (یک سیستم فتوولتاییک) می‌باشند. این پارامترها می‌بایست در طی مدت زمان اندازه‌گیری و نمونه برداری شده به طور پیوسته و بدون وقفه وجود داشته باشند و سیستم در طول دوره مشخص شده به درستی کار کنند.

- تابش خورشید
- دمای محیط
- دمای ماژول

- ولتاژ DC هر کدام از اینورترهای گروهی
- جریان DC هر کدام از اینورترهای گروهی
- ولتاژ AC از هر کدام از اینورترهای گروهی
- جریان AC از هر کدام از اینورترهای گروهی

۲-۱-۲-٦- آزمون‌های ضدجزیره‌ای اینورترها

• مقدمه

چنان‌چه شبکه توزیع قطع گردد و سیستم اینورتری بدون حضور شبکه به تغذیه بارهای موجود در شبکه ادامه دهد، گفته می‌شود سیستم به صورت جزیره‌ای عمل می‌کند. کارکرد جزیره‌ای امری نامطلوب است و مبدل الکترونیک قدرت سیستم اینورتری متصل به شبکه مجاز به عملکرد به صورت جزیره‌ای نیست.

سیستم اینورتری متصل به شبکه، تولید کننده کوچکی است که امکان حفظ ولتاژ و فرکانس نامی و مجاز شبکه را ندارد. بنابراین امکان آسیب رسیدن به بارهای موجود به شبکه در عملکرد جزیره‌ای وجود دارد. ممکن است شبکه به منظور رسیدگی و تعمیرات مورد نیاز قطع گردد. در این حالت چنان‌چه سیستم اینورتری به کار خود ادامه دهد، برای کارگرانی که انتظار قطع کامل شبکه را دارند ایجاد خطر می‌نماید از سوی دیگر سیستم متصل به شبکه، همواره فرکانس خود را همزمان با فرکانس شبکه می‌نماید اما شبکه خود را با سیستم اینورتری همزمان نمی‌کند. بنابراین کارکرد جزیره‌ای می‌تواند در راه‌اندازی مجدد شبکه در این سیستم ایجاد اختلال کند.

به طور نمونه اینورترهای فتوولتاییک با ویژگی ضدجزیره‌ای برای اتصال موازی با منبع تغذیه اصلی سیستم طراحی شده است. در کنار مسائل مربوط به تریپ‌های اضافه فرکانس، کاهش فرکانس، اضافه ولتاژ و کاهش ولتاژ، این نوع اینورتر شامل تجهیزی است که در زمان بی‌برقی سمت شبکه، سیستم را از مدار قطع می نماید و اجازه کارکرد حالت جزیره‌ای را به سیستم نمی‌دهد. تست اینورترها در خروجی نامی خود برای عملکرد با شبکه نیاز به تجهیز خاص تست دارد. هر زمان که مداری یا نرم‌افزاری در اینورتر تغییر پیدا کند، تست نوعی طراحی می‌بایست تکرار شود.

خطای اندازه‌گیری برای تمامی پارامترها به جز فرکانس در تست‌هایی که در ادامه بررسی می‌شود باید کمتر از ۲٪ باشد. خطای اندازه‌گیری برای پارامتر فرکانس باید کمتر از ۰/۱ هرتز باشد.

• هدف

هدف از انجام این تست تعیین عملکرد اینورتر تحت از دست دادن شرایط شبکه (جزیره‌ای شدن) است.

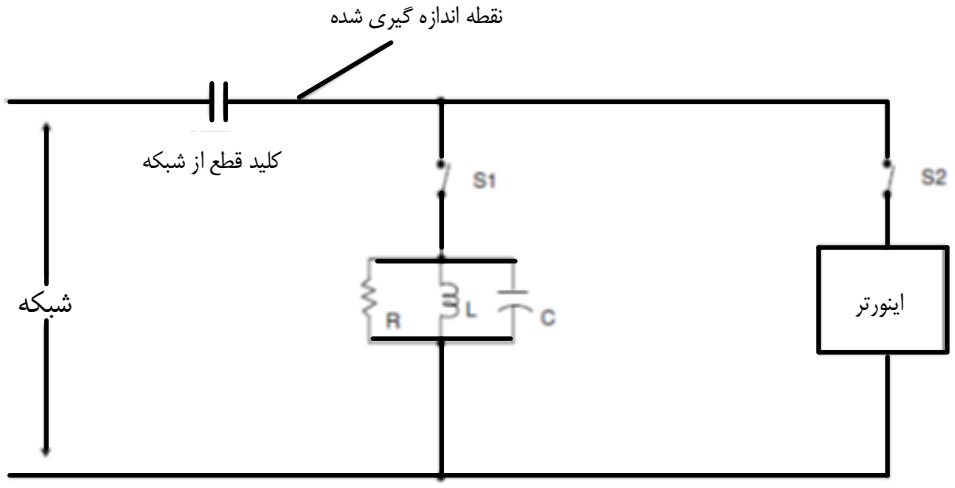
• روش کار

زمانی که محدوده ولتاژ و فرکانس توسط آزمون مربوطه مورد تایید قرار گرفته شد، می‌بایست اینورتر را از لحاظ عملکرد پایدار در شرایطی که منبع سمت شبکه حضور ندارد مورد بررسی و آزمون قرار داد. یک منبع سمت شبکه به صورت هر منبعی که توانایی حفظ یک جزیره را در پنجره‌های ولتاژ و فرکانس پیشنهادی داشته باشد تعریف می‌شود. یک ژنراتور دیزلی با کنترل فرکانس و ولتاژ و بدون حفاظت ضدجزیره‌ای به عنوان منبع تغذیه سمت شبکه برای انجام این تست درنظرگرفته می‌شود. اگرچه به دلیل عدم قطعیت مربوط به جذب توان‌های اکتیو و راکتیو از سوی اینورتر، این تست ممکن است با اتصال به شبکه اصلی انجام شود. بهترین حالت انجام این تست کارکردن در نزدیکی میانگین محدوده نامی ولتاژ و فرکانس سیستم است. (تغییرات فرکانس و ولتاژ برای این تست ضروری نیست.)

روند این آزمون بر اساس دارا بودن ضریب کیفیت (Q) برابر با ۲/۵ برای مدار در حالت جزیره‌ای قرار دارد. این روند طوری طراحی شده است که قابل اعمال به هر دو نوع اینورترهای با ضریب توان واحد و ضریب توان غیرواحد باشد.

جریان‌های هارمونیکی که میان شبکه، خازن و اینورتر در حال چرخش هستند، شرایط را پیچیده می‌نمایند. به همین دلیل زمانی که راکتانس‌های خازنی و سلفی مدار تنظیم می‌شوند، استفاده از تجهیزاتی که امکان حذف مولفه-های جریان و توان فرکانس‌های دیگر از فرکانس ۵۰ هرتز را داشته باشد، مهم خواهد بود.

روند این تست فرض می‌کند که اینورتر با ضریب توان غیرواحد به صورت تولید توان راکتیو در حال کار است نه جذب توان راکتیو. روال مذکور به مداری اشاره می کند که به صورت شکل (۲-۲) تنظیم می‌شود. جزییات این مدار ممکن است با توجه به سخت‌افزار موجود برای تستر تغییراتی داشته باشد. روال انجام آزمون شامل مراحلی است که در ادامه توضیح داده خواهد شد.



شکل (۲-۲): مدار تست اینورتر ضدجزیره‌ای

۱. توان خروجی اینورتر (Pinv) در آزمونی که مورد استفاده قرار می‌گیرد باید تعیین شود.

۲. با توان خروجی (Pinv) اینورتر که در حال کارکرد است، توان راکتیو خروجی اندازه‌گیری شود.

توجه: کلید قطع از شبکه باید در حالت بسته باشد. بدون بار محلی متصل (در این حالت کلید S1 باز است درنتیجه بار RLC در مدار قرار ندارد) و اینورتر متصل به شبکه (کلید S2 بسته است)، اینورتر باید روشن شود و در حالت خروجی تعیین شده در مرحله قبل قرار گیرد. مقادیر توان اکتیو و راکتیو در نقاط اندازه‌گیری شده بدست آید. توان حقیقی باید برابر Pinv باشد. توان راکتیو اندازه‌گیری شده در این مرحله تعیین می‌شود. (Pq-inverter)

۳. اینورتر را خاموش (قطع) نموده و کلید S2 باز گردد.

۴. مدار RLC در ضریب کیفیت Q=2.5 تنظیم گردد. این مرحله به صورت زیر حاصل می‌شود:

- ✓ تعیین مقدار راکتانس سلفی مورد نیاز در مدار RLC سری با استفاده از رابطه PqL=2.5Pinv .
- ✓ اتصال یک سلف به عنوان اولین المان مدار RLC و تنظیم سلف به مقدار PqL.
- ✓ اتصال یک خازن به صورت موازی با سلف و تنظیم مقدار راکتانس خازن به صورت زیر:

$$P_{qL} - P_{q\ inverter} = P_{qC} \qquad (۳)$$

- ✓ اتصال مقاومت که نتیجه توان مصرفی در مدار RLC بوده و مقدار آن برابر Pinv است.

۵. بار RLC که در مرحله قبل تنظیم شده بود با استفاده از کلید S1 به اینورتر متصل شود. کلید S2 بسته و اینورتر روشن گردد، باید از این که توان خروجی برابر با مقداری است که در مرحله اول معین شده است اطمینان حاصل گردد.

نکته: هدف روند این تست تا این مرحله حذف مولفه‌های توان اکتیو و راکتیو هارمونیکی فرکانس ۶۰ هرتز است. رزونانس‌های سیستم، جریان های هارمونیکی در مدار سیستم تولید می‌کند. این جریان‌های هارمونیکی صفر نمودن (حذف) توان یا جریان را در کلید قطع‌کننده غیرممکن می‌سازد. به دلیل خطای اندازه‌گیری تجهیز تست و تاثیراتی که از سمت جریان‌های هارمونیکی وجود دارد، لازم است که تنظیمات کوچکی در مدار تست انجام شود تا بدترین شرایط برای حالت جزیره‌ای حاصل شود. مرحله هفتم برای اعمال این تغییرات در ادامه توضیح داده خواهد شد.

۶. کلید قطع شبکه باز گردد تا مدار آماده راه‌اندازی اولیه شود.

۷. بعد از هر آزمون موفقیت آمیز، یک پارامتر در حدود ۱٪ برای هر آزمون، در محدوده کلی ۵٪ نقطه عملکردی تعیین شده در مرحله چهارم تنظیم می‌شود. پارامتری که تنظیم می‌شود ممکن است اندوکتانس بار L و یا خازن بار C باشد. بعد از هر تنظیم، یک آزمون جزیره‌ای انجام شده و زمان تریپ ثبت می‌شود.

اگر هر کدام از این آزمون‌ها در جزیره‌سازی بیشتر از زمان مشخص شده در استاندارد نتیجه دهد، واحد مربوطه آزمون را به درستی نگذرانده و باید دوباره انجام شود. این آزمون باید با نسبت هایی که در جدول (۲-۵) نشان داده شده است انجام شود.

زمان واقعی تریپ برای هر تست باید ثبت گردد. هر خرابی تکی از این تست‌ها به عنوان خرابی کلی مجموعه درنظرگرفته می‌شود.

جدول (۲-۵): نسبت خروجی اینورتر با بار واقعی سیستم

بار واقعی	خروجی اینورتر
٪۲۵	٪۲۵
٪۵۰	٪۵۰
٪۱۰۰	٪۱۰۰
٪۱۲۵	٪۱۰۰

•نکات

آزمون نیاز به شرایط آزمون با کنترل مناسب دارد و نوسانات شبکه معمولا در دسترس نیست. این تست‌ها معمولاً تحت شرایط آزمایشگاهی با استفاده از مقادیر مشخص بارهای اکتیو راکتیو انجام می‌شود.

• معیار

هنگام ایجاد یک جزیره ناخواسته که در آن منبع تولید پراکنده بخشی از شبکه را از طریق نقطه اتصال مشترک تغذیه می‌کند، سیستم حفاظتی مربوط به مولد و تجهیزات ارتباط دهنده مولد با شبکه، باید به وجود آمدن جزیره را تشخیص دهد. اینورتر باید در زمانی معین که در استاندارد IEEE Std. 929-2000 مشخص شده است خاموش شود یا مواردی که در استانداردهای دیگر عنوان شده است. در صورت بروز قطعی شبکه توزیع، سامانه اینورتری باید ظرف مدت ۲ ثانیه تزریق انرژی به شبکه را متوقف کند.

۲-۱-۲-۷- آزمون تعادل جریان فاز

• هدف

هدف از انجام این آزمون، تست اینورتر یا خروجی سیستم جهت تعیین اینکه جریان‌های فازها متعادل هستند و در نقطه اتصال به شبکه مشکل عدم تعادلی وجود ندارد.

- **روش کار**

اگر یک اینورتر تک فاز (منفرد) برای سیستم استفاده شود، تعادل فاز به طور معمول به عنوان جزیی از تاییدیه اینورتر اندازه‌گیری می‌شود. اگر اینورترهای چندگانه به فازهای مختلفی از شبکه متصل شوند، دراین‌صورت تعادل جریان فاز کل باید تعیین شده و با درنظرگیری ظرفیت فیدر شبکه و ترانسفورماتور ارزیابی شود.

- **نکات**

مهندس شبکه توزیع باید برای انجام این آزمون معرفی شود.

- **معیار**

اینورتر باید نیازمندی‌های معین شده در استاندارد IEEE Std.929 2000 یا دیگر استانداردهای بین المللی را برآورده نماید. عدم تعادل جریان فاز باید کمتر از ۵٪ اندازه‌گیری شده در مقدار ۵۰٪ و ۱۰۰٪ مقدار نامی باشد.

- **توضیحات**

جریان‌های فاز نامتعادل ممکن است سبب گرمای اضافی ترانسفورماتور شبکه شوند. نامتعادلی در یک اینورتر معمولا مشکل‌ساز خواهد بود.

۲-۱-۲-۸- آزمون اتصال مجدد سیستم اینورتری به شبکه بعد از رفع خطای شبکه و سنکرون شدن با آن

هنگامی که خطا در شبکه به وجود می‌آید، سیستم اینورتری خود را از شبکه قطع می‌نماید تا اینکه ولتاژ و فرکانس دوباره حداقل برای پنج دقیقه در محدوده مجاز خود قرار گیرند. بعد از این مدت، سیستم فوق اجازه خواهد داشت که به طور اتوماتیک به شبکه وصل شود. دستورالعمل اتصال منابع تولید پراکنده به شبکه محدوده مجاز مبدل الکترونیک قدرت جهت سنکرون شدن با شبکه را تعیین کرده است که در جدول (۲-۶) نشان داده شده است. در صورتی که محدوده مجاز رعایت نشده باشد، مبدل سیستم اینورتری اجازه اتصال به شبکه را ندارد.

جدول (۲-۶): محدوده مجاز مبدل الکترونیک قدرت جهت سنکرون شدن با شبکه

اختلاف زاویه ولتاژ (درجه)	اختلاف ولتاژ(٪)	اختلاف فرکانس (Hz)	سطح توان
۲۰	۱۰	۰/۳	کمتر از ۲۰۰ کیلووات
۱۵	۵	۰/۲	۲۰۰ کیلووات تا ۱ مگاوات
۱۰	۳	۰/۱	۱ مگاوات تا ۲۵ مگاوات

۲-۲- آزمون‌های مرتبط با منابع تولید پراکنده غیراینورتری

۲-۲-۱- آزمون‌های ژنراتور سنکرون (CHP)

در این بخش به آزمون‌هایی اشاره می‌شود که مختص راه‌اندازی ژنراتور سنکرون می‌باشد. همان‌طور که در بخش منابع تولید پراکنده اینورتری نیز بیان شده بود آزمون‌هایی در این قسمت مد نظر خواهد بود که بر پارامترهای شبکه (مانند کیفیت توان شبکه) تاثیرگذار باشد. به دلیل اهمیت سنکرون نمودن ژنراتورهای سنکرون در اتصال به شبکه برخلاف منابع تولید پراکنده اینورتری ابتدا به بیان و تشریح آزمون سنکرونیزاسیون برای این نوع منابع پرداخته خواهد شد.

۲-۲-۱-۱- آزمون سنکرونیزاسیون

هدف از تست‌های این بخش نشان دادن این است که تجهیز مورد آزمایش به صورت صحیح و قابل اطمینان با سیستم قدرت سنکرون شده است.

دو روش تست پایه در این آزمون مورد نیاز است که در زیر آمده است:

- روش اول تایید می‌کند که تابع رله‌ی سنکرونیزاسیون، تنها هنگامی که پارامترهای سنکرونیزاسیون در محدوده‌ی مجاز خود قرار داشته باشند، فرمان بسته شدن کلید سنکرون‌کننده را صادر می‌نماید.
- روش دوم اندازه جریان راه‌اندازی سنکرونیزاسیون را تعیین می‌کند.

تجهیزاتی که می‌توانند ولتاژ در ناحیه سیستم قدرت را به طور مستقل تولید نمایند و هم‌چنین توانایی کارکرد به صورت مستقل از شبکه را دارند (مانند اینورترهای مستقل یا ژنراتور سنکرون) جهت تایید قابلیت سنکرون شدن خود با استفاده از روش اول مورد تست و آزمایش قرار می‌گیرند.

تجهیزاتی که برای شروع عملکرد خود از شبکه قدرت انرژی مورد نیاز را دریافت می‌کنند (مانند ژنراتور القایی) از روش دوم استفاده می‌کنند. به دلیل این‌که موضوع مورد بررسی در این بخش ژنراتور سنکرون (CHP) است از روش اول استفاده می‌شود.

در این قسمت سه روش آزمون متفاوت ارائه شده است: در اولین روش، از منابع ولتاژ آزمایشی (شبیه‌سازی شده) برای شبیه‌سازی ژنراتور و شبکه استفاده می‌شود و آزمون بر روی رله‌ی مجزا یا کنترل‌کننده چندمنظوره با تابع کنترلی سنکرونیزاسیون انجام می‌شود. در روش دوم از یک ژنراتور واقعی استفاده می‌شود. روش سوم برای آزمون رله‌هایی به کار می‌رود که در آنها تابع سنکرونیزاسیون نمی‌تواند غیرفعال شود و یا ولتاژ نمی‌تواند به راحتی قطع شود.

۲-۲-۱-۲- آزمون تابع کنترل سنکرونیزاسیون با استفاده از منابع شبیه سازی شده

•هدف

هدف از انجام این آزمون‌ها نشان دادن این موضوع است که تجهیز اتصال با استفاده از یک تجهیز موازی‌کننده (مانند کلید قدرت یا سنکرون کننده) در محدوده مجاز ولتاژ، فرکانس و اختلاف زاویه فاز قبل با شبکه سنکرون می‌شود، قبل از این که کلید سنکرون کننده اجازه بسته شدن داشته باشد.

•روش کار

روال آزمون برای یک رله‌ی سنکرون کننده به شرح زیر است.

اگر تجهیز مورد آزمایش (رله‌ی سنکرونیزاسیون) شامل کلید سنکرون کننده نباشد، برای برآورده شدن معیار پذیرش، باید زمان عملکرد کلید سنکرون کننده‌ی مستقلی که با تجهیز استفاده می‌شود نیز در نظر گرفته شود.

الف) اتصالات تجهیز تحت آزمایش (رله) مطابق با دستورالعمل‌ها و مشخصات داده شده توسط سازنده برقرار شود.

ب) تجهیزات آزمون جهت مانیتورینگ دستور بسته شدن تجهیز موازی‌کننده (کلید سنکرون کننده)، ارتباط بین خروجی ژنراتور شبیه‌سازی شده و منبع سیستم قدرت، فرکانس و ولتاژ هر منبع متصل گردد.

پ) منبع شبیه ساز سیستم قدرت به گونه‌ای تنظیم شود که در ولتاژ و فرکانس نامی عملکرد داشته باشد. تنظیمات قابل اعمال ثبت گردد.

ت) نشان داده شود که تجهیز مورد بررسی خارج از محدوده قابل قبول ولتاژ مطابق با استاندارد IEEE Std 1547 قرار نگیرد. با ثابت نگه داشتن ولتاژ و فرکانس منبع شبیه ساز سیستم قدرت در مقادیر ثابت نامی و تغییر دادن ولتاژ منبع شبیه‌ساز ژنراتور، تست نشان خواهد داد که تجهیز مورد آزمایش در خارج از محدوده ولتاژقابل قبول بسته نخواهد شد و تنها در محدوده مجاز مقادیر ذکر شده اجازه بسته شدن را دارد. در واقع توابع رله هم در حالت افزایشی از ولتاژ کم تا سطح افزایشی قابل پذیرش برای آن و هم در حالت کاهشی از ولتاژ زیاد تا سطح کاهشی قابل پذیرش، باید به درستی عمل نماید.

مراحل زیر می‌توانند برای آزمون ولتاژ مورد استفاده قرار گیرند:

۱. ولتاژ و فرکانس منبع شبیه‌ساز سیستم قدرت در مقادیر نامی تنظیم شوند.
۲. ولتاژ منبع شبیه‌ساز ژنراتور در سطحی بالاتر از ولتاژ منبع شبیه‌ساز سیستم قدرت تنظیم گردد، به طوری که اختلاف ولتاژ بیشتر از محدوده قابل قبول باشد، ولی ولتاژ ژنراتور کمتر از محدوده تریپ اضافه ولتاژ رله‌ی تحت آزمایش باشد. اختلاف ولتاژ باید حداقل دو برابر دقت بیان شده توسط سازنده باشد.

۳. فرکانس منبع شبیه‌ساز ژنراتور مطابق فرکانس منبع شبیه‌ساز سیستم قدرت به گونه‌ای تنظیم و نگه داشته شود که اختلاف فرکانس و اختلاف زاویه فاز در محدوده قابل قبول جدول (۲-۷) قرار گیرد. یک مقدار قابل قبول برای دقت تجهیز تحت آزمایش به گونه‌ای در نظر گرفته شود که خطای فرکانس و زاویه فاز سهواً باعث نشوند که رله سنکرونیزاسیون از ابتدا فرمان وصل را صادر نماید.
۴. بررسی گردد که برای مدت زمان حداقل ۳ دقیقه‌ای رله فرمان بسته‌شدن را صادر نکند.
۵. به تدریج ولتاژ منبع ژنراتور کاهش یابد تا زمانی که اختلاف ولتاژ در محدوده‌ی مجاز جدول (۲-۷) با در نظرگیری دقت تجهیز قرار گیرد. نرخ شیب کاهش ولتاژ باید به گونه‌ای کنترل شود که نشانه معتبری از نقطه ای که در آن تجهیز شروع به بسته شدن می کند به دست آید.
۶. ولتاژ و فرکانس منابع شبیه‌ساز سیستم قدرت و ژنراتور و همچنین مقادیر اختلاف ولتاژ، اختلاف فرکانس و اختلاف زاویه فاز بین دو منبع در نقطه‌ای که رله شروع به بستن کلید سنکرون کننده می‌کند یادداشت شود.
۷. مراحل ۱ تا ۶ برای پنج مرتبه قرائت تکرار شود.
۸. مراحل ۱ تا ۷ برای منبع شبیه‌ساز ژنراتور با ولتاژ پایین‌تر از ولتاژ منبع شبیه‌ساز شبکه قدرت تکرار شود، به گونه‌ای که اختلاف آن‌ها خارج از رنج قابل قبول باشد. اما دقت شود که ولتاژ منبع بالاتر از محدوده تریپ افت ولتاژ رله باشد.

ث) نشان داده شود که تجهیز در خارج از محدوده قابل قبول فرکانس و زاویه فاز تعیین شده در جدول (۲-۷) بسته نخواهد شد. و تنها در محدوده مجاز مقادیر ذکر شده فرمان بسته شدن را خواهد داد. با ثابت نگه داشتن ولتاژ و فرکانس منبع شبیه ساز سیستم قدرت و تغییر دادن فرکانس منبع شبیه ساز ژنراتور، آزمون نشان خواهد داد تجهیز تحت آزمایش باید خارج از رنج فرکانس مجاز برای آن فرمان سنکرون صادر ننماید و در محدوده‌ی قابل قبول عمل نماید.

در واقع رله هم در حالت افزایشی از فرکانس کم تا سطح افزایشی قابل قبول برای آن و هم در حالت کاهشی از فرکانس زیاد تا سطح کاهشی قابل قبول، باید به درستی شروع به کار نماید.

دستورالعمل زیر می تواند به عنوان مراحل انجام کار مورد استفاده قرار گیرد:

۱. ولتاژ و فرکانس منبع شبیه‌ساز سیستم قدرت در مقادیر نامی خود تنظیم شوند. ولتاژ منبع شبیه ساز ژنراتور در ولتاژ سیستم قدرت تنظیم گردد.
۲. فرکانس منبع شبیه‌ساز ژنراتور بالاتر از سطح فرکانس منبع شبیه‌ساز سیستم قدرت تنظیم شود، به طوری که اختلاف فرکانس آنها بیشتر از مقدار قابل قبول باشد ولی فرکانس منبع شبیه‌ساز ژنراتور کمتر از

محدوده تریپ اضافه فرکانس تجهیز تحت آزمایش باشد. اختلاف فرکانس‌ها باید حداقل دو برابر دقت بیان شده توسط سازنده باشد.

۳. ولتاژ منبع شبیه‌ساز ژنراتور مشابه ولتاژ منبع شبیه‌ساز سیستم قدرت تنظیم شود به گونه‌ای که اختلاف ولتاژ در محدوده مجاز جدول (۲-۷) قرار گیرند. سقف مجاز برای دقت تجهیز تحت آزمایش به گونه‌ای در نظر گرفته شود که خطای فرکانس و زاویه فاز اشتباهاً باعث نشوند که رله سنکرونیزاسیون از ابتدای کار فرمان بسته شدن را صادر نماید.

۴. بررسی گردد که برای یک بازه زمانی حداقل ۳ دقیقه‌ای، تجهیز تحت آزمایش (رله) فرمان بسته شدن را صادر نکند.

۵. فرکانس منبع شبیه‌ساز ژنراتور به تدریج تا جایی کاهش یابد که با درنظرگیری دقت تجهیز تحت آزمایش، اختلاف فرکانس در محدوده‌ی قابل قبول طبق جدول (۲-۷) قرار گیرد. نرخ شیب کاهش فرکانس باید به گونه‌ای کنترل شود که نشانه قابل اطمینانی از نقطه‌ای که در آن تجهیز شروع به بسته شدن می کند به دست آید.

۶. ولتاژ و فرکانس منابع شبیه‌ساز سیستم قدرت و ژنراتور و همچنین اختلاف ولتاژ، اختلاف فرکانس و اختلاف زاویه فاز بین دو منبع در نقطه‌ای که تجهیز شروع به بستن کلید سنکرون کننده می‌کند ثبت گردد.

۷. مراحل ۱ تا ۶ برای پنج مرتبه قرائت تکرار شود.

۸. مراحل ۱ تا ۷ برای منبع شبیه‌ساز ژنراتور با فرکانس پایین‌تر از فرکانس منبع شبیه‌ساز شبکه قدرت تکرار شود به گونه‌ای که اختلاف فرکانس‌شان خارج از محدوده قابل قبول باشد تکرار شود، ولی فرکانس ژنراتور بالاتر از محدوده تریپ کاهش فرکانس تجهیز تحت آزمایش باشد.

•معیار

آزمون باید نشان دهد که تجهیز با نیازمندی‌های استاندارد IEEE 1547 برای محدوده پارامتر سنکرونیزاسیون انطباق و هم‌خوانی دارد. نتایج آزمون باید نشان دهند که تجهیز تحت آزمایش در حین هر آزمون، خارج از محدوده مشخص شده و قابل قبول بسته نخواهد شد.

شرایط اتصال ژنراتور سنکرون به شبکه و معیار قبولی آن در جدول (۲-۷) آمده است.

جدول (۲-۷): شرایط اتصال ژنراتور سنکرون به شبکه

مجموع مقادیر نامی منابع تولید پراکنده	اختلاف زاویه فاز (درجه)	اختلاف ولتاژ (٪)	اختلاف فرکانس (هرتز)
کمتر از ۲۰۰ کیلووات (کلاس‌های ۱ و ۲)	۲۰	۱۰	۰/۳
۲۰۰ کیلووات تا ۱ مگاوات (کلاس ۳)	۱۵	۵	۰/۲
۱ مگاوات تا ۲۵ مگاوات (کلاس‌های ۴ و ۵)	۱۰	۳	۰/۱

۲-۲-۱-۳- آزمون تابع کنترل سنکرونیزاسیون با استفاده از ژنراتور واقعی

•هدف

این آزمون با استفاده از ژنراتور واقعی و سیستم قدرت واقعی انجام می‌شود. هدف این آزمون، نشان دادن این موضوع است که ژنراتور سنکرون به طور صحیح و مطمئن با شبکه قدرت از طریق تجهیز موازی کننده ماندن کلید قدرت با توجه به استاندارد موجود سنکرون شده است.

•روش کار

برای انجام این آزمون مراحل زیر باید انجام شود:

الف. اتصالات تجهیز تحت آزمایش با توجه به دستورالعمل‌ها و مشخصات تهیه شده توسط سازنده برقرار گردد. مراحل نصب باید تاییدیه مقادیر نامی، فازبندی و اتصالات ترانسفورماتورهای جریان و ترانسفورماتورهای ولتاژ را دربرداشته باشد که ورودی را به توابع حفاظتی و کنترلی (در صورت استفاده) می‌رسانند.

ب. تجهیزات آزمون برای مانیتورینگ دستور بسته شدن کلید سنکرون، ارتباط میان منابع (ژنراتور و شبکه)، فرکانس هر کدام از آن‌ها و همه‌ی فازهای ولتاژ ژنراتور و شبکه قدرت متصل شوند.

پ. بررسی گردد که تجهیز تحت آزمایش در یک ولتاژ و فرکانس پایدار در حال کار است. رله برای کار در ولتاژ و فرکانس نامی تنظیم شود. اطمینان حاصل شود که تجهیز در محدوده ولتاژ و فرکانس تنظیمی توسط سازنده در حال کار است زمانی ک به صورت جدا از شبکه بهره‌برداری می‌گردد. پایداری باید در سطوح بار مختلف تا مقدار بیشینه‌ای که نیاز است تحمل کند تعیین شود. تنظیمات انجام شده ثبت گردد و همچنین درصد تنظیم ولتاژ و درصد تغییر فرکانس یادداشت شود.

ت. زمان بسته شدن کلید سنکرون کننده اندازه گیری و ثبت شود. آزمایش برای پنج مرتبه تکرار گردد.

ث. ژنراتور با ولتاژ و فرکانس نامی شبکه قدرت تنظیم گردد. بسته شدن کلید سنکرون کننده غیرفعال شده و فرآیند سنکرونیزاسیون شروع شود. بررسی گردد که تابع سنکرونیزاسیون، به طور مناسبی برای بستن کلید سنکرون کننده عملکرد خواهد داشت زمانی که خود ژنراتور به طور صحیحی سنکرون شود. اگر کلید سنکرون کننده شامل یک موقعیت تست است که اجازه اتصال به شبکه قدرت را نمی‌دهد، از این موقعیت برای بررسی قابل قبول بودن عملکرد کلید سنکرون کننده استفاده شود.

ح. بسته شدن کلید سنکرون کننده فعال گردد.

ج. نشان داده شود که تجهیز خارج از محدوده قابل قبول برای ولتاژ بسته نخواهد شد و در محدوده مقادیر مجاز ولتاژ که طبق جدول (۲-۷) مشخص شده است بسته می‌شود. پروسه مورد نیاز فرکانس ژنراتور را در مقدار نامی ثابت نگه داشته و با تغییر ولتاژ، نشان داده خواهد شد که تجهیز خارج از محدوده قابل قبول ولتاژ بسته نخواهد شد و در محدوده قابل قبول پارامترهای تحت بررسی عملکرد مناسبی دارد. در واقع رله هم در حالت افزایشی از ولتاژ کم تا سطح افزایشی قابل پذیرش برای آن و هم در حالت کاهشی از ولتاژ زیاد تا سطح کاهشی قابل پذیرش، باید به‌درستی عمل نماید.

در نقاط مختلف در مراحل زیر ممکن است لازم باشد پارامترهای مختلف را ریست نمود تا بتوان آزمون را ادامه داد:

۱. در صورت امکان، تابع سنکرون کننده غیرفعال شود.
۲. ولتاژ ژنراتور به سطحی که اختلاف ولتاژ، خارج از محدوده‌ی قابل قبول باشد تنظیم نموده و ثابت نگه داشته شود. اگرچه ولتاژ باید در محدوده‌ی بهره‌برداری فرکانس و ولتاژ پذیرفته شده سیستم اتصال داخلی قرار گیرد. سطح ولتاژ انتخاب شده باید بالاتر از محدوده پذیرفته شده باشد و به اندازه‌ای باشد که دقت تجهیز تحت آزمایش به طور ناخواسته باعث عملکرد آن نشود.
۳. فرکانس ژنراتور برابر فرکانس سیستم قدرت تنظیم شده و ثابت نگه داشته شود. زاویه فاز در محدوده مجاز جدول (۲-۷) طبق استاندارد IEEE Std 1547 نگه داشته شود.
۴. بررسی گردد که برای یک مدت زمان حداقل ۳ دقیقه‌ای، رله فرمان بسته شدن را صادر نکند.
۵. به تدریج اختلاف ولتاژ را به مقادیر داخل محدوده‌ی مجاز جدول (۲-۷) کاهش دهید. نرخ شیب کاهش ولتاژ می‌بایست طوری کنترل شود که نشانه معتبری از نقطه‌ای که در آن تجهیز شروع به صدور فرمان بسته‌شدن می‌کند به دست آید. اختلاف ولتاژ در لحظه صدور فرمان بسته شدن یادداشت شود.
۶. مراحل (الف) تا (ث) برای شرایطی که ولتاژ اولیه ژنراتور پایین‌تر از ولتاژ منبع سیستم قدرت باشد تکرار گردد. ولتاژ باید پایین‌تر از سطح قابل قبول باشد و باید به گونه‌ای انتخاب شود که دقت رله به طور ناخواسته باعث شروع بسته شدن نشود.

ح. نشان داده شود که در خارج از محدوده قابل قبول به دلیل اندازه‌گیری نامناسب فرکانس و زاویه فاز بسته نخواهد شد و در مقادیر مجاز طبق جدول (۲-۷) بسته می‌شود. بدین منظور ولتاژ ژنراتور ثابت و تقریبا برابر منبع سیستم قدرت نگه داشته می‌شود و با تغییر فرکانس نشان داده خواهد شد که تجهیز خارج از محدوده فرکانس و زاویه فاز قابل قبول برای آن اجازه بسته شدن نخواهد یافت و در محدوده مجاز آن رله فرمان سنکرون صادر خواهد کرد. این آزمون بررسی می‌کند که رله هم در حالت افزایشی از فرکانس کم تا سطح افزایشی قابل پذیرش برای آن و هم در حالت کاهشی از فرکانس زیاد تا سطح پایینی قابل پذیرش به درستی عمل خواهد نمود. روند زیر می تواند مورد استفاده قرار گیرد:

۱. فرکانس ژنراتور به سطحی که اختلاف فرکانس، خارج از محدوده قابل قبول باشد تنظیم گردد، البته فرکانس در محدوده بهره برداری فرکانس و ولتاژ مجاز سیستم اتصال باشد. سطح انتخاب شده باید بالاتر از محدوده قابل قبول باشد و به مقداری بالا باشد که دقت رله به طور ناخواسته باعث شروع بسته شدن در ابتدا نشود.
۲. ولتاژ ژنراتور برابر ولتاژ سیستم قدرت تنظیم گردد.
۳. مقدار ولتاژ و فرکانس ثابت نگه داشته شود. بررسی گردد که برای یک مدت زمان حداقل ۳ دقیقه‌ای، رله فرمان بسته شدن را صادر نکند. (این مرحله ممکن است نیاز به غیر فعال کردن تابع سنکرونیزاسیون اتوماتیک ژنراتور را داشته باشد.)
۴. به تدریج اختلاف فرکانس به مقادیر قابل قبول طبق جدول (۲-۷) کاهش یابد. نرخ شیب کاهش فرکانس می‌بایست طوری کنترل شود که نشانه مطمئنی از نقطه‌ای که در آن تجهیز شروع به بسته شدن می‌کند به دست آید. اختلاف فرکانس و انحراف زاویه فاز در زمان شروع بسته شدن یادداشت شود.
۵. مراحل (الف) تا (ت) برای حالتی که فرکانس اولیه مولد پایین‌تر از فرکانس سیستم قدرت باشد تکرار شود. سطح باید پایین‌تر از محدوده پذیرفته شده باشد و باید به گونه‌ای انتخاب شود که دقت تجهیز مورد آزمایش به طور ناخواسته باعث شروع بسته شدن نشود.

خ. این روال برای پنج مرتبه تکرارگردد.

•معیار

آزمون باید نشان دهند که تجهیز با شرایط جدول (۲-۷) مطابق با استاندارد برای انجام سنکرونیزاسیون همخوانی دارد. استاندارد فوق تضمین می‌کند که نیازمندی‌های نوسان ولتاژ با انجام موفقیت‌آمیز این آزمون‌ها برآورده می‌شوند.

نتایج آزمون باید نشان دهند که کلید سنکرون‌کننده در خارج از رنج قابل قبول در طول هر کدام از آزمون‌ها، بسته نخواهد شد.

•توضیحات

موضوعات کاربردی زیادی وجود دارند که عملکرد تجهیز سنکرون کننده را تحت تاثیر قرار می‌دهند. به طور خاص، چرخش فاز مولد نسبت به شبکه، فازبندی ترانسفورماتورهای ولتاژ مربوط به کنترل و حفاظت تجهیز و بسیاری عوامل دیگر از این دسته می‌باشند. درنتیجه، لازم است دستورالعمل های سازنده و نقشه طراحی سیستم به دقت مورد توجه قرار گیرد تا از موازی شدن خارج از فاز ژنراتور با شبکه قدرت جلوگیری به عمل آید.

۲-۲-۱-٤- آزمون تابع کنترل سنکرونیزاسیون برای تجهیزی با عدم امکان غیرفعال نمودن

•هدف

هدف این آزمون، نشان دادن این موضوع است که تجهیز تحت آزمایش با سیستم قدرت در محدوده قابل قبول اختلاف ولتاژ، اختلاف فرکانس و اختلاف زاویه فاز از طریق تجهیز موازی کننده سنکرون خواهد شد قبل از این که به کلید سنکرون کننده اجازه بسته شدن داده شود. این فرآیند برای تجهیزی در نظر گرفته می‌شود که در صورت دردسترس بودن یک منبع ولتاژ مرجع، به طور خودکار قابلیت سنکرون‌شدن را خواهد داشت و پیش از اتصال به سیستم قدرت، سنکرونیزاسیون را حفظ می‌کند و شامل وسیله‌ای برای غیرفعال نمودن یا قطع کردن تابع سنکرونیزاسیون نباشد.

•روش کار

برای انجام این آزمون باید مراحل زیر صورت پذیرد:

الف. اتصالات تجهیز مورد آزمایش مطابق با دستورالعمل و مشخصات سازنده برقرار شود.

ب. تجهیز تست را میان منابع متصل گردد تا فرمان بسته شدن کلید سنکرون کننده، رابطه بین خروجی تجهیز و منبع شبیه‌ساز سیستم قدرت، اختلاف فرکانس، اختلاف ولتاژ و زاویه فاز بین منابع مشاهده گردد.

پ. منبع شبیه ساز سیستم قدرت در ولتاژ و فرکانس نامی تنظیم شود. تنظیمات اعمال شده ثبت گردد.

ت. سیستم قدرت از تجهیز تحت آزمایش جدا شود.

ت. همه تجهیزات مانیتورینگ فعال شوند. سیستم قدرت دوباره اعمال شده و همه‌ی پارامترهای مورد نیاز (از قبیل اختلاف ولتاژ، اختلاف فرکانس و اختلاف زاویه فاز) در حین عملکرد موازی شدن یادداشت گردد.

ج. روند این آزمون برای پنج مرتبه تکرار شود.

•معیار

نتایج آزمون باید نشان دهند که تجهیز با نیازمندی‌های بیان شده طبق جدول (۲-۷) برای انجام سنکرونیزاسیون در محدوده پارامترهای سیستم همخوانی دارد. تضمین می‌شود که نیازهای نوسان ولتاژ با انجام موفقیت آمیز این آزمون‌ها برآورده می‌شوند.

۲-۲-۱-۵- آزمون جزیره‌ای شدن ناخواسته ژنراتورهای سنکرون

•مقدمه

برای اطمینان از عدم جزیره‌ای شدن ناخواسته ژنراتورهای سنکرون، می‌بایست آزمون‌هایی که در این بخش بیان می‌شوند مورد بررسی قرار گیرند.

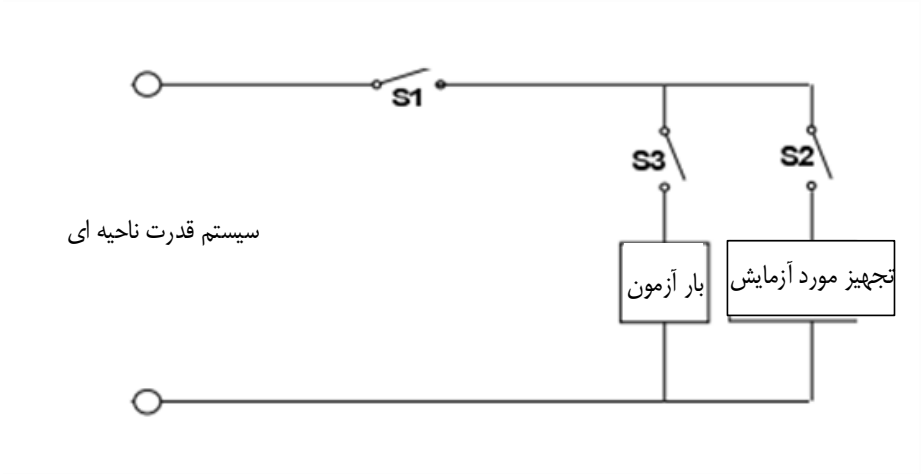
•هدف

هدف این آزمون اطمینان یافتن از توقف تحویل توان به شبکه توسط سیستم اتصال دهنده منابع تولید پراکنده به شبکه طبق استاندارد IEEE Std 1547 است زمانی که شرایط جزیره‌سازی غیرعمدی ایجاد می‌شود. این تست مختص منابع تولید پراکنده از نوع ژنراتورهای سنکرون است. هم‌چنین در این تست زمان تریپ نیز برای شرایط آزمون داده شده مشخص می‌شود.

•روش کار

برای انجام این آزمون مراحل زیر می‌بایست انجام شوند:

الف. برای تجهیز تحت آزمایش (منابع تولید پراکنده) تک‌فاز، مدار آزمون می‌بایست مطابق شکل (۲-۳) بسته شود. برای منابع سنکرون سه‌فاز، مدار متعادل بار مذکور در ساختار چهار سیمه بین هر فاز و نول و در ساختار سه سیمه بین فازها اعمال می‌شود.



شکل (۲-۳): ساختار مدار آزمون جزیره ای شده

وضعیت باز یا بسته بودن کلید S1 نباید بر روی سیستم زمین بار و سیستم زمین تجهیز موردآزمایش در سمت شبکه قدرت شبیه‌سازی شده تاثیر داشته باشد.

ب. اتصالات تجهیز تحت آزمایش مطابق با دستورالعمل و مشخصات تهیه شده توسط سازنده برقرار شود.

پ. تمامی پارامترهای منبع به مقادیر عملکردی نامی برای تجهیز تحت آزمایش تنظیم شوند.

ت. بار جزیره‌ای در ۵٪ بار نامی مولد (یا کمینه باری که به وسیله سازنده مشخص شده است) با ضریب قدرت واحد تنظیم گردد.

ث. همه تنظیمات انجام شده ثبت شوند.

ج. خروجی ژنراتور سنکرون بر اساس توان و ضریب توان بار تحت آزمون طوری تنظیم گردد که مولفه اصلی جریان عبوری از کلید S1 کمتر از دو درصد جریان نامی هر فاز ژنراتور در شرایط پایدار باشد.

* توجه: الگوریتم‌های ضدجزیره‌ای خاص جریان مولفه اصلی را از طریق کلید S1 دچار اغتشاش می‌نمایند، در نتیجه محدودیت ۲٪ جریان نامی قابل حصول نخواهد بود. در صورتی که این مقدار در دسترس نباشد، کافی است میانگین این جریان در طول چند سیکل ۲٪ باشد.

چ. کلید S1 باز شده و زمان میان باز شدن کلید S1 و توقف تزریق توان به بار یادداشت گردد.

ح. آزمون برای پنج مرتبه تکرار شود.

خ. مراحل (پ) تا (ح) برای ترکیبات زیر تکرار گردد:

- ✓ ماکزیمم بار در ضریب قدرت واحد
- ✓ ماکزیمم بار در ضریب قدرت پس فاز نامی
- ✓ ماکزیمم بار در ضریب قدرت پیش فاز نامی

•معیار

اگر بعد از باز شدن کلید S1 ، منبع تولید پراکنده بتواند تزریق توان به بار آزمون را در زمانی کمتر از ۲ ثانیه متوقف کند آزمون موفقیت‌آمیز بوده است.

اگر هر کدام از این نتایج آزمون‌ها در جزیره‌سازی در مدت زمانی بیشتر از ۲ ثانیه صورت گیرد سیستم حفاظتی در آزمون رد می شود. زمان واقعی تریپ برای هر کدام از آزمون ها باید ثبت شود. عدم موفقیت در هر کدام از آزمون ها به عنوان عدم موفقیت کل آزمون لحاظ می‌شود.

۲-۲-۱-٦- آزمون قطع فاز

•هدف

هدف این آزمون اطمینان یافتن از توقف تزریق توان به سیستم قدرت توسط سیستم اتصال به محض از دست دادن یک فاز در PCC یا در نقطه اتصال منابع پراکنده می باشد.

•روش کار

در سیستم‌های اتصال تک فاز دو سیمه، تنها مراحل (الف) تا (ج) انجام می‌شود. در سیستم‌های سه فاز مراحل (الف) تا (چ) انجام می‌شود. مراحل نام‌برده در ادامه توضیح داده خواهد شد. اگر تجهیز مورد آزمون نیاز به استفاده از ترانسفورماتور ایزوله داشته باشد، آزمون با ترانسفورماتور ایزوله انجام خواهد شد.

الف. تجهیز مورد آزمایش با توجه به مشخصات و دستورات تهیه شده توسط سازنده از طریق قطع‌کننده‌های نصب شده بر روی هر فاز زمین نشده به سیستم قدرت متصل گردد.

ب. پارامترهای تجهیز مورد آزمایش بر روی مقادیر نامی تولید پراکنده و منبع سیستم قدرت تنظیم شود.

پ. یک فاز قطع کننده در شرایطی که تجهیز مورد آزمایش بزرگتر از هر کدام از موارد زیر است قطع شود.

* ٪ ۵ جریان خروجی نامی یا
* مینیمم جریان خروجی توصیه شده توسط سازنده

ت. زمان بین باز کردن قطع کننده و توقف تزریق توان از شبکه را یادداشت کنید.

ث. مراحل (پ) تا (ت) برای پنج مرتبه تکرار شود.

ج. مراحل (پ) تا (ث) برای قطع سایر فازها تکرار شود.

• **معیار**

بعد از این که قطع کننده باز شد، تجهیز مورد آزمایش می‌بایست تزریق توان به همه‌ی ترمینال‌های خروجی متصل به سیستم قدرت را طبق استاندارد IEEE 1547 در مدت زمانی کمتر از ۲ ثانیه برای جزیره‌سازی غیرعمدی متوقف کند.

۲-۲-۱-۷- آزمون وصل مجدد پس از قطع ناشی از شرایط غیرعادی

• **هدف**

هدف این آزمون اطمینان یافتن از عملکرد تجهیز اتصال منبع تولید پراکنده یا زمان‌سنج اتصال مجدد سیستم است که اتصال منبع تولید پراکنده را به سستم قدرت بعد از وقوع یک خطا به تاخیر می‌اندازد.

تجهیز مورد آزمایش در این آزمون سیستم اتصال دهنده‌ی منبع تولید پراکنده به شبکه می‌باشد.

• **روش کار**

این آزمایش به صورت زیر انجام می‌شود:

الف. تجهیز تحت آزمایش با توجه به مشخصات تهیه شده توسط سازنده و دستورالعمل‌ها به منبع شبیه‌ساز سیستم قدرت متصل گردد.. تمامی پارامترهای ورودی منبع و سیستم قدرت برای شرایط عملکردی نامی تجهیز تنظیم شود.

ب. با عملکرد تجهیز تحت آزمایش در محدوده بهره‌برداری فرکانس و ولتاژ سیستم قدرت، با تغییر پله‌ای، ولتاژ منبع شبیه ساز سیستم قدرت به مقدار ٪۵ بیشتر/کمتر از یکی از محدودیت‌های تریپ ولتاژ رسانده شود. بررسی و تایید شود که تجهیز تحت آزمایش، تزریق توان به منبع شبیه‌ساز سیستم قدرت را متوقف نماید.

پ. ولتاژ طوری تنظیم شود که به اندازه دو برابر تغییرات بیان شده توسط سازنده، از مقدار ولتاژ اتصال مجدد بالاتر باشد. منبع شبیه‌ساز سیستم قدرت باید بتواند ولتاژ غیرعادی را برای مدت دو برابر تاخیر زمان وصل مجدد حفظ نماید. بررسی شود تجهیز تحت آزمون به شبیه‌ساز سیستم قدرت دوباره تزریق توان انجام ندهد.

ت. ولتاژ در طول ۱ ثانیه طوری تغییر داده شود که به محدوده‌ی ولتاژ عملکرد نامی مولد برگردد. زمان اتصال دوباره میان زمانی که ولتاژ عملکرد نامی بازیابی می‌گردد و زمانی که تجهیز شروع به تزریق جریان می‌کند اندازه-گیری شود.

ث. تجهیز تحت آزمایش نباید برای حداقل زمان تاخیر وصل مجدد با محدوده‌ی تغییرات بیان شده توسط سازنده، به منبع شبیه‌ساز سیستم قدرت اتصال یابد.

ج. تجهیز تحت آزمایش تا زمانی که ولتاژ و فرکانس سیستم قدرت به محدوده‌ی تعیین شده ولتاژ و فرکانس توسط استاندارد بازیابی شود و برای دوره‌ی زمانی وصل مجدد مشخص که در این محدوده باقی بماند، نباید دوباره به منبع شبیه‌ساز سیستم قدرت وصل شود.

چ. برای بررسی این موضوع که زمان‌سنج، برای نوسانات ولتاژ اضافی در محدوده زمان وصل مجدد، ریست می‌گردد، در لحظات آخر وصل مجدد ولتاژ با یک تغییر پله‌ای به مقدار ۵٪ خارج از ولتاژ عملکردی نامی تعیین شده برای تنظیم زمان تریپ داده شده به علاوه دو برابر دقت تایمر مشخص شده توسط سازنده، تغییر داده شده و سپس دوباره به ولتاژ بهره‌برداری نامی بازگردانیده شود. واحد باید زمان‌سنج وصل مجدد خود را ریست کند و تا زمانی که ولتاژ شبکه داخل در محدوده مشخص شده برای وصل مجدد نرسیده است، شروع به کار نکند.

ح. این آزمون ها باید برای تائید نیازمندی‌های این دستورالعمل برای هر دو پارامتر فرکانس و ولتاژ انجام شوند.

خ. این آزمون ها باید در هر دو پارامتر ولتاژ و فرکانس، هم در بخش اضافه و هم در بخش کاهش انجام شوند

•معیار

تاخیر زمان وصل مجدد باید نیازمندی‌های استاندارد را که دقت بیان شده توسط سازنده را بیان می‌کند برآورده نماید.

•توضیحات

این تست می‌تواند به صورت همزمان و در ارتباط با تست‌های اضافه/ افت ولتاژ، افزایش/کاهش فرکانس انجام شود.

۲-۲-۱-۸- آزمون اضافه دور روتور

•مقدمه

سرعت روتور بایستی توسط تاکومتر اندازه‌گیری شود. تاکومتر بایستی توسط قرائت سرعت روتور در شرایط نرمال کالیبره (تنظیم) شده باشد. قبل از انجام آزمایش، ژنراتور بایستی به مدت زمان طولانی در سرعت نامی کار کرده باشد. سپس سرعت ماشین در مدت زمان یک ثانیه تا ۱۱۰٪ سرعت نامی افزایش داده شود. پس از گذشت ۲ ثانیه و کار در حالت اضافه سرعت، ژنراتور بایستی به آرامی به سرعت نامی و یا کمتر از سرعت نامی بازگردد.

•روش کار

مراحل انجام این آزمون به صورت زیر می‌باشد.

الف. تجهیز تحت آزمایش به مدت زمان طولانی در سرعت نامی بهره برداری شود.

ب. سرعت ژنراتور در مدت زمان یک ثانیه تا ۱۱۰٪ سرعت نامی افزایش یابد.

ج. پس از گذشت زمان دو ثانیه و کار در حالت اضافه سرعت، ژنراتور به سرعت نامی و کمتر از سرعت نامی بازگشت نماید.

• نکات

سرعت روتور بایستی توسط تاکومتر اندازه‌گیری شود. تاکومتر بایستی توسط قرائت سرعت روتور در شرایط نرمال کالیبره شده باشد. قبل از انجام آزمایش، ژنراتور بایستی به دقت مورد بازرسی قرار گیرد تا تمامی پیچ‌ها و قسمت‌های چرخنده محکم و در وضعیت مناسبی قرار داشته باشند. روتور بایستی تا حد ممکن از نظر مکانیکی بالانس باشد.

•معیار

ماشین بایستی در طول این فرآیند بدون لرزش و به درستی کار کند و پس از آزمایش نباید هیچ کدام از قطعات دچار نقص فنی شوند.

۲-۲-۱-۹- آزمون نرخ حرارتی ژنراتور سنکرون

آزمون نرخ حرارتی خالص تضمینی هر واحد باید همزمان با ظرفیت خالص قابل اتکا و بر اساس استاندارد انجام شده باشد و در طی آن، واحدها باید در حالت عادی و ایمن و بار پایه، با ۱۰۰٪ بار و با استفاده از گاز کار کنند. آزمایش باید طبق استاندارد بین المللی ISO-۲۳۱۴ انجام شود. تطابق با شرایط طراحی باید به کمک منحنی‌های تصحیح ارسالی توسط فروشنده بر اساس دستورالعمل‌های سازنده که قبل از تاریخ شروع احداث ارسال می‌گردد انجام شود.

۲-۲-۱-۱۰-آزمایش قابلیت اطمینان

برای هر واحد پیش از تکمیل موفقیت‌آمیز تمام آزمایش‌های قابل قبول، آزمایش قابلیت اطمینان می‌بایست به مدت پنج روز انجام شود تا قابل اطمینان بودن مولد برای کار بدون وقفه تایید گردد. مدت آزمایش باید شامل صد ساعت

بهره‌برداری در حالت بار کامل بوده و یا باید طبق دستورالعمل های شرکت‌های توزیع یا شرکت‌های برق منطقه‌ای صورت پذیرد.

۲-۲-۱-۱۱-آزمون هارمونیک‌ها برای ژنراتور سنکرون

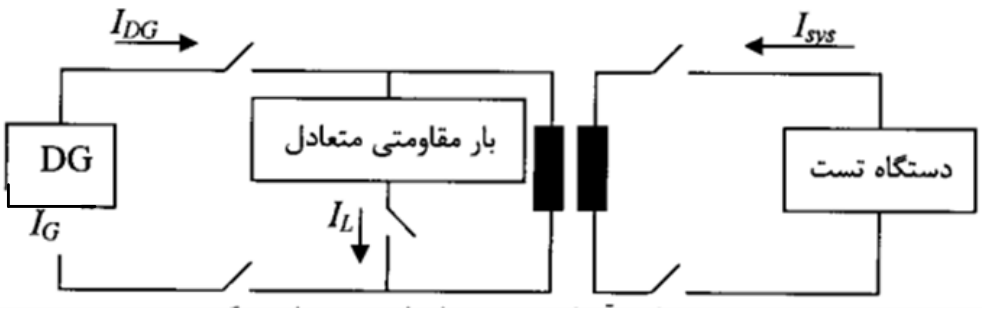
•هدف

هدف از این آزمون، اندازه‌گیری هارمونیک‌های تکی و اغتشاش هارمونیکی کل جریان و ولتاژ تجهیز اتصال منابع تولید پراکنده یا سیستم تحت شرایط عملکردی عادی است. نتایج می‌بایست محدودیت‌های هارمونیکی قید شده در بخش ۹-۱۵ دستورالعمل اتصال منابع تولید پراکنده به شبکه را برآورده نمایند.

جهت انجام تست هارمونیکی اتصال، از طرح نشان داده شده در شکل (۲-۴) استفاده می شود.

• روش کار

منبع تولید پراکنده بایستی در ولتاژ و فرکانس نامی بهره‌برداری شود؛ یک بار مقاومتی متغیر با قابلیت بارگذاری بین ۰ تا ۱۰۰٪ جریان نامی مولد نیز به عنوان بار مورد استفاده قرار می‌گیرد. با تنظیم ولتاژ و فرکانس خروجی مولد در مقدار نامی، جریان بار IL بر اساس شکل (۲-۴)، در پله‌های ۰، ۲۵٪، ۵۰٪، ۷۵٪ و تا آنجا که ممکن باشد نزدیک به ۱۰۰٪ جریان نامی مولد، تغییر می‌یابد. چنان‌چه مولد به گونه‌ای طراحی شده باشد که در کمتر از ۵۰٪ بار نامی قابلیت بهره‌برداری را نداشته باشد، ازمایش مربوط به پله‌های ۲۵٪ و ۵۰٪ ضروری نمی‌باشند. مقدار مؤثر هر هارمونیک و مقدار TRDجریان خروجی مولد بایستی برای ۴۰ هارمونیک اول محاسبه شوند. نتایج بدست آمده نبایستی از مقادیر داده شده در جدول استاندارد تجاوز نماید. (این مقادیر و یا مقادیر کمتر جهت براورده کردن TDD کمتر از ۵٪ مورد نیاز است.)



شکل (۲-٤): انجام تست هارمونیکی در ژنراتور سنکرون

مراحل انجام این آزمایش در ژنراتور سنکرون به صورت زیر انجام می‌گیرد:

الف) تجهیز تحت آزمایش (ژنراتور سنکرون) به یک منبع چرخان با قابلیت عملکرد ماشین در فرکانس حالت ثابت با ۰/۲۵٪± شرایط نامی را دارد متصل می‌شود. ولتاژ و فرکانس به سطوح عملکردی نامی برای تجهیز مورد نظر تنظیم گردد.

ب) یک بانک بار مقاومتی به یک ژنراتور سنکرون متصل شود. بررسی گردد که بانک بار مصرفی یک بار مقاومتی متعادل را به ژنراتور سنکرون تامین نماید. این مجموعه بار، باید توانایی عملکرد به طور مداوم در بار نامی را برای تجهیز مورد آزمون داشته باشد.

ج) با عملکرد تجهیز تحت آزمایش در ولتاژ و فرکانس نامی و در بار نامی، برای هر فاز هارمونیک‌های ولتاژ تکی تا مرتبه ۴۰ ام اندازه‌گیری شود. اگر تجهیز تحت آزمایش دارای یک طیف هارمونیکی متغیر با زمان باشد، محاسبات هارمونیک باید از یک پنجره میانگین‌گیری با طول کافی برای نشان دادن مناسب سطح میانگین ولتاژ هارمونیک باشد.

د) هارمونیک‌ها به صورت ولتاژ میان هر فاز و نول بر روی ماشین‌هایی که با منابع سه‌فاز چهارسیمه و به صورت ولتاژ خط به خط برای ماشین‌هایی که با منابع سه فاز سه‌سیمه عملکرد دارند اندازه‌گیری می‌شود.

•معیار

آزمون باید نشان دهد که هر یک از سطوح هارمونیکی و هارمونیک کل جریان و ولتاژ تولید شده توسط ژنراتور در محدوده الزامات بیان شده در بخش ۹-۱۵ دستورالعمل اتصال منابع تولید پراکنده به شبکه قرار گرفته باشند.

•توضیحات

ژنراتور سنکرون در ۱۰۰٪ توان نامی مورد مورد آزمایش قرار می‌گیرد، زیرا این حالت به عنوان بدترین سناریو درنظرگرفته می‌شود.

۲-۲-۱-۱۲-آزمون کنترل تطابق فاز بین مولد و شبکه

به منظور تعیین توالی فازها ابتدا ژنراتور در جهت چرخشی که برای آن طراحی شده است به گردش درآورده می‌شود و سپس ترمینال‌های خروجی به دستگاه تعیین فاز و یا یک موتور القایی که جهت گردش آن در توالی فاز خاص معلوم است متصل شوند. برای اتصال ژنراتور به شبکه بایستی اطمینان حاصل شود که توالی فازها یکسان است.

۲-۲-۲-آزمون‌های مرتبط با توربین بادی

استانداردهای کشورهای مختلف در مورد توربین‌های بادی موارد زیر را مورد بررسی قرار داده‌اند:

تعریف و مشخص نمودن مقادیری که به منظور تحلیل کیفیت توان توربین‌های بادی متصل به شبکه باید بررسی شوند.

- مراحل اندازه‌گیری مشخصه‌های کمی
- مراحل ارزیابی نیازمندی‌های مربوط به کیفیت توان شامل تخمین کیفیت توان مجموعه‌ای از توربین‌های بادی به صورت مزرعه بادی

مشخصه‌های اندازه‌گیری برای حالت عملکردی و پیکربندی خاص توربین بادی مناسب می‌باشد. پیکربندی‌های کنترلی دیگر که باعث عملکرد متفاوت توربین بادی نسبت به کیفیت توان می‌شوند، بررسی‌های متفاوتی نیاز دارند. این استانداردها به گونه‌ای تدوین شده‌اند که به ازای اندازه‌گیری کیفیت توان در یک محل نمونه، در محل‌های دیگر می‌توانند استفاده شوند. مراحل ارزیابی کیفیت توان توربین‌های بادی در محل اتصال مشترک در شبکه‌های فشار قوی و فشار متوسط، با فرکانس ثابت و تغییرات یک هرتز و مراحل مربوط به قابلیت تنظیم توان اکتیو و راکتیو که توسط این استانداردها بیان شده‌اند، مجاز می‌باشند که برای انواع توربین‌های بادی استفاده شوند.

۲-۲-۲-۱- اهمیت انجام تست های راه اندازی و دوره‌ای در مورد توربین بادی

کمیت‌هایی که به منظور مشخص کردن کیفیت توان توربین‌های بادی استفاده می‌شوند عبارتند از: مشخصات توربین بادی، کیفیت ولتاژ، پاسخ کیفیت ولتاژ، کنترل توان، حفاظت و اتصال مجدد شبکه.

اطلاعات توربین بادی شامل توان اکتیو نامی، توان ظاهری نامی، ولتاژ نامی و جریان نامی می‌باشند.

۲-۲-۲-۲- روش‌های آزمون

استاندارد IEC-61400، اطلاعات عمومی را در رابطه با اعتبار اندازه‌گیری‌ها و شرایط آزمون مورد نیاز بیان می‌کند. اندازه‌گیری‌ها به منظور تعیین پارامترهای کیفیت توان در تمام محدوده عملکردی توربین بادی انجام می‌شود. اندازه‌گیری‌ها به ازای سرعت‌های بالاتر از ۱۵ متر بر ثانیه مورد نیاز نمی‌باشند. زیرا اندازه‌گیری‌ها در سرعت بالا منجر به بازه اندازه‌گیری طولانی‌تر می‌شود و سرعت باد زیاد نادر می‌باشد. در نتیجه انتظار نمی‌رود که توربین بادی پاسخ مناسبی از خود نشان دهد.

۲-۲-۲-۳- اعتبار آزمون

مشخصه‌های اندازه‌گیری برای اشکال توربین‌های بادی نیز مورد تأیید می‌باشد. توربین‌های بادی نیز که دارای پارامترهای کنترلی تغییر داده شده می‌باشند، باعث شده که توربین بادی رفتاری متفاوت نسبت به کیفیت توان از خود نشان دهد و بررسی‌های بیشتری نیز مورد نیاز است. برخی از توربین‌های بادی دارای ترانسفورماتور داخلی می‌باشند. اندازه‌گیری مشخصه‌های الکتریکی در ترمینال توربین بادی انجام می‌شود. تغییر ولتاژ خروجی ترانسفورماتور به نظر نمی‌رسد که باعث تغییر رفتار کیفیت توان توربین بادی نمی‌شود. بنابراین در صورتی‌که ولتاژ خروجی ترانسفورماتور تغییر پیدا کند، بررسی‌های اضافی مورد نیاز نیست و تنها باید جریان و ولتاژ نامی به‌روزرسانی شود.

۲-۲-۲-٤- شرایط آزمون

شرایط آزمونی که در ادامه بیان شده است، باید اندازه‌گیری شده و به عنوان یکی از بخش‌های مراحل آزمون گزارش شوند. همچنین در صورتی‌که اطلاعات آزمون مطابق با شرایط زیر نباشد، باید اصلاح شوند.

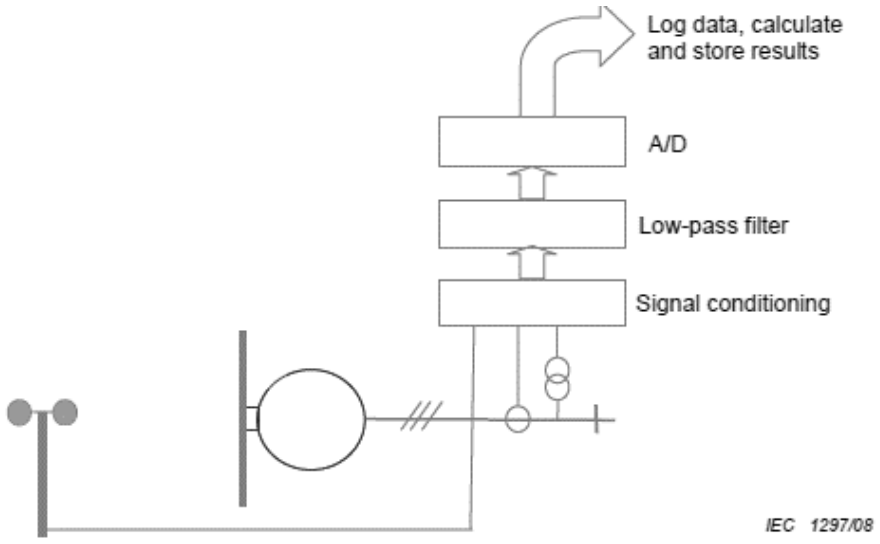
- توربین بادی باید از طریق ترانسفورماتور استاندارد به طور مستقیم به شبکه فشار متوسط با توجه به توان ظاهری توربین بادی متصل شود.
- اغتشاش هارمونیکی کلی ولتاژ شامل تمام هارمونیک‌ها تا مرتبه ۵۰ باید کمتر از ۵ درصد به ازای بازه اطلاعات ۱۰ دقیقه‌ای باشد. اندازه‌گیری اغتشاش هارمونیکی کلی ولتاژ قبل از آزمون‌های توربین بادی انجام می‌شود.
- فرکانس شبکه در بازه زمانی ۰/۲ ثانیه باید در بازه ۱± درصد از فرکانس نامی قرار بگیرد و نرخ تغییرات فرکانس شبکه در این بازه باید کمتر از ۰/۲ درصد فرکانس نامی در هر ۰/۲ ثانیه باشد. در صورتی‌که فرکانس شبکه پایدار بوده و نیازمندی‌های بیان شده را برطرف کند، نیازی به بررسی بیشتری وجود ندارد. اگرچه فرکانس شبکه باید به هنگام آزمون اندازه‌گیری شود.
- ولتاژ باید در بازه ۱۰± درصد مقدار نامی در بازه زمانی اندازه‌گیری ۱۰ دقیقه در ترمینال‌های توربین بادی قرار بگیرد.
- ضریب نامتعادلی ولتاژ توربین بادی باید به ازای بازه زمانی ۱۰ دقیقه کمتر از ۲ درصد باشد. در صورتی‌که این ضریب در محدوده مذکور قرار بگیرد، نیازی به بررسی‌های بیشتر وجود ندارد. اگرچه ضریب نامتعادلی ولتاژ به هنگام آزمون باید اندازه‌گیری شود.

- شرایط محیطی باید با نیازمندی‌های سازنده برای تجهیزات و توربین بادی تطبیق داشته باشد. اگرچه نیازی به اندازه‌گیری زمان واقعی شرایط محیطی وجود ندارد، ولی این شرایط باید در موارد عمومی گزارش اندازه-گیری نیز ذکر شوند.

همچنین آزمون‌ها می‌توانند در هر شرایط محیطی، سطح اتصال کوتاه و زاویه امپدانس شبکه انجام شوند ولی این شرایط باید در گزارش آزمون بیان شوند.

۲-۲-۵- تجهیزات مورد نیاز آزمون

در آزمون‌ها، اندازه‌گیری‌ها با استفاده از سیستم‌های جمع‌آوری اطلاعات دیجیتال که تجهیزات آن در شکل (۲-۵) نشان داده شده است، انجام می‌شوند.



شکل (۲-۵): تجهیزات موردنیاز برای سیستم اندازه‌گیری

بادسنج و ترانسفورماتورهای ولتاژ و جریان تجهیزات مورد نیاز برای سیستم اندازه‌گیری می‌باشند. انتقال سیگنال به دلیل وارد کردن آن‌ها به فیلتر پایین‌گذر که به منظور عملیات ضدتشابه مورد نیاز است، استفاده می‌شود. تبدیل سیگنال آنالوگ به دیجیتال با دقت حداقل ۱۲ بیت به منظور دستیابی به دقت اندازه‌گیری موردنیاز انجام می‌شود. جدول (۲-۸) به منظور مشخص کردن دقت تجهیزات استفاده می‌شود.

جدول (۲-۸): الزامات تجهیزات اندازه‌گیری

تطبیق با استاندارد	دقت موردنیاز	تجهیز
IEC 60044-2	کلاس ۱	ترانسفورماتور ولتاژ
IEC 60044-1	کلاس ۱	ترانسفورماتور جریان
IEC 61400-12-1	±0.5m/s	بادسنج
IEC 62008	۱ درصد مقیاس کلی	فیلتر+مبدل آنالوگ به دیجیتال+سیستم جمع‌آوری داده

محاسبات مورد نیاز با نرخ نمونه‌برداری حداقل ۲ کیلوهرتز به ازای هر کانال سیگنال ولتاژ و جریان انجام می‌شود. به ازای اندازه‌گیری هارمونیک‌ها، نمونه‌برداری باید با نرخ حداقل ۲۰ کیلوهرتز انجام شود. همچنین سیگنال سرعت باد باید با نرخ حداقل ۱ هرتز نمونه‌برداری شود. خطای ناشی از محل بادسنج نیز نباید از ۱ متر بر ثانیه تجاوز کند.

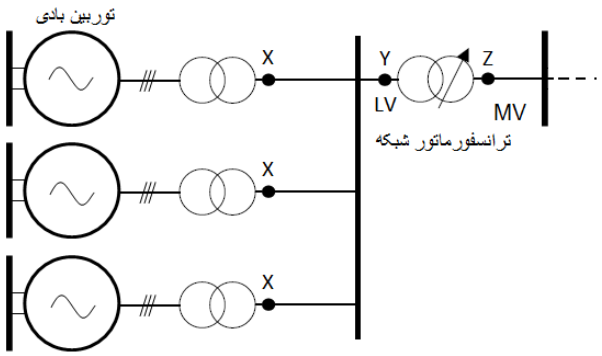
۲-۲-۲-۶- آزمون‌های راه اندازی

برای اتصال مولد توربین بادی به شبکه، بهره بردار شبکه توزیع نیازمند اطلاع از صحت و قابلیت‌های مطلوب عملکردی توربین بادی متصل به شبکه می‌باشد. بنابراین لازم است که مجموعه‌ای از تست ها قبل از بهره برداری مولد بادی صورت پذیرد. اساس این تست‌ها بر پاسخ مطلوب مولد به شبکه می‌باشد و در هر دستور العمل اتصال متفاوت است. تست‌های راه اندازی بسته به مورد تست می‌توانند بر روی یک مولد بادی یا یک مزرعه توربین بادی متصل اعمال شود.

در هر آزمون باید موارد زیر مشخص شود:

- حداقل شرایط مورد نیاز برای انجام یک تست استاندارد محیا شود (وضعیت باد، تعداد توربین‌های در دسترس، ادوات کنترل توان راکتیو و...)
- تجهیزات انجام و اندازه گیری تست و دقت مورد نیاز آن‌ها
- روند انجام تست
- نقاط اندازه گیری و اطلاعات مورد نیاز برای ضبط و تحلیل
- معیار تست

در شکل (۲-۶) ساختار یک نیروگاه بادی و نقاط مورد نظر برای اندازه‌گیری در تست‌های مختلف نشان داده شده است. در تمامی تست ها لازم است که نرخ اندازه‌گیری و مقدار کمیت‌ها و نیز خطای اندازه گیری مورد قبول هر دو طرف بهره‌بردار و مالک مولد باشد. نحوه اندازه‌گیری پارامترهای مورد نظر در طول یک بازه مقدار میانگین آن می‌باشد.



شکل (۲-٦): شماتیک نیروگاه بادی نمونه

۲-۲-۲-٦-۱- آزمون راه‌اندازی و خاموش کردن مولد – تغییرات توان اکتیو

- **هدف**

انجام عمل روشن شدن و خاموش شدن به نحو مطلوب

- **روش کار**

شرایط پیش از انجام تست: بهره بردار شبکه یا اجرا کننده تست باید تعیین کند که چه میزان از توان نامی نیروگاه برای انجام این تست و شبیه سازی شرایط کاری عادی مورد نیاز است. در غیر این صورت، پیشنهاد می‌شود شرایط باد پیش از شروع تست و میزان در دسترس بودن توربین‌های بادی به اندازه‌ای باشد که نیروگاه بادی بتواند حداقل به میزان ۵۰ درصد ظرفیت نصب شده خود توان تولید کند.

روند انجام این تست به صورت زیر است:

- تست بر روی مجموعه نیروگاه بادی انجام می شود.
- نیروگاه بادی راه اندازی شود و توان اکتیو خروجی آن از مقدار حداقل قابل تولید به مقدار حداکثر توان در دسترسی برسد.
- نیروگاه بادی، پس از راه اندازی و رسیدن به حداکثر توان در دسترسی، به مدت ۱۰ دقیقه این توان را تولید کند.
- توان نیروگاه بادی از مقدار حداکثر قابل تولید تا مقدار حداقل کاهش یابد.

اطلاعاتی که باید در حین انجام تست ثبت شوند عبارتند از:

- حداکثر توان اکتیو قابل تولید توسط نیروگاه بادی بر حسب مگاوات
- توان اکتیو خروجی بر حسب مگاوات در نقطه اتصال

- ولتاژ اندازه‌گیری شده در سمت فشار قوی ترانسفورماتور شبکه (نقطه Z)
- ولتاژ اندازه‌گیری شده در سمت فشار ضعیف ترانسفورماتور شبکه (نقطه Y)
- توان راکتیو اندازه‌گیری شده در سمت فشار ضعیف ترانسفورماتور شبکه (نقطه Y)

•معیار

- راه اندازی مطلوب نیروگاه بادی به شرطی که هیچ یک از ادوات حفاظتی که به صورت صحیح تنظیم شده‌اند، عملکرد نداشته باشند.
- اگر با موافقت مالک نیروگاه بادی و بهره بردار شبکه، حدودی برای نرخ افزایشی کاهش توان اکتیو تعیین شده باشند، نرخ تغییر توان اکتیو در طول روند راه اندازی، تولید توان حداکثر و خاموشی نباید از این حدود فراتر رود.

۲-۲-۲-۶-۲- آزمون راه اندازی و خاموشی- نرخ تغییر توان اکتیو

•هدف

تأیید توانایی نیروگاه بادی در تولید توان اکتیو ثابت براساس مقادیر مرجع مشخص مورد نظر است. سنجش ظرفیت نیروگاه بادی نیز یکی از اهداف این تست می‌باشد.

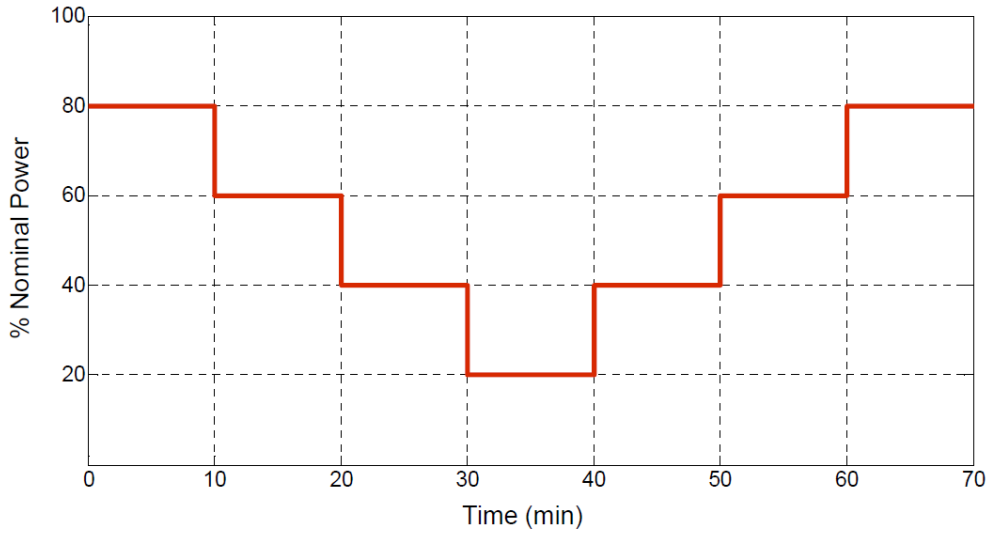
•روش کار

شرایط باد پیش از شروع تست باید به گونه ای باشد که نیروگاه بادی بتواند حداقل به میزان ۹۰ درصد ظرفیت نصب شده خود توان تولید کند.

روند انجام تست به صورت زیر است:

- تست بر روی مجموعه نیروگاه بادی انجام می شود.
- سیستم کنترل توان اکتیو فعال شود.
- مرجع توان اکتیو، به تشخیصی بهرهبردار شبکه و اجرا کننده تست، در زمان های مشخصی و با مقادیر مشخصی تغییر داده شود. بهره بردار نیروگاه بادی یا اجرا کننده تست می تواند مقادیر مرجع را بر اساسی شکل (۷-۲) به صورت درصدی از ظرفیت نامی نیروگاه بادی به سیستم کنترل توان اکتیو اعمال کند.
- اگر شرایط باد مساعد بود، توان اکتیو باید تا جائی که امکان دارد به ۱۰۰٪ ظرفیت نامی نزدیک شود (حداقل این توان برابر با ۹۰٪ ظرفیت نامی است).
- هر مقدار مرجع توان اکتیو به مدت ۱۰ دقیقه تولید شود.

- سیستم کنترل توان اکتیو غیر فعال شود.



شکل (۲-۷): تغییر مقدار مرجع توان اکتیو بر حسب درصدی از توان نامی

اطلاعاتی که باید در حین انجام تست ثبت شوند عبارتند از:

- حداکثر توان اکتیو قابل تولید توسط نیروگاه بادی بر حسب مگاوات
- توان اکتیو خروجی بر حسب مگاوات در نقطه اتصال
- ولتاژ اندازه‌گیری شده در سمت فشار قوی ترانسفورماتور شبکه (نقطه Z)
- ولتاژ اندازه‌گیری شده در سمت فشار ضعیف ترانسفورماتور شبکه (نقطه –Y)
- توان راکتیو اندازه‌گیری شده در سمت فشار ضعیف ترانسفورماتور شبکه (نقطه -Y)

•معیار

- توان اکتیو در مدت ۱۰ دقیقه، در محدوده قابل قبول توسط بهره بردار شبکه، پیرامون هر مقدار مرجع تولید شود. این معیار برای تأیید توانایی نیروگاه بادی در تولید توان اکتیو ثابت است.
- نیروگاه بادی بتواند حداقل به میزان ۹۰٪ ظرفیت نامی خود توان اکتیو تولید کند. این معیار برای تأیید ظرفیت نامی نیروگاه بادی است.
- اگر با موافقت مالک نیروگاه بادی و بهره بردار شبکه، حدودی برای نرخ افزایش/کاهش توان اکتیو تعیین شده باشند، تغییرات توان اکتیو در طول تست نباید از این حدود تجاوز کند.
- هیچ یک از ادوات حفاظتی که به صورت صحیح تنظیم شده‌اند عملکرد نداشته باشند.

۲-۲-۲-۶-۳- آزمون فلیکر ولتاژ

•هدف

برای اندازه‌گیری فلیکر از دستگاهی استفاده می‌شود که برای محاسبه دو شاخص به کار می‌رود: شاخص کوتاه مدت فلیکر و شاخص بلندمدت فلیکر، شاخص کوتاه مدت فلیکر، به میزان شدت فلیکر در یک دوره زمانی ۱۰ دقیقه‌ای گفته می‌شود. وقتی این شاخص برابر یک است، میزان فلیکر در آستانه آزاردهی چشم انسان می‌باشد. شاخص بلندمدت فلیکر، به میزان شدت فلیکر در یک دوره زمانی ۲ ساعته گفته می‌شود. الزامات مربوط به فلیکر در دستورالعمل شبکه بسیاری از کشورها ارائه شده است. در کشور ایران استانداردی وضع شده که بر اساسی آن، حداکثر میزان فلیکر ولتاژ اندازه گیری شده در سطوح ولتاژی مختلف مشخص شده که مقادیر آن در بخش ۲-۱-۲-۳ ارائه شده است. این میزان برای مولدهای بادی نیز در همین محدوده مجاز می‌باشد.

•روش کار

تست اندازه گیری فلیکر کوتاه مدت و بلند مدت در حین انجام مراحل مختلف تست‌های ارائه شده در بخش‌های قبلی انجام شود.

•معیار

مطابق بخش ۲-۱-۲-۳

۲-۲-۲-۶-٤- آزمون نامتعادلی ولتاژ

•هدف

نامتعادلی یا عدم تعادل ولتاژ، به حالتی گفته می شود که مقادیر ولتاژ سه فاز با یکدیگر متفاوت بوده و یا اختلاف فاز ۱۲۰ درجه بین فازها وجود نداشته باشد. منشأ اصلی ایجاد نامتعادلی ولتاژ، وجود بارهای تک فاز در شبکه و توزیع غیر یکنواخت آنها روی سه فاز است. از دیگر دلایلی ایجاد نامتعادلی ولتاژ می تواند سوختن فیوز یکی از فازهای سیستم تغذیه یا وجود کوره های القایی در بار مصرف کنندگان بزرگ باشد. نامتعادلی ولتاژ می تواند تأثیرات قابل ملاحظه‌ای در ژنراتورها به وجود آورد. همچنین، این پدیده اثرات حرارتی نامناسبی را روی برخی تجهیزات، مانند موتورها و ترانسفورماتورها، ایجاد می نماید که ممکن است موجب آسیب دیدگی این تجهیزات شود.

برای اندازه‌گیری این پدیده از شاخصی به نام درصد نامتعادلی ولتاژ استفاده می شود. برای این شاخصی، دو تعریف ارائه شده است. طبق تعریف اول، درصد نامتعادلی ولتاژ برابر است با نسبت مقدار مؤلفه توالی منفی یا صفر ولتاژ به

مؤلفه توالی مثبت آن ضرب در عدد ۱۰۰. طبق تعریف دوم، درصد نامتعادلی ولتاژ برابر است با قدر مطلق تفاضل بین حداکثر و حداقل ولتاژ خط سه‌فاز تقسیم بر میانگین ولتاژ خط ضرب در ۱۰۰ در این نشریه از تعریف اول برای نامتعادلی ولتاژ استفاده شده است. الزامات مربوط به نامتعادلی ولتاژ در دستورالعمل شبکه برخی از کشورها نیز ارائه شده است. در این نوع مولدها، درصد نامتعادلی ولتاژ باید حداکثر برابر با ۱ درصد باشد.

•روش کار

اندازه‌گیری نسبت مولفه توالی صفر و منفی ولتاژ به مولفه توالی مثبت آن در حین انجام مراحل مختلف تست‌های ارائه شده در بخش‌های قبلی انجام شود.

•معیار

درصد نامتعادلی ولتاژ اندازه گیری شده از ۱ درصد تجاوز نکند.

۲-۲-۲-۶-۵- آزمون هارمونیک ولتاژ و جریان و هارمونیک‌های میانی

•هدف

زمانی که سری فوریه یک کمیت متناوب تشکیل گردد، به مؤلفه‌های فرکانسی با مرتبه بزرگتر از یک در این سری،هارمونیک گفته می‌شود. در شبکه برق، هارمونیک ها، ولتاژها یا جریانهای سینوسی هستند که فرکانس آنها مضربی صحیح از فرکانس نامی شبکه است. میزان اعوجاج هارمونیکی ولتاژ یا جریان، با استفاده از طیف کامل هارمونیکی شکل موج مربوطه توصیف می شود که در آن، هر مؤلفه هارمونیکی به شکل مجزا با دامنه و زاویه فاز خود مشخص میگردد. برخی از بارها (مانند بارهای غیرخطی، تجهیزات الکترونیکی مدرن و ...) جریان‌های هارمونیکی به شبکه تزریق می کنند که می توانند باعث ایجاد هارمونیک های ولتاژ شوند. این جریان ها و ولتاژهای هارمونیکی سبب اضافه حرارت در تجهیزات، ترانسفورماتورها و هادی های حامل جریان و عملکرد نامناسب تجهیزات حفاظتی (مانند فیوزها) می شوند. همچنین، ممکن است تشدید هارمونیکی به وجود آورند که می‌تواند موجب خرابی و آسیب دیدگی تجهیزات شبکه شود. محدودیت هارمونیکی مربوط به هارمونیک های ولتاژ و هارمونیک های جریان است و در هریک از این موارد، به صورت محدودیت بر روی تک تک هارمونیک ها و نیز محدودیت بر روی اعوجاج کلی ارائه می شود.
اعوجاج کلی ولتاژ یا جریان،که با THD نمایش داده می شود، طبق روابط زیر تعریف می شود:

$$THD_I = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{50} I_h^2}}{I_n} \times 100 \qquad (۵)$$

$$THD_V = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{50} V_h^{\,2}}}{V_n} \times 100 \qquad (۶)$$

که در آنها I_h و V_h به ترتیب مؤلفه هارمونیکی مرتبه h جریان و ولتاژ و I_n و V_n به ترتیب جریان و ولتاژ نامی هستند. اعوجاج تکی ولتاژ یا جریان نیز به صورت نسبت دامنه هریک از هارمونیک‌ها به دامنه هارمونیک اصلی بر حسب درصد تعریف می شود.

برای این نوع مولدها، حدود مجاز هارمونیکها باید مطابق با جداول (۲-۹) تا (۲-۱۱) باشد.

جدول (۲-۹): حداکثر انحراف هارمونیک فرد جریان برحسب درصدی از جریان نامی

مرتبهٔ هارمونیک فرد تکی h	$h<11$	$11\le h<17$	$17\le h<23$	$23\le h<35$	$35\le h<50$	TRD
درصد	۴/۰	۲/۰	۱/۵	۰/۶	۰/۳	۵/۰

جدول (۲-۱۰): حداکثر انحراف هارمونیک زوج جریان برحسب درصدی از جریان نامی

مرتبهٔ هارمونیک زوج تکی h	$h=2$	$h=4$	$h=6$	$8\le h<50$
درصد	۱/۰	۲/۰	۳/۰	مطابق مقادیر متناظر با بازه مربوطه در جدول (۲-۹)

جدول (۲-۱۱): محدوده مجاز هارمونیک ولتاژ

حداکثر اعوجاج ولتاژ مجاز در شینه‌هایی با سطوح ولتاژ مختلف نسبت به ولتاژ نامی با فرکانس ۵۰ هرتز			
ولتاژ شینه	درصد اعوجاج تکی ولتاژ هارمونیک		درصد اعوجاج کلی هارمونیک ولتاژ (THD)
	فرد	زوج	
۳۸۰ ولت	۵/۰	۲/۵	۸/۰
۲۰ کیلوولت	۳/۰	۱/۵	۵/۰
۶۳ و ۱۳۲ کیلوولت	۱/۵	۰/۷	۲/۵

هارمونیک میانی، مؤلفه فرکانسی یک کمیت متناوب است که فرکانس آن مضرب غیرصحیحی از فرکانس اصلی آن کمیت باشد. در شبکه برق، هارمونیک های میانی، ولتاژها یا جریانهای سینوسی هستند که فرکانسی آنها مضرب غیر صحیحی از فرکانس اصلی شبکه است. هارمونیک‌های میانی می توانند در شبکه‌های با سطوح مختلف ولتاژ ظاهر شوند. منبع اصلی تولید آنها مبدل های فرکانسی، برخی یکسوکننده‌ها، موتورهای القایی و کوره های القایی هستند. سیگنال‌های مخابراتی که از طریق هادی‌های انتقال انرژی الکتریکی منتقل می‌شوند نیز می توانند به نوعی هارمونیک

میانی در نظر گرفته شوند. هارمونیک‌های میانی در گیرنده‌های کنترل ریپل تأثیرات نامناسبی می‌گذارند و همچنین اثرات نامطلوبی در موتورهای الکتریکی و کوره‌های قوسی الکتریکی دارند. در این نوع مولدها، حد مجاز برای هر هارمونیک میانی برابر ۰/۲ درصد ولتاژ نامی است.

۲-۲-۲-۶-۶- آزمون حفاظت شبکه

•هدف

در این آزمون به بررسی عملکردهای حفاظتی مرتبط با توربین بادی پرداخته می‌شود.

•روش کار

سطوح حفاظتی و زمان قطع توربین بادی با توجه به مقادیر اضافه و کاهش ولتاژ و فرکانس تعیین می‌شود. چنین عملی به وسیله منبع ولتاژ سه‌فاز مجزا که دارای ولتاژ و فرکانس متغیر است، انجام می‌شود. همچنین سطح حفاظتی نقطه تنظیم و زمان‌های قطع کنترل‌کننده توربین بادی باید مشخص شود. به دلایل امنیتی، اندازه‌گیری‌های مربوط به حفاظت شبکه باید در زمانی‌که ژنراتور مربوط به توربین بادی در حال کار نیست، انجام شوند.

مراحل زیر باید به منظور تعیین سطوح حفاظتی اعمال شوند.

- **حفاظت افت ولتاژ**: منبع ولتاژ سه‌فاز از ۱۰۰ درصد ولتاژ نامی در فرکانس نامی در پله‌های ۱ درصد ولتاژ نامی باید کاهش پیدا کند تا زمانی‌که توربین بادی از شبکه قطع شود. هر پله حداقل ۲۰ ثانیه به طول می‌انجامد.
- **حفاظت اضافه ولتاژ**: منبع ولتاژ سه‌فاز از ۱۰۰ درصد ولتاژ نامی در فرکانس نامی در پله‌های ۱ درصد ولتاژ نامی باید افزایش پیدا کند تا زمانی‌که توربین بادی از شبکه قطع شود. هر پله حداقل ۲۰ ثانیه به طول می‌انجامد.
- **حفاظت کاهش فرکانس**: فرکانس منبع ولتاژ سه‌فاز از ۱۰۰ درصد فرکانس نامی در ولتاژ نامی در پله‌های ۰/۱ هرتز کاهش می‌یابد تا توربین بادی از شبکه قطع شود. هر پله حداقل ۲۰ ثانیه به طول می‌انجامد.
- **حفاظت افزایش فرکانس**: فرکانس منبع ولتاژ سه‌فاز از ۱۰۰ درصد فرکانس نامی در ولتاژ نامی در پله‌های ۰/۱ هرتز افزایش می‌یابد تا توربین بادی از شبکه قطع شود. هر پله حداقل ۲۰ ثانیه به طول می‌انجامد.

به منظور تعیین زمان قطع، مراحل زیر باید اعمال شوند.

- زمان قطع توربین بادی باید از طریق برگه اطلاعات آن یا از طریق اندازه‌گیری زمان قطع مشخص شود.
- زمان قطع به صورت دوره زمانی از شروع پله‌های ولتاژی تا قطع توربین بادی تعریف می‌شود.
- افت ولتاژ: پله ولتاژی از ولتاژ نامی تا ۵ درصد ولتاژ نامی به کلید توربین بادی توسط منبع ولتاژ جداگانه کاهش می‌یابد.
- اضافه ولتاژ: پله ولتاژی از ولتاژ نامی تا ۵ درصد ولتاژ نامی به کلید توربین بادی توسط منبع ولتاژ جداگانه اضافه می‌شود.

۲-۲-۲-۶-۷- آزمون زمان وصل مجدد

•هدف

هدف این قسمت محاسبه زمان وصل مجدد توربین بادی می‌باشد.

•روش کار

به منظور تعیین زمان وصل مجدد مراحل زیر باید اجرا شوند.

- میانگین سرعت باد به هنگام زمان وصل مجدد باید بیشتر از ۱۰ متر بر ثانیه باشد.
- شبکه باید از طریق یک کلید از توربین بادی مجزا شود. این کلید از نوع فشار متوسط بوده و باز شدن آن باید در زمانی اتفاق بیفتد که توربین بادی در حال عملکرد است.
- زمان خطا برابر با مدت زمان بین باز شدن و بسته شدن کلید می‌باشد. کلید باید قابلیت عملکرد دستی را داشته و زمان خطا باید با محدوده تغییرات ۱ ثانیه مشخص شده باشد.
- نتایج آزمون باید بر اساس داده‌های میانگین ۰/۲ ثانیه‌ای ولتاژ و توان گزارش شوند. بر اساس ولتاژ و توان اندازه‌گیری شده، زمان وصل مجدد از زمانی‌که ولتاژ به مقدار نامی خود باز می‌گردد تا زمانی‌که توربین بادی شروع به تولید توان می‌کند، تعیین می‌شود.

۲-۳- آزمون‌های تجهیزات و تأسیسات

هدف از انجام این آزمون، اطمینان از کارکرد صحیح سایر تجهیزات و تاسیسات موجود در سیستم قدرت است. در این آزمون قسمت‌های مختلفی از سیستم که وجود نقص در هر یک از آن‌ها می‌تواند عملکرد کل سیستم را تحت تاثیر قرار دهد مورد بررسی قرار می‌گیرند.

آزمون‌های این بخش مطابق با روال آزمون‌های تجهیزات در شبکه‌های برق انجام می‌شوند و معیارهای تایید آن‌ها نیز، مطابق با استانداردهای موجود وزارت نیرو است. به همین دلیل در هر تجهیز به آخرین استاندارد مورد تایید اشاره شده است ولی لازم است که در زمان آزمون هر کدام از تجهیزات مورد اشاره بر اساس آخرین نسخه تدوین شده و مورد تایید اقدام شود.

در این بخش، از استانداردهای صنعت برق ایران مربوط به تجهیزات مختلفی که بیان می‌شود به عنوان راهنما استفاده شده است. کاربرد این استانداردها به وسیله نیازمندی‌های بیان شده در هر بخش از این استاندارد تعیین می‌شود.

۲-۳-۱- سیستم زمین

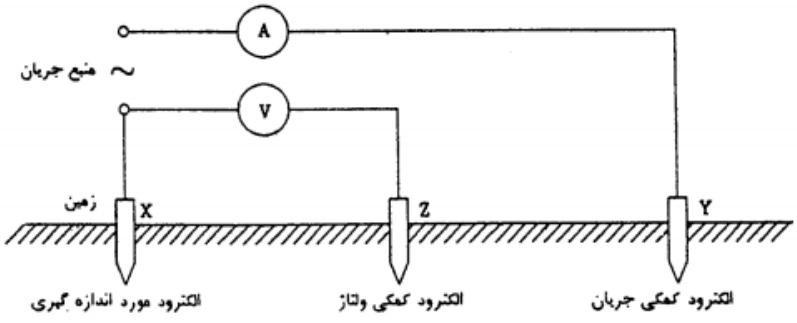
در انواع مختلف شبکه‌های الکتریکی، وصل قسمت‌هایی از سیستم و بدنه هادی دستگاه‌های الکتریکی به زمین را زمین کردن می‌گویند و این موضوع از دو دیدگاه مورد توجه می‌باشد:

- حفظ عایق‌بندی و تأمین صحت کار لوازم و دستگاه‌های الکتریکی و محدود کردن اضافه ولتاژها و کمک به کار صحیح لوازم و مدارها با قطع مدار معیوب. به این نوع اتصال زمین، اتصال زمین الکتریکی یا اتصال زمین سیستم گفته می شود (اتصال نوترال به زمین).
- نوع دیگر اتصال زمین ایمنی یا حفاظتی است. از این نوع سیستم حفاظتی در ایجاد ایمنی برای افرادی که بنا به وظیفه شغلی در تماس با تجهیزات سیستم های الکتریکی و نیز برای افراد جامعه که مصرف کننده نهایی انرژی برق می‌باشند، استفاده می شود. هدف دیگر از این نوع سیستم زمین، محدود کردن خطر آتش سوزی از راه قطع سریع مدار معیوب به کمک وصل بدنه های فلزی به هادی خنثی یا زمین است.

این آزمون باید مطابق با استاندارد مشخصات و خصوصیات انرژی الکتریکی و یا استاندارد سیستم اتصال زمین شبکه‌های توزیع صورت گیرد. برای بررسی درستی کارکرد سیستم زمین در مرحله پیش از راه اندازی، بررسی‌های زیر باید انجام گیرند.

- بازدید سراسری از استقرار و نصب صحیح: برای بررسی صحت عملکرد سیستم زمین اولین کاری که باید انجام شود بررسی درستی شکل اجرای سیستم زمین بر اساس، اطلاعات طراحی سیستم زمین می‌باشد، در واقع سیستم زمین اجرا شده باید با سیستم زمین طراحی شده کاملا مطابقت داشته باشد.

- بازدید سراسری از اندازه و نوع هادی: الکترودهای سیستم زمین و هادی‌های مورد استفاده برای اتصال قسمت‌های فلزی به سیستم زمین، باید از نظر جنس و قطر با مقدار طراحی شده همخوانی داشته باشند در غیر این صورت سیستم زمین از نظر مکانیکی و الکتریکی دچار مشکل خواهد شد.
- بازدید سراسری از اتصالات و پست‌ها، شامل اتصال به الکترودهای زمین، سازه‌های فلزی، نقطه جوش، تطابق جنس فلزات در نقاط اتصال و...
- کنترل پیوستگی شبکه زمین: قسمت‌های مختلف سیستم زمین باید از نظر اتصال به هم مورد بررسی قرار گیرند. در صورتی که اجزای سیستم زمین به خوبی به هم متصل نباشند کارایی آن زیر سوال خواهد رفت.
- اندازه‌گیری هدایت الکتریکی اتصالات زمین
- اندازه‌گیری مقاومت کل شبکه زمین: در شکل (۲-۸) اندازه‌گیری مقاومت زمین الکترود زمین x مورد نظر می‌باشد. Y الکترود کمکی جریان و Z الکترود کمکی ولتاژ نامیده می‌شود. در صورت مساعد بودن کلیه شرایط با مشخصات آزمون، مقاومت الکترود x نسبت به جرم کلی زمین، از تقسیم ولتاژ بر شدت جریان اندازه‌گیری شده به وسیله ولتمتر و آمپرمتر که در شکل نمایش داده شده‌اند، به دست خواهد آمد.



شکل (۲-۸): نحوه اندازه‌گیری مقاومت زمین الکترود

اگر الکترود x مورد استفاده از نوع ساده یعنی یک میله کوبیده شده یا صفحه‌ای دفن شده در زمین باشد، الکترود جریان Y را می‌توان بر فرض در فاصله ۳۰ متری از الکترود اصلی x قرار داده و الکترود ولتاژ را در وسط این دو نصب کرد. در این حالت مقاومت را اندازه‌گیری و یادداشت کرده و الکترود را جا به جا می‌کنند: یک بار به طول حدود ۶ متر نزدیکتر به الکترود اصلی x و با دیگر به همین مقدار نزدیکتر به الکترود کمکی جریان y. چنانچه نتایج هر سه آزمون در حد دقت مورد نظر باشند، میانگین سه مقدار اندازه گیری شده، مقاومت مورد نظر خواهد بود. اگر نتیجه اندازه گیری‌ها قابل قبول نبود، الکترود جریان را به فاصله‌ای دلخواه مانند ۴۵ تا ۵۰ متری از الکترود اصلی x منتقل کرده و کل اندازه گیری‌ها را مشابه بالا تکرار می کنند و در صورت لزوم آنقدر به این عمل ادامه می‌دهند تا نتیجه مطلوب حاصل شود.

نتایج به دست آمده از این روش ساده برای اندازه گیری در موارد زیر رضایت‌بخش نخواهد بود:

- ✓ اگر مقاومت الکترود مورد اندازه گیری x حدود یک اهم یا کمتر باشد.
- ✓ اگر مقاومت الکترود کمکی جریان Y بسیار زیاد باشد.

شرایط مورد بحث هنگامی پیش می‌آیند که الکترود مورد اندازه‌گیری مانند الکترود یک نیروگاه یا پست اصلی، بسیار گسترده باشد. برای این حالت تجویز روش معینی ممکن نخواهد بود جز اینکه تهیه یک یا چند منحنی تغییرات مقاومت نسبت به فاصله لازم خواهد بود. ترتیب کار چنین است که الکترود جریان Y را در فاصله دلخواه در دوردست قرار داده و الکترود ولتاژ Z را در فواصل معین، از نزدیکی‌های الکترود اصلی x، به سمت الکترود جریان حرکت داده و هر بار اندازه گیری ها را یادداشت می‌کنند سپس نتایج را بر روی محور مختصات منتقل کرده و منحنی تغییرات مقاومت نسبت به فاصله را می کشند. اگر منحنی دارای قسمتی باشد که اساسا افقی است این مقدار افقی، مقاومت الکترود مورد یعنی x خواهد بود. اگر منحنی به دست آمده دارای قسمتی افقی نباشد، لازم خواهد بود الکترود کمکی جریان یعنی Y را باز هم دورتر برده و عملیات را تکرار کرد تا قسمت افقی هویدا شود. لازم به ذکر است که مقاومت سیستم زمین پست هوایی توزیع باید کمتر از ۵ اهم باشد (هم سیستم زمین حفاظتی و هم سیستم زمین نوترال ترانسفورماتور). بنابه تجربه افراد می‌توان فاصله بین فصول پر باران و کم باران را به چند دوره تقسیم کرد ولی در هر صورت فاصله زمانی بین دو اندازه‌گیری متوالی نباید از ۶ ماه بیشتر شود.

- اندازه‌گیری ولتاژ تماس و ولتاژ گام

۲-۳-۲- باس بارها و سیم کشی هوایی

باس بارها و سیم کشی هوایی باید از نظر نوع اتصال (استحکام کافی) و درست بودن اتصالات (رعایت ترتیب درست اتصال فازهای مختلف) مورد بررسی قرار گیرند. بررسی این موارد هم در مرحله راه اندازی و هم در مرحله آزمون دوره‌ای باید انجام بگیرد. موارد زیر را می‌توان برای بررسی پیشنهاد داد:

- کنترل ظاهری نقاط اتصال باس‌بارها و سیم‌ها
- کنترل اتصال صحیح فازها
- اندازه‌گیری مقاومت الکتریکی اتصالات برای حداقل پنج اتصال از هر نوع
- کسب اطمینان از اتصال صحیح شبکه حفاظت هوایی به بدنه سازه‌ها و اتصال پای سازه به شبکه زمین
- کسب اطمینان از صحت اتصالات سیم‌های هوایی و باس‌بارها

۲-۳-۳- ترانسفورماتور اصلی

بعد از آنکه نصب و استقرار ترانسفورماتور و اتصال کلیه ملحقات و بازرسی روغن آن انجام گرفت، برای اطمینان از آمادگی کامل آن برای راه اندازی می‌باید آزمون‌هایی به شرح جدول (۲-۱۲) روی آن انجام بگیرد. این آزمون باید مطابق با استاندارد اجرایی پست‌های توزیع زمینی ۲۰ کیلوولت و یا استاندارد اجرایی پست‌های توزیع زمینی ۳۳ کیلوولت صورت گیرد. در مورد منابع تولید پراکنده کلاس ظرفیت سه، آزمون مربوطه باید در مرحله آزمون‌های دوره‌ای نیز انجام بگیرد. آزمون‌های مورد نیاز برای ترانسفورماتور اصلی در جدول (۲-۱۲) بیان شده است.

جدول (۲-۱۲): آزمون‌های مربوط به ترانسفورماتور اصلی

آزمون‌های قبل از راه اندازی ترانسفورماتور
آزمون‌هایی که حتما باید(برای همه ترانسفورماتورها) انجام بگیرند: – کنترل وضعیت استقرار روی فونداسیون یا ریل – بازدید ظاهری و کسب اطمینان از صحت نصب متعلقات و وضعیت مناسب تمام قسمت‌ها – اندازه گیری مقاومت عایقی سیم پیچ‌ها نسبت به یکدیگر و نسبت به زمین – کنترل وضعیت خشک کننده هوا(سیلیکاژل) – کنترل وضعیت بوشینگ ها – کنترل اتصال کوتاه ثانویه ترانسفورماتورهای جریان بوشینگی که در مدار هستند و اتصال کوتاه بودن ثانویه ترانسفورماتورهای جریان بوشینگی که در مدار نیستند – کنترل اتصال صحیح و مناسب نول به شبکه اتصال زمین – عدم وجود نشتی روغن – آزمون عملکرد مسیرهای گردش روغن – آزمون عملکرد تجهیزات فرعی ترانسفورماتور(در صورت وجود) طبق دستورالعمل شرکت سازنده – آزمون دی الکتریک روغن
آزمون‌های مختص به ترانسفورماتورهای غیر توزیع (علاوه بر موارد قبل) که باید انجام بگیرند: – کسب اطمینان از وجود اتصال مستقیم بدنه با شبکه زمین یا عایق بودن بدنه در صورت استفاده از TANK PROTECTION – آزمون ترانسفورماتورهای جریان بوشینگی، شامل نسبت تبدیل، کنترل پلاریته، مقاومت عایقی و منحنی اشباع – آزمون عملکرد دستی و مکانیکی تپ چنجر، شامل اینترلاک ها و نشان دهنده‌ها – آزمون عملکرد الکتریکی تپ چنجر، شامل اینترلاک ها و نشان دهنده‌ها – آزمون عملکرد تپ چنجرهای موازی، شامل اینترلاک ها و نشان دهنده‌ها – اندازه گیری امپدانس در تپ‌های مختلف – آزمون مقاومت عایقی مدارهای کنترل و کمکی با مگر[1]

[1] Megger

- آزمون تابلوهای کنترل از نظر عملکرد متعلقات و سیم بندی
- آزمون تابلوهای کمکی از نظر عملکرد متعلقات، حفاظت ها و سیم بندی
- آزمون عملکرد تابلوهای کمکی و کنترل
- آزمون عملکرد تجهیزات ابزار دقیق و کالیبره نمودن آن ها شامل نشان دهنده ها، وسایل اندازه گیری و وسایل حفاظتی
- آزمون عملکرد رله بوخهلتز
- آزمون عملکرد شیرآلات، کنترل وضعیت لوله کشی و کنترل وضعیت مخزن انبساط
آزمون‌هایی که در صورت عدم وجود چک لیست معتبر انجام آزمایشات روتین باید انجام شوند (علاوه بر موارد قبل):
- اندازه گیری نسبت تبدیل ترانسفورماتور روی سرهای (TAP) مختلف و مقایسه آن بامقادیر پلاک
- اندازه گیری مقاومت سیم پیچی‌ها به کمک پل الکتریکی و مقایسه آن با نتایج برگه آزمایش کارخانه با توجه به درجه حرارت محیط
- اندازه گیری تعیین رابطه برداری در تپ اصلی
- اندازه گیری جریان بی باری در تمامی تپ ها و سطوح ولتاژ

برای آزمایش روغن باید نمونه‌برداری آن با دقت و طبق دستورالعمل سازنده انجام گیرد. برای این‌کار لازم است که روغن از شیر مخصوص پایین ترانسفورماتور به میزان ۲ الی ۴ لیتر در یک ظرف درب‌دار شیشه ای ریخته شود. این ظرف باید کاملا تمیز بوده و قبلا با روغن ترانسفورماتور شست و شو شود. به هنگام برداشت روغن باید دقت نمود که روغن از کناره ظرف به داخل آن ریخته شود و هیچگونه حبابی در آن به وجود نیاید. این ظرف که تا بالای آن از روغن لبریز شده بعد از مسدود شدن درب آن می باید به محل مورد نظر جهت آزمایش منتقل گردد.

۲-۳-٤- کلید قدرت

این آزمون باید مطابق با استاندارد کلیدهای ۲۰ و ۳۳ کیلوولت برای کلیدخانه‌های تمام بسته فلزی صورت گیرد. آزمون‌های مربوط به کلید قدرت در جدول (۲-۱۳) نمایش داده شده‌اند.

جدول (۲-۱۳): آزمون‌های مربوط به کلید قدرت

آزمون‌های مربوط به کلید قدرت پیش از راه اندازی
الف) آزمونهای مشترک برای انواع کلیدها
– بازدید ظاهری و کسب اطمینان از صحت استقرار و نصب صحیح، کنترل اتصالات الکتریکی و مکانیکی
– کسب اطمینان از وجود اتصال مستقیم بدنه با شبکه زمین
– آزمایش مقاومت عایقی
– اندازه‌گیری مقاومت کنتاکت‌های اصلی
– اندازه‌گیری زمانهای قطع و وصل
– اندازه‌گیری سرعت کنتاکت‌ها
– اندازه‌گیری همزمانی عمل پل‌ها
– آزمون قطع اضطراری (دستی) هنگام قطع ولتاژ تغذیه مدار کنترل
– آزمون اینترلاک‌های مکانیکی
– آزمون آنتی پمپینگ
– آزمون عملکرد ابزار دقیق‌ها و کالیبره نمودن آنها، شامل نشان دهنده‌ها وسایل اندازه‌گیری و وسایل حفاظتی
– آزمون مقاومت عایقی مدارهای کنترل و کمکی با مگر[1]
– آزمون تابلوهای کمکی از نظر حفاظت، متعلقات و سیم بندی
– کنترل اتصال کوتاه نبودن ثانویه ترانسفورماتورهای جریان
ب) آزمونهای اختصاصی کلیدهای گازی(SF6)
– آزمایش نشتی گاز
– اندازه‌گیری روزانه فشارگاز تا حصول اطمینان از عدم نشت
– اندازه‌گیری رطوبت گاز
– اندازه‌گیری مقدار هوا در گاز
ج) آزمون‌های اختصاصی کلید کم روغن
– کنترل فشار گاز نیتروژن
– بازدید سطح روغن
– آزمون شیر اطمینان محفظه قطع
– آزمایش دی الکتریک روغن

[1] Megger

د) آزمون های اختصاصی کلیدهای فشار هوا و مکانیزم هوای فشرده (نیوماتیک)

- آزمایش عملکرد سوئیچ های کنترل فشار و اینترلاک های مربوطه
- آزمایش شیر اطمینان
- آزمایش افت فشار هوا در حالات مختلف عملکرد کلید
- آزمایش تعداد دفعات عملکرد کلید بدون پر کردن مجدد مخزن هوا
- اندازه گیری زمان‌های سیکل عملکرد موتو کمپرسور
- اندازه گیری نشتی هوا
- اندازه گیری جریان در موتور کمپرسور

آزمون مکانیزم‌های فرمان کلید

الف) آزمون‌های اختصاصی مکانیزم هیدرولیکی

- اندازه‌گیری فشار اولیه
- آزمایش عملکرد سوئیچ کنترل فشار و اینترلاک‌های مربوطه
- آزمایش شیر اطمینان
- آزمایش فشار روغن در حالات مختلف عملکرد کلید
- آزمایش تعداد دفعات عملکرد
- اندازه‌گیری جریان موتور پمپ روغن
- آزمایش نشتی روغن
- آزمایش پمپ دستی
- اندازه گیری زمان عملکرد موتور پمپ روغن

ب) آزمون‌های اختصاصی مکانیزم فلزی

- آزمایش زمان عملکرد موتور
- آزمایش شارژ دستی فنر
- آزمایش تعداد دفعات عملکرد
- اندازه‌گیری و تنظیم دامپینگ

۲-۳-۵- سکسیونر و تیغه زمین

مواردی که در ادامه برای آزمون آمده است باید برای تمام کلاس‌های ظرفیتی تولید پراکنده در مرحله راه‌اندازی انجام گیرد، لیکن در تولید پراکنده کلاس ظرفیتی سه آزمون مربوطه باید در مرحله آزمون‌های دوره‌ای نیز انجام بگیرد.

- بازدید ظاهری و کسب اطمینان از صحت استقرار و نصب صحیح، کنترل اتصالات الکتریکی و مکانیکی

- کسب اطمینان از وجود اتصال مستقیم بدنه فلزی با شبکه زمین
- آزمایش عایقی با مگر[1]
- اندازه گیری مقاومت کنتاکت‌های اصلی و مقاومت کنتاکت‌های تیغه زمین
- آزمایش همزمانی عملکرد پل‌ها
- اندازه گیری مقدار نیروی لازم جهت بازکردن سکسیونر
- آزمون عملکرد سکسیونر و تیغه زمین
- اندازه گیری زمان عمل باز و بست کامل سکسیونر توسط موتور
- آزمونهای اینترلاک‌های مکانیکی و الکتریکی در حالات دستی و موتور
- آزمونهای اینترلاک‌های مکانیکی و الکتریکی بین تیغه زمین و سکسیونر
- آزمون اینترلاک‌های الکتریکی بین تیغه زمین و ولتاژ فشار قوی
- آزمون عملکرد ابزار دقیق وکالیبره نمودن آنها، شامل نشان دهنده‌ها، وسایل اندازه‌گیری و حفاظتی
- آزمون مقاومت عایقی مدارهای کنترل و کمکی با مگر[2]
- آزمون تابلوهای کمکی از نظر حفاظت، متعلقات و سیم بندی
- اندازه‌گیری جریان موتور در حالات مختلف

۲-۳-٦- ترانس جریان

این آزمون باید مطابق با استانداردهای موجود و معتبر در کشور که مورد تایید توانیر قرار دارد صورت گیرد.

- بازدید ظاهری و کسب اطمینان از استقرار، نصب صحیح و اتصالات الکتریکی: به این تست بازرسی چشمی گویند. بررسی ظاهر CT و خواندن و چک کردن صفحه اطلاعات ترانس جریان، صحت نصب و کانکشن CT، عدم کمبود پیچها و به خصوص پیچ مربوط به ارت.
- تست مگر: این تست برای تعیین مقاومت عایقی بین اولیه و ثانویه، اولیه و زمین، ثانویه و زمین و سیم پیچ های مختلف ثانویه با هم انجام می‌گیرد. مقدار ولتاژ اعمالی ۵۰۰ ولت است. لازم به ذکر است کـه قبـل از انجام این تست باید ارت از سمت ثانویه باز شود.

---

[1] Megger

[2] Megger

- ✓ آزمایش مقاومت عایقی طرف اولیه عایقی با مگر
- ✓ آزمایش مقاومت عایقی طرف ثانویه عایقی با مگر

- آزمایش نسبت تبدیل: در این حالت ثانویه های تمام هسته‌های CT را اتصال کوتاه نموده و توسط دستگاه تزریق جریان، جریانی برابر جریان نامی به اولیه CT اعمال نموده و مقدار جریان بدست آمده در سمت ثانویه را یادداشت می‌کنند، برای خواندن این جریان از آمپرمتری انبری (کلمپی) استفاده می گردد.
- اندازه‌گیری مقادیر تحریک مغناطیسی (منحنی اشباع) برای هر یک از دسته‌ها (آزمایش مشخصات مغناطیسی کردن)
- اندازه‌گیری مقاومت اهمی سیم‌پیچ ثانویه: مقاومت سیم پیچ ثانویه را می‌توان به دو طریق اندازه‌گیری کرد:
  - ✓ با عبور جریان کم DC و یادداشت کردن ولتاژ که با داشتن این دو مقدار می‌توان مقاومت سیم‌پیچ را بدست آورد.
  - ✓ مقاومت اهمی با استفاده از پل وتسون اندازه‌گیری گردیده و با مقدار اعلام شده توسط سازنده مقایسه می‌گردد.
- آزمایش پلاریته: طبق قرارداد می دانیم اگر جریان از سر نقطه‌دار اولیه یک ترانس وارد شود، از سر نقطه دار ثانویه آن خارج می‌گردد. یعنی اگر جریان از سر P1 وارد شود از سر S1 خارج می‌شود. برای انجام این کار یک ولتاژ به صورت لحظه‌ای به اولیه اعمال می‌گردد و با توجه به حرکت عقربه گالوانومتر پلاریته CT تعیین می‌گردد. برای داشتن پلاریته صحیح درلحظه بستن کلید انحراف عقربه به سمت راست و در لحظه بازکردن آن به سمت چپ خواهد بود و به طور کلی حرکت عقربه، نشانه پیوستگی سیم‌پیچ‌هاست.
- کنترل اتصال کوتاه نبودن ثانویه‌هایی که در مدار هستند و اتصال کوتاه بودن ثانویه‌هایی که در مدار نیستند.
- اندازه‌گیری VA بار ثانویه CT و پیوستگی مدارات مربوط

•نگهداری

اساساً ترانس اندازه‌گیری جریان نیاز به هیچ نوع نگهداری ندارد، ولی لازم است گاهگاهی موارد زیر چک شوند:

الف) هنگام بررسی پست، به خصوص پس از بروز اغتشاش در شبکه (اتصال کوتاه، صاعقه و یا موارد مشابه)، ظاهر ترانس را از نقطه نظر آسیب مکانیکی احتمالی بررسی کنید.

ب) در بازرسی دوره‌ای یکساله موارد زیر را چک کنید:

- وضعیت ترمینال‌ها و اتصالات
- کیفیت اتصال زمین

- تمیز بودن سطح خارجی ترانس

۲-۳-۷- ترانس اندازه‌گیری ولتاژ

آزمایش‌های مورد نیاز به صورت زیر است:

- بازدید ظاهری و کسب اطمینان از استقرار، نصب صحیح و اتصالات الکتریکی
- کسب اطمینان از وجود اتصال بدنه فلزی با شبکه زمین
- کنترل نشتی روغن و کنترل سطح روغن
- آزمایش مقاومت عایقی طرف اولیه با مگر
- آزمایش مقاومت عایقی طرف ثانویه با مگر
- آزمایش نسبت تبدیل
- اندازه‌گیری مقاومت اهمی سیم پیچ اولیه
- اندازه‌گیری مقاومت اهمی سیم‌پیچ ثانویه
- کنترل اتصال صحیح و مناسب نول به شبکه زمین
- آزمون عملکرد ابزار دقیق ها و کالیبره نمودن آن‌ها، شامل نشان‌دهنده‌ها و وسایل اندازه‌گیری و حفاظتی
- آزمون مقاومت عایقی مدارهای کنترل و کمکی با مگر
- آزمون‌های تابلوهای کمکی از نظر حفاظت، متعلقات و سیم‌بندی
- بازرسی علامت گذاری ترمینال‌ها
- کنترل تست شیت‌های کارخانه‌ای و مطابقت مشخصات آن با طرح (برای ترانسفورماتورهای ولتاژ خازنی)

۲-۳-۸- تابلوهای فشار متوسط

قبل از اینکه تابلوهای برق تحت بار قرار گیرند کلیه تجهیزات داخل سلول‌ها، از قبیل کلیدها، مکانیزم‌های عمل-کننده، ترانسفورماتورهای اندازه‌گیری و ... باید بازرسی و آزمایش شوند. هم‌چنین کلیه سیم‌بندی‌ها و مدارهای الکتریکی تابلو باید مطابق دیاگرام‌های سازنده بازرسی شوند و استحکام اتصال سیم‌ها به ترمینال‌ها مورد معاینه قرار گیرند.

- بازدید ظاهری و کسب اطمینان از استقرار، نصب صحیح، عدم آسیب‌دیدگی و صحت اتصالات الکتریکی
- کسب اطمینان از وجود اتصال مستقیم بدنه فلزی با شبکه زمین
- بازدید ظاهری تجهیزات داخل تابلو، کسب اطمینان از عدم آسیب دیدگی و کنترل اتصالات الکتریکی
- آزمایش مقاومت عایقی بین قسمت‌های برقدار و بدنه سلول‌ها با مگر

- کنترل ترتیب فازهای فشارقوی
- ازمایش کلیدها بر اساس روش ذکر شده در بخش کلیدها و دستورالعمل‌های کارخانه سازنده
- کنترل سیستم اینترلاک مکانیکی و الکتریکی بین کلیدها، سکسیونرها و سکسیونر زمین
- کنترل عملکرد دریچه‌های انفجار و اینترلاک‌های مربوطه
- کنترل اتصال کوتاه نبودن ثانویه‌های که در مدار هستند و اتصال کوتاه بودن ثانویه‌هایی که در مدار نیستند.
- آزمایش و تنظیم رله‌ها و دیگر وسایل حفاظتی
- آزمون عملکرد سیستم کنترل
- آزمایش و تنظیم دستگاه‌های اندازه‌گیری
- آزمون عملکرد وسایل اعلام کننده و نشان دهنده
- کنترل سیستم‌های گرمایش و تهویه سلول‌ها
- کنترل تمامی اتصالات الکتریکی و برچسب‌ها

۲-۳-۹- تابلوهای حفاظت و کنترل

۲-۳-۹-۱- موارد عمومی

- بازدید ظاهری و کسب اطمینان از صحت نصب و استقرار
- کسب اطمینان از وجود اتصال مستقیم بدنه فلزی با شبکه زمین
- کنترل ترتیب و اتصال صحیح مدارهای ترانسفورماتور جریان و ترانسفورماتور ولتاژ
- کنترل صحت پلاریته مدارهای ترانسفورماتور جریان و ترانسفورماتور ولتاژ
- کنترل صحت تغذیه جریان مستقیم و متناوب
- اندازه‌گیری مقاومت عایقی بین ترمینال‌ها و بدنه تابلوها با مگر
- کنترل سیستم‌های گرمایش و تهویه سلول‌ها

۲-۳-۹-۲- تجهیزات و تابلوهای حفاظت

- بازدید ظاهری شامل استقرار صحیح رله‌ها و عدم آسیب دیدگی
- بازدید و آزمون سیم‌بندی
- آزمایش، آزمون عملکرد و تنظیم همه رله‌های حفاظتی
- آزمایش، آزمون عملکرد و تنظیم دستگاه‌های فاصله یاب و ثبت عیب

- آزمون هماهنگی عملکرد رله‌های حفاظتی با یکدیگر و با سیستم کنترل

آزمون‌های مورد نیاز جهت راه‌اندازی سیستم حفاظت بایستی مطابق با دستورالعمل سازنده بوده با این حال در این بخش به برخی مطالب عمومی پرداخته خواهد شد.

هدف از انجام آزمون‌های راه‌اندازی در سایت عبارتند از :

- اطمینان یافتن از اینکه تجهیزات در حین حمل و نقل و نصب آسیب ندیده‌اند.
- اطمینان از این که فرآیند نصب به شکل صحیح انجام شده است.
- اطمینان از عملکرد صحیح سیستم حفاظتی به طور کلی

فرآیند آزمون‌ها کاملا وابسته به شمای سیستم حفاظتی و نوع و تکنولوژی به‌کاررفته می‌باشد. به همین دلیل نمی‌توان مجموعه‌ای از آزمون‌ها را به طور ثابت ارائه کرد.

- آزمون‌های عایقی: اندازه‌گیری مقاومت عایقی بین زمین و مدارات الکتریکی مجزا از هم انجام می‌شود.
- آزمون ترانسفورماتور جریان: صحت اتصال و پلاریته صحیح هر ترانسفورماتور جریان بایستی بررسی و مورد آزمون قرار گیرد.
- آزمون ترانسفورماتور ولتاژ: آزمون‌های راه‌اندازی ترانسفورماتور ولتاژ شامل بررسی صحیح بودن پلاریته، آزمون نسبت تبدیل و بررسی اختلاف فاز بین اولیه و ثانویه است.
- بررسی صحت تنظیمات بر روی رله
- آزمون رله به کمک تزریق جریان در ثانویه: آزمون‌های تزریق جریان در ثانویه به طور معمول پیش از آزمون‌های تزریق جریان در اولیه انجام می‌گیرند.
- آزمون سیستم حفاظتی به کمک تزریق جریان در اولیه

سایر موارد: در صورتی که آزمون‌های تزریق جریان اولیه و یا ثانویه انجام نشده باشد، مدارات قطع و آلارم بایستی به طور مستقل مورد بررسی و آزمون قرار گیرند. جهت انجام این کار می‌توان کنتاکت رله را به طور دستی بست و موارد زیر را بازبینی نمود:

- کلید یا کلیدهای صحیح قطع شوند.
- مدار آلارم فعال شود.
- عملکرد غلطی در سایر تجهیزات مشاهده نشود.

۲-۳-۹-۳- تجهیزات و تابلوهای کنترل

- بازدید ظاهری شامل استقرار صحیح وسایل و عدم آسیب‌دیدگی
- بازدید و آزمون سیم‌بندی
- آزمایش عملکرد آلارم تجهیزات تابلوها و کنترل صحت پنجره آلارم‌ها
- آزمایش، آزمون عملکرد و تنظیم سایر دستگاه‌های ثبات
- ازمایش عملکرد صحیح حالت‌های پارالل، سنکرونیزاسیون، SCADA، برقدار کردن و انجام مانورهای مورد نیاز بر اساس نقشه‌های مداری و منطق اینترلاک‌ها.
- آزمایش و تنظیم دستگاه‌های اندازه‌گیری

۲-۳-۹-٤- تابلوی تنظیم ولتاژ ترانسفورماتور

- بازدید ظاهری و کسب اطمینان از استقرار، نصب صحیح و اتصالات الکتریکی
- کسب اطمینان از وجود اتصال مستقیم بدنه فلزی با شبکه زمین
- کنترل عملکرد صحیح و هماهنگی بین تپ‌چنجرها و سیستم AVR در حال پارالل ترانسفورماتورها
- کنترل عملکرد و هم‌زمانی بین تپ‌چنجرهای فازهای مختلف ترانسفورماتورهای تک‌فاز
- بررسی صحت تغذیه جریان مستقیم و متناوب تابلوها

۲-۳-۹-۵- سیستم حفاظت و کنترل

- آزمون عملکرد فرمان‌ها در مجموع پست
- آزمون استقلال فرمان قطع کلیدها در وضعیت‌های مختلف کلیدهای کنترل
- آزمون دریافت علائم صحیح در محل‌های تعیین شده
- آزمون عملکرد سیستم اینترلاک
- آزمون عملکرد کلیدها و سکسیونرها در وضعیت محلی و فرمان از دور
- آزمون عملکرد کلیدهای انتخاب وضعیت و شستی‌ها
- کنترل سرسیم‌ها و برچسب کابل‌ها
- کنترل فرامین اعمالی به تجهیزات

۲-۳-۱۰-تابلوها تغذیه جریان مستقیم و متناوب

انجام عملیات تعمیر و نگهداری بر روی اجزاء سیستم LVDC باعث افزایش عمر آن‌ها شده و باعث می‌شود در طول بهره‌برداری، تغذیه dc مورد نیاز تجهیزات مختلف به نحوه مطلوب تامین گردد.

تدوین برنامه‌ای برای نگهداری سیستم LVDC باعث می‌شود که بتوان به سهولت و در زمان مناسب نسبت به تعمیر، تعویض یا اصلاح بخش‌های مختلف آن اقدام کرد. در مورد تعمیر و نگهداری سیستم LVDC داشتن آگاهی کافی در مورد بخش‌های مختلفی آن و در نظرگرفتن پیش‌بینی‌های لازم جهت ایمنی ضروری است.

- بازدید ظاهری و کسب اطمینان از استقرار، نصب صحیح و اتصالات الکتریکی
- کنترل استقرار صحیح تابلوها
- بررسی صحت اتصال تابلوها به سیستم زمین
- بررسی عملکرد و آزمایش راه‌اندازی دستگاه‌های اینورتر مانند آزمایش پایداری ولتاژ و فرکانس
- کنترل مدارهای فرمان
- کسب اطمینان از وجود اتصال مستقیم بدنه فلزی با شبکه زمین
- تست مقاومت عایقی شینه‌ها (اندازه‌گیری مقاومت عایقی با مگر)
- کنترل ترتیب و گردش صحیح فازها
- آزمون دریافت علائم صحیح در محل‌های تعیین شده
- کنترل مدارات و مسیرهای DC بر اساس نقشه و اطمینان از عدم تداخل آن‌ها (با قطع هر فیوز یا کلید هر مسیر و بررسی موردی نقاط تحت پوشش)
- کنترل مدارات و مسیرهای AC بر اساس نقشه و اطمینان از عدم تداخل آن‌ها (با قطع هر فیوز یا کلید هر مسیر و بررسی موردی نقاط تحت پوشش)
- آزمایش و تنظیم کلیدها و دیگر وسایل حفاظتی
- آزمون عملکرد اینترلاک سیستم تغذیه اصلی و اضطراری
- تست مقاومت عایقی شینه‌ها

۲-۳-۱۱-دستگاه های شارژ باتری

- بازدید ظاهری و کسب اطمینان از استقرار، نصب صحیح و اتصالات الکتریکی
- کسب اطمینان از وجود اتصال مستقیم بدنه فلزی با شبکه زمین
- اندازه گیری مقاومت عایقی با مگر

- کنترل ترتیب و گردش صحیح فازها و قطب‌ها
- آزمون دریافت علائم صحیح در محلهای تعیین شده
- آزمایش و تنظیم کلیدها و دیگر وسایل حفاظتی
- آزمون عملکرد اینترلاک سیستمهای اصلی و کنار گذر
- آزمون عملکرد، آزمایش و راه اندازی دستگاههای شارژ باتری
- آزمون عملکرد، آزمایش و راه اندازی دستگاه های کنار گذر، کلیدهای استاتیک و سیستم سنکرون کردن
- اندازه گیری جریان‌ها و ولتاژها در وضعیت های مختلف
- آزمون ظرفیت جریان‌دهی در وضعیت‌های مختلف
- کنترل سیستم‌های گرمایش و تهویه سلول‌ها

۲-۳-۱۲-باسداکت‌ها

- بازدید ظاهری و کسب اطمینان از استقرار، نصب صحیح و اتصالات الکتریکی
- کسب اطمینان از وجود اتصال مستقیم بدنه فلزی با شبکه زمین
- تست اسکن گرمایی برای یافتن نقاط گرمایی غیر عادی در نقاط اتصال و دیگر بخش های باسداکت
- اندازه گیری مقاومت عایقی با مگر
- کنترل ترتیب و گردش صحیح فازها
- کنترل آب بندی و باز بودن زهکش‌ها
- کنترل سیستم‌های گرمایش و تهویه

۲-۳-۱۳-باتری‌ها

- بازدید ظاهری و کسب اطمینان از استقرار، نصب صحیح و اتصالات الکتریکی
- کسب اطمینان از وجود اتصال مستقیم بدنه فلزی با شبکه زمین
- بازدید ظاهری و کسب اطمینان از استقرار، نصب صحیح و اتصالات الکتریکی
- کسب اطمینان از وجود اتصال مستقیم بدنه فلزی با شبکه زمین
- کنترل تعداد سلول‌ها
- کنترل سطح و غلظت الکترونیک
- اندازه‌گیری ولتاژ سلولها و ولتاژ کلی

- بازبینی جعبه فیوز و آزمون عملکرد کنتاکت‌های کمکی آن
- بازبینی کلید تبدیل دستی و آزمون عملکرد کنتاکت‌های کمکی آن
- آزمون عملکرد سیستم تهویه باتری خانه
- انجام تست اضافه شارژ باتری
- انجام تست تخلیه ی سریع باتری
- تست اتصال کوتاه خارجی باتری
- انجام تست شک مکانیکی به باتری

۲-۳-۱٤-سیستم کابلی

- بازدید ظاهری و کسب اطمینان از استقرار، نصب صحیح و اتصالات الکتریکی
- کسب اطمینان از وجود اتصال صحیح غلاف و زره با شبکه زمین
- بررسی ترتیب صحیح فازها
- اندازه گیری مقاومت عایقی با مگر
- بازدید سر کابل ها و مفصل‌ها
- بازدید سربندی
- بازدید و آزمون سیم‌بندی
- بازدید ظاهری بسترهای کابل، به خصوص سینی‌ها، نردبان‌ها و دستک‌ها
- آزمون عملکرد سیستم تهویه سالن کابل و تونل کابل
- بازرسی زه‌کشی تونل‌های و کانالهای کابل
- آزمون پیوستگی روکش
- آزمون اعمال ولتاژ فرکانس قدرت
- تکنیک های تست AC بارهای خازنی
- انجام تست تخلیه جزیی به روش online به روش AC در فرکانس ۵۰Hz
- تحمل ولتاژ دی الکتریک با ولتاژ DC موسوم به DC-Hipot
- آزمون پاسخ دی الکتریک شامل ضریب قدرت، مقاومت عایقی، ولتاژ بازیافتی و جریان پلاریزاسیون

۲-۳-۱۵-سیستم روشنایی محوطه

- بازدید ظاهری و کسب اطمینان از استقرار، نصب صحیح و اتصالات الکتریکی
- کسب اطمینان از وجود اتصال مستقیم بدنه فلزی با شبکه زمین
- اندازه گیری مقاومت عایقی با مگر
- کنترل ترتیب و گردش صحیح فازها
- کنترل و تنظیم وسایل حفاظتی
- آزمون عملکرد و تنظیم سیستم فرمان روشنایی اندازه گیری شدت روشنایی در نقاط مختلف محوطه
- چک لیست ارزیابی پایه و فونداسیون شامل ارزیابی پایه و فونداسیون مطابق با دیتا شیت، جدول حداکثر طول بازو نسبت به پایه، جدول ابعاد صفحه ی فلنج و حداکثر تلورانس طول پایه
- چک لیست ارزیابی سیستم تغذیه الکتریکی، فرمان و کنترل شامل ارزیابی سیستم الکتریکی مطابق با نقشه، ارزیابی تابلو فشار ضعیف، دستورالعمل و جداول ارزیابی و تست در سطح فشار ضعیف
- چک لیست آرایش نصب، فواصل و زوایای نصب پایه های روشنایی
- چک لیست ارزیابی نوع چراغ، رنگ و تجهیزات به کار رفته در چراغ

۲-۳-۱۶-توابع حفاظتی

در این قسمت توابع حفاظتی مورد بررسی قرار می‌گیرند. انواع توابعی که در سیستم اتصال منابع تولید پراکنده استفاده می‌شوند می‌بایست در هنگام راه‌اندازی مورد آزمون‌های مختلفی قرار گیرند. در ادامه هدف از این آزمون‌ها و روش کار توابع مختلف حفاظتی بیان می‌شود. مطالبی که بیان می‌شود از مراجع مختلفی برگرفته شده است که اسامی کامل آنها در قسمت مراجع آورده شده است. استانداردهای توانیر، دستورالعمل IEEE 1547.1 و IEEE 929-2000 از جمله این مراجع هستند که آزمون‌های توابع حفاظتی مختلف را توضیح داده‌اند. هدف از تست توابع حفاظتی، مطمئن شدن عملکرد رله‌های حفاظتی بر روی سیستم نصب شده می‌باشد.

هر تابع حفاظتی باید با اعمال جریان‌ها، ولتاژها و فرکانس‌های مناسب تست شوند. تجهیزات حفاظتی باید در تنظیمات به خصوص خود تست شوند تا یکی از موارد زیر را تایید نمایند:

- نقاط عملکردی کمینه که در آن تجهیزات حفاظتی تریگر (فعال) می‌شوند در محدوده مشخصات سازنده قرار گیرند.
- مشخصات زاویه فاز رله‌های امپدانسی و جهت‌دار در محدوده مشخصات سازنده قرار گیرد.
- کلیدهای قدرت تجهیزات مرتبط با آن، در محدوده تابع حفاظتی عملکرد داشته باشند. (بررسی فرآیند تریپ)

- نمایشگرهای (دیداری و یا شنیداری) تجهیزات حفاظتی به طور مناسب عملکرد داشته باشند و شرایط تریپ مناسب را نشان دهند.

یک سیگنال ورودی متغیر باید به هر تجهیز حفاظتی اعمال شود تا نقطه‌ای که در آن تجهیزی که تریگر می‌شود تعیین گردد.

آزمون تریپ باید توسط تزریق یک سیگنال به ترمینال‌های رله اعمال شود. این بررسی هدف رله را تعیین نموده و رله جریان تریپ کلید قدرت را مدیریت می‌کند.

تجهیزات حفاظتی باید قادر باشند مقادیر خطای نوعی زیر را (هرجا که قابل اعمال باشد) برآورده نمایند:

- جریان ۱۰٪
- ولتاژ ۱۰٪
- زمان ۱۰٪
- فرکانس ۰/۵ هرتز
- زاویه فاز ۵ درجه
- امپدانس ۵٪

این تست‌ها باید بر روی رله‌های مجزا انجام شود که جزء تجهیزات داخلی وسایلی مانند اینورتر نباشد.

نصب یک طرح حفاظتی در محل مشکلات محتملی را در اجرای طرح به وجود می‌آورد. حتی اگر طرح در کارخانه به طور کامل تست شده باشد، سیم‌بندی های CT و VT در محل سایت ممکن است به طور اشتباه انجام شده باشد. یا نصب ترانس‌های ولتاژ و جریان به طور اشتباه صورت گرفته باشد.

تست‌های راه اندازی در محل، قبل از شروع به کار تجهیز حفاظتی می‌بایست انجام شود. اهداف تست‌های راه-اندازی به صورت زیر است:

- برای اطمینان از این که تجهیز در حین حمل و یا نصب آسیب ندیده باشد.
- برای اطمینان از این که عملیات نصب به درستی انجام شده باشد.
- برای تایید عملکرد درست طرح حفاظتی کل سیستم

با توجه به اهمیت صحت عملکرد سیستم حفاظتی که تاثیر مستقیمی بر عملکرد ایمن و پایای شبکه دارد لازم است که در دوره‌های زمانی معین کلید رله‌های نصب شده در یک پست مورد آزمون قرار گیرند.

در صورت استفاده از رله دیجیتال بسیاری از آزمون‌هایی که در ادامه آورده شده‌اند به صورت خودکار و توسط رله انجام می‌گیرد و لذا می‌توان آن موارد را از لیست آزمون‌های دوره‌ای حذف کرد. در بسیاری از سیستم‌های موجود از

رله‌های استاتیک و یا انواع قدیمی‌تر استفاده شده و در این‌گونه موارد آزمون‌های ارائه شده در ادامه بایستی به‌طور کامل انجام شوند.

نظر به این‌که آزمایشات دوره‌ای در پست‌های در حال بهره‌برداری و برقدار صورت می‌گیرد رعایت موارد زیر ضروری می‌باشد:

- هنگام آزمایش رله‌های حفاظتی حتی الامکان از تست‌پلاگ‌های مربوطه استفاده شده و از بازکردن سیم‌ها و ترمینال‌ها خودداری گردد.
- آزمایشات رله‌های حفاظتی با تنظیمات موجود انجام گرفته و از تغییر تنظیمات آن‌ها خودداری گردد و در صورت تغییر، مجددا به حالت اولیه برگردد.
- در صورتی که سیستم حفاظت دوبل و یا حفاظت اصلی و پشتیبان موجود باشد می‌توان آزمون‌های رله‌های حفاظتی در حالت برقدار انجام داد ولی در صورتی که با حذف رله مورد آزمایش، حفاظت ناقص گردد از آزمون‌های در حالت برقدار خودداری گردد.
- هنگام آزمایش رله‌های حفاظتی در حالت برقدار دقت گردد که مدار ترانسفورماتور جریان حتما اتصال کوتاه و مدار ترانسفورماتور ولتاژ باز باشد.

آزمایش‌هایی که در ادامه مورد بررسی قرار می‌گیرند در صورت نیاز در زمان دوره‌ای نیز استفاده می‌گردند.

۲-۳-۱۶-۱- آزمایش راه‌اندازی رله ولتاژ کم و یا ولتاژ صفر (۲۷)

•مقدمه

در این آزمون تجهیز مورد آزمایش رله‌ی اضافه/کاهش ولتاژ یا رله‌ی مجتمع شامل تابع حفاظتی اضافه کاهش ولتاژ می‌باشد. در صورتی که نمونه ولتاژ از نقطه اتصال مشترک و یا نقطه اتصال به منابع پراکنده گرفته شده باشد، تجهیز مورد آزمایش می‌تواند در هر سطح بار مناسبی آزمایش گردد. در غیر این صورت فقط زمانی می‌تواند تحت بار تست شود که همراه با ترانسفورماتور متصل کننده مربوطه باشد.

هنگامی که ترانسفورماتور ایزوله‌کننده توسط سازنده به‌کار گرفته شده و یا مورد نیاز باشد، ولتاژ سمت شبکه این ترانسفورماتور، مبنای دستورالعمل می‌باشد. آزمون تحت بار باید در مقادیر زیر انجام شوند:

- حداقل جریان بهره برداری
- نزدیکترین جریان ممکن به جریان نامی و در ضریب توان واحد

- نزدیک ترین جریان ممکن به جریان نامی و در ضریب توان حداقل پیش فاز که به وسیله سازنده مشخص گردیده است.
- نزدیکترین جریان ممکن به جریان نامی و در ضریب توان حداقل پس فاز که به وسیله سازنده مشخص گردیده است.

•هدف

هدف این آزمون، اطمینان از توقف تزریق توان توسط دستگاه یا سیستم اتصال دهنده منابع پراکنده به شبکه در شرایط وجود افت ولتاژ در شبکه است.

•روش کار

این روال باید به ترتیب زیر انجام شود:

- بازدید ظاهری و عدم آسیب‌دیدگی رله
- کنترل مقادیر نامی ولتاژها با مشخصات نامی PT های مربوطه
- اعمال تنظیمات نهایی روی رله
- برنامه ریزی در رله‌های دیجیتالی و تنظیم تاریخ و ساعت
- کنترل وجود ولتاژ تغذیه DC رله و عدم وجود آلارم LED عیب داخلی
- اندازه‌گیری ولتاژهای Pick-up و Drop-out و تعیین درصد خطاهای عملکرد
- اندازه‌گیری زمان عملکرد رله و تعیین درصد خطا با توجه به نوع مشخصه زمانی در دو نقطه
- تحریک رله و مشاهده تارگت‌ها و یا LED های روی رله
- مراحل ۴ الی ۶ برای تمام فازها انجام گرفت
- قطع ولتاژ DC و مشاهده آلارم عیب داخلی روی رله و تابلوهای کنترل
- تحریک رله و مشاهده آلارم‌های تابلو کنترل
- تحریک رله و مشاهده قطع کلیدها
- تحریک رله و مشاهده عملکرد ثبات‌های حادثه و وقایع پست
- تعیین دقت اندازه‌گیری ولتاژها در رله‌های دیجیتالی
- آچارکشی و کنترل نهایی ترمینالها و مدارات بعد از انجام آزمایشات
- اندازه گیری ولتاژ DC و ولتاژ AC وقتی که رله در مدار قرار گیرد
- کنترل ترمینال‌های مخصوص PT در مدارات ولتاژ رله

۲-۳-۱۶-۲-آزمایش راه‌اندازی رله اضافه ولتاژ (۵۹)

•هدف

هدف این آزمون اطمینان از توقف تزریق توان توسط دستگاه یا سیستم اتصال دهنده منابع پراکنده به شبکه در شرایط وجود اضافه ولتاژ در شبکه است.

•روش کار

این روال باید به ترتیب زیر انجام شود:

- بازدید ظاهری و عدم آسیب‌دیدگی رله
- کنترل مقادیر نامی ولتاژها با مشخصات نامی PT های مربوطه
- اعمال تنظیمات نهایی روی رله
- برنامه ریزی در رله‌های دیجیتالی و تنظیم تاریخ و ساعت
- کنترل وجود ولتاژ تغذیه DC رله و عدم وجود آلارم LED عیب داخلی
- اندازه‌گیری ولتاژهای Pick-up و Drop-out و تعیین درصد خطاهای عملکرد
- اندازه‌گیری زمان عملکرد رله و تعیین درصد خطا با توجه به نوع مشخصه زمانی در دو نقطه
- تحریک رله و مشاهده تارگت‌ها و یا LED های روی رله
- مراحل ۴ الی ۶ برای تمام فازها انجام گرفت
- قطع ولتاژ DC و مشاهده آلارم عیب داخلی روی رله و تابلوهای کنترل
- تحریک رله و مشاهده آلارم‌های تابلو کنترل
- تحریک رله و مشاهده قطع کلیدها
- تحریک رله و مشاهده عملکرد ثبات‌های حادثه و وقایع پست
- تعیین دقت اندازه‌گیری ولتاژها در رله‌های دیجیتالی
- آچارکشی و کنترل نهایی ترمینالها و مدارات بعد از انجام آزمایشات
- اندازه گیری ولتاژ DC و ولتاژ AC وقتی که رله در مدار قرار گیرد
- کنترل ترمینال‌های مخصوص PT در مدارات ولتاژ رله

۲-۳-۱۶-۳-آزمایش راه‌اندازی رله اضافه جریان آنی (۵۰، ۵۰N)

مراحل اجرای آزمون راه‌اندازی رله اضافه جریان آنی به شرح زیر است.

- بازدید ظاهری و عدم آسیب‌دیدگی رله.
- اندازه‌گیری جریان pick-up، drop-out و تعیین درصد خطای عملکرد
- اندازه‌گیری جریان pick-up واحد لحظه‌ای رله.
- اندازه‌گیری زمان عملکرد رله در ۱۲۵٪ جریان تنظیمی (در صورتی که سازنده مقداری اعلام نکرده باشد.)

(یا اندازه‌گیری زمان عملکرد رله در دو نقطه و تعیین درصد خطاها با توجه به مشخصه زمانی رله‌ها)

- تحریک رله و ملاحظه قطع کلید، آلارم و ثبات‌ها.
- اندازه‌گیری ولتاژ DC و جریان‌ها و مقایسه ان با بار فیدر وقتی که رله در مدار می‌باشد.
- قطع ولتاژ DC و مشاهده آلارم عیب داخلی روی رله و تابلوی کنترل.

۲-۳-۱۶-٤-آزمایش راه‌اندازی رله اضافه جریان با زمان معین (۵۱، ۵۱N)

مراحل اجرای آزمون راه‌اندازی رله اضافه جریان با زمان معین به شرح زیر است.

- اندازه‌گیری جریان pick-up، drop-out
- اندازه‌گیری زمان عملکرد رله در ۱۲۵٪ جریان تنظیمی (در صورتی که سازنده مقداری اعلام نکرده باشد.)
- تحریک رله و ملاحظه قطع کلید، آلارم و ثبات‌ها.
- اندازه‌گیری ولتاژ DC و جریان رله در مدار می‌باشد.

۲-۳-۱۶-۵-آزمایش راه‌اندازی رله اضافه جریان با زمان معکوس (۵۱، ۵۱N)

مراحل اجرای آزمون راه‌اندازی رله اضافه جریان با زمان معکوس به شرح زیر است.

- اندازه‌گیری جریان pick-up، drop-out
- اندازه‌گیری زمان عملکرد رله با تزریق ۲ و ۴ برابر جریان تنظیمی (برابر رله‌های الکترومکانیکی ۲ و ۵ و ۱۰ برابر جریان تنظیمی)
- تحریک رله و ملاحظه قطع کلید، آلارم و ثبات‌ها.
- اندازه‌گیری ولتاژ DC و جریان وقتی که رله در مدار می‌باشد.

۲-۳-۱۶-٦-آزمایش راه‌اندازی رله اضافه جریان جهت دار با زمان معکوس (٦٧، ٦٧N)

مراحل اجرای راه‌اندازی رله اضافه جریان جهت‌دار با زمان معکوس به شرح زیر است.

- اندازه‌گیری جریان pick-up، drop-out با تزریق جریان در ولتاژ نامی و در حداقل ولتاژ و در زاویه مشخصه رله.
- اندازه‌گیری زمان عملکرد رله با تزریق ۲ و ۴ برابر جریان تنظیمی (در مورد رله‌های الکترومکانیکی تزریق ۲، ۵ و ۱۰ برابر جریان تنظیمی) با ولتاژ نامی با زاویه مشخصه رله.
- اندازه‌گیری ناحیه عملکرد رله (زاویه حداقل و حداکثر) با تزریق ۱۲۰٪ جریان تنظیمی و ولتاژ نامی.
- تحریک رله و ملاحظه قطع کلید، آلارم و ثبات‌ها.
- اندازه‌گیری ولتاژ DC، ولتاژ AC، جریان و زاویه بین ولتاژ و جریان و مقایسه آن با بار خط وقتی که رله در مدار است.

۲-۳-۱۶-۷-فرآیند راه‌اندازی رله‌های وصل مجدد (کلید بازبست)

- بازدید ظاهری و عدم آسیب‌دیدگی رله
- کنترل مقادیر نامی ولتاژ DC
- اعمال تنظیمات نهایی روی رله
- برنامه‌ریزی در رله‌های دیجیتالی و تنظیم تاریخ و ساعت
- کنترل وجود ولتاژ تغذیه DC رله و عدم وجود آلارم عیب داخلی
- اندازه‌گیری زمان Dead time و تعیین درصد خطا
- اندازه‌گیری زمان Reclaim time و تعیین درصد خطا
- اندازه گیری سایر زمان‌های موجود (شامل Fault time و blocking time و close pulse time) و تعیین درصد خطا
- آزمایش شمارنده‌های رله (counter) برای حالت‌های تکفاز و سه‌فاز
- آزمایش مربوط به عملکرد سه‌فاز و یا تکفاز رله وصل مجدد با ایجاد اتصالی‌های دوفاز و تک‌فاز
- تحریک رله حفاظتی مربوطه و مشاهده قطع و وصل مجدد کلید
- مشاهده حالت قفل رله وصل مجدد در طول Reclaim time و با ارسال فرمان تریپ از رله حفاظتی مربوطه
- وصل دستی کلید و مشاهده قفل رله وصل مجدد
- کنترل عملکرد رله سنکرون چک و مشاهده تارگت‌ها و یا LED های روی رله
- تحریک رله حفاظتی مربوطه و مشاهده تارگت‌ها و یا LED های روی رله

- قطع ولتاژ DC و مشاهده آلارم عیب داخلی روی رله و تابلوی کنترل
- تحریک رله حفاظتی مربوطه و مشاهده آلارم‌های تابلوهای کنترل
- تحریک رله حفاظتی و مشاهده عملکرد ثبات‌های حادثه و وقایع پست
- آچارکشی و کنترل نهایی ترمینال‌ها و مدارات بعد از انجام آزمایشات
- اندازه‌گیری ولتاژ DC وقتی که رله در مدار قرار می‌گیرد.
- کنترل عملکرد سلکتور سوییچ‌های موجود در مدار وصل مجدد کلیدها (در حالت off-on و single-pole و three-pole)

۲-۳-۱۶-۸- فرآیند راه‌اندازی رله‌های سنکرون چک

- بازدید ظاهری و عدم آسیب‌دیدگی رله
- کنترل مقادیر نامی ولتاژها با مشخصات نامی PT های مربوطه
- اعمال تنظیمات نهایی روی رله
- برنامه‌ریزی در رله‌های دیجیتالی و تنظیم تاریخ و ساعت
- کنترل امکانات نرم‌افزاری و سخت افزاری در رله‌های دیجیتالی جهت ارتباط با کامپیوتر
- کنترل وجود ولتاژ تغذیه DC رله و عدم وجود آلارم عیب داخلی
- اندازه‌گیری درصد اختلاف ولتاژ مورد نیاز جهت عملکرد رله و تعیین درصد خطا
- اندازه‌گیری اختلاف فرکانس مورد نیاز جهت عملکرد رله و تعیین درصد خطا
- اندازه‌گیری درصد اختلاف زاویه مورد نیاز جهت عملکرد رله و تعیین درصد خطا
- کنترل عملکرد رله سنکرون چک در شرایط مختلف با توجه به تنظیمات رله
- کنترل عملکرد رله سنکرون چک در ارتباط با وصل مجدد سه‌فاز
- آزمایش وصل اتوماتیک کلید از طریق رله سنکرون چک
- تحریک رله و مشاهده تارگت‌ها و یا LED های روی رله
- قطع ولتاز DC و مشاهده آلارم عیب داخلی روی رله و تابلوی کنترل
- اندازه گیری ولتاژ DC و ولتاژ AC و اختلاف دامنه ولتاژ و زاویه بین آن‌ها در حالتی‌که رله در مدار قرار گیرد.
- کنترل عملکرد سلکتور سوییچ‌ها در مدارات سنکرونیزاسیون
- وجود ترمینال‌های مخصوص PT در مسیر مدارات ولتاژ

۲-۳-۱۶-۹- فرآیند راه‌اندازی رله‌های فرکانس کم

- بازدید ظاهری و عدم آسیب‌دیدگی رله
- کنترل مقادیر نامی ولتاژها و فرکانس با مشخصات نامی PT های مربوطه
- اعمال تنظیمات نهایی روی رله
- برنامه‌ریزی در رله‌های دیجیتالی و تنظیم تاریخ و ساعت
- کنترل امکانات نرم‌افزاری و سخت‌افزاری در رله‌های دیجیتالی جهت ارتباط با کامپیوتر
- کنترل وجود ولتاژ تغذیه DC رله و عدم وجود آلارم عیب داخلی
- اندازه‌گیری فرکانس‌های Pick-up و Drop-out رله و تعیین درصد خطا
- اندازه‌گیری زمان عملکرد رله با اعمال ۹۹٪ فرکانس تنظیمی و تعیین درصد خطا
- اگر رله شامل چندین مرحله تنظیمی باشد، مراحل ۶ و ۷ برای تمامی فازها باید انجام گیرد.
- اندازه‌گیری ولتاژ بلوکه شدن رله و تعیین درصد خطا
- تحریک رله و مشاهده تارگت‌ها و یا LED های روی رله
- قطع ولتاژ DC و مشاهده آلارم عیب داخلی روی رله و تابلوی کنترل
- تحریک رله و مشاهده آلارم‌های روی تابلوی کنترل
- تحریک رله و مشاهده قطع کلید
- تحریک رله و مشاهده عملکرد ثبات‌های حادثه و وقایع پست
- تعیین دقت اندازه‌گیری فرکانس در رله‌های دیجیتالی
- اندازه‌گیری ولتاژ DC و ولتاژ AC وقتی که رله در مدار قرار گیرد
- وجود ترمینال‌های مخصوص PT در مدارات ولتاژهای رله

در مواردی که در مدت بهره‌برداری از منابع تولید پراکنده اتفاقات زیر رخ می‌دهد، لازم است آزمون‌های مربوطه مجددا انجام شود:

- الف) عناصر سخت‌افزاری و یا نرم افزاری از سیستم اتصال داخلی تغییر می‌یابد.
- ب) عناصری از سیستم اتصال داخلی با تعویض قطعاتی متفاوت از ساختار اولیه نصب شده، تعمیر شوند.

لازم به ذکر است سیستم اتصال داخلی شامل ژنراتورها، کلید قدرت، کلید سنکرون کننده، تجهیزات حفاظتی، ترانس قدرت و کابل‌های ارتباطی تا سر نقطه اتصال مشترک (PCC) است و تغییر در هر کدام ار این تجهیزات سبب می‌شود که آزمون‌های راه‌اندازی مربوط به آن تجهیز در آزمون دوره‌ای نیز تکرار شود.

۳- آزمون‌های دوره‌ای

۳-۱- مقدمه

در زمان راه‌اندازی، یک روند آزمون دوره‌ای مکتوب باید میان مالک تجهیز و بهره‌بردار شبکه مورد توافق قرار گیرد. روند آزمون دوره‌ای معمولاً توسط سازنده تجهیز داده می‌شود. این روند باید پروسه‌ای را برای انجام آزمون ارائه دهد که تایید می‌کند توابع حفاظتی سیستم اتصال داخلی به درستی کار می‌کنند.

اولین دوره‌ی انجام این آزمون‌ها ۳ سال و در دوره‌های بعدی ۲ سال پیشنهاد می‌شود.

این آزمون‌ها شامل دو بخش خواهند بود:

- آزمون تجهیزات و تاسیسات به صورت دوره‌ای

هدف از این آزمون اطمینان از عملکرد صحیح سایر تجهیزات و تاسیسات موجود در سیستم است. در این آزمون قسمت‌های مختلفی از سیستم که وجود نقص در هر یک از آن‌ها می‌تواند عملکرد کل سیستم را تحت تاثیر قرار دهد بررسی می‌شوند. عمدتاً آزمون‌هایی که در این بخش مورد استفاده قرار می‌گیرد همان آزمون‌هایی هستند که در در بخش آزمون‌های راه‌اندازی معرفی گردید.

- آزمون پس از تغییر در تجهیزات سیستم اتصال داخلی و یا تنظیمات توابع حفاظتی

در مواردی که در مدت بهره‌برداری از منابع تولید پراکنده:

✓ عناصر سخت افزاری و یا نرم افزاری از سیستم اتصال داخلی تغییر یابند.

✓ عناصری از سیستم اتصال داخلی با تعویض قطعاتی متفاوت از ساختار اولیه نصب، تعمیر شوند.

لازم است آزمون های مربوطه دوباره انجام شوند. این آزمون‌ها در هر سه نوع منابع تولید پراکنده شامل اینورتری، و غیراینورتری شامل توربین بادی و ژنراتور سنکرون (CHP) می‌تواند انجام شود.

در مواردی که تغییرات در تجهیزات شبکه از سوی شرکت برق انجام می‌شود و یا از سوی مالک منبع تولید پراکنده انجام شود تنظیمات حفاظتی تغییر یافته و لازم است که توابع حفاظتی تغییر یافته دوباره تست شوند.

نکات مربوط به آزمایش‌های دوره‌ای که در ارتباط با بعضی از تجهیزات قدرت وجود دارد در ادامه گزارش آورده شده است.

۳-۲- آزمایش دوره‌ای ترانسفورماتور جریان (CT)

ترانسفورماتورهای جریان در دوران بهره‌برداری دارای آزمایشات دوره‌ای نمی‌باشند. تنها بازدید و آچارکشی ترمینال-ها و سیم‌زمین کافی خواهد بود. این دستگاه‌ها فقط در موارد زیر مورد آزمایش قرار می‌گیرند:

- در آزمون‌های راه‌اندازی پست‌ها
- هنگام بروز حوداثی نظیر ترکیدن کلیدها، برقگیرها، اتصالی شدید روی شینه‌ها.
- در صورتی که تشخیص داده شود که مدار CT مدتی بازمانده است.
- پس از بررسی حوادث و تشخیص احتمال وجود عیب در CT ها و یا مدارات آن‌ها.

مراحل اجرای این آزمون به شرح زیر است.

- آزمایش عایقی با استفاده از دستگاه مگر:
- عایقی بین اولیه و ثانویه (۵۰۰۰ ولت)
- عایقی بین اولیه و زمین (۵۰۰۰ ولت)
- عایقی بین ثانویه و زمین (۲۵۰۰ ولت)
- آزمایش پلاریته با استفاده از باتری (۳ تا ۱۲ ولت) و آمپرمتر DC و تطابق پلاریته بدست آمده با نقشه
- آزمایش منحنی اشباع.
- تزریق ولتاژ AC از صفر تا مقدار ولتاژ زانویی منحنی
- آزمایش نسبت تبدیل
- تزریق جریان به مدار اولیه به میزان حداقل ۱۰ ٪ مقدار نامی و اندازه‌گیری آن در مدار ثانویه
- اندازه‌گیری مقاومت سیم‌پیچی ثانویه با استفاده از دستگاه‌های اندازه‌گیری مقاومت (پل وتستون)
- اندازه‌گیری ظرفیت مدار ثانویه با تزریق جریان AC به اندازه جریان نامی و اندازه‌گیری ولتاژ

۳-۳- آزمایش دوره‌ای ترانسفورماتور ولتاژ

ترانسفورماتورهای ولتاژ در زمان بهره‌برداری آزمایش دوره‌ای نمی‌شوند. تنها بازدید و آچارکشی ترمینال‌ها و سیم زمین به صورت سالانه کافی خواهد بود.

ترانسفورماتورهای ولتاژ در موارد زیر مورد آزمایش قرار می‌گیرند:

- آزمون‌های راه‌اندازی پست‌ها
- هنگام بروز حوادثی که موجب وارد شدن خسارت بر تجهیزات پست می‌گردد.

- در صورت مشاهده عدم دقت در ولتمترها.
- پس از بررسی حوادث و تشخیص احتمال وجود عیب در ترانسفورماتورهای ولتاژ و یا مدارات آن‌ها.

مراحل اجرای این آزمون به شرح زیر است:

- آزمایش عایقی با استفاده از مگر:
  - ✓ عایقی بین اولیه و ثانویه (۵۰۰۰ ولت)
  - ✓ عایقی بین اولیه و زمین (۵۰۰۰ ولت)
  - ✓ عایقی بین ثانویه و زمین (۵۰۰ ولت)
- آزمایش پلاریته با استفاده از باتری (۳ تا ۱۲ ولت) و آمپرمتر DC و تطابق پلاریته بدست آمده با نقشه‌ها

۳-٤- آزمایش نسبت تبدیل

- تزریق ولتاژ به مدار اولیه و اندازه‌گیری آن در مدار ثانویه
- اندازه‌گیری ظرفیت مدار ثانویه با تزریق ولتاژ AC به اندازه ولتاژ نامی و اندازه‌گیری جریان عبوری از مدار
- اندازه‌گیری ظرفیت خازنی (ترانس ولتاژ خازنی)
- آزمایش دوره‌ای مدارات قطع و وصل و اینترلاک کلید و سکسیونرهای ۴۰۰ و ۲۳۰ کیلوولت:

مراحل اجرای آزمون نسبت تبدیل به شرح زیر است.

- اندازه‌گیری ولتاژ DC بر روی کنتاکتورهای مسیر
- قطع و وصل کلید و سکسیونرهای مربوطه و تکرار قسمت اول
- اندازه‌گیری ولتاژ DC بر روی تابلوهای کنترل و نشان‌دهنده

۳-۵- تابلوهای تغذیه جریان مستقیم

تابلوهای تغذیه جریان مستقیم بایستی به صورت دوره‌ای روزانه، هفتگی و ماهیانه مورد بازدید قرار گیرند.

۳-۵-۱- بازدید دوره‌ای

بازدیدهای دوره‌ای در پیدا کردن نقص‌های احتمالی و اشکالات به‌وجود آمده در هر یک از اجزا سیستم LVDC از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. لذا باید اطلاعات بدست آمده از این بازدیدها ثبت و با نتایج بازدید دوره قبلی مقایسه گردد.

۳-۵-۲- بازدید روزانه

موارد زیر در بازدید روزانه از تابلوهای تغذیه جریان مستقیم بایستی مورد لحاظ قرار گیرند.

- وضعیت ظاهری باتری‌ها از نظر نشتی باتری‌ها و سولفاته شدن.
- طبیعی‌بودن سطح الکترولیت باتری‌ها
- سالم بودن هواکش، روشنایی و گرم‌کننده اتاق باتری
- سالم بودن لامپ‌های نشان دهنده و آلارم‌ها، کلیدها، سیم‌ها و ترمینال‌های شارژر
- عادی‌بودن ولتاژ و جریان شارژر
- وضعیت نظافت اتاق باتری

۳-۵-۳- بازدید هفتگی

موارد زیر در بازدید هفتگی از تابلوهای تغذیه جریان مستقیم بایستی مورد لحاظ قرار گیرند.

- سالم یا معیوب بودن وضعیت ظاهری باتری‌ها
- سالم یا معیوب بودن آمپرمتر و ولتمتر مربوط به سیستم شارژر
- کامل یا ناقص بودن پیوستگی و اتصالات باتری‌ها
- طبیعی یا غیرطبیعی بودن سطح الکترولیت باتری‌ها
- سالم یا معیوب بودن سیستم تهویه و روشنایی اتاق باتری
- سایر اشکالات مشاهده شده

۳-۵-٤- بازدید ماهیانه

موارد زیر در بازدید ماهانه از تابلوهای تغذیه جریان مستقیم بایستی مورد لحاظ قرار گیرند.

- سالم یا معیوب بودن باتری‌ها از نظر شکستگی و ترک بدنه
- سالم یا معیوب وبدن در تابلو از لحاظ ورود آب یا گرد و غبار
- وجود یا عدم وجود سولفاته در اتصالات باتری‌ها
- سالم یا معیوب بودن لامپ‌های آلارم و نشان‌دهنده‌های شارژر
- سالم یا معیوب بودن وسیله حفاظتی ارتباط شارژر به باتری
- نیاز یا عدم نیاز به گریسکاری سر ترمینال‌ها
- نیاز یا عدم نیاز نظافت باتری و شارژر

- محکم بودن یا نبودن سیم‌های ارتباط دهنده باتری و شارژر
- سالم یا معیوب بودن روشنایی و گرمکن تابلو
- طبیعی یا غیرطبیعی بودن عملکرد شارژر در حالت‌های شارژ شناور، سریع، اتوماتیک و دستی
- وصل یا قطع ولتاژ ورودی AC وتعیین مقدار ولتاژ
- کامل یا ناقص بودن سیستم اتصال زمین باتری و شارژر
- کامل یا ناقص بودن وسایل ایمنی ضروری در اتاق باتری

۳-۶- سرویس دوره‌ای تابلوی LVDC

جهت سرویس دوره‌ای تابلوی LVDC بایستی موارد زیر درنظرگرفته شود.

- بررسی بدنه تابلو از نظر رنگ، قفل و آب بندی.
- کنترل وضعیت روشنایی، ترموستات و هیتر جهت عدم وجود شبنم و آچارکشی ترمینال‌ها.
- کنترل و آزمون فیوزها، لامپ‌ها، کنتاکت‌ها و کویل‌های مربوط به رله، کنتاکتورها رله‌های حرارتی حفاظتی و اتصالات مربوطه.
- آزمون مقاومت عایقی کابل‌های سیستم تغذیه و مدارات حفاظتی و کنترل و اندازه‌گیری.
- تمیز نمودن داخل تابلوها و ترمینال‌ها و اتصالات از گرد و غبار و زنگ‌زدگی.
- تعمیر و یا تعویض تیغه کنتاکت در کلیدهای اتوماتیک و کنتاکتورها در صورت نیاز
- بررسی آب‌بندی بودن در تابلو از نظر عدم ورود آب یا گرد و خاک.
- بررسی نمودن کابل‌ها از نظر خوردگی.

۳-۷- نگهداری و بازرسی تابلوهای فشار متوسط

تابلوهای فشار متوسط یک پست اهمیت فراوانی در بین سایر تجهیزات پست دارند. بروز یک خطا در این تابلوها باعث اختلال در شبکه و توقف در کار عادی سایر تجهیزات پست یا آسیب رسیدن به آن‌ها می‌گردد که هریک از این موارد خسارت زیادی را به دنبال خواهد داشت.

بهره‌برداری مطمئن و درست از یک پست مستلزم بازرسی و مواظبت دائمی تابلوهای آن، نگهداری و سرویس آن‌ها طبق برنامه، و انجام آزمون‌های جاری و دوره‌ای روی این تجهیزات می‌باشد.

بازرسی تابلوهای برق می‌باید به صورت منظم و دوره‌ای انجام گیرد. در این بازرسی می‌بایست کلیه تجهیزات برقی و لوازم داخل تابلوها با دقت معاینه شوند و کارکرد درست آن‌ها مورد آزمایش قرار گیرد. فواصل دوره‌های بازرسی و نکات مربوطه به آن می‌باید به صورت زیر در برنامه تعمیر و نگهداری پست گنجانده شود:

- تابلوها می‌باید به طور متوسط هر ۳ ماه یک‌بار بازرسی شوند.
- هربار که یک اتصال کوتاه در شبکه رخ می‌دهد و از طریق پست قطع می‌شود، کلیه تجهیزات پست به ویژه تابلوها و کلیدهایی که اتصال کوتاه را قطع کرده‌اند می‌باید مورد بازرسی قرار بگیرند.
- تجهیزات و متعلقات تابلوها باید به طور متناوب از گرد و خاک پاک شوند. این تجهیزات معمولا در زمان تعمیرات جاری تمیز می‌گردند.
- در صورتی که تجهیزات روغنی از قبیل خازن یا دژنکتور روغنی در پست وجود داشته باشد باید بازرسی روغن و تعمیر آنها با دقت ویژه و طبق دستورالعمل‌های سازنده انجام گیرد.

۳-۸- تعمیرات دوره‌ای تابلوها

تعمیرات ادواری تابلوهای برق برنامه نگهداری تجهیزات پست باید در دوره‌های سرویس این تجهیزات گنجانیده شود. اکثر موارد مطرح شده در این بخش به صورت بازدید چشمی انجام می‌شود.

از طرفی تعمیرات مقطعی بر روی تابلوهای برق به منظور برطرف نمودن آسیب‌هایی که در هنگام بازرسی تابلوها مشخص گردیده است ضروری می‌باشد.

موارد اصلی کار تعمیرات دوره‌ای تجهیزات کلیدخانه و تابلوهای برق به شرح زیر است:

- بازدید سرتاسری از داخل تابلوها، پاک کردن تجهیزات و تمیز نمودن قسمت‌ها و متعلقات داخلی تابلوها.
- معاینه قفل و بست‌ها، مفصل و لولاها و سفت کردن پیچ‌ها، گیره‌ها، شینه‌ها و اتصالات.
- تعویض مقره‌های آسیب دیده.
- معاینه دقیق اتصالات سیستم زمین
- معاینه کشویی‌ها در تابلوهای مونتاژ شده در کارخانه و تعویض فیوزها در صورت لزوم
- معاینه کارکرد رله‌های حفاظتی و وسایل اندازه‌گیری و چراغ‌های سیگنال روی تابلو.
- معاینه چراغ روشنایی داخل تابلو و عملکرد کلید فشاری متصل به درب آن.
- بازدید اتصالات، سرکابل‌ها و ترمینال‌ها و اطمینان از صحت کلیه اتصالات مدارهای داخلی و خارجی تابلو.

۳-۹- تعمیر و نگهداری و بازرسی سیستم فتوولتاییک

به طور کلی سیستم‌های فتوولتاییک به دلیل عدم وجود سیستم‌های متحرک به سیستم‌های بدون نیاز به تعمیر و نگهداری معروف هستند. هرچند این سیستم‌ها نیز به تعمیر و نگهداری اندکی نیاز دارند.

توصیه می‌گردد که فعالیت‌های مربوط به تعمیر و نگهداری و بازرسی سیستم هر شش ماه یکبار انجام گردد. ماژول‌های فتوولتاییک نیازمند به بازدید بصری جهت رویت آسیب‌دیدگی احتمالی پنل‌ها، کثیف‌شدن آنها و یا ایجاد سایه توسط سازه‌های مجاور سیستم می‌باشند.

بازرسی لوازم جانبی سیستم فتوولتاییک از لحاظ عدم خوردگی تجهیزات الزامی است. اتصالات مربوط به اینورتر، وضعیت حفاظت در برابر صاعقه وفیوزهای مربوط به اینورتر می‌بایست مورد بازرسی قرار گیرند.

۳-۱۰-تست های دوره‌ای توربین بادی

سیستم توربین بادی در طی بهره‌برداری به وسیله ترکیبی از نگهداری‌های پیشگیرانه و تست‌های و بازدیدهای دوره‌ای مانیتور می‌شود. تست‌ها و بازدیدهای دوره‌ای با هدف تشخیص آسیب‌های صدمات احتمالی و کاهش آنها انجام می‌شود. وظایف بازدیدها و تست های دوره‌ای شامل بازدید از ژنراتور سیستم توربین بادی، ایمنی تجهیزات و همچنین پایداری ساختمان توربین بادی می‌باشد. همچنین بررسی شرایط کنونی نیز مد نظر می‌باشد.

بازدیدهای دوره‌ای در بازه‌های زمانی مشخص به وسیله کارشناس در مورد موتور، روتور، پره‌ها و سازه پشتیبانی (برج و قسمت قابل مشاهده از فوندانسیون) انجام می‌شود. فاصله‌های انجام بازرسی‌ها وابسته به نوع اجازه بازرسی، نوع تایید کارشناس در رابطه با وضعیت سیستم توربین بادی می‌باشد.

لازم است که بازدیدهای دوره‌ای از سیستم تولید بادی با اپراتور سیستم تولید بادی در بازه‌های مشخص هماهنگ شود. اپراتور لازم است که پیش‌نیازهای مورد نیاز برای انجام یک بازدید دوره‌ای مطلوب فراهم باشد. به طور ویژه گزارش و اسناد مورد نیاز برای بررسی در طی تست‌های دوره ای فراهم باشد.

به عنوان یک قانون، بازدیدهای دوره‌ای به وسیله یک شرکت متخصص به منظور پایش و نگهداری سیستم به صورت منظم و در فواصل کوتاه زمانی انجام می‌گیرد. دوره‌های زمانی بازدید دوره‌ای بر اساس مفهوم بازدیدهای منظم است.

یک کارشناس مجرب دارای صلاحیت یک خلاصه وضعیت از سیستم تولید توربین بادی به عنوان نتیجه بررسی-های شخصی و بررسی اسناد مانیتورینگ و تعمیر و نگهداری تهیه می‌کند. سرویس تست‌های دوره‌ای با هدف بررسی شرایط ماشین ژنراتور سیستم تولید بادی، تجهیزات ایمنی و پایداری ساختمان توربین بادی انجام می‌شود.

- **برج و فوندانسیون**

بازدیدهای شهودی برج و فوندانسیون یک دید کلی از وضعیت عمومی توربین بادی ارائه می‌دهد. این بازرسی‌ها همچنین شامل قسمت‌های داخلی فوندانسیون، لنگرهای تنش . خود برج را شامل می‌شود. درها و تجهیزات نصب شده در برج مانند نردبان‌ها، حفاظت حریق، صفحات ایمنی و غیره نیز شامل این بازرسی است. بنابراین می‌توان شکاف‌ها، آسیب‌ها، خوردگی‌ها و به طور ویژه اتصالات و تخلیه آب را شناسایی کرد.

- **اندازه گیری لرزش‌ها**

می توان با نصب سنسورهای اندازه‌گیری لرزش، مقدار لرزش بلبرینگ اصلی، جعبه دنده و ژنراتور را اندازه‌گیری نمود. اندازه‌گیری‌ها در طی شرایط کاری عادی توربین انجام می‌شوند تا به خطاهای احتمالی یاتاقان‌ها و دیگر تجهیزات پی برد. همچنین به وسیله اندازه گیری لرزش‌ها قابلیت تشخیص دقیق آسیب تجهیزات مشخص و عدم تعادل بین ژنراتور و گیربکس وجود دارد.

- **بازرسی‌های دمانگاری**

یک بازرسی گرمایی که در واقع یک تست غیر مخرب قسمت‌ها، مواد تشکیل دهنده و کلیت سیستم به وسیله اندازه گیری دمای سطحی انجام می‌شود. این‌گونه بازرسی‌ها همچنین برای پایش شرایط تجهیزات الکتریکی مانند کابینت‌های برقی، ترانسفورماتورها و ژنراتورها انجام می‌شود.

دمانگاری همچنین برای بررسی شرایط پره‌های توربین نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد. به منظور انجام دمانگاری برای پره‌ها لازم است که گرم شوند. این گونه از بازرسی به طور معمول در محیط کارگاهی انجام می‌شود.

- **آنالیز روغن**

بازرسی منظم تغییرات فیزیکی و شیمیایی روغن های مورد استفاده در جعبه دنده، ژنراتور و سیستم هیدرولیک توربین بادی می‌تواند مشخص کننده خطاهای احتمالی آینده باشد.

روغن با تمامی تجهیزات سیستم در تماس است. بنابراین می‌توان با بررسی دمای روغن، آلودگی‌ها به شرایط سیستم پی‌برد.

۳-۱۱-آزمون‌های دوره‌ای ژنراتور سنکرون

سیستم اتصال داخلی شامل ژنراتور سنکرون، کلید قدرت، کلید سنکرون‌کننده، تجهیزات حفاظتی، ترانسفورماتور قدرت و کابل‌های ارتباطی تا سر نقطه اتصال مشترک (PCC) می‌باشد و تغییر در هر کدام از این تجهیزات باعث می-

شود که آزمون‌های راه‌اندازی مربوط به آن تجهیز در آزمون دوره‌ای نیز تکرار شود. در واقع آزمون‌های دوره‌ای ژنراتور سنکرون مجزا نبوده و همان آزمون‌های راه‌اندازی هستند که در صورت نیاز و تحت شرایط خاصی می‌توانند به عنوان آزمون دوره‌ای تکرار شوند و عملکرد صحیح تجهیزات نیروگاه را مورد صحت سنجی قرار دهند.

در مواردی که تغییرات در تجهیزات شبکه از سوی شرکت برق انجام می‌شود و تغییرات در تجهیزات سیستم اتصال داخلی از سوی مالک منبع تولید پراکنده انجام می‌شود و باعث شود که تنظیمات توابع حفاظتی تغییر یابد لازم است توابع حفاظتی تغییر یافته مجدداً تست شوند.

در زمان راه‌اندازی، روند تست‌های دوره‌ای می‌بایست میان بهره‌بردار و مالک نوشته شده و در مدت زمان تعیین شده به ژنراتور سنکرون اعمال شود. تست‌های دوره‌ای معمولا توسط سازندگان تجهیز پیشنهاد و انجام می‌شوند. مانند بقیه منابع تولید پراکنده در تست‌های دوره‌ای ژنراتور سنکرون نیز بازه زمانی میان تست‌ها باید در ابتدای توافق مشخص و ثبت گردد.

هم‌چنین در این نوع نیروگاه، تست‌هایی که برای تجهیزات و تاسیسات در دوره راه‌اندازی انجام شد در زمان راه‌اندازی نیز می‌بایست در صورت نیاز تکرار شود.