شرکت سهامی مدیریت تولید، انتقال و توزیع نیروی برق

(توانیر)

راهنمای آزمون تجهیزات جهت اتصال منابع تولید پراکنده به شبکه برق

دریافت‌کنندگان سند:

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

ویرایش: ۱

(تاریخ بازنگری نهایی : بهمن ماه ۱۳۹۲)

سایت دفتر پشتیبانی فنی توزیع: www.tavanir.org.ir/de

تهیه‌کننده:	تائید کننده:	تصویب کننده:
امضاء	امضاء	امضاء

فهرست مطالب **صفحه**

فصل اول- کلیات ۱
۱-۱- مقدمه ۱
۱-۲- هدف و دامنه کاربرد ۲
۱-۳- استاندارد ۳
۱-۴- تعاریف ۶
۱-۵- نیازمندی‌های عمومی ۸
۱-۵-۱- دقت نتایج آزمون ۸
۱-۵-۲- محیط انجام آزمون ۸
۱-۵-۳- دقت اندازه‌گیری و کالیبراسیون تجهیزات تست ۸
۱-۵-۴- اطلاعات محصول ۸
۱-۵-۵- گزارش نتایج آزمون ۹
۱-۵-۵- نیازمندی‌های تجهیزات تست ۹
۱-۵- فهرست آزمون‌ها ۱۱
فصل دوم- آزمون‌های راه‌اندازی ۱۳
۲-۱- مقدمه ۱۳
۲-۲- آزمون‌های رله‌های حفاظتی سیستم اتصال ۱۴
۲-۲-۱- آزمون پاسخ به شرایط غیرعادی ولتاژ ۱۴
۲-۲-۱-۱- آزمون اضافه ولتاژ ۱۵
۲-۲-۱-۲- آزمون افت ولتاژ ۱۸
۲-۲-۲- آزمون پاسخ به شرایط غیرعادی فرکانس ۲۱
۲-۲-۲-۱- آزمون اضافه فرکانس ۲۱
۲-۲-۲-۲- آزمون افت فرکانس ۲۳
۲-۲-۳- آزمون تطبیق فاز بین مولد و شبکه ۲۶
۲-۲-۳-۱- روش اول (استفاده از فازمتر) ۲۶
۲-۲-۳-۲- روش دوم (موتور القایی) ۲۷

۲-۲-۴- سنکرونیزاسیون ۲۸
۲-۲-۴-۱- آزمون تابع سنکرونیزاسیون با استفاده از منابع شبیه‌سازی شده ۲۸
۲-۲-۴-۲- آزمون تابع سنکرونیزاسیون با استفاده از ژنراتور واقعی ۳۳
۲-۲-۴-۳-آزمون تابع سنکرونیزاسیون برای تجهیزی که فاقد امکان غیرفعال کردن می‌باشد ۳۷
۲-۲-۵- جزیره‌ای شدن ناخواسته ۳۸
۲-۲-۵-۱- آزمون جزیره‌ای شدن ناخواسته برای ژنراتور سنکرون ۳۹
۲-۲-۵-۲- توان معکوس (برای جزیره‌ای شدن ناخواسته) ۴۱
۲-۲-۶- قطع فاز ۴۳
۲-۲-۷- وصل مجدد پس از قطع ناشی از شرایط غیرعادی ۴۵
۲-۳- آزمون‌های ژنراتور ۴۷
۲-۳-۱- هارمونیک‌ها ۴۷
۲-۳-۱-۱- آزمون هارمونیکی ولتاژ ۴۷
۲-۳-۱-۲- آزمون هارمونیکی جریان ۴۹
۲-۳-۲- فلیکر (نوسان ولتاژ) ۵۰
۲-۳-۳- آزمون قابلیت اطمینان ۵۲
۲-۳-۳- آزمون اضافه دور روتور ۵۲
۲-۳- تاسیسات و تجهیزات ۵۳
۱-۱۲-۱- سیستم زمین ۵۳
۱-۱۲-۲- باس‌بارها و سیم‌کشی هوایی ۵۴
۱-۱۲-۳- ترانسفورماتور اصلی ۵۴
۱-۱۲-۴- کلید قدرت ۵۶
۱-۱۲-۵- سکسیونر و تیغه زمین ۵۸
۱-۱۲-۶- ترانسفورماتور جریان ۵۹
۱-۱۲-۷- ترانسفورماتور ولتاژ ۵۹
۱-۱۲-۸- تابلوهای فشار متوسط ۶۰

۱-۱۲-۹- تابلوهای حفاظت و کنترل ۶۱
۱-۱۲-۱۰- تابلوهای تغذیه جریان مستقیم و متناوب ۶۳
۱-۱۲-۱۱- دستگاه‌های شارژ باتری و اینورمتر ۶۳
۱-۱۲-۱۲- باسداکت‌ها ۶۴
۱-۱۲-۱۳- باتری‌ها ۶۴
۱-۱۲-۱۴- سیستم کابل ۶۴
۱-۱۲-۱۵- سیستم روشنایی محوطه ۶۵
۱-۱۳- ممیزی و تائید تنظیمات نهایی ۶۵
فصل سوم- آزمون‌های دوره‌ای ۶۶
۳-۱- مقدمه ۶۶
۳-۲- آزمون تجهیزات و تاسیسات ۶۶
۳-۲- آزمون پس از تغییرات در تجهیزات سیستم اتصال داخلی و یا تنظیمات توابع حفاظتی ۶۶
پیوست الف ۶۸
۳-۲- الف.۱ ..... ۶۸
۳-۲- الف.۲ ..... ۷۱
۳-۲- الف.۳ ..... ۷۳
۳-۲- الف.۴ ..... ۷۶

فهرست اشکال **صفحه**

شکل (۱-۱) - یک نمونه دستگاه تست رله ۹
شکل (۲-۱) - دیاگرام اتصال برای آزمون تطبیق فاز بین مولد و شبکه..... ۲۷
شکل (۲-۲) ساختار مدار آزمون جزیره ای شدن..... ۳۹
شکل (الف.۱) مثال بیان کننده زمان آشکارسازی و رفع خطا..... ۶۹
شکل (الف.۲) شمای گرافیکی تست زمانی برای پارامتر مورد آزمایش با استفاده از تابع شیب..... ۷۱
شکل (الف.۳) بیان گرافیکی تست زمانی برای پارامتر مورد آزمایش با استفاده از تابع پله..... ۷۳
شکل (الف.۴) شمای گرافیکی تست اندازه توان معکوس با استفاده از تابع شیب اندازه جریان و تابع پله زاویه فاز جریان ۷۵
شکل (الف.۵) شمای گرافیکی تست زمانی توان معکوس با استفاده از تابع پله اندازه جریان و تابع پله زاویه فاز جریان..... ۷۸

فهرست جداول **صفحه**

جدول (۱-۱) : فهرست آزمون‌های لازم الاجرا در کلاس‌های مختلف ۱۱

جدول (۲-۱) : سرعت پاسخ مولدهای مقیاس کوچک به حذف اغتشاشات فرکانس..... ۲۶

جدول (۲-۲) : شرایط اتصال ژنراتور سنکرون به شبکه..... ۳۱

جدول (۲-۳) : حداکثر انحراف جریان هارمونیکی برحسب درصدی از جریان مؤلفهٔ اصلی..... ۴۸

جدول (۲-۴) : حدود مجاز فلیکر در شینه‌هایی با سطح ولتاژ مختلف..... ۵۱

جدول (۲-۵) : تغییرات ولتاژ قابل قبول به صورت تابعی از $(\Delta S/S_{SC})_{\max}$ ۵۱

فصل اول : 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.

این دستورالعمل 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 می نماید.

افزون بر این در ضمیمه الف ، سیگنال‌های آزمون و توابع شیب که در انجام برخی آزمون‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند شرح داده می‌شود.

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 مولدهای سنکرون با محدوده‌ی قدرت کمتر یا مساوی ۲۵مگاوات می‌باشد و شامل مولدهای آسنکرون و سامانه‌های فتوولتائیک نمی‌باشد. این نوع منابع تولید پراکنده نیاز به دستورالعمل جداگانه‌ای خواهند داشت.

۱-۳- استاندارد:

در تدوین این دستورالعمل از استانداردهای زیر استفاده شده است.

۱- ANSI C۳۷.۰۶, American National Standard for AC High-Voltage Circuit Breakers Rated on a Symmetrical Current Basis—Preferred Ratings and Related Required Capabilities.

۲- ANSI C۸۴.۱, American National Standard for Electric Power Systems and Equipment—Voltage Ratings (۶۰ Hz).

۳- IEEE C۳۷.۰۹™, IEEE Standard Test Procedure for AC High-Voltage Circuit Breakers Rated on a Symmetrical Current Basis.۳, ۴

۴- IEEE Std C۳۷.۹۰.۱™, IEEE Standard for Surge Withstand Capability (SWC) Tests for Relays and Relay Systems Associated with Electric Power Apparatus.

۵- IEEE Std C۳۷.۹۰.۲™, IEEE Standard for Withstand Capability of Relay Systems to Radiated Electromagnetic Interference from Transceivers.

۶- IEEE Std C۶۲.۴۱.۲™, IEEE Recommended Practice on Characterization of Surges in Low-Voltage (۱۰۰۰ V and Less) AC Power Circuits.

۷- IEEE Std C۶۲.۴۵™, IEEE Recommended Practice on Surge Testing for Equipment Connected to Low- Voltage (۱۰۰۰ V and Less) AC Power Circuits.

۸- IEEE Std ۱۵۴۷™, IEEE Standard for Interconnecting Distributed Resources with Electric Power Systems. NEMA MG-۱, Motors and Generators.۵

در بخش آزمون تاسیسات و تجهیزات، استانداردهای صنعت برق ایران به شرح ذیل به‌عنوان راهنما استفاده می‌شوند. کاربرد این استانداردها به‌وسیله نیازمندی‌های بیان شده در هر بخش از این استاندارد تعیین می‌شود.

۱- استاندارد مشخصات و خصوصیات انرژی الکتریکی (کیفیت برق) - زمین کردن، چاپ اول، اردیبهشت ۱۳۸۱

۲- استاندارد سیستم اتصال زمین شبکه‌های توزیع، دفتر استانداردهای معاونت تحقیقات و تکنولوژی شرکت توانیر، دی ۱۳۷۴

۳- استاندارد اجرایی پست‌های توزیع زمینی ۲۰ کیلوولت، جلد اول، خرداد۱۳۷۴

۴- استاندارد اجرایی پست‌های توزیع زمینی ۳۳ کیلوولت، تیر ۱۳۷۴

۵- استاندارد کلیدهای ۲۰ و ۳۳ کیلوولت برای کلیدخانه‌های تمام بسته فلزی، معاونت تحقیقات و تکنولوژی شرکت توانیر

۶- استاندارد پست‌های فوق توزیع، کد جلد ۱۲۲۲، دفتر استانداردهای معاونت تحقیقات و تکنولوژی شرکت توانیر، خرداد ۱۳۷۴

۷- استاندارد ترانسفورماتورهای جریان نوع روغنی، امور برق دفتر استانداردهای معاونت تحقیقات و تکنولوژی شرکت توانیر

۸- استاندارد ترانسفورماتورهای جریان ۲۰ و ۳۳ کیلوولت معاونت تحقیقات و تکنولوژی شرکت توانیر

۹- استاندارد ترانسفورماتورهای اندازه‌گیری جریان، دفتر فنی برق، شهریور ۱۳۷۰

۱۰- استاندارد ترانسفورماتورهای ولتاژ نوع رزینی امور برق معاونت تحقیقات و تکنولوژی شرکت توانیر

۱۱- استاندارد ترانسفورماتور ولتاژ خازنی، امور برق دفتر استانداردهای معاونت تحقیقات و تکنولوژی شرکت توانیر

۱۲- استاندارد ترانسفورماتورهای ولتاژ ۲۰ و ۳۳ کیلوولت معاونت تحقیقات و تکنولوژی شرکت توانیر

۱۳- استاندارد ترانسفورماتورهای اندازه‌گیری ولتاژ از ۶۳ تا ۴۰۰ کیلوولت، دفتر فنی برق، شهریور ۱۳۷۰

۱۴- استاندارد ترانسفورماتورهای ولتاژ نوع رزینی امور برق معاونت تحقیقات و تکنولوژی شرکت توانیر

۱۵- استاندارد پست‌های فوق توزیع، کد جلد ۱۲۰۷، دفتر استانداردهای معاونت تحقیقات و تکنولوژی شرکت توانیر، خرداد ۱۳۷۴

۱۶- استاندارد اجرایی پست‌های توزیع زمینی ۳۳ کیلوولت، تیر ۱۳۷۴

۱۷- استاندارد تابلوهای مورد استفاده در شبکه توزیع، جلد سوم، آذر ۱۳۷۴

۱۸- استاندارد سیستم و تابلوهای کنترل پست‌های ۶۳ و ۱۳۲ کیلوولت دفتر استانداردهای معاونت تحقیقات و تکنولوژی شرکت توانیر، بهمن ۱۳۷۴

۱۹- استاندارد سیستم تجهیزات حفاظتی پست‌های ۶۳ و ۱۳۲ کیلوولت دفتر استانداردهای معاونت تحقیقات و تکنولوژی شرکت توانیر، شهریور ۱۳۷۵

۲۰- استاندارد سیستم تغذیه جریان مستقیم (**LVDC**) ایستگاههای فوق توزیع ۶۳/۲۰ و ۱۳۲/۲۰ کیلوولت، دفتر استانداردهای معاونت تحقیقات و تکنولوژی شرکت توانیر، مرداد ۱۳۷۶

۲۱- استاندارد پست‌های فوق توزیع، کد جلد ۱۲۰۷، دفتر استانداردهای معاونت تحقیقات و تکنولوژی شرکت توانیر، خرداد ۱۳۷۴

۲۲- استاندارد اجرایی پست‌های توزیع زمینی ۲۰ کیلوولت، جلد اول، خرداد۱۳۷۴

۲۳- استاندارد اجرایی پست‌های توزیع زمینی ۳۳ کیلوولت، تیر ۱۳۷۴

۲۴- استاندارد کابل‌های مورد استفاده در شبکه توزیع، جلدهای اول و دوم

۲۵- استاندارد روشنایی محوطه، جلد دوم، دفتر استانداردهای معاونت تحقیقات و تکنولوژی شرکت توانیر، دی ۱۳۷۴

۱-۴- تعاریف (به ترتیب حروف الفبا)

سیستم اتصال‌دهنده منابع پراکنده به شبکه[۱]: 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[۲] : **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.

---

[۱] Interconnection system (ICS)

[۲] 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[۳]: نقطه ای که سیستم قدرت محلی به سیستم قدرت ناحیه‌ای وصل می‌شود.

نقطه اتصال منبع تولید پراکنده[۴]: 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.

---

[۳] Point of Common Coupling (PCC)

[۴] 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.

۱-۵- 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.

۱-۵-۱- 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.

۱-۵-۲- 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.

۱-۵-۳- 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.

۱-۵-۴- 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.

۱-۵-۵- 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.

۱-۵-۶- نیازمندی‌های تجهیزات تست

۱-۵-۶-۱- 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

۱-۵-۶-۲- 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 می-گذارد باید ولتاژهای فاز به خنثی را به‌گونه‌ای تولید کند که در محدوده‌ی ۳٪ ولتاژ نامی قرار گیرد و جابجایی فازی در محدوده‌ی 3^{o} 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 $\boldsymbol{V_1}$ به $\boldsymbol{V_1} + ۰.۵\ (\boldsymbol{V_2} - \boldsymbol{V_1})$ 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 $\boldsymbol{f_1}$ به مقدار $\boldsymbol{f_1} + ۰.۵\ (\boldsymbol{f_2} - \boldsymbol{f_1})$ در محدوده‌ی بزرگتر از یک سیکل شکل موج ولتاژ یا ۱٪ تنظیمات زمان قطع تجهیز مورد آزمایش باشد.

۱-۵-۶-۳- 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.

۱-۶- فهرست آزمون‌ها

در جدول (۱-۱) فهرست آزمون‌هایی که لازم است در کلاس‌های مختلف اتصال منابع تولید پراکنده به شبکه بر روی ژنراتور تولید پراکنده، سیستم‌های اتصال‌دهنده منابع پراکنده به شبکه و همچنین تجهیزات و تاسیسات بکار رفته در نیروگاه تولید پراکنده انجام شوند به تفکیک مشاهده می‌گردد. در این جدول وجود علامت ✓ نشاندهنده این مطلب است که لازم است در مرحله "آزمون‌های راه‌اندازی" آزمون مورد نظر در کلاس مربوطه انجام پذیرد و در مرحله "آزمون‌های دوره‌ای" نیز در صورتی که شرایطی که پیش‌تر به آن اشاره گردید فراهم آمد، از جمله تغییرات در عناصر سخت‌افزاری و یا نرم افزاری سیستم اتصال داخلی و یا تنظیمات سیستم اتصال دهنده، آزمون مربوطه صورت پذیرد. علامت ✓* به این معنی است که در صورت وجود این تجهیز، لازم است آزمون مربوطه انجام گیرد.

جدول (۱-۱) : فهرست آزمون‌های لازم الاجرا در کلاس‌های مختلف

آزمون‌های رله‌های حفاظتی سیستم اتصال‌دهنده منابع پراکنده به شبکه	کلاس‌های مختلف ظرفیت مولد مقیاس کوچک به شبکه				
	کلاس ۱	کلاس ۲	کلاس ۳	کلاس ۴	کلاس ۵
اضافه ولتاژ	✓	✓	✓	✓	✓
افت ولتاژ	✓	✓	✓	✓	✓
اضافه فرکانس	✓	✓	✓	✓	✓
افت فرکانس	✓	✓	✓	✓	✓
تطبیق فاز بین مولد و شبکه	✓	✓	✓	✓	✓
سنکرونیزاسیون	✓	✓	✓	✓	✓
قطع فاز	✓	✓	✓	✓	✓
آزمون وصل مجدد پس از قطع ناشی از شرایط غیرعادی	✓	✓	✓	✓	✓
آزمون‌های ژنراتور تولید پراکنده	**کلاس‌های مختلف ظرفیت مولد مقیاس کوچک به شبکه**				
	کلاس ۱	کلاس ۲	کلاس ۳	کلاس ۴	کلاس ۵
هارمونیک	-	-	✓	✓	✓
فلیکر	-	-	✓	✓	✓

قابلیت اطمینان	–	–	✓	✓	✓
اضافه دور رتور	–	–	✓	✓	✓
آزمون‌های تجهیزات و تاسیسات نیروگاه تولید پراکنده	**کلاس‌های مختلف ظرفیت مولد مقیاس کوچک به شبکه**				
	کلاس ۱	کلاس ۲	کلاس ۳	کلاس ۴	کلاس ۵
سیستم زمین	–	–	✓	✓	✓
باس‌بارها و سیم‌کشی هوایی	–	–	✓*	✓*	✓*
ترانسفورماتور اصلی	–	–	✓*	✓	✓
کلید قدرت	–	–	✓	✓	✓
سکسیونر و تیغه زمین	–	–	✓*	✓	✓
ترانسفورماتور جریان	–	–	✓	✓	✓
ترانسفورماتور ولتاژ	–	–	✓*	✓	✓
تابلوهای فشار متوسط	–	–	✓*	✓	✓
تابلوهای حفاظت و کنترل	–	–	✓	✓	✓
تابلوهای تغذیه جریان مستقیم و متناوب	–	–	✓	✓	✓
دستگاه‌های شارژ باتری و اینورتر	–	–	✓*	✓	✓
باسداکت‌ها	–	–	✓*	✓*	✓*
باتری‌ها	–	–	✓*	✓	✓
سیستم کابل	–	–	✓*	✓	✓
سیستم روشنایی محوطه	–	–	–	✓*	✓*

فصل دوم: آزمون‌های راه‌اندازی

۲-۱- مقدمه:

برای انجام آزمون‌های راه اندازی، لازم است که مالک تجهیز قبلاً به مرکز توسعه مولدهای مقیاس کوچک مراجعه و چک‌لیست فنی **مولد/مولدهای** خود را به تائید این مرکز برساند و پس از آن با مراجعه به شرکت برق و ارائه تائیدیه، اجازه‌نامه کتبی انجام آزمون‌ها را اخذ نماید.

یک گروه مستقل و دارای شرایط لازم (مانند مهندسان حرفه‌ای، تکنسین‌های مورد تائید و یا متخصصین برق صلاحیت‌دار و دارای تجربه در آزمون تجهیزات) باید، در موعدی که با بهره‌بردار شبکه هماهنگ و مورد توافق قرار می گیرد، آزمون‌های راه‌اندازی را انجام دهند.

قبل از انجام آزمون‌های راه اندازی لازم است بررسی و بازبینی موارد زیر توسط تیم انجام دهنده آزمون ها صورت پذیرد:

- ✓ بررسی انطباق تجهیزات و نحوه نصب آن ها با طرح اتصال مصوب
- ✓ ثبت تنظیمات اعمال شده
- ✓ بررسی چشمی نحوه اجرای سیستم زمین
- ✓ بررسی چشمی قابلیت عملکرد کلید جداکننده (سکسیونر)
- ✓ بررسی مطابقت توان نامی، نسبت تبدیل و پلاریته **CT** و **PT** ها با طراحی
- ✓ بررسی مطابقت سیم کشی مدارات فرمان و قدرت با طرح اتصال مصوب و نقشه ها از طریق بازبینی چشمی و بوسیله تست مقاومت عایقی و تست اهمی
- ✓ بررسی عملکرد کلید قدرت با فرمان رله های حفاظتی

بهره‌بردار شبکه می‌تواند با اعزام نماینده بر انجام آزمون‌های راه‌اندازی مطابق با آنچه‌که در این بخش شرح داده شده نظارت داشته باشد و یا با صدور اجازه کتبی برای انجام آزمون‌ها صرفاً مدارک مربوط به انجام آزمایشات بر روی تجهیزات و نتایج مربوطه را از مالک بخواهد.

گزارش نهایی آزمون اتصال باید شامل نتایج همه‌ی آزمون ها و لیستی از تنظیمات نهایی سیستم باشد.

در صورتی‌که ارزیابی تجهیز مورد آزمایش با استفاده از روش‌های مشخص شده در این دستورالعمل امکان-پذیر نباشد می‌توان روش‌های آزمون جایگزینِ مورد توافق بین سازندگان، شرکت‌های انجام دهنده‌ی آزمون و بهره‌بردار شبکه را مورد استفاده قرار داد. وقتی که از این روش‌های جایگزین استفاده می‌شود، باید جزئیات این روش‌ها و دلیل استفاده از آن‌ها به‌جای روش‌های اصلی در گزارش آزمون ارائه گردد.

برای آزمون‌های پاسخ به شرایط غیرعادی ولتاژ، پاسخ به شرایط غیرعادی فرکانس، سنکرونیزاسیون، توان معکوس و وصل مجدد پس از قطع ناشی از شرایط غیرعادی روش‌های تزریق سیگنال آزمون می‌توانند استفاده شوند.

مطابق این دستورالعمل می توان آزمون‌های راه اندازی را بر روی سیستم های کامل، رله های چندمنظوره، وسایل مجزا یا هر ترکیب دیگری انجام داد. زمان‌بندی‌های مورد اشاره در شکل الف.۱ برای سیستم‌های مجتمع کامل می‌باشند. درصورتی‌که آزمون‌های راه اندازی بر روی تجهیزاتی غیر از یک سیستم مجتمع کامل انجام گیرند، برای این‌که بتوان مطابقت با زمان‌بندی‌های این شکل و برآورده شدن نیازمندی‌های دستورالعمل را در نظر گرفت، می‌توان تجهیزات مستقل را به‌صورت یک سیستم مجتمع کامل درآورد و یا به‌عنوان یک روش جایگزین زمان بندی های اجزای مستقل را به تفکیک محاسبه و مجموع آنها را برای بررسی و ثبت در گزارش نهایی استفاده کرد.

۲-۲- آزمون‌های رله‌های حفاظتی سیستم اتصال

۲-۲-۱- آزمون پاسخ به شرایط غیرعادی ولتاژ

در این آزمون تجهیز مورد آزمایش رله‌ی اضافه/کاهش ولتاژ یا رله‌ی مجتمع شامل تابع حفاظتی اضافه/کاهش ولتاژ می‌باشد. درصورتی‌که 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 متصل‌کننده مربوطه باشد.

هنگامی‌که ترانسفورماتور ایزوله‌کننده توسط سازنده به‌کار گرفته شده و یا موردنیاز باشد، ولتاژ سمت شبکه این ترانسفورماتور، مبنای دستورالعمل می‌باشد.

آزمون تحت بار باید در مقادیر زیر انجام شوند:

- حداقل جریان بهره‌برداری
- نزدیک‌ترین جریان ممکن به جریان نامی و در ضریب توان واحد
- نزدیک‌ترین جریان ممکن به جریان نامی و در ضریب توان حداقل پیش‌فاز که به‌وسیله سازنده مشخص گردیده است.
- نزدیک‌ترین جریان ممکن به جریان نامی و در ضریب توان حداقل پس‌فاز که به‌وسیله سازنده مشخص گردیده است.

درموارد مقتضی، روش‌های آزمون تزریق سیگنال می‌تواند مورداستفاده قرار گیرد.

۲-۲-۱-۱- آزمون اضافه ولتاژ

۲-۲-۱-۱-۱- 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. این آزمون پارامترهای " مقدار ولتاژ قطع" و "زمان قطع" را برای هر تابع حفاظتی اضافه ولتاژ مشخص می‌کند.

۲-۲-۱-۱-۲- روال انجام آزمون - مقدار ولتاژ قطع

این روال که از تابع شیب تعریف شده در ضمیمه الف استفاده می‌کند باید به‌ترتیب زیر انجام شود.

الف. اتصالات رله را مطابق با دستورالعمل‌ها و مشخصات سازنده برقرار نمایید.

ب. همه پارامترهای منبع ولتاژ آزمایش را برای شرایط عملکرد نامی رله تنظیم نمایید.

پ. بررسی کنید همه پارامترهای رله برای شرایط کار نامی تنظیم شده باشند. اگر تنظیمات اضافه ولتاژ قابل تنظیم بودند، رله را برای **مقدار حداقل** اضافه ولتاژ تنظیم نمایید به‌طوریکه از مجموع ولتاژ نامی بعلاوه دوبرابر دقت بیان شده سازنده کمتر نباشد.

ت. تنظیمات اعمال شده را ثبت نمایید.

ث. برای واحدهای تک‌فاز، ولتاژ منبع آزمایش را همانطور که در ضمیمه الف بیان شده است در نقطه شروع V_b[۵] تنظیم نمایید. منبع باید برای مدت زمان t_h[۶] در این ولتاژ باقی بماند. در انتهای این زمان با استفاده از دستورالعمل مشخص شده در ضمیمه الف اعمال تابع شیب را آغاز کنید.

برای واحدهای سه‌فاز، ولتاژ یک فاز را بر روی نقطه شروع V_b تنظیم نمایید. بررسی کنید که فازهای باقی-مانده همچنان در مقدار نامی خود قرار داشته باشند.

ج. هنگامی که رله عمل (قطع) کرد همه‌ی اندازه‌های ولتاژ را ثبت کنید.

چ. مراحل الف تا ج را برای پنج مرتبه آزمون تکرار کنید.

ح. برای واحدهای سه‌فاز، مراحل الف تا چ را یک بار برای هر فاز به‌طور جداگانه و یک بار برای همه‌ی فازها به‌طور همزمان تکرار کنید.

خ. اگر تنظیم اضافه ولتاژ قابل تغییر است مراحل ت تا ح را در **مقدار میانی** و **مقدار حداکثر** محدوده تنظیمات نیز تکرار کنید.

۲-۲-۱-۱-۲-۱- نیازمندی‌ها

در صورت استفاده از منبع شبیه‌ساز سیستم قدرت ناحیه‌ای باید نیازمندی‌های بخش ۱-۵-۶-۲ رعایت شود. همچنین سیستم اندازه‌گیری باید با شرایط بخش ۱-۵-۶-۳ مطابقت داشته باشد.

اگر در مرحله ح از دستورالعمل ۲-۲-۱-۱-۲- نتایج آزمون سه‌فاز همزمان، با نتایج آزمون فاز مستقل اختلافی بیشتر از دقت مشخص شده توسط سازنده داشته باشد، ممکن است آزمون های بیشتری برای بررسی پاسخ سیستم به تغییرات اندازه ولتاژ فاز، بجای تغییرات اندازه ولتاژ خط، لازم باشد.

۲-۲-۱-۱-۲-۲- معیار پذیرش

رله در صورتی مورد تائید قرار می‌گیرد که

- اولا، در صورتی‌که نقاط قطع اضافه ولتاژ آن قابل تنظیم باشند، این نقاط بتوانند محدوده‌ی ولتاژهای کمتر از ٪۱۱۰ ولتاژ نامی تا بیشتر از ٪۱۲۰ ولتاژ نامی را پوشش دهند.

---

[۵] V_b ولتاژ شروع در تابع شیب می‌باشد.

[۶] متغیر t_h باید حداقل دو برابر تنظیمات زمان قطع باشد. این زمان به منظور جلوگیری از تداخل با دیگر نقاط قطع می‌باشد.

- ثانیاً، رله باید حداقل در چهار آزمون از پنج آزمون بتواند در نقاط تنظیم شده برای آن به‌درستی و با خطای کمتر از دقت بیان شده توسط سازنده عمل نماید.

۲-۲-۱-۱-۳- روال انجام آزمون – زمان قطع

این روال که از تابع پله تعریف شده در ضمیمه الف استفاده می‌کند باید به‌ترتیب زیر انجام شود.

الف اتصالات رله را مطابق با دستورالعمل‌ها و مشخصات سازنده برقرار نمایید.

ب. همه پارامترهای منبع ولتاژ آزمایش را برای شرایط عملکرد نامی رله تنظیم نمایید.

پ. بررسی کنید همه پارامترهای رله برای شرایط کار نامی تنظیم شده باشند.اگر تنظیمات زمان قطع اضافه ولتاژ قابل تغییر بود آن‌را در کمترین مقدار قرار دهید.

ت. تنظیمات اعمال شده را ثبت نمایید.

ث. ولتاژ منبع را روی مقداری تنظیم کنید که نهایتا ٪۱۰ با تنظیمات نقطه قطع اضافه ولتاژ اختلاف داشته باشد(اما به نقطه قطع اضافه ولتاژ نرسد). منبع باید برای مدت زمان t_h در این سطح ولتاژ نگه داشته شود. در انتهای این زمان ولتاژ منبع را به مقداری که باعث می‌شود واحد تریپ دهد افزایش دهید. برای واحدهای سه‌فاز این آزمون می‌تواند تنها بر روی یک فاز انجام گیرد.

ج. زمان تریپ را ثبت نمایید.

چ. مراحل ت تا ج را برای پنج مرتبه آزمون تکرار کنید.

ح. اگر زمان قطع قابل تنظیم است مراحل ت تا چ را در **مقدار میانی** و **مقدار حداکثر** تنظیمات زمانی اضافه ولتاژ تکرار کنید.

۲-۲-۱-۱-۳-۱- نیازمندی‌ها

در صورت استفاده از منبع شبیه‌ساز سیستم قدرت ناحیه‌ای باید نیازمندی‌های بخش ۱-۵-۶-۲ رعایت شود. همچنین سیستم اندازه‌گیری باید با شرایط بخش ۱-۵-۶-۳ مطابقت داشته باشد.

۲-۲-۱-۱-۳-۲- معیارپذیرش

رله در صورتی مورد تائید قرار می‌گیرد که :

- اولا، در صورتی‌که نقاط قطع زمانی آن قابل تنظیم باشند، این نقاط بتوانند محدوده‌ی زمان‌های کمتر از ۰.۲ثانیه تا بیشتر از ۱.۲ ثانیه را پوشش دهند.

- ثانیا، رله باید حداقل در چهار آزمون از پنج آزمون بتواند در نقاط تنظیم شده برای آن به‌درستی و با خطای کمتر از دقت بیان شده توسط سازنده عمل نماید.

۲-۲-۱-۲- آزمون افت ولتاژ

۲-۲-۱-۲-۱- 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. این آزمون پارامترهای " مقدار ولتاژ قطع" و "زمان قطع" را برای هر تابع حفاظتی افت ولتاژ مشخص می‌کند.

۲-۲-۱-۲-۲- روال انجام آزمون – مقدار ولتاژ قطع

این روال که از تابع شیب تعریف شده در ضمیمه الف استفاده می‌کند باید به‌ترتیب زیر انجام شود:

الف. اتصالات رله را مطابق با دستورالعمل‌ها و مشخصات سازنده برقرار نمایید.

ب. همه پارامترهای منبع ولتاژ آزمایش را برای شرایط عملکرد نامی رله تنظیم نمایید.

پ. بررسی کنید همه پارامترهای رله برای شرایط کار نامی تنظیم شده باشند.اگر تنظیمات افت ولتاژ قابل تنظیم بودند، رله را برای **مقدار حداقل** افت ولتاژ تنظیم نمایید.

ت. تنظیمات اعمال شده را ثبت نمایید.

ث. برای واحدهای تک‌فاز، ولتاژ منبع را همانطور که در ضمیمه الف بیان شده است در نقطه شروع V_b تنظیم نمایید. منبع باید برای مدت زمان t_h در این ولتاژ باقی بماند. در انتهای این زمان با استفاده از دستورالعمل مشخص شده در ضمیمه الف اعمال تابع شیب را آغاز کنید. برای واحدهای سه‌فاز، ولتاژ یک فاز را بر روی نقطه شروع V_b تنظیم نمایید. بررسی کنید که فازهای باقی‌مانده همچنان در مقدار نامی خود قرار داشته باشند.

ج. هنگامی که رله عمل (قطع) کرد همه‌ی اندازه‌های ولتاژ را ثبت کنید.

چ. مراحل الف تا ج را برای پنج مرتبه آزمون تکرار کنید.

ح. برای واحدهای سه‌فاز، مراحل الف تا چ را یک بار برای هر فاز به‌طور جداگانه و یک بار برای همه‌ی فازها به‌طور همزمان تکرار کنید.

خ. اگر تنظیم افت ولتاژ قابل تغییر است مراحل ت تا ح را در **مقدار میانی** و **مقدار حداکثر** محدوده تنظیمات نیز تکرار کنید.

۲-۲-۱-۲-۱- نیازمندی‌ها

در صورت استفاده از منبع شبیه‌ساز سیستم قدرت ناحیه‌ای باید نیازمندی‌های بخش ۱-۵-۶-۲ رعایت شود. همچنین سیستم اندازه‌گیری باید با شرایط بخش ۱-۵-۶-۳ مطابقت داشته باشد.

اگر در مرحله ح از دستورالعمل۲-۲-۱-۲-۲- نتایج آزمون سه‌فاز همزمان با نتایج آزمون فاز مستقل بیشتر از دقت مشخص شده توسط سازنده تفاوت داشته باشد، ممکن است آزمون های بیشتری برای بررسی پاسخ سیستم به تغییرات اندازه ولتاژ فاز، به‌جای تغییرات اندازه ولتاژ خط، لازم باشد.

۲-۲-۱-۲-۲- معیار پذیرش

رله در صورتی مورد تائید قرار می‌گیرد که

- اولا، در صورتی‌که نقاط قطع زمانی آن قابل تنظیم باشند، این نقاط بتوانند محدوده‌ی ولتاژهای کمتر از ٪۵۰ ولتاژ نامی تا بیشتر از ٪۸۸ ولتاژ نامی را پوشش دهند.

- ثانیا، رله باید حداقل در چهار آزمون از پنج آزمون بتواند در نقاط تنظیم شده برای آن به‌درستی و با خطای کمتر از دقت بیان شده توسط سازنده عمل نماید.

۲-۲-۱-۲-۳- روال انجام آزمون – زمان قطع

این روال که از تابع پله تعریف شده در ضمیمه الف استفاده می‌کند باید به‌ترتیب زیر انجام شود.

الف اتصالات رله را مطابق با دستورالعمل‌ها و مشخصات سازنده برقرار نمایید.

ب. همه پارامترهای منبع ولتاژ آزمایش را برای شرایط عملکرد نامی رله تنظیم نمایید.

پ. بررسی کنید همه پارامترهای رله برای شرایط کار نامی تنظیم شده باشند. اگر تنظیمات زمان قطع افت ولتاژ قابل تغییر بود آن‌را در کمترین مقدار قرار دهید.

ت. تنظیمات اعمال شده را ثبت نمایید.

ث. ولتاژ منبع را به مقداری تنظیم کنید که نهایتا ٪۱۰ با نقطه قطع افت ولتاژ اختلاف داشته باشد (اما به نقطه قطع افت ولتاژ نرسد). منبع باید برای مدت زمان t_h در این ولتاژ نگه داشته شود. در انتهای این زمان

ولتاژ منبع را به مقداری که باعث می‌شود واحد تریپ دهد برسانید. برای واحدهای سه‌فاز این آزمون می-تواند تنها بر روی یک فاز انجام گیرد.

ج. زمان تریپ را ثبت نمایید.

چ. مراحل ت تا ج را برای پنج مرتبه آزمون تکرار کنید.

ح. اگر زمان قطع قابل تنظیم است مراحل ت تا چ را در **مقدار میانی** و **مقدار حداکثر** تنظیمات زمانی افت ولتاژ تکرار کنید.

۲-۲-۱-۲-۳-۱- نیازمندی‌ها

در صورت استفاده از منبع شبیه‌ساز سیستم قدرت ناحیه‌ای باید نیازمندی‌های بخش ۱-۵-۶-۲ رعایت شود. همچنین سیستم اندازه‌گیری باید با شرایط بخش ۱-۵-۶-۳ مطابقت داشته باشد.

۲-۲-۱-۲-۳-۲- معیارپذیرش

رله در صورتی مورد تائید قرار می‌گیرد که

- اولا، در صورتی‌که نقاط قطع زمانی آن قابل تنظیم باشند، این نقاط بتوانند محدوده‌ی زمان‌های کمتر از۰.۲ثانیه تا بیشتر از ۲.۴ ثانیه را پوشش دهند.

- ثانیا، رله باید حداقل در چهار آزمون از پنج آزمون بتواند در نقاط تنظیم شده برای آن به‌درستی و با خطای کمتر از دقت بیان شده توسط سازنده عمل نماید.

۲-۲-۲- آزمون پاسخ به شرایط غیرعادی فرکانس

در این آزمون تجهیز مورد آزمایش رله‌ی اضافه/کاهش فرکانس یا رله‌ی مجتمع شامل تابع حفاظتی اضافه/کاهش فرکانس می‌باشد.

۲-۲-۲-۱- آزمون اضافه فرکانس

۲-۲-۲-۱-۱- هدف

هدف این آزمون اطمینان از توقف تزریق توان توسط دستگاه یا سیستم اتصال دهنده منابع پراکنده به شبکه در شرایط وجود اضافه فرکانس در شبکه است. این آزمون پارامترهای " مقدار فرکانس قطع" و "زمان قطع" را برای هر تابع حفاظتی اضافه فرکانس مشخص می‌کند.

۲-۲-۲-۱-۲- روال انجام آزمون– مقدار فرکانس قطع

این روال که از تابع شیب تعریف شده در ضمیمه الف استفاده می‌کند باید به‌ترتیب زیر انجام شود.

الف اتصالات رله را مطابق با دستورالعمل‌ها و مشخصات سازنده برقرار نمایید.

ب. همه پارامترهای منبع ولتاژ آزمایش را برای شرایط عملکرد نامی رله تنظیم نمایید.

پ. بررسی کنید همه پارامترهای رله برای شرایط کار نامی تنظیم شده باشند.اگر تنظیمات اضافه فرکانس قابل تنظیم بودند، رله را برای **مقدار حداقل** اضافه فرکانس تنظیم نمایید.

ت. تنظیمات اعمال شده را ثبت نمایید.

ث. . فرکانس منبع را در نقطه شروع f_b [۷] تنظیم نمایید. منبع باید برای مدت زمان t_h در این فرکانس باقی بماند. در انتهای این زمان با استفاده از دستورالعمل مشخص شده در ضمیمه الف اعمال تابع شیب را آغاز کنید.

ج. هنگامی که رله عمل (قطع) کرد فرکانس را ثبت کنید.

چ. مراحل الف تا ج را برای پنج مرتبه آزمون تکرار کنید.

---

[۷] f_b فرکانس شروع در تابع شیب می‌باشد.

ح. اگر تنظیم اضافه فرکانس قابل تغییر است مراحل ت تا چ را در **مقدار میانی** و **مقدار حداکثر** محدوده تنظیمات نیز تکرار کنید.

۲-۲-۲-۱-۲-۱- نیازمندی‌ها

در صورت استفاده از منبع شبیه‌ساز سیستم قدرت ناحیه‌ای باید نیازمندی‌های بخش ۱-۵-۶-۲ رعایت شود. همچنین سیستم اندازه‌گیری باید با شرایط بخش ۱-۵-۶-۳ مطابقت داشته باشد.

۲-۲-۲-۱-۲-۲- معیار پذیرش

رله در صورتی مورد تائید قرار می‌گیرد که:

- اولا، نقطه بیشینه تنظیم قطع اضافه فرکانس محدوده‌ی فرکانس ۵۰.۴۲ Hz یا بیشتر را پوشش دهد.

- ثانیا، رله باید حداقل در چهار آزمون از پنج آزمون بتواند در نقاط تنظیم شده برای آن به‌درستی و با خطای کمتر از دقت بیان شده توسط سازنده عمل نماید.

۲-۲-۲-۱-۳- روال انجام آزمون– زمان قطع

این روال که از تابع پله تعریف شده در ضمیمه الف استفاده می‌کند باید به‌ترتیب زیر انجام شود.

الف اتصالات رله را مطابق با دستورالعمل‌ها و مشخصات سازنده برقرار نمایید.

ب. همه پارامترهای منبع ولتاژ آزمایش را برای شرایط عملکرد نامی رله تنظیم نمایید.

پ. بررسی کنید همه پارامترهای رله برای شرایط کار نامی تنظیم شده باشند. اگر تنظیمات زمان قطع اضافه فرکانس قابل تغییر بود آن‌را در کمترین مقدار قرار دهید.

ت. تنظیمات اعمال شده را ثبت نمایید.

ث. فرکانس منبع را روی مقداری تنظیم کنید که نهایتا ٪۱ با نقطه قطع اضافه فرکانس اختلاف داشته باشد (اما به نقطه قطع اضافه فرکانس نرسد). منبع باید برای مدت زمان t_h در این فرکانس نگه داشته شود. در انتهای این زمان فرکانس منبع را به مقداری که باعث می‌شود واحد تریپ دهد افزایش دهید.

ج. زمان تریپ را ثبت نمایید.

چ. مراحل ت تا ج را برای پنج مرتبه آزمون تکرار کنید.

ح. اگر زمان قطع قابل تنظیم است مراحل ت تا چ را در **مقدار میانی** و **مقدار حداکثر** تنظیمات زمانی اضافه فرکانس تکرار کنید.

۲-۲-۲-۱-۳-۱- نیازمندی‌ها

در صورت استفاده از منبع شبیه‌ساز سیستم قدرت ناحیه‌ای باید نیازمندی‌های بخش ۱-۵-۶-۲ رعایت شود. همچنین سیستم اندازه‌گیری باید با شرایط بخش ۱-۵-۶-۳ مطابقت داشته باشد.

۲-۲-۲-۱-۳-۲- معیارپذیرش

رله در صورتی مورد تائید قرار می‌گیرد که:

- اولا، در صورتی‌که نقاط قطع زمانی آن قابل تنظیم باشند، مقدار حداقل تنظیمات زمانی، محدوده‌ی زمان‌های ۰.۲ثانیه یا کمتر را پوشش دهند.

- ثانیا، رله باید حداقل در چهار آزمون از پنج آزمون بتواند در نقاط تنظیم شده برای آن به‌درستی و با خطای کمتر از دقت بیان شده توسط سازنده عمل نماید.

۲-۲-۲-۱-۳-۳- توضیحات

برای برخی تجهیزات اندازه گام ماقبل حد فرمان قطع فرکانسی باید حتی‌الامکان کوچک باشد تا نتایج اشتباه را کاهش دهد. تغییرات پله‌ای فرکانسی زیاد می‌تواند در عملکرد حلقه‌بسته فازی تجهیز مورد آزمون تداخل ایجاد کند.

۲-۲-۲- ۲- آزمون افت فرکانس

۲-۲-۲-۲-۱- هدف

هدف این آزمون اطمینان از توقف تزریق توان توسط دستگاه یا سیستم اتصال دهنده منابع پراکنده به شبکه در شرایط وجود افت فرکانس در شبکه است. این آزمون پارامترهای " مقدار فرکانس قطع" و "زمان قطع" را برای هر تابع حفاظتی افت فرکانس مشخص می‌کند.

۲-۲-۲-۲-۲- روال انجام آزمون– مقدار فرکانس قطع

این روال که از تابع شیب تعریف شده در ضمیمه الف استفاده می‌کند باید به‌ترتیب زیر انجام شود.

الف. اتصالات رله را مطابق با دستورالعمل‌ها و مشخصات سازنده برقرار نمایید.

ب. همه پارامترهای منبع ولتاژ آزمایش را برای شرایط عملکرد نامی رله تنظیم نمایید.

پ. بررسی کنید همه پارامترهای رله برای شرایط کار نامی تنظیم شده باشند. اگر تنظیمات افت فرکانس قابل تنظیم بودند، رله را برای **مقدار حداقل** افت فرکانس تنظیم نمایید.

ت. تنظیمات اعمال شده را ثبت نمایید.

ث. فرکانس منبع را در نقطه شروع f_b تنظیم نمایید. منبع باید برای مدت زمان t_h در این فرکانس باقی بماند. در انتهای این زمان با استفاده از دستورالعمل مشخص شده در ضمیمه الف اعمال تابع شیب را آغاز کنید.

ج. هنگامی که رله عمل (قطع) کرد فرکانس را ثبت کنید.

چ. مراحل الف تا ج را برای پنج مرتبه آزمون تکرار کنید.

ح. اگر تنظیم افت فرکانس قابل تغییر است مراحل ت تا چ را در **مقدار میانی** و **مقدار حداکثر** محدوده تنظیمات نیز تکرار کنید.

۲-۲-۲-۲-۱-۲- نیازمندی‌ها

در صورت استفاده از منبع شبیه‌ساز سیستم قدرت ناحیه‌ای باید نیازمندی‌های بخش ۱-۵-۶-۲ رعایت شود. همچنین سیستم اندازه‌گیری باید با شرایط بخش ۱-۵-۶-۳ مطابقت داشته باشد.

۲-۲-۲-۲-۲-۲- معیار پذیرش

در مولدهای با قدرت ۲۰kW یا کمتر رله در صورتی مورد تائید قرار می‌گیرد که:

- اولا، نقطه کمینه تنظیم افت فرکانس، محدوده‌ی فرکانس ۴۹.۴۲ Hz یا کمتر را پوشش دهد.
- ثانیا، رله باید حداقل در چهار آزمون از پنج آزمون بتواند در نقاط تنظیم شده برای آن به‌درستی و با خطای کمتر از دقت بیان شده توسط سازنده عمل نماید.

در مولدهای با قدرت بیشتر از ۲۰kW، رله در صورتی مورد تائید قرار می‌گیرد که:

- اولا، نقطه کمینه تنظیم افت فرکانس محدوده‌ی فرکانس ۴۷.۵ Hz یا کمتر را پوشش دهد.

- ثانیا، رله باید حداقل در چهار آزمون از پنج آزمون بتواند در نقاط تنظیم شده برای آن به‌درستی و با خطای کمتر از دقت بیان شده توسط سازنده عمل نماید

۲-۲-۲-۲-۳- روال انجام آزمون – زمان قطع

این روال که از تابع پله تعریف شده در ضمیمه الف استفاده می‌کند باید به‌ترتیب زیر انجام شود:

الف. اتصالات رله را مطابق با دستورالعمل‌ها و مشخصات سازنده برقرار نمایید.

ب. همه پارامترهای منبع ولتاژ آزمایش را برای شرایط عملکرد نامی رله تنظیم نمایید.

پ. بررسی کنید همه پارامترهای رله برای شرایط کار نامی تنظیم شده باشند.اگر تنظیمات زمان قطع افت فرکانس قابل تغییر بود آن‌را در کمترین مقدار قرار دهید.

ت. تنظیمات اعمال شده را ثبت نمایید.

ث. فرکانس منبع را روی مقداری تنظیم کنید که نهایتا ۱٪ با نقطه قطع افت فرکانس اختلاف داشته باشد. منبع باید برای مدت t_h در این فرکانس نگه داشته شود. در انتهای این زمان فرکانس منبع را به مقداری که باعث می‌شود واحد تریپ دهد برسانید.

ج. زمان تریپ را ثبت نمایید.

چ. مراحل ت تا ج را برای پنج مرتبه آزمون تکرار کنید.

ح. اگر زمان قطع قابل تنظیم است مراحل ت تا چ را در **مقدار میانی** و **مقدار حداکثر** تنظیمات زمانی افت فرکانس تکرار کنید.

۲-۲-۲-۲-۳-۱- نیازمندی‌ها

در صورت استفاده از منبع شبیه‌ساز سیستم قدرت ناحیه‌ای باید نیازمندی‌های بخش ۱-۵-۶-۲ رعایت شود. همچنین سیستم اندازه‌گیری باید با شرایط بخش ۱-۵-۶-۳ مطابقت داشته باشد.

۲-۲-۲-۲-۳-۲- معیارپذیرش

مطابق با جدول (۲-۱)، تجهیز مورد آزمایش در صورتی مورد تائید قرار می‌گیرد که

- اولا، در صورتی‌که نقاط قطع زمانی آن قابل تنظیم باشند، تنظیم زمانی باید محدوده‌ی زمان‌های کمتر از ۰.۲ثانیه تا زمان‌های بیشتر از ۳۶۰ ثانیه را پوشش دهد.

- ثانیا، رله حداقل در چهار آزمون از پنج آزمون بتواند در نقاط تنظیم شده‌ی فرکانس و زمان عملکرد مطابق با جدول (۲-۱)، به‌درستی و با خطای کمتر از دقت بیان شده توسط سازنده عمل نماید.

جدول (۲-۱) : سرعت پاسخ مولدهای مقیاس کوچک به حذف اغتشاشات فرکانس

کلاس قدرت مولد	محدودهٔ فرکانس	زمان قطع (ثانیه)
کلاس ۱ (قدرت ۲۰kW یا کمتر)	کمتر از ۴۹/۴۲ هرتز	۰/۲
کلاس ۲، ۳، ۴ و ۵ (قدرت بیشتر از ۲۰kW)	بین ۴۹/۸۳ تا ۴۷/۵ هرتز	قابل تنظیم(از ۰.۲ تا ۳۰۰)
	کمتر از ۴۷/۵ هرتز	۰/۲

۲-۲-۲-۳-۲-۲-۳- توضیحات

برای برخی تجهیزات اندازه گام ماقبل حد تریپ فرکانسی باید حتی‌الامکان کوچک باشد تا نتایج اشتباه را کاهش دهد. تغییرات پله‌ای فرکانسی زیاد می‌تواند در عملکرد حلقه‌بسته فازی تجهیز مورد آزمون تداخل ایجاد کند.

۲-۲-۳- آزمون تطبیق فاز بین مولد و شبکه

این آزمون جهت اطمینان از رعایت اتصال صحیح فازهای مولد به شبکه صورت می‌گیرد.

می‌توان این آزمون را به دو روش انجام داد:

۲-۲-۳-۱- روش اول (استفاده از فازمتر)

۲-۲-۳-۱-۱- روال

الف. ابتدا ژنراتور را در جهت چرخشی که برای آن طراحی شده است، به گردش در آورید.

ب. دستگاه تعیین فاز (فازمتر) را به هریک از فازهای متناظر ژنراتور و شبکه متصل نمایید.

۲-۲-۳-۱-۲- معیار پذیرش:

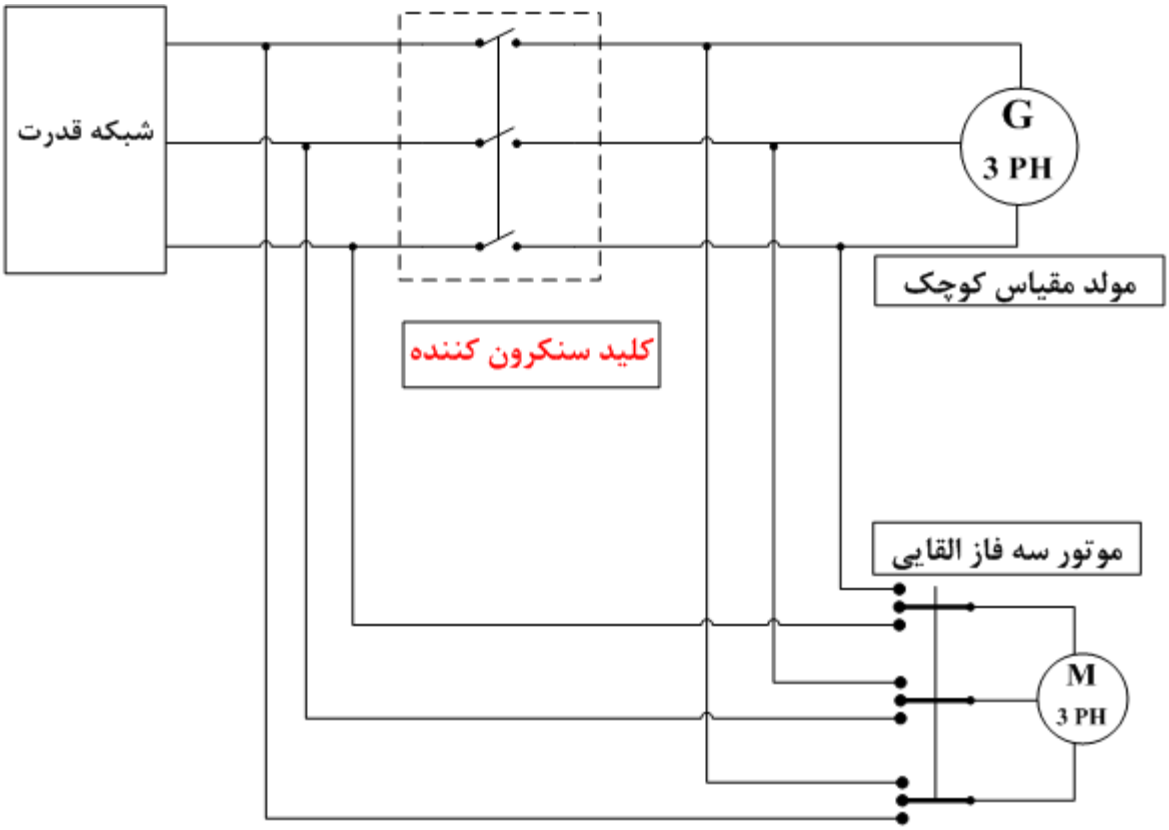
درصورتی‌که دستگاه تعیین فاز (فازمتر) مقدار صفر را نشان دهد، به معنای یکسان بودن توالی فازها است و می‌توان این دو فاز را به هم متصل نمود.

۲-۲-۳-۲- روش دوم (استفاده از موتور القایی)

۲-۲-۳-۲-۱- روال

الف. ابتدا ژنراتور را در جهت چرخشی که برای آن طراحی شده است، به گردش در آور.ید.

ب. یک موتور القایی را مطابق شکل زیر و با رعایت ترتیب فاز، یک بار به شبکه و بار دیگر به ترمینال‌های خروجی مولد متصل نمایید.



شکل (۲-۱): دیاگرام اتصال برای آزمون تطبیق فاز بین مولد و شبکه

۲-۲-۳-۲-۲- معیار پذیرش:

اگر جهت چرخش موتور القایی در هر دو حالت یکسان باشد دلالت بر توالی فازهای یکسان دارد.

۲-۲-۴- سنکرونیزاسیون

هدف این آزمون اطمینان از سنکرون کردن صحیح و مطمئن ژنراتور با سیستم قدرت ناحیه‌ای توسط تجهیز مورد آزمایش (رله‌ی سنکرون‌کننده) می‌باشد.

در این آزمون بررسی می‌شود که رله‌ی سنکرونیزاسیون، تنها هنگامی که پارامترهای اصلی سنکرونیزاسیون در محدوده‌ی مجازهستند، فرمان بسته شدن کلید سنکرون‌کننده را صادر می‌کند.

سه روش آزمون متفاوت ارائه گردیده است: در اولین روش از منابع ولتاژ آزمایشی برای شبیه سازی ژنراتور و شبکه استفاده می‌شود و آزمون بر روی رله‌ی مجزا یا کنترلر چندمنظوره با تابع کنترلی سنکرونیزاسیون انجام می‌شود. در روش دوم از یک ژنراتور واقعی استفاده می‌شود. روش سوم برای آزمون رله‌هایی به‌کار می-رود که در آن‌ها تابع سنکرونیزاسیون نمی‌تواند غیرفعال شود و یا ولتاژ نمی‌تواند به‌راحتی قطع شود.

در ادامه هر یک از این سه روش تشریح می‌گردد.

۲-۲-۴- ۱- روش اول: آزمون تابع سنکرونیزاسیون با استفاده از منابع شبیه‌سازی شده

۲-۲-۴-۱-۱- هدف

هدف از این آزمون اطمینان از عملکرد صحیح و قابل اعتماد تجهیزات اتصال در سنکرون کردن ژنراتور با شبکه قدرت ناحیه‌ای است، به گونه‌ای که پیش از بسته شدن کلید سنکرون‌کننده، ژنراتور در محدوده‌ی مجازی از اختلاف ولتاژ، اختلاف فرکانس و اختلاف زاویه فاز قرار داشته باشد.

این فرآیند برای یک رله‌ی سنکرون‌کننده مجزا و یا یک رله‌ی چندمنظوره که شامل یک تابع سنکرونیزاسیون می‌باشد طراحی شده و در آزمون‌های آزمایشگاهی می‌توان از منبع ولتاژ آزمایشگاهی ویژه-ی تست تجهیزات برای شبیه‌سازی ژنراتور سیستم قدرت ناحیه‌ای استفاده نمود.

اگر تجهیز مورد آزمایش (رله‌ی سنکرونیزاسیون) شامل کلید سنکرون‌کننده نباشد، برای برآورده شدن معیار پذیرش، باید زمان عملکرد کلید سنکرون‌کننده‌ی مستقلی که با تجهیز استفاده می‌شود نیز درنظر گرفته شود.

۲-۲-۴-۱-۲- روال

الف. اتصالات رله را مطابق با دستورالعمل‌ها و مشخصات سازنده برقرار نمایید.

ب. تجهیزات آزمون را برای مانیتورینگ فرمان بسته شدن کلید سنکرون‌کننده، ارتباط فازی بین خروجی ژنراتور شبیه‌سازی شده و منبع سیستم قدرت ناحیه‌ای، فرکانس و ولتاژ دو منبع متصل کنید.

پ. منبع شبیه ساز سیستم قدرت ناحیه‌ای را در ولتاژ و فرکانس نامی تنظیم کنید. تنظیمات اعمال شده را ثبت کنید.

ت. در این مرحله بررسی می‌شود که رله خارج از محدوده‌ی مجاز برای ولتاژ، که در جدول (۲-۲) مشخص شده است، فرمان سنکرون کردن را صادر نخواهد کرد و در داخل محدوده مجاز عمل خواهد کرد.

با ثابت نگه داشتن ولتاژ و فرکانس منبع شبیه‌ساز سیستم قدرت ناحیه‌ای در مقادیر نامی و تغییر دادن ولتاژ منبع شبیه‌ساز ژنراتور، باید خارج از محدوده ولتاژ مجاز ، فرمان سنکرون صادر نشود ولی داخل محدوده‌ی مجاز رله عمل نماید. 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.

۱. ولتاژ و فرکانس منبع شبیه‌ساز سیستم قدرت ناحیه‌ای را در مقادیر نامی تنظیم نمایید.

۲. ولتاژ منبع شبیه‌ساز ژنراتور را در یک سطحی بالاتر از ولتاژ منبع شبیه‌ساز سیستم قدرت ناحیه‌ای تنظیم کنید، به‌طوری که اختلاف ولتاژ آن‌ها بیشتر از رنج پذیرفته شده باشد ولی ولتاژ منبع شبیه‌ساز ژنراتور کمتر از محدودیت تریپ اضافه ولتاژ رله‌ی تحت آزمایش باشد. اختلاف ولتاژها باید حداقل دو برابر دقت بیان شده توسط سازنده باشد[۸].

۳. فرکانس منبع شبیه‌ساز ژنراتور را مطابق فرکانس منبع شبیه‌ساز سیستم قدرت ناحیه‌ای به‌گونه‌ای تنظیم کنید که اختلاف فرکانس و اختلاف زاویه فاز داخل محدوده مجاز جدول (۲-۲) قرار گیرند. یک مقدار مجاز برای دقت تجهیز به‌گونه‌ای در نظر بگیرید که خطای فرکانس و زاویه فاز سهوا باعث نشوند که رله سنکرونیزاسیون از ابتدا فرمان وصل را صادر نماید.

۴. بررسی نمایید که برای یک مدت زمان حداقل ۳ دقیقه‌ای رله فرمان و صل را صادر نکند.

---

[۸] مثلا اگر دقت اندازه‌گیری اعلام شده‌ی تجهیز ٪۱ باشد، اختلاف ولتاژ اولیه حداقل باید ٪۲ بزرگتر از حد مجاز ولتاژ باشد.

۵. به‌تدریج ولتاژ منبع شبیه‌ساز ژنراتور را تا جایی کاهش دهید که با درنظر گرفتن دقت تجهیز، اختلاف ولتاژ در محدوده‌ی مجاز جدول (۲-۲) قرار گیرد. نرخ شیب کاهش ولتاژ باید به‌گونه‌ای کنترل شود که نشانه معتبری از نقطه‌ای که در آن تجهیز شروع به بسته‌شدن می‌کند به‌دست آید . دستورالعمل تعیین نرخ شیب در ضمیمه الف شرح داده شده است.

۶. ولتاژ و فرکانس منابع شبیه‌ساز سیستم قدرت ناحیه‌ای و ژنراتور و همچنین اختلاف ولتاژ، اختلاف فرکانس و اختلاف زاویه فاز بین دو منبع را در نقطه‌ای که رله شروع به بستن کلید سنکرون‌کننده می‌کند یادداشت کنید.

۷. مراحل ۱ تا ۶ را برای پنج مرتبه قرائت تکرار کنید.

۸. مراحل ۱ تا ۷ را برای منبع شبیه‌ساز ژنراتور با ولتاژ پایین‌تر از ولتاژ منبع شبیه‌ساز شبکه قدرت بهگونه‌ای که اختلافشان خارج از رنج قابل‌قبول باشد تکرار کنید، اما دقت کنید ولتاژ منبع بالاتر از محدودیت تریپ افت ولتاژ رله باشد.

ث. در این مرحله بررسی می‌شود که رله خارج از محدوده‌ی مجاز برای فرکانس و زاویه‌فاز، که در جدول (۲-۲) مشخص شده است، فرمان سنکرون کردن را صادر نخواهد کرد و در داخل محدوده مجاز عمل خواهد کرد. با ثابت نگه داشتن ولتاژ و فرکانس منبع شبیه‌ساز سیستم قدرت ناحیه‌ای و تغییر دادن فرکانس منبع شبیه‌ساز ژنراتور، باید خارج از رنج ولتاژ مجاز برای آن فرمان سنکرون صادر نشود و داخل محدوده‌ی مجاز عمل نماید.

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.

دستورالعمل زیر می‌تواند استفاده شود:

۱. ولتاژ و فرکانس منبع شبیه‌ساز سیستم قدرت ناحیه‌ای را در مقادیر نامی تنظیم نمایید. ولتاژ منبع شبیه‌ساز ژنراتور را روی ولتاژ سیستم قدرت ناحیه‌ای تنظیم کنید.

۲. فرکانس منبع شبیه‌ساز ژنراتور را در یک سطحی بالاتر از فرکانس منبع شبیه‌ساز سیستم قدرت ناحیه‌ای تنظیم کنید، به‌طوری که اختلاف فرکانس آن‌ها بیشتر از رنج پذیرفته شده باشد ولی فرکانس منبع شبیه‌ساز ژنراتور کمتر از محدودیت تریپ اضافه فرکانس تجهیز تحت آزمایش باشد. اختلاف فرکانس‌ها باید حداقل دو برابر دقت بیان شده توسط سازنده باشد.

۳. ولتاژ منبع شبیه‌ساز ژنراتور را مطابق فرکانس منبع شبیه‌ساز سیستم قدرت ناحیه‌ای تنظیم کنید که اختلاف ولتاژ داخل رنج محدودیت‌های مجاز جدول (۲-۲) قرار گیرند. یک مقدار مجاز برای دقت تجهیز به-

گونه‌ای در نظر بگیرید که خطای ولتاژ سهوا باعث نشوند که رله سنکرونیزاسیون از ابتدا فرمان وصل را صادر نماید.

۴. بررسی نمایید که برای یک مدت زمان حداقل ۳ دقیقه‌ای رله فرمان و صل را صادر نکند.

۵. به‌تدریج فرکانس منبع شبیه‌ساز ژنراتور را تا جایی کاهش دهید که با درنظر گرفتن دقت تجهیز، اختلاف فرکانس در محدوده‌ی مجاز جدول (۲-۲) قرار گیرد. نرخ شیب کاهش فرکانس باید به‌گونه‌ای کنترل شود که نشانه معتبری از نقطه‌ای که در آن تجهیز شروع به بسته‌شدن می‌کند به‌دست آید. دستورالعمل تعیین نرخ شیب در ضمیمه الف شرح داده شده است.

۶. ولتاژ و فرکانس منابع شبیه‌ساز سیستم قدرت ناحیه‌ای و ژنراتور و همچنین اختلاف ولتاژ، اختلاف فرکانس و اختلاف زاویه فاز بین دو منبع را در نقطه‌ای که تجهیز شروع به بستن کلید سنکرون‌کننده می‌کند یادداشت کنید.

۷. مراحل ۱ تا ۶ را برای پنج مرتبه قرائت تکرار کنید.

۸. مراحل ۱ تا ۷ را برای منبع شبیه‌ساز ژنراتور با فرکانس پایین‌تر از فرکانس منبع شبیه‌ساز شبکه قدرت به‌گونه‌ای که اختلافشان خارج از رنج قابل‌قبول باشد تکرار کنید، اما دقت کنید فرکانس منبع بالاتر از محدودیت تریپ افت فرکانس تجهیز باشد.

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

مجموع مقادیر نامی مولدهای مقیاس کوچک (KW)	اختلاف زاویهٔ فاز	اختلاف ولتاژ (ΔV ,٪)	اختلاف فرکانس (Δf , Hz)
کلاس ۱	۲۰	۱۰	۰/۳
کلاس ۲	۲۰	۱۰	۰/۳
کلاس ۳	۱۵	۵	۰/۲
کلاس ۴	۱۰	۳	۰/۱
کلاس ۵	۱۰	۳	۰/۱

۲-۲-۴-۱-۳- نیازمندی‌ها

برای تولید شکل موج‌های ولتاژ سیستم قدرت ناحیه‌ای و ژنراتور شبیه‌سازی شده می‌توان از منبع تغذیه با قابلیت تولید شکل موج‌های دلخواه (تک‌فاز یا سه‌فاز بر حسب مورد) استفاده کرد. این منابع تغذیه، سیگنال‌های ولتاژ و فرکانس را به صورت سازگار با رله مورد آزمایش فراهم می‌آورند.

عملکرد حالت پایدار تجهیز باید استانداردهای سازنده برای پایداری سرعت و ولتاژ در بی‌باری را برای حداقل ۱۵ دقیقه برآورده کند.

۲-۲-۴-۱-۴- معیارپذیرش

نتایج آزمون باید نشان دهند که تجهیز حداقل در چهار آزمون از پنج آزمون، با شرایط جدول (۲-۲) برای انجام سنکرونیزاسیون همخوانی دارد.

نتایج آزمون باید نشان دهند که در طول هرکدام از آزمون ها، تجهیز تحت آزمایش در خارج از محدوده مجاز برای هر پارامتر بسته نخواهد شد.

۲-۲-۴-۱-۵- توضیحات

از آن‌جایی که تجهیز مورد آزمایش ممکن است دارای کلید سنکرون‌کننده نباشد، در مستندات[۹] باید ذکر شود که زاویه فاز در لحظه بسته شدن ممکن است متفاوت از چیزی باشد که در این آزمون ثبت شده است زیرا زمان موردنیاز بسته شدن کلید سنکرون‌کننده نیز باید در نظر گرفته شود. تجهیز مورد آزمایش می‌تواند تمهیداتی به‌کار گیرد تا زمان عملکرد کلید سنکرون‌کننده را جبران نماید. درصورتی‌که جبران‌سازی زمان بسته‌شدن توسط تجهیز به‌کار گرفته شد بررسی کنید که کلید سنکرونیزاسیون دقیقا زاویه بسته شدن صحیح را از زاویه فازی که از قبل مشخص شده محاسبه می‌نماید.

یک نمونه محاسبات ساده در ادامه ارائه شده است:

اطلاعات زیر داده شده است:

زمان بسته شدن کلید سنکرون‌کننده= ۵ سیکل

اختلاف فرکانس در زمان فرمان بسته شدن تجهیز موازی‌کننده = ۰.۱ Hz

---

[۹] documentation

ماکزیمم مقدار زاویه فاز = ۱۰ درجه

بنابراین:

نرخ چرخش فاز= اختلاف فرکانس × ۳۶۰ درجه =۰.۱ × ۳۶۰ = ۳۶ درجه

زمان بسته شدن تجهیز موازی‌کننده = ۵ سیکل @ ۵۰Hz = ۰.۱

زاویه بسته شدن پیش‌بینی شده = درجه ۳.۶ = ثانیه ۰.۱ × $۳۶\frac{\text{درجه}}{\text{ثانیه}}$

چنانچه ماکزیمم زاویه فاز مجاز در بسته شدن کلید سنکرون‌کننده ۱۰ درجه باشد و تجهیز در حال سنکرون‌شدن باشد نقطه شروع می‌تواند درجه۱۳.۶=۱۰+۳.۶ شود و اگر تجهیز دارد از سنکرون‌شدن فاصله می‌گیرد ماکزیم انحراف می‌تواند درجه ۶.۴=۳.۶-۱۰ باشد.

۲-۲-۴-۲- آزمون تابع سنکرونیزاسیون با استفاده از ژنراتور واقعی

۲-۲-۴-۲-۱- هدف

این آزمون با استفاده از ژنراتور واقعی و سیستم قدرت ناحیه‌ای واقعی انجام می‌شود. هدف از این آزمون بررسی سنکرون شدن صحیح و قابل اعتماد ژنراتور سنکرون با شبکه قدرت ناحیه‌ای از طریق کلید سنکرون‌کننده می‌باشد.

۲-۲-۴-۲-۲- روال

الف. اتصالات رله مورد آزمایش را مطابق با دستورالعمل‌ها و مشخصات سازنده برقرار نمایید. مراحل نصب باید شامل کنترل و بازبینی مقادیر نامی، فازبندی و صحت اتصالات ترانسفورماتورهای جریان[۱۰] و ترانسفورماتورهای ولتاژ[۱۱] که ورودی را به توابع حفاظتی و کنترلی می‌رسانند (در صورت استفاده) باشد.

---

۱۰ current transformers (CTs)

[۱۱] voltage transformers (VTs)

ب. تجهیزات آزمون را برای مانیتورینگ فرمان بسته شدن کلید سنکرون، ارتباط فازی بین ژنراور و شبکه، فرکانس هر کدام از آن‌ها و همه‌ی فازهای ولتاژ ژنراتور و شبکه قدرت ناحیه‌ای متصل کنید.

پ. بررسی کنید که ژنراتور در یک ولتاژ و فرکانس پایدار کار کند. رله را برای کار در ولتاژ و فرکانس نامی تنظیم نمایید. بررسی کنید که ژنراتور درحالی که به‌صورت ایزوله از شبکه کار می‌کند در محدوده‌ی مشخصه‌های درصد تنظیم ولتاژ و درصد تنظیم فرکانس سازنده، بهره‌برداری می‌شود. پایداری باید در سطوح بار مختلف تا ماکزیمم باری که نیاز است تحمل کند بررسی شود. تنظیمات انجام شده را ثبت کنید و همچنین درصد تنظیم ولتاژ و درصد تغییر فرکانس را ثبت نمایید.

ت. زمان بسته شدن کلید سنکرون‌کننده را اندازه‌گیری و ثبت کنید. آزمایش را پنج مرتبه تکرار کنید.

ث. ولتاژ و فرکانس ژنراتور را به‌طور مشابه با ولتاژ و فرکانس نامی شبکه قدرت ناحیه‌ای تنظیم کنید. بسته شدن کلید سنکرون‌کننده را غیرفعال نموده و فرآیند سنکرونیزاسیون را شروع کنید. بررسی نمایید که تابع سنکرونیزاسیون، در زمانی‌که ژنراتور دارای شرایط سنکرون شدن می‌شود، به‌طور صحیحی برای بستن کلید سنکرون‌کننده عمل می‌کند. اگر کلید سنکرون‌کننده شامل یک وضعیت تست است که اجازه اتصال به شبکه قدرت ناحیه‌ای را نمی‌دهد، از این موقعیت برای بررسی این‌که عملکرد کلید سنکرون‌کننده قابل پذیرش است استفاده نمایید.

ج. بسته شدن کلید سنکرون‌کننده را فعال کنید.

چ. در این مرحله بررسی می‌شود که رله خارج از محدوده‌ی مجاز برای ولتاژ، که در جدول (۲-۲) مشخص شده است، فرمان سنکرون کردن را صادر نخواهد کرد و در داخل محدوده مجاز عمل خواهد کرد.

با ثابت نگه داشتن فرکانس ژنراتور در مقدار نامی و تغییر دادن ولتاژ ژنراتور، بررسی می‌شود که خارج از رنج ولتاژ مجاز برای آن فرمان سنکرون صادر نشود و رله داخل محدوده‌ی مجاز عمل نماید. 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 دستورالعمل زیر ممکن است لازم باشد پارامترهای مختلف را ریست نمود تا بتوان آزمون را ادامه داد.) :

۱. در صورت امکان ، تابع سنکرون‌کننده را غیرفعال کنید.

۲. ولتاژ ژنراتور را به سطحی که اختلاف ولتاژ، خارج از محدوده‌ی مجاز باشد تنظیم و ثابت کنید، البته ولتاژ باید داخل محدوده‌ی بهره‌برداری فرکانس و ولتاژ پذیرفته شده سیستم اتصال داخلی باشد. سطح ولتاژ

انتخاب شده باید بالاتر از رنج پذیرفته شده باشد و به اندازه‌ای باشد که دقت رله به‌طور ناخواسته باعث صور فرمان بسته شدن نشود.

۳.فرکانس ژنراتور را برابر سیستم قدرت ناحیه‌ای تنظیم نموده و ثابت نگه دارید. زاویه فاز را داخل محدوده مجاز جدول (۲-۲) نگه دارید.

۴. بررسی نمایید که برای یک مدت زمان حداقل ۳ دقیقه‌ای رله فرمان وصل را صادر نکند.

۵. به‌تدریج اختلاف ولتاژ را به مقادیر داخل محدوده‌ی مجاز جدول (۲-۲) کاهش دهید. نرخ شیب کاهش ولتاژ باید به‌گونه‌ای کنترل شود که نشانه معتبری از نقطه‌ای که در آن تجهیز شروع به صدور فرمان بسته-شدن می‌کند به‌دست آید . دستورالعمل تعیین نرخ شیب در ضمیمه الف شرح داده شده است. اختلاف ولتاژ در زمان صدور فرمان بسته شدن را یادداشت کنید.

۶. مراحل الف تا ث را برای حالتی که ولتاژ اولیه ژنراتور پایین‌تر از منبع سیستم قدرت ناحیه‌ای باشد تکرار کنید. ولتاژ باید پایین‌تر از سطح پذیرفته شده باشد و باید به‌گونه‌ای انتخاب شود که دقت رله به‌طور ناخواسته باعث شروع بسته شدن نشود.

ح. در این مرحله بررسی می‌شود که تجهیز خارج از محدوده‌ی مجاز برای فرکانس و زاویه‌فاز،که در جدول (۲-۲) مشخص شده است، سنکرون نخواهد شد و داخل محدوده‌ی مجاز بسته می‌شود. بدین منظور ولتاژ ژنراتور ثابت و تقریبا برابر منبع سیستم قدرت ناحیه‌ای نگه داشته می‌شود و با تغییر فرکانس بررسی می-شودکه تجهیز خارج از محدوده فرکانس و زاویه‌فاز مجاز برای آن سنکرون نخواهد شد و داخل 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 به‌درستی عمل خواهد نمود. دستورالعمل زیر می‌تواند استفاده شود:

۱. فرکانس ژنراتور را به مقداری که اختلاف فرکانس، خارج از محدوده پذیرفته شده باشد تنظیم و ثابت کنید، البته فرکانس داخل محدوده بهره‌برداری فرکانس و ولتاژ پذیرفته شده سیستم اتصال باشد. سطح انتخاب شده باید بالاتر از محدوده پذیرفته شده باشد و به مقداری بالا باشد که دقت رله به‌طور ناخواسته باعث شروع بسته شدن اولیه نشود.

۲. ولتاژ ژنراتور را برابر سیستم قدرت ناحیه‌ای تنظیم کنید.

۳. ولتاژ و فرکانس را ثابت نگه دارید. بررسی نمایید که برای یک مدت زمان حداقل ۳ دقیقه‌ای رله فرمان وصل را صادر نکند.

(این مرحله ممکن است نیاز به غیر فعال کردن تابع سنکرونیزاسیون اتوماتیک ژنراتور داشته باشد.)

۴. به‌تدریج اختلاف فرکانس را به مقادیر داخل محدوده‌ی مجاز جدول (۲-۲) کاهش دهید. نرخ شیب کاهش فرکانس باید به‌گونه‌ای کنترل شود که نشانه معتبری از نقطه‌ای که در آن تجهیز شروع به بسته‌شدن می‌کند به‌دست آید . دستورالعمل تعیین نرخ شیب در ضمیمه الف شرح داده شده است.اختلاف فرکانس و انحراف زاویه فاز را در زمان شروع بسته شدن یادداشت کنید.

۵. مراحل الف تا ت را برای حالتی که فرکانس اولیه مولد پایین‌تر از منبع سیستم قدرت ناحیه‌ای باشد تکرار کنید. سطح باید پایین‌تر از سطح پذیرفته شده باشد و باید به‌گونه‌ای انتخاب شود که دقت تجهیز به‌طور ناخواسته باعث شروع بسته شدن نشود.

خ. این روال را پنج مرتبه تکرار کنید.

۲-۲-۴-۲-۳- نیازمندی‌ها

در صورت استفاده از منبع شبیه‌ساز سیستم قدرت ناحیه‌ای باید نیازمندی‌های بخش ۱-۵-۶-۲ رعایت شود. همچنین سیستم اندازه‌گیری باید با شرایط بخش ۱-۵-۶-۳ مطابقت داشته باشد.

در صورت استفاده از منبع سیستم قدرت ناحیه‌ای واقعی، سیستم قدرت ناحیه‌ای باید در محدودیت‌های تریپ افت ولتاژ، اضافه ولتاژ، افت فرکانس و اضافه فرکانس که پیش از این به آن اشاره شد باقی بماند.

فرکانس باید در مقدار نامی تنظیم شود و در تلورانس ۰/۵ Hz ± باقی بماند.

۲-۲-۴-۲-۴- معیارپذیرش

نتایج آزمون باید نشان دهند که تجهیز حداقل در چهار آزمون از پنج آزمون، با شرایط جدول (۲-۲) برای انجام سنکرونیزاسیون همخوانی دارد. تضمین می‌شود که نیازهای نوسان ولتاژ با انجام موفقیت‌آمیز این آزمون ها برآورده می‌شوند.

نتایج آزمون باید نشان دهند که در طول هرکدام از آزمون ها، کلید سنکرون‌کننده در خارج از رنج مجاز بسته نخواهد شد.

۲-۲-۴-۲-۵- توضیحات

موضوعات عملی زیادی وجود دارند که عملکرد کلید سنکرون‌کننده را تحت تاثیر قرار می‌دهند، به‌طور خاص چرخش فاز مولد نسبت به شبکه، فازبندی ترانسفورماتورهای ولتاژ مربوط به کنترل و حفاظت تجهیز و

بسیاری عوامل دیگر. بنابراین لازم است دستورالعمل‌های نصب سازنده و نقشه طراحی سیستم به‌دقت مورد توجه قرار گیرد تا از موازی شدن خارج از فاز ژنراتور با شبکه قدرت ناحیه‌ای جلوگیری شود.

۲-۲-۴-۳- روش سوم :آزمون تابع سنکرونیزاسیون برای تجهیزی که فاقد امکان غیرفعال کردن می‌باشد

۲-۲-۴-۳-۱- هدف

هدف از این آزمون اطمینان از سنکرون شدن صحیح و قابل اعتماد ژنراتور سنکرون با سیستم قدرت در شرایط مجاز اختلاف ولتاژ، اختلاف فرکانس و اختلاف زاویه فاز می‌باشد پیش از آن‌که به کلید سنکرون کننده اجازه بسته شدن داده شود. این فرآیند برای تجهیزی در نظر گرفته شده که در صورت وجود یک منبع ولتاژ مرجع ،به‌طور خودکار سنکرون می‌شود و پیش از اتصال به سیستم قدرت ناحیه‌ای، سنکرونیزاسیون را حفظ می‌کند و فاقد وسیله‌ای برای غیرفعال یا قطع کردن تابع سنکرونیزاسیون می‌باشد.

۲-۲-۴-۳-۲- روال

الف. اتصالات رله مورد آزمایش را مطابق با دستورالعمل‌ها و مشخصات سازنده برقرار نمایید.

ب. دستگاه تست را بین منابع متصل کنید تا فرمان بسته شدن کلید سنکرون‌کننده، رابطه فازی بین خروجی تجهیز و منبع شبیه‌ساز سیستم قدرت ناحیه‌ای، اختلاف فرکانس، اختلاف ولتاژ و زاویه فاز بین منابع را مشاهده نمایید.

پ. منبع شبیه‌ساز سیستم قدرت ناحیه‌ای را در ولتاژ و فرکانس نامی تنظیم کنید. تنظیمات اعمال شده را ثبت کنید.

ت. سیستم قدرت ناحیه‌ای را از تجهیز تحت آزمایش جدا کنید.

ث. همه تجهیزات مانیتورینگ را فعال کنید. سیستم قدرت ناحیه‌ای را دوباره اعمال کنید و همه‌ی پارامترهای مورد نیاز (از قبیل اختلاف ولتاژ، اختلاف فرکانس و اختلاف زاویه‌فاز) را در طول عملکرد موازی-شدن یادداشت کنید.

ج. این دستورالعمل آزمون را پنج بار تکرار کنید.

۲-۲-۴-۳-۳- نیازمندی‌ها

در صورت استفاده از منبع شبیه‌ساز سیستم قدرت ناحیه‌ای باید نیازمندی‌های بخش ۱-۵-۶-۲ رعایت شود. همچنین سیستم اندازه‌گیری باید با شرایط بخش ۱-۵-۶-۳ مطابقت داشته باشد.

۲-۲-۴-۳-۴- معیار پذیرش

نتایج آزمون باید نشان دهند که تجهیز حداقل در چهار آزمون از پنج آزمون، با شرایط جدول (۲-۲) برای انجام سنکرونیزاسیون همخوانی دارد. تضمین می‌شود که نیازهای نوسان ولتاژ با انجام موفقیت‌آمیز این آزمون ها برآورده می‌شوند.

۲-۲-۵- جزیره‌ای شدن ناخواسته[۱۲]

برای اطمینان از عدم جزیره‌ای شدن ناخواسته، سیستم‌های اتصال داخلی ژنراتورهای سنکرون باید با استفاده از دستورالعمل ۲-۲-۵-۱ آزمایش شوند. در مواردی که از رله‌ی توان معکوس یا رله حداقل توان برای حفاظت از جزیره‌ای شدن ناخواسته استفاده می‌شود، برای تست این رله ها باید از دستورالعمل بخش ۲-۲-۵-۲ استفاده کرد.

۲-۲-۵-۱- آزمون جزیره‌ای شدن ناخواسته برای ژنراتور سنکرون

۲-۲-۵-۱-۱- هدف

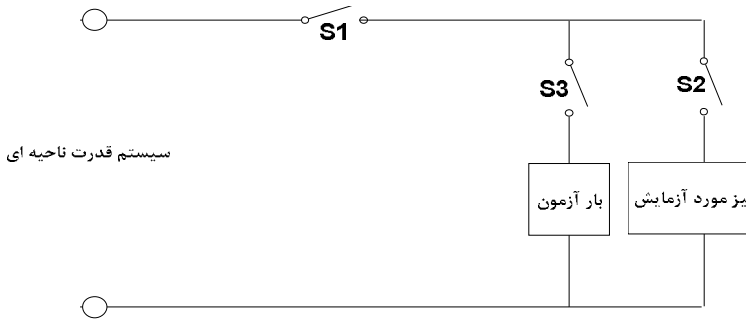
هدف این آزمون اطمینان از توقف تزریق توان به شبکه توسط دستگاه یا سیستم اتصال دهنده منابع پراکنده به شبکه در شرایط جزیره‌ای شدن ناخواسته است. این آزمون زمان قطع را، برای شرایط آزمون مشخص شده در ۲-۲-۵-۱- معین می‌کند.

تجهیز مورد آزمایش در این آزمون سیستم حفاظتی ضد جزیره‌ای نیروگاه تولید پراکنده می‌باشد.

[۱۲] Unintentional islanding

۲-۲-۵-۱-۲- روال

الف. برای منابع تولید پراکنده تک‌فاز، مدار آزمون را مطابق شکل (۲-۲) ببندید. برای منابع سه‌فاز، مدار متعادل شده‌ی بار مذکور در ساختار چهارسیمه بین هر فاز و نول و در ساختار سه‌سیمه بین فازها اعمال می‌گردد.



شکل (۲-۲). ساختار مدار آزمون جزیره ای شدن

در آزمون منابع تولید پراکنده سه‌فاز، کلید S_1 باید یک کلید سه‌فاز با قابلیت بسته شدن همزمان باشد. وضعیت باز یا بسته بودن کلید S_1 نباید بر روی سیستم زمین بار و سیستم زمین تجهیز مورد آزمایش(سمت شبکه قدرت ناحیه‌ای شبیه‌سازی شده) تاثیر بگذارد.

الف. اتصالات تجهیز مورد آزمایش را مطابق با دستورالعمل‌ها و مشخصات سازنده برقرار نمایید و خروجی ژنراتور را روی مقدار نامی ولتاژ و فرکانس تنظیم کنید.

ب. کلیدهای S_1 و S_3 را متصل نموده و بار جزیره‌ای را در ٪۵ بار نامی مولد (یا مینیمم باری که به‌وسیله سازنده مشخص شده) با ضریب قدرت واحد تنظیم کنید.

پ. با فراهم شدن شرایط سنکرونیزاسیون کلید S_2 را وصل کنید.

ت. همه تنظیمات انجام شده را ثبت نمایید.

ث. خروجی ژنراتور سنکرون را بر اساس توان و ضریب قدرت بار آزمون به‌گونه‌ای تنظیم کنید که مولفه اصلی جریان عبوری از کلید S_1 کمتر از٪۲ جریان نامی هر فاز ژنراتور در شرایط پایدار باشد.

توجه: در صورتی‌که محدودیت ٪۲ جریان نامی به طور مستمر قابل حصول نباشد کافی است میانگین این جریان در طول چند سیکل ٪۲ باشد.

ج. همه تنظیمات انجام شده را ثبت نمایید.

چ. کلید S_1 را باز کنید و زمان بین باز شدن کلید S_1 و توقف تزریق توان به بار به‌وسیله مولد را یادداشت کنید.

ح. آزمون را پنج مرتبه تکرار کنید.

خ. مراحل ب تا ح را برای ترکیبات زیر تکرار کنید:

- ماکزیمم بار در ضریب قدرت واحد
- ماکزیمم بار در ضریب قدرت پس‌فاز نامی
- ماکزیمم بار در ضریب قدرت پیش‌فاز نامی

۲-۲-۵-۱-۳- نیازمندی‌ها

دستگاه تست بایستی به نحو مناسب جریان فاز، ولتاژ فاز به نول و ولتاژ فاز به فاز را ثبت کند تا توان اکتیو و راکتیو فرکانس اصلی در طول آزمون مشخص شود. در صورت نیاز فیلترهای ضد تداخل[۱۳] و فرکانس‌های نمونه‌گیری متناسب با اندازه‌گیری مولفه فرکانس اصلی باید به‌کار گرفته شوند. حداقل دقت اندازه‌گیری برای ولتاژ و جریان مولد باید یک درصد یا کمتر باشد.

۲-۲-۵-۱-۴- معیار پذیرش

چنانچه بعد از باز شدن کلید S_1، منبع تولید پراکنده بتواند حداقل در چهار آزمون از پنج آزمون، تزریق توان به بار آزمون را در زمانی کمتر از ۲ ثانیه متوقف کند آزمون موفقیت‌آمیز بوده است.

در صورتی‌که در هر کدام از آزمایش‌ها توقف تزریق توان در مدت زمانی بیشتر از ۲ ثانیه صورت گیرد سیستم حفاظتی در آزمون رد می‌شود.

زمان واقعی تریپ برای هر کدام از آزمون‌ها باید ثبت شود.

عدم موفقیت در هر کدام از آزمون‌ها به‌عنوان عدم موفقیت کل فرآیند در نظر گرفته می‌شود.

۲-۲-۵-۱-۵- توضیحات

منظور از منبع سیستم قدرت ناحیه‌ای، منبعی است که قادر به کنترل ولتاژ و فرکانس در محدوده‌ی مشخص شده باشد. یک موتور- ژنراتور با کنترل ولتاژ و کنترل فرکانس و بدون حفاظت جزیره‌ای می‌تواند به عنوان یک منبع سیستم قدرت ناحیه‌ای برای انجام این آزمون در نظر گرفته شود. به هر حال به‌خاطر

[۱۳] Anti-aliasing

عدم قطعیت‌های مرتبط با نیاز به تزریق توان اکتیو یا راکتیو از منابع پراکنده، بهتر است این آزمون با یک سیستم قدرت ناحیه‌ای واقعی به‌جای یک منبع شبیه‌ساز سیستم قدرت ناحیه‌ای انجام شود.

ماکزیمم زمان‌های قطع ثبت شده می‌تواند در مطالعات هماهنگی حفاظت سیستم قدرت ناحیه‌ای سودمند باشد و باید به‌همراه مستندات فنی تجهیز تحت آزمایش ارائه شوند.

یک ژنراتور سنکرون متصل به شبکه، مستقل از مقدار فرکانس شبکه، توان اکتیو (برحسب کیلووات) و مستقل از مقدار ولتاژشبکه، توان راکتیو (بر حسب کیلووار) یا ضریب قدرت را تنظیم می‌کند. در صورت نزدیک بودن مقدار بار به خروجی ژنراتور سنکرون، احتمال دارد سیستم‌های کنترل ماشین سنکرون شرایط جزیره‌ای شدن ناخواسته را ادامه دهند.

۲-۲-۵-۲- توان معکوس (برای جزیره‌ای شدن ناخواسته)

واحدهای منابع پراکنده باید در شرایط جزیره‌ای شدن ناخواسته تزریق انرژی به سیستم قدرت ناحیه‌ای را متوقف کنند. یکی از روش‌های موجود برای این منظور حفاظت توان معکوس و یا حداقل توان است. تاسیسات منابع پراکنده می‌توانند دارای رله های حفاظتی حداقل توان یا توان معکوس باشند که بین نقطه اتصال واقعی منابع پراکنده و PCC قرار می‌گیرند و در صورتی‌که جهت شارش توان از شبکه قدرت ناحیه‌ای به شبکه قدرت محلی معکوس شده یا پایین‌تر از حد قرار گیرد منابع پراکنده را قطع یا ایزوله می‌کنند. تجهیز مورد آزمایش در این آزمون رله‌ی توان معکوس یا حداقل توان می‌باشد.

۲-۲-۵-۲-۱- آزمون اندازه توان معکوس

۲-۲-۵-۲-۱-۱- هدف

این آزمون برای مشخص کردن دقت تنظیم(های) اندازه‌ی حفاظت توان معکوس تجهیز مورد آزمایش انجام می‌شود. دقت اندازه حفاظت توان معکوس تجهیز باید پیش از شروع آزمون مشخص باشد.

۲-۲-۵-۲-۱-۲- روال

الف. اتصالات تجهیز مورد آزمایش را مطابق با دستورالعمل‌ها و مشخصات سازنده برقرار نمایید.

ب. ولتاژهای و جریان‌های منابع پراکنده را برای شرایط عملکرد نامی تجهیز مورد آزمایش تنظیم کنید.

پ. اطمینان یابید که همه‌ی پارامترهای تجهیز در تنظیمات بهره‌برداری نامی باشند.(برای جزئیات بیشتر به ضمیمه الف رجوع کنید)

ت. تنظیمات انجام شده را ثبت نمایید.

ث. با مراجعه به آزمون اندازه توان معکوس شرح داده شده در ضمیمه‌ی الف، جریان را در نقطه شروع $\mathbf{i_b}$ تنظیم کنید. همچنین با اعمال تابع پله، زاویه فاز را از ۰ به ۱۸۰ برسانید. جریان باید برای مدت زمان $\mathbf{t_h}$ در این اندازه و زاویه‌فاز نگه داشته شود. در انتهای این دوره زمانی، با اعمال تابع شیب، جریان را افزایش دهید.

ج. هنگامی‌که تجهیز مورد آزمایش منبع تولید پراکنده را قطع کرد اندازه جریان را ثبت کنید.

چ. جریان را به مقدار نامی I_n و زاویه فاز $\boldsymbol{\theta = 0^{\circ}}$ بازگردانید. (در صورت نیاز تجهیز را ریست کنید.)

ح. مراحل ث تا چ را پنج مرتبه تکرار کنید.

خ. برای سیستم‌های سه‌فاز، مراحل ث تا ج را یک دفعه برای هر فاز به‌طور جداگانه و یک دفعه برای همه فازها به‌طور همزمان تکرار کنید.

۲-۲-۵-۲-۱-۳- معیار پذیرش

انتظار می‌رود تجهیز حداقل در چهار آزمون از پنج آزمون در داخل دقت مشخص شده، فرمان قطع را صادر کند. نتایج آزمون می‌تواند برای مشخص کردن یا تایید دقت سطوح حفاظتی مربوط به مشخصات سازنده، استانداردهای سیستم اتصال، تائید دوره‌ای کالیبرسیون و غیره استفاده شود.

۲-۲-۵-۲-۲- آزمون زمان توان معکوس

۲-۲-۵-۲-۲-۱- هدف

این آزمون برای مشخص کردن دقت تنظیم(های) زمان تاخیر تابع توان معکوس تجهیز انجام می‌شود. دقت زمان تاخیر حفاظت توان معکوس تجهیز باید پیش از شروع آزمون مشخص باشد.

۲-۲-۵-۲-۲-۲- روال

الف. اتصالات تجهیز مورد آزمایش را مطابق با دستورالعمل‌ها و مشخصات سازنده برقرار نمایید.

ب. ولتاژهای منابع پراکنده و منبع تغذیه، و جریان‌های منابع پراکنده را برای شرایط عملکرد نامی تجهیز مورد آزمون تنظیم کنید.

پ. اطمینان یابید که همه‌ی پارامترهای تجهیز در تنظیمات بهره‌برداری نامی باشند.(برای جزئیات بیشتر به ضمیمه الف رجوع کنید)

ت. تنظیمات انجام شده را ثبت نمایید.

ث. با مراجعه به آزمون زمان توان معکوس شرح داده شده در ضمیمه‌ی الف، جریان را در نقطه شروع $\mathbf{i_b}$ تنظیم کنید. همچنین با اعمال تابع پله، زاویه فاز را از ۰ به ۱۸۰ برسانید. جریان باید برای مدت زمان $\mathbf{t_h}$ در این اندازه و زاویه‌فاز نگه داشته شود. در انتهای این دوره زمانی شروع به اعمال تابع پله برای جربان کنید.

ج. زمان بین شروع تابع پله و وقوع پاسخ مورد انتظار تجهیز را یادداشت کنید.

چ. جریان را به مقدار نامی I_n و زاویه فاز $\boldsymbol{\theta = 0^{\circ}}$ بازگردانید. (در صورت نیاز تجهیز را ری ست کنید.)

ح. مراحل ث تا چ را پنج مرتبه تکرار کنید.

خ. برای سیستم‌های سه‌فاز، مراحل ث تا ج را یک دفعه برای هر فاز به‌طور جداگانه و یک دفعه برای همه فازها به‌طور همزمان تکرار کنید.

۲-۲-۵-۲-۲-۳- معیار پذیرش

انتظار می‌رود تجهیز حداقل در چهار آزمون از پنج آزمون در داخل دقت مشخص شده تریپ کند. نتایج آزمون می‌تواند برای مشخص کردن یا تایید دقت سطوح حفاظتی مربوط به مشخصات سازنده، استانداردهای سیستم اتصال، تائید دوره‌ای کالیبرسیون و غیره استفاده شود.

۲-۲-۶- قطع فاز

۲-۲-۶-۱- هدف

هدف این آزمون اطمینان از توقف تزریق توان به سیستم قدرت ناحیه‌ای توسط سیستم اتصال داخلی به محض از دست دادن یک فاز مشخص در **PCC** یا در نقطه اتصال واقعی منابع پراکنده می‌باشد.

۲-۲-۶-۲- روال

در سیستم‌های اتصال داخلی تک‌فاز، تنها مراحل الف تا ج انجام می‌شود. در سیستم‌های سه‌فاز مراحل الف تا چ انجام می‌شود. درصورتی‌که تجهیز مورد آزمون نیاز به استفاده از ترانسفورماتور ایزوله داشته باشد، آزمون با ترانسفورماتور ایزوله انجام خواهد شد.

الف. تجهیز مورد آزمایش را بر طبق مشخصات و دستورات سازنده از طریق قطع‌کننده‌های نصب شده روی هر هادی فاز زمین نشده به سیستم قدرت ناحیه‌ای متصل کنید.

ب. پارامترهای تجهیز مورد آزمایش را بر روی مقادیر نامی منبع پراکنده و منبع سیستم قدرت ناحیه‌ای تنظیم نمایید.

پ. قطع‌کننده را در شرایطی که جریان تجهیز مورد آزمایش ٪۵ جریان خروجی نامی یا مینیمم جریان خروجی توصیه شده توسط سازنده (هر کدام که بزرگتر است) قطع کنید.

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

ث. مراحل پ تا ت پنج مرتبه تکرار کنید.

ج. مراحل پ تا ث را برای قطع سایر فازها تکرار کنید.

۲-۲-۶-۳- نیازمندی‌ها

در صورت استفاده از منبع شبیه‌ساز سیستم قدرت ناحیه‌ای باید نیازمندی‌های بخش ۱-۵-۶-۲ رعایت شود. همچنین سیستم اندازه‌گیری باید با شرایط بخش ۱-۵-۶-۳ مطابقت داشته باشد.

۲-۲-۶-۴- معیار پذیرش

بعد از این‌که قطع کننده باز شد، تجهیز باید بتواند حداقل در چهار آزمون از پنج آزمون، تزریق توان به همه‌ی ترمینال‌های خروجی متصل به سیستم قدرت ناحیه‌ای را در زمانی کمتر از ۲ ثانیه متوقف کند.

۲-۲-۶-۵- توضیحات

اخطار: در تجهیزات سه‌فازه، توصیه می‌شود که اگر بازشدن یک فاز در یک لحظه می‌تواند باعث اضافه-ولتاژ فرورزونانسی شود این مطلب باید از قبل مشخص شده باشد. در مواردی که تجهیز از طریق یک ترانسفورماتور ایزوله به منبع شبیه‌ساز سیستم قدرت ناحیه‌ای متصل شده، باز شدن یک یا دو فاز بین ترانسفورماتور و سیستم قدرت ناحیه‌ای و به‌دنبال آن پاسخ توقف تزریق توان به‌وسیله تجهیز باعث خواهد

شد که ترانسفورماتور فقط بوسیله یک یا دو فاز برقدار باشد که این یکی از شرایط لازم برای فرورزونانس است. اضافه ولتاژهای فرورزونانسی می‌تواند چندین برابر بزرگتر از ولتاژ نامی باشد و باید از آن دوری کرد.

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

۲-۲-۷-۱- هدف

هدف این آزمون اطمینان از صحت عملکرد تجهیز مورد آزمایش در رعایت زمان تاخیر تنظیم شده برای وصل مجدد دستگاه یا سیستم اتصال‌دهنده‌ی منابع پراکنده به شبکه پس از رفع خطا در شبکه است. تجهیز مورد آزمایش در این آزمون سیستم اتصال‌دهنده‌ی منبع پراکنده به شبکه می‌باشد.

۲-۲-۷-۲- روال

الف. تجهیز مورد آزمایش را مطابق با دستورالعمل‌ها و مشخصات سازنده به منبع شبیه‌ساز سیستم قدرت ناحیه‌ای متصل نمایید. همه پارامترهای ورودی (سمت منبع و سمت سیستم قدرت ناحیه‌ای) را برای شرایط عملکرد نامی تجهیز تنظیم نمایید.

ب. در شرایطی که تجهیز در رنج بهره‌برداری نرمال فرکانس و ولتاژ سیستم قدرت ناحیه‌ای کار می‌کند، با تغییر پله‌ای، ولتاژ منبع شبیه‌ساز سیستم قدرت ناحیه‌ای را به ٪۵ بیشتر/کمتر از یکی از محدودیت‌های تریپ ولتاژ برسانید. بررسی کنید که تجهیز، تزریق توان به منبع شبیه‌ساز سیستم قدرت ناحیه‌ای را متوقف کند.

پ. ولتاژ باید به‌اندازه دو برابر تلورانس بیان شده توسط سازنده، از مقدار ولتاژ وصل مجدد فراتر باشد. منبع شبیه‌ساز سیستم قدرت باید بتواند ولتاژ غیرعادی را برای مدت دو برابر زمان تاخیر وصل مجدد نگاه دارد. بررسی کنید که در طول این مدت تزریق توان به منبع شبیه‌ساز سیستم قدرت ناحیه‌ای متوقف مانده باشد.

ت. با تغییر پله‌ای یا تغییر ولتاژ در طول ۱ثانیه، به محدوده‌ی ولتاژ عملکرد نامی مولد برگردید. زمان وصل مجدد بین زمانی‌که ولتاژ عملکرد نامی بازیابی می‌گردد و زمانی‌که تجهیز شروع به تزریق جریان می‌کند را اندازه‌گیری کنید.

ث. تجهیز مورد آزمایش نباید حداقل برای زمان تاخیر وصل مجدد با محدوده‌ی تلورانس بیان شده سازنده، به منبع شبیه‌ساز سیستم قدرت ناحیه‌ای وصل شود.

ج. تجهیز نباید، تا زمانی‌که ولتاژ و فرکانس سمت سیستم قدرت ناحیه‌ای به محدوده‌ی مجاز ولتاژ و فرکانس بازیابی گردد و برای دوره‌ی زمانی وصل مجدد مشخص در این محدوده باقی بماند، به منبع شبیه‌ساز سیستم قدرت ناحیه‌ای وصل شود.

چ. برای بررسی این‌که تایمر، برای نوسانات ولتاژ اضافی در داخل زمان وصل مجدد، دوباره ریست می‌گردد، در لحظات آخر وصل مجدد ولتاژ را با یک تغییر پله‌ای به مقدار ٪۵ خارج از ولتاژ بهره‌برداری نامی‌ای که توسط سازنده، برای تنظیم زمان تریپ داده شده به‌علاوه دو برابر دقت تایمر مشخص شده توسط سازنده، تغییرداده و سپس دوباره به ولتاژ بهره‌برداری نامی بازگردانید. واحد باید تایمر وصل مجددش را ریست کند و تا زمانی‌که ولتاژ شبکه داخل محدوده مشخص شده برای وصل مجدد نرسیده است شروع به شمارش نکند.

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

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

۲-۲-۷-۳- نیازمندی‌ها

در صورت استفاده از منبع شبیه‌ساز سیستم قدرت ناحیه‌ای باید نیازمندی‌های بخش ۱-۵-۶-۲ رعایت شود. همچنین سیستم اندازه‌گیری باید با شرایط بخش ۱-۵-۶-۳ مطابقت داشته باشد.

۲-۲-۷-۴- معیار پذیرش

زمان تاخیر وصل مجدد با در نظرگرفتن دقت بیان‌شده سازنده نباید کمتر از ۵ دقیقه باشد.

۲-۲-۷-۵- توضیحات

این آزمون می‌تواند هم‌زمان با آزمون های اضافه ولتاژ، افت ولتاژ، اضافه فرکانس و افت فرکانس انجام شود.

۲-۳- آزمون‌های ژنراتور

۲-۳-۱- هارمونیک‌ها

هدف از این آزمون اندازه‌گیری هارمونیک‌های تکی و هارمونیک کل (**TRD**[۱۴]) جریان نامی دستگاه یا سیستم اتصال‌دهنده‌ی داخلی منابع تولید پراکنده به شبکه در شرایط بهره‌برداری نامی است. نتایج بایستی تائیدکننده‌ی برآورده شدن محدودیت‌های هارمونیکی باشند.

هارمونیک‌های ژنراتور سنکرون را به یکی از دو روش ذیل می‌توان ارزیابی نمود. روش اول آزمون هارمونیکی ولتاژ است که در آن توسط بار مقاومتی از ژنراتور بارگیری می‌شود و روش دوم که در صورت عدم دسترسی به بانک مقاومتی مورد استفاده قرار می‌گیرد آزمون هارمونیکی جریان است که در آن ژنراتور به یک منبع دیگر و یا به شبکه برق متصل شده و بار نامی را به آن تزریق می‌نماید.

۲-۳-۱-۱- آزمون هارمونیکی ولتاژ

۲-۳-۱-۱-۱- روال

الف. ژنراتور سنکرون را به یک منبع چرخان که بتواند آن‌را در فرکانس حالت ماندگار نامی با تلورانس ۰/۲۵±٪ بچرخاند، متصل نمایید. ولتاژ و فرکانس را در مقادیر نامی بهره‌برداری ژنراتور تنظیم کنید.

ب. یک بانک بار مقاومتی به ژنراتور سنکرون متصل نمایید. بررسی کنید که بار مقاومتی متعادل باشد. بار مقاومتی باید قابلیت بهره‌برداری مستمر در بار نامی ژنراتور سنکرون را داشته باشد.

پ. با بهره‌برداری از ژنراتور سنکرون در بار کامل و در ولتاژ و فرکانس نامی، ۴۰ هارمونیک اول ولتاژ هر فاز را اندازه‌گیری کنید. اگر ژنراتور سنکرون دارای طیف هارمونیکی متغیر با زمان باشد، برای محاسبه هارمونیک باید از بازه‌ای با طول میانگین کافی استفاده شود، این بازه باید طوری انتخاب شود که میزان دقیقی از میانگین هارمونیک ولتاژ ارائه کند.

[۱۴] Total rated-current distortion

ت. هارمونیک‌های ولتاژ فاز به نول را در ماشین‌هایی که به عنوان منبع سه فاز چهار سیمه بهره‌برداری شده‌اند و هارمونیک‌های فاز به فاز را برای ماشین‌هایی که به عنوان منبع سه فاز سه سیمه بهره‌برداری شده‌اند اندازه‌گیری کنید.

۲-۳-۱-۱-۲- نیازمندی‌ها

دستگاه اندازه‌گیری هارمونیک‌ها باید قادر باشد تا اطلاعات را به‌گونه‌ای ثبت و پردازش کند که شکل موج-های گذرای دارای تکرار نیز در نظر گرفته شوند. تنها در این صورت است که نتایج به‌دست آمده، میانگین صحیحی از هارمونیک کل را بیان خواهند کرد.

۲-۳-۱-۱-۳- معیار پذیرش

آزمون باید نشان دهد که هارمونیک‌های تکی و هارمونیک کل تولید شده توسط ژنراتور در محدوده‌ی مجاز جدول (۲-۳) قرار می‌گیرند.

جدول (۲-۳): حداکثر انحراف جریان هارمونیکی برحسب درصدی از جریان مؤلفهٔ اصلی

مرتبهٔ هارمونیک	$h<11$	$11\le h<17$	$17\le h<23$	$23\le h<35$	$h\ge 35$	THD[۱۵]
درصد دامنهٔ هارمونیک نسبت به مؤلفهٔ اصلی	۴/۰۰	۲/۰۰	۱/۵	۰/۶	۰/۳	۵/۰۰

۲-۳-۱-۱-۴- توضیحات

ژنراتور سنکرون در ۱۰۰٪ بار نامی آزمایش می‌شود زیرا این شرایط به عنوان بدترین شرایط در نظر گرفته شده است.

[۱۵] Total Harmonic Demand

۲-۳-۱-۲- آزمون هارمونیکی جریان

۲-۳-۱-۲-۱- روال

الف. ژنراتور سنکرون را مطابق با دستورالعمل‌ها و مشخصات سازنده به منبع شبیه‌ساز سیستم قدرت ناحیه‌ای متصل کنید. پارامترهای منبع ورودی و پارامترهای سیستم قدرت ناحیه‌ای را برای شرایط بهره-برداری نامی ژنراتور سنکرون تنظیم کنید.

ب. ژنراتور سنکرون را در ۱۰۰٪ جریان نامی خروجی آن بهره‌برداری کنید.

پ. با بهره‌برداری ژنراتور سنکرون در بار کامل و در ولتاژ و فرکانس نامی، ۴۰ هارمونیک تکی اول جریان و هارمونیک کل جریان نامی را اندازه‌گیری کنید. اگر ژنراتور سنکرون دارای طیف هارمونیکی متغیر با زمان باشد، برای محاسبه هارمونیک باید از میانگین بازه‌ای با طول کافی استفاده شود، این بازه باید طوری انتخاب شود که میزان دقیقی از میانگین هارمونیک جریان ارائه کند.

۲-۳-۱-۲-۲- نیازمندی‌ها

دستگاه اندازه‌گیری باید قادر باشد تا اطلاعات را به‌گونه‌ای ثبت و پردازش کند که شکل موج‌های گذرای دارای تکرار نیز در نظر گرفته شوند. تنها در این صورت است که نتایج به‌دست آمده، میانگین صحیحی از هارمونیک کل جریان نامی را بیان خواهند کرد.

منبع تولید پراکنده باید به‌صورت موازی با یک منبع ولتاژ با اثر القایی غالب (ترجیحاً شبکه برق) بهره‌برداری شود. ظرفیت جریان اتصال کوتاه منبع ولتاژ نباید کمتر از ۲۰ برابر جریان نامی خروجی منبع تولید پراکنده در فرکانس اصلی باشد.

منبع شبیه‌ساز سیستم قدرت ناحیه‌ای نباید به تجهیز در حال آزمایش وابسته باشد و در پاسخ به هارمونیک‌های تولید شده توسط تجهیز در حال آزمایش، از الگوریتم‌های حذف و یا تصحیح شکل موج منبع شبیه‌ساز سیستم قدرت ناحیه‌ای استفاده کند.

۲-۳-۱-۲-۳- معیار پذیرش

مقدار هارمونیک‌های تکی و هارمونیک کل جریان نامی جریان نباید از محدوده‌ی مجاز جدول (۲-۳) تجاوز کنند

در تجهیزات سه‌فاز باید هارمونیک‌های هر یک از فازها به طور جداگانه با محدوده‌ی مجاز مطابقت داشته باشد.

۲-۳-۱-۲-۴- توضیحات

ممکن است مراحلی لازم باشد تا تضمین شود، هارمونیک‌های اندازه‌گیری شده‌ای که از مقادیر مجاز جدول (۲-۳) تجاوز کرده‌اند به دلیل ویژگی‌های منبع شبیه‌ساز سیستم قدرت ناحیه‌ای نبوده است.

بار مقاومتی معادل برای توان خروجی ژنراتور سنکرون می‌تواند بین تجهیز و منبع شبیه‌ساز سیستم قدرت ناحیه‌ای قرار گیرد.

۲-۳-۲- فلیکر (نوسان ولتاژ)

فلیکر یکی از پدیده‌های کیفیت توان است که غالباً با تغییرات قابل توجهی در نور ساطع شده از چراغ‌های التهابی همراه است و به واسطه تغییرات کوچک در سطوح ولتاژ ایجاد می‌شود. فلیکر می‌تواند ناشی از راه-اندازی مولد مقیاس کوچک یا تغییر زیاد و پله‌ای در میزان تولید آن ایجاد گردد.

"منابع تولید پراکنده نباید برای سایر مشترکان شبکهٔ برق، فلیکر قابل رؤیت و قابل توجهی ایجاد کنند."

با توجه به اینکه منابع تولید پراکنده در هنگام وصل یا قطع ممکن است ضربه جریان زیادی به شبکه وارد نمایند، در اندازه‌گیری فلیکر باید از ماکزیمم جریانی که در طول فرآیند سنکرونیزاسیون به شبکه تزریق و یا از آن جذب می‌شود و اطلاعات امپدانس خط محلی جهت محاسبه‌ی نوسانات ولتاژ استفاده شود.

به‌دلیل وابستگی پدیده‌ی فلیکر به محل، روال آزمون مکتوبی که به کمک آن بتوان برآورده شدن نیازمندی‌های فلیکر را بررسی کرد وجود ندارد. با این حال به کمک روال آزمون سنکرونیزاسیون که در بخش ۲-۲-۴-۳ تشریح گردید می‌توان وجود این پدیده را بررسی نمود.

در صورتی‌که نتایج اندازه‌گیری‌ها نشان دهند که نوسانات ولتاژ القا شده منابع تولید پراکنده از محدودیت‌ها تجاوز می‌کنند باید اقدامات کاهشی لازم را به‌کار برد.

۲-۳-۲-۱- معیار پذیرش

اگر شدت فلیکر کوتاه مدت[۱۶] (P_{st}) ایجاد شده توسط منابع تولید پراکنده در سمت ولتاژ ثانویه کمتر از ۱ و یا معادل آن در سمت ولتاژ اولیه کمتر از ۰/۹ باشد، فلیکر ایجاد شده قابل قبول است. حدود مجاز فلیکر در سطوح ولتاژ مختلف در جدول (۲-۴) نشان داده شده است.

جدول (۲-۴): حدود مجاز فلیکر در شینه‌هایی با سطح ولتاژ مختلف

	شبکه فشارضعیف	شبکه فشار متوسط
فلیکر کوتاه مدت P_{st}	۱	۰/۹
فلیکر بلند مدت P_{lt}[۱۷]	۰/۸	۰/۷

در صورتی که تغییرات توان ناشی از واحد تولید پراکنده (ΔS) در مقایسه با ظرفیت اتصال‌کوتاه در دسترس[۱۸] شبکه برق محلی در نقطهٔ اتصال مشترک، درون محدودیت‌های مشخص شده در جدول (۲-۵) باشد، فلیکر ولتاژ ایجاد شده قابل قبول می‌باشد.

جدول (۲-۵): تغییرات ولتاژ قابل قبول به صورت تابعی از $(\Delta S/S_{SC})_{\max}$

$(\Delta S/S_{SC})_{\max}$ ٪	تغییرات ولتاژ در دقیقه (r)[۱۹]
۰/۱	r >۲۰۰
۰/۲	۱۰< r <۲۰۰
۰/۴	r <۱۰

[۱۶] به شاخص شدت فلیکر در یک دوره زمانی کوتاه مدت (۱۰ دقیقه) گفته می‌شود.

[۱۷] شاخص شدت فلیکر بدست آمده در یک دوره زمانی بلند مدت (۲ ساعت)

[۱۸] Available short circuit capacity

[۱۹] یک افت ولتاژ و متعاقب آن برگشت به حالت اول دو تغییر ولتاژ به حساب خواهد آمد.

در صورتی که مقدار پریونیت فلیکر کوتاه مدت در نقطه اتصال مشترک، در سمت فشار متوسط کوچکتر یا مساوی ۰/۹ و در سمت فشارضعیف کوچکتر یا مساوی ۱ باشد، فلیکر به وجود آمده توسط منبع تولید پراکنده قابل قبول خواهد بود.

در صورتی‌که فلیکر ایجاد شده توسط منبع تولید پراکنده از محدوده‌ی مجاز خارج شده باشد باید مولد از شبکه جدا گردد و اقدامات اصلاحی صورت پذیرد.

۲-۳-۳- آزمون قابلیت اطمینان

این آزمون جهت حصول اطمینان از کار بدون وقفه مولد صورت می‌پذیرد.

۲-۳-۳-۱- روال

تجهیز مورد آزمایش را به مدت پنج روز متوالی در شرایط بار کامل بهره‌برداری کنید.

۲-۳-۳-۲- معیار پذیرش

تجهیز باید بتواند در طول دوره‌ی مشخص شده حداقل صد ساعت بدون وقفه و به‌درستی کار کند.

۲-۳-۴- آزمون اضافه دور روتور

این آزمون جهت سنجش میزان استقامت و تحمل ماشین در شرایط اضافه سرعت انجام می‌شود.

۲-۳-۴-۱- روال

الف. تجهیز تحت آزمایش را به مدت زمان طولانی در سرعت نامی بهره‌برداری کنید.

ب. سرعت ماشین را در مدت زمان یک ثانیه تا ۱۱۰ ٪ سرعت نامی افزایش دهید.

ج. پس از گذشت دو ثانیه و کار در حالت اضافه سرعت، ماشین را به سرعت نامی و کمتر از سرعت نامی باز گردانید.

۲-۳-۴-۲- نیازمندی‌ها

سرعت روتور بایستی توسط تاکومتر اندازه‌گیری شود. تاکومتر بایستی توسط قرائت سرعت روتور در شرایط نرمال کالیبره شده باشد.

۲-۳-۴-۵- توضیحات

قبل از انجام آزمایش، ماشین 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.

۲-۳-۴-۶- معیار پذیرش

ماشین بایستی در طول این فرآیند بدون لرزش و به‌درستی کار کند و پس از آزمایش نباید هیچ‌کدام از قطعات دچار نقص فنی شوند.

۲-۴- تجهیزات و تاسیسات

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.

آزمون‌های این بخش مطابق با روال جاری آزمون تجهیزات در شبکه‌های برق انجام می‌شوند و معیارهای تائید آن‌ها نیز، مطابق با استانداردهای موجود وزارت نیرو می‌باشند. از این‌رو در هر مورد، به آخرین استاندارد مورد تائید اشاره شده است اما لازم است در زمان آزمون هر کدام از تجهیزات مورد اشاره بر اساس آخرین نسخه تدوین شده استاندارد (و مورد تائید شرکت برق در آن مورد) اقدام شود.

۲-۴-۱- سیستم زمین (این آزمون باید مطابق با استاندارد مشخصات و خصوصیات انرژی الکتریکی (کیفیت برق) – زمین کردن، چاپ اول، اردیبهشت ۱۳۸۱ و یا استاندارد سیستم اتصال زمین شبکه‌های توزیع، دفتر استانداردهای معاونت تحقیقات و تکنولوژی شرکت توانیر، دی ۱۳۷۴ صورت گیرد.)

- بازدید سراسری از استقرار و نصب صحیح
- بازدید سراسری از اندازه و نوع هادی
- 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

- اندازه‌گیری هدایت الکتریکی اتصالات زمین
- اندازه‌گیری مقاومت کل شبکه زمین
- اندازه‌گیری ولتاژ تماس و ولتاژ گام

۲-۴-۲- باس‌بارها و سیم‌کشی هوایی

- کنترل ظاهری نقاط اتصال باس‌بارها و سیم‌ها
- کنترل اتصال صحیح فازها
- اندازه‌گیری مقاومت الکتریکی اتصالات برای حداقل ۵ 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

۲-۴-۳- ترانسفورماتور اصلی (این آزمون باید مطابق با استاندارد اجرایی پست‌های توزیع زمینی ۲۰ کیلوولت، جلد اول، خرداد۱۳۷۴ و یا استاندارد اجرایی پست‌های توزیع زمینی ۳۳ کیلوولت، تیر ۱۳۷۴ صورت گیرد.)

- کنترل وضعیت استقرار روی فنداسیون یا ریل
- بازدید ظاهری و کسب اطمینان از صحت نصب متعلقات و وضعیت مناسب تمام قسمت‌ها
- (*)کسب اطمینان از وجود اتصال مستقیم بدنه با شبکه زمین یا عایق بودن بدنه در صورت استفاده از TANK PROTECTION
- آزمایش مقاومت عایقی با مگر
-(**) اندازه‌گیری نسبت تبدیل در تمام تپ‌ها
- (**)اندازه‌گیری تعیین رابطه برداری در تپ اصلی
- (**)اندازه‌گیری جریان بی‌باری در تمامی تپ‌ها و سطح ولتاژها
- آزمایش دی‌الکتریک روغن
- (**)اندازه‌گیری مقاومت اهمی سیم‌پیچ‌ها در تمام تپ‌ها
- (*)آزمون ترانسفورماتورهای جریان بوشینگی، شامل نسبت تبدیل، کنترل پلاریته، مقاومت عایقی و منحنی اشباع

- (*)آزمون عملکرد دستی و مکانیکی تپ‌چنجر، شامل اینترلاک‌ها و نشان‌دهنده‌ها
- (*)آزمون عملکرد الکتریکی تپ‌چنجر، شامل اینترلاک‌ها و نشان‌دهنده‌ها
-(*) آزمون عملکرد تپ‌چنجرهای موازی، شامل اینترلاک‌ها و نشان‌دهنده‌ها
- (*)اندازه‌گیری امپدانس در تپ‌های مختلف
- (*)آزمون مقاومت عایقی مدارهای کنترل و کمکی با مگر
- (*)آزمون تابلوهای کنترل از نظر عملکرد، متعلقات و سیم‌بندی
- (*)آزمون تابلوهای کمکی از نظر عملکرد متعلقات، حفاظت‌ها و سیم‌بندی
- (*)آزمون ترانسفورماتورهای جریان بوشینگی، شامل نسبت تبدیل، کنترل پلاریته، مقاومت عایقی و منحنی اشباع
-(*) آزمون عملکرد تابلوههای کمکی و کنترل
-(*) آزمون عملکرد تجهیزات ابزار دقیق و کالیبره‌نمودن آن‌ها شامل نشان‌دهنده‌ها، وسایل اندازه‌گیری و وسایل حفاظتی
-(*) آزمون عملکرد بوخهلز
- (*)آزمون عملکرد شیرآلات، کنترل وضعیت لوله‌کشی و کنترل وضعیت مخزن انبساط
- کنترل وضعیت خشک‌کننده هوا(سیلیکاژل)
- کنترل وضعیت بوشینگ‌ها
-(*) 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
- کنترل عدم وجود نشتی روغن

(*) این موارد مربوط به ترانسفورماتورهای توزیع نمی‌باشد.

(**)در صورتی‌که ترانسفورماتور چک‌لیست معتبر انجام آزمایشات روتین را داشته باشد نیازی به انجام این آزمایشات نیست.

۲-۴-۴- کلید قدرت (این آزمون باید مطابق با استاندارد کلیدهای ۲۰ و ۳۳ کیلوولت برای کلیدخانه‌های تمام بسته فلزی، معاونت تحقیقات و تکنولوژی شرکت توانیر و یا استاندارد پست‌های فوق توزیع، کد جلد ۱۲۲۲، دفتر استانداردهای معاونت تحقیقات و تکنولوژی شرکت توانیر، خرداد ۱۳۷۴صورت گیرد.)

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 کالیبره‌نمودن آن‌ها، شامل نشان‌دهنده‌ها وسایل اندازه‌گیری و وسایل حفاظتی
- آزمون مقاومت عایقی مدارهای کنترل و کمکی با مگر
- آزمون تابلوهای کمکی از نظر حفاظت، متعلقات و سیم‌بندی
- کنترل اتصال کوتاه نبودن ثانویه ترانسفورماتورهای جریان
- کنترل اتصال کوتاه ثانویه ترانسفورماتورهای جریان بوشینگی که در مدار هستند و اتصال کوتاه بودن ثانویه ترانسفورماتورهای جریان بوشینگی که در مدار نیستند.

ب) آزمون‌های اختصاصی کلیدهای گازی (**SF۶**)

- آزمایش نشتی گاز
- اندازه‌گیری روزانه فشارگاز تا حصول اطمینان از عدم نشت
- اندازه‌گیری رطوبت گاز

- اندازه‌گیری مقدار هوا در گاز

ج) آزمون‌های اختصاصی کلیدهای کم روغن

- بازدید سطح روغن
- کنترل فشارگاز نیتروژن
- آزمون شیر اطمینان محفظه قطع
- آزمایش دی‌الکتریک روغن

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

- آزمایش عملکرد سوئیچ‌های کنترل فشار و اینترلاک‌های مربوطه
- آزمایش شیر اطمینان
- آزمایش افت فشار هوا در حالات مختلف عملکرد کلید
- آزماشی تعداد دفعات عملکرد کلید بدون پر کردن مجدد مخزن هوا
- اندازه‌گیری زمان‌های سیکل عملکرد موتور کمپرسور
- آزمایش نشتی هوا
- اندازه‌گیری جریان در موتور کمپرسور

ه) آزمون‌های اختصاصی مکانیزم هیدرولیکی

- آزمون‌های اختصاصی مکانیزم هیدرولیکی
- اندازه‌گیری فشار اولیه گاز نیتروژن
- آزمایش عملکرد سوئیچ‌های 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

- اندازه‌گیری زمان عملکرد موتور پمپ روغن

و) آزمون‌های اختصاصی مکانیزم فلزی

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

۲-۴-۵-سکسیونر و تیغه زمین

- 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
- اندازه‌گیری مقاومت کنتاکت‌های اصلی و مقاومت کنتاکت‌های تیغه زمین
- آزمایش هم‌زمانی عملکرد پل‌ها
- اندازه‌گیری مقدار نیروی لازم جهت بازکردن سکسیونر
- آزمون عملکرد سکسیونر و تیغه زمین
- اندازه‌گیری 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 دقیق‌ها وکالیبره‌نمودن آن‌ها، شامل نشان‌دهنده‌ها، وسایل اندازه‌گیری و وسایل حفاظتی
- آزمون مقاومت عایقی مدارهای کنترل و کمکی با مگر
- آزمون تابلوهای کمکی از نظر حفاظت، متعلقات و سیم‌بندی
- اندازه‌گیری جریان موتور در حالات مختلف

۲-۴-۶- ترانسفورماتور جریان (این آزمون باید مطابق با استاندارد ترانسفورماتورهای جریان نوع روغنی، امور برق دفتر استانداردهای معاونت تحقیقات و تکنولوژی شرکت توانیر و استاندارد ترانسفورماتورهای جریان ۲۰ و ۳۳ کیلوولت معاونت تحقیقات و تکنولوژی شرکت توانیر و یا استاندارد ترانسفورماتورهای اندازه‌گیری جریان، دفتر فنی برق، شهریور ۱۳۷۰ و یا استاندارد ترانسفورماتورهای ولتاژ نوع رزینی امور برق معاونت تحقیقات و تکنولوژی شرکت توانیر صورت گیرد.)

- بازدید ظاهری و کسب اطمینان از استقرار، نصب صحیح و اتصالات الکتریکی
- کسب اطمینان از وجود اتصال مستقیم بدنه فلزی با شبکه زمین
- کنترل نشتی روغن و کنترل سطح روغن
- آزمایش مقاومت عایقی طرف اولیه عایقی با مگر
- آزمایش مقاومت عایقی طرف ثانویه عایقی با مگر
- آزمایش نسبت تبدیل
- اندازه‌گیری مقادیر تحریک مغناطیسی (منحنی اشباع) برای هر یک از دسته‌ها
- اندازه‌گیری مقاومت اهمی سیم‌پیچ ثانویه
- آزمایش پلاریته
- کنترل اتصال کوتاه نبودن ثانویه‌های که در مدار هستند و اتصال کوتاه بودن ثانویه‌هایی که در مدار نیستند.

۲-۴-۷- ترانسفورماتور ولتاژ (این آزمون باید مطابق با استاندارد ترانسفورماتور ولتاژ خازنی، امور برق دفتر استانداردهای معاونت تحقیقات و تکنولوژی شرکت توانیر و یا استاندارد ترانسفورماتورهای ولتاژ ۲۰ و ۳۳ کیلوولت معاونت تحقیقات و تکنولوژی شرکت توانیر و یا استاندارد ترانسفورماتورهای اندازه‌گیری ولتاژ از ۶۳ تا ۴۰۰ کیلوولت، دفتر فنی برق، شهریور ۱۳۷۰ و یا استاندارد ترانسفورماتورهای ولتاژ نوع رزینی امور برق معاونت تحقیقات و تکنولوژی شرکت توانیر و یا استاندارد پست‌های فوق توزیع، کد جلد ۱۲۰۷، دفتر استانداردهای معاونت تحقیقات و تکنولوژی شرکت توانیر، خرداد ۱۳۷۴ صورت گیرد.)

- بازدید ظاهری و کسب اطمینان از استقرار، نصب صحیح و اتصالات الکتریکی
- کسب اطمینان از وجود اتصال مستقیم بدنه فلزی با شبکه زمین
- کنترل نشتی روغن و کنترل سطح روغن
- آزمایش مقاومت عایقی طرف اولیه عایقی با مگر

- آزمایش مقاومت عایقی طرف ثانویه عایقی با مگر
- آزمایش نسبت تبدیل
- اندازه‌گیری مقاومت اهمی سیم‌پیچ اولیه
- اندازه‌گیری مقاومت اهمی سیم‌پیچ ثانویه
- کنترل اتصال صحیح و مناسب نول به شبکه زمین
- آزمون عملکرد ابزار دقیق‌ها و کالیبره‌نمودن 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

۲-۴-۸- تابلوهای فشار متوسط (این آزمون باید مطابق با استاندارد اجرایی پست‌های توزیع زمینی ۳۳ کیلوولت، تیر ۱۳۷۴ و یا استاندارد تابلوهای مورد استفاده در شبکه توزیع، جلد سوم، آذر ۱۳۷۴ صورت گیرد.)

- 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 آسیب‌دیدگی و کنترل اتصالات الکتریکی
- آزمایش مقاومت عایقی با مگر
- کنترل ترتیب فازهای فشارقوی
- آزمایش، آزمون عملکرد و تنظیم کلید
- آزمون عملکرد اینترلاک‌های مکانیکی و الکتریکی
- آزمون عملکرد دریچه‌های انفجار و اینترلاک‌های مربوطه
- آزمون ترانس‌های جریان
- آزمون ترانس‌های ولتاژ
- 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 اعلام‌کننده و نشان‌دهنده
- کنترل سیستم‌های گرمایش و تهویه سلول‌ها

۲-۴-۹- تابلوهای حفاظت و کنترل (این آزمون باید مطابق با استاندارد سیستم و تابلوهای کنترل پست‌های ۶۳ و ۱۳۲ کیلوولت دفتر استانداردهای معاونت تحقیقات و تکنولوژی شرکت توانیر، بهمن ۱۳۷۴ و یا استاندارد سیستم تجهیزات حفاظتی پست‌های ۶۳ و ۱۳۲ کیلوولت دفتر استانداردهای معاونت تحقیقات و تکنولوژی شرکت توانیر، شهریور ۱۳۷۵ صورت گیرد.)

الف) 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 ترانسفورمر جریان و ترانسفورمر ولتاژ
- کنترل صحت پلاریته مدارهای ترانسفورمر جریان و ترانسفورمر ولتاژ
- کنترل صحت تغذیه جریان مستقیم و متناوب تابلوها
- اندازه‌گیری مقاومت عایقی بین ترمینال‌ها و بدنه تابلوها با مگر
- کنترل سیستم‌های گرمایش و تهویه سلول‌ها

ب) تجهیزات و تابلوهای حفاظت

- بازدید ظاهری شامل استقرار صحیح رله‌ها و عدم آسیب‌دیدگی
- بازدید و آزمون سیم‌بندی
- آزمایش، آزمون عملکرد و تنظیم همه رله‌های حفاظتی
- آزمایش، آزمون عملکرد و تنظیم دستگاه‌های فاصله‌یاب عیب
- آزمایش، آزمون عملکرد و تنظیم دستگاه‌های ثبت عیب
- آزمون هماهنگی عملکرد رله‌های حفاظتی با یکدیگر و با سیستم کنترل

ج) تجهیزات و تابلوهای کنترل

- بازدید ظاهری شامل استقرار صحیح وسایل و عدم آسیب‌دیدگی
- بازدید و آزمون سیم‌بندی
- آزمون عملکرد وسایل اعلام‌کننده و نشان‌دهنده
- آزمون عملکرد دستگاه ثبات اتفاقات و وسایل جانبی آن
- آزمایش، آزمون عملکرد و تنظیم سایردستگاه‌های ثبات
- آزمون عملکرد سیستم سنکرون‌کردن
- آزمایش و تنظیم دستگاه‌های اندازه‌گیری

د) تابلوی تنظیم ولتاژ ترانسفورمر

- بازدید ظاهری و کسب اطمینان از استقرار، نصب صحیح و اتصالات الکتریکی
- کسب اطمینان از وجود اتصال مستقیم بدنه فلزی با شبکه زمین
- اندازه‌گیری مقاومت عایقی با مگر
- آزمایش، آزمون عملکرد و تنظیم رله‌های **AVR**
- آزمون عملکرد و هماهنگی بین تپ‌چنجر و سیستم **AVR** برای هر ترانسفورمر و برای ترانسفورمرهای موازی
- کنترل عملکرد و هم‌زمانی بین تپ‌چنجرهای فازهای مختلف ترانسفورماتورهای تک‌فاز

ه) 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
- آزمون عملکرد مبدل سیگنال‌های (**TRANSDUCER**)

۲-۴-۱۰- تابلوهای تغذیه جریان مستقیم و متناوب (این آزمون باید مطابق با استاندارد سیستم تغذیه جریان مستقیم (**LVDC**) ایستگاههای فوق توزیع ۶۳/۲۰ و۱۳۲/۲۰ کیلوولت، دفتر استانداردهای معاونت تحقیقات و تکنولوژی شرکت توانیر، مرداد ۱۳۷۶ صورت گیرد.)

- بازدید ظاهری و کسب اطمینان از استقرار، نصب صحیح و اتصالات الکتریکی
- کسب اطمینان از وجود اتصال مستقیم بدنه فلزی با شبکه زمین
- اندازه‌گیری مقاومت عایقی با مگر
- کنترل ترتیب و گردش صحیح فازها
- آزمون دریافت علائم صحیح در محل‌های تعیین شده
- آزمون عملکرد سیستم جریان متناوب
- آزمون عملکرد سیستم جریان مستقیم
- آزمایش و تنظیم کلیدها و دیگر وسایل حفاظتی
- آزمون عملکرد اینترلاک سیستم تغذیه اصلی و اضطراری

۲-۴-۱۱- دستگاه‌های شارژ باتری و اینورمتر (این آزمون باید مطابق با استاندارد سیستم تغذیه جریان مستقیم (**LVDC**) ایستگاههای فوق توزیع ۶۳/۲۰ و ۱۳۲/۲۰ کیلوولت، دفتر استانداردهای معاونت تحقیقات و تکنولوژی شرکت توانیر، مرداد ۱۳۷۶ صورت گیرد.)

- بازدید ظاهری و کسب اطمینان از استقرار، نصب صحیح و اتصالات الکتریکی
- کسب اطمینان از وجود اتصال مستقیم بدنه فلزی با شبکه زمین
- اندازه‌گیری 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 کنارگذر
- آزمون عملکرد، آزمایش و راه‌اندازی دستگاه‌های شارژ باتری
- آزمون عملکرد، آزمایش و راه‌اندازی دستگاه‌های اینورمتر
- آزمون عملکرد، آزمایش و راه‌اندازی دستگاه‌های کنارگذر، کلیدهای استاتیک و سیستم سنکرون کردن
- اندازه‌گیری جریان‌ها و ولتاژها در وضعیت‌های مختلف

- آزمون ظرفیت جریان‌دهی در وضعیت‌های مختلف
- کنترل سیستم‌های گرمایش و تهویه سلول‌ها

۲-۴-۱۲- باسداکت‌ها

- بازدید ظاهری و کسب اطمینان از استقرار، نصب صحیح و اتصالات الکتریکی
- کسب اطمینان از وجود اتصال مستقیم بدنه فلزی با شبکه زمین
- اندازه‌گیری مقاومت عایقی با مگر
- کنترل ترتیب و گردش صحیح فازها
- کنترل آب‌بندی و باز بودن زهکش‌ها
- کنترل سیستم‌های گرمایش و تهویه

۲-۴-۱۳- باتری‌ها (این آزمون باید مطابق با استاندارد پست‌های فوق توزیع، کد جلد ۱۲۰۷، دفتر استانداردهای معاونت تحقیقات و تکنولوژی شرکت توانیر، خرداد ۱۳۷۴ و یا استاندارد سیستم تغذیه جریان مستقیم (**LVDC**) ایستگاههای فوق توزیع ۶۳/۲۰ و ۱۳۲/۲۰ کیلوولت، دفتر استانداردهای معاونت تحقیقات و تکنولوژی شرکت توانیر، مرداد ۱۳۷۶صورت گیرد.)

- 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 کل
- 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

۲-۴-۱۴- سیستم کابل (این آزمون باید مطابق با استاندارد اجرایی پست‌های توزیع زمینی ۲۰ کیلوولت، جلد اول، خرداد۱۳۷۴ و یا استاندارد اجرایی پست‌های توزیع زمینی ۳۳ کیلوولت، تیر ۱۳۷۴ و یا استاندارد کابل‌های مورد استفاده در شبکه توزیع، جلدهای اول و دوم صورت گیرد.)

- 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
- اندازه‌گیری مقاومت عایقی با مگر
- بازدید سرکابل‌ها و مفصل‌ها
- بازدید سربندی
- بازدید و آزمون سیم‌بندی
- بازدید ظاهری بسترهای کابل، به‌خصوص سینی‌ها، نردبان‌ها و دستکها
- آزمون عملکرد سیستم تهویه سالن کابل و تونل کابل
- بازرسی زهکشی تونل‌های و کانال‌های کابل

۲-۱۴-۱۵- سیستم روشنایی محوطه (این آزمون باید مطابق با استاندارد روشنایی محوطه، جلد دوم، دفتر استانداردهای معاونت تحقیقات و تکنولوژی شرکت توانیر، دی ۱۳۷۴ صورت گیرد.)

- بازدید ظاهری و کسب اطمینان از استقرار، نصب صحیح و اتصالات الکتریکی
- کسب اطمینان از وجود اتصال مستقیم بدنه فلزی با شبکه زمین
- اندازه‌گیری مقاومت عایقی با مگر
- کنترل ترتیب و گردش صحیح فازها
- کنترل و تنظیم وسایل حفاظتی
- آزمون عملکرد و تنظیم سیستم فرمان روشنایی
- اندازه‌گیری شدت روشنایی در نقاط مختلف محوطه

۲-۱۴- ۱۶- ممیزی و تائید تنظیمات نهایی

در پایان آزمون‌ها، باید بررسی شود که کلیه تجهیزات بر اساس تنظیمات مورد تائید شرکت‌های توزیع یا شرکت‌های برق منطقه‌ای تنظیم شده‌اند.

این تنظیمات باید ثبت شده و نسخه ای از در اختیار شرکت (توزیع یا برق منطقه ای) قرار گیرد.

فصل سوم: آزمون‌های دوره‌ای

۳-۱- مقدمه

در زمان راه‌اندازی، یک روال آزمون دوره‌ای مکتوب باید بین مالک تجهیز و بهره‌بردار شبکه مورد توافق قرار گیرد. روال‌های آزمون دوره‌ای معمولا توسط سازنده تجهیز داده می‌شوند. این روال باید روندی را برای انجام آزمون ارائه دهد که تائید می‌کند که توابع حفاظتی سیستم اتصال داخلی و باطری‌های متناظرشان به‌درستی کار می‌کنند.

فاصله زمانی بین انجام آزمون های دوره‌ای باید به‌وسیله‌ی سازنده، جمع‌کننده سیستم یا کسانی که صلاحیت در زمینه‌ی منابع پراکنده را دارند مشخص شود. اولین دوره‌ی انجام این آزمونها ۳ سال و در دوره‌های بعدی ۲ سال پیشنهاد می‌گردد.

این آزمون‌ها شامل دو بخش خواهند بود:

- آزمون تجهیزات و تاسیسات بصورت دوره ای
- آزمون پس از تغییر در تجهیزات سیستم اتصال داخلی و یا تنظیمات توابع حفاظتی

۳-۲- آزمون تجهیزات و تاسیسات

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. این آزمون‌ها در بخش ۲-۴ مورد اشاره قرار گرفته‌اند.

۳-۳- آزمون پس از تغییرات در تجهیزات سیستم اتصال داخلی و یا تنظیمات توابع حفاظتی

- در مواردی که در مدت بهره‌برداری از منابع تولید پراکنده:

الف) عناصر سخت‌افزاری و یا نرم‌افزاری از سیستم اتصال داخلی تغییر یابند.

ب) عناصری از سیستم اتصال داخلی با تعویض قطعاتی متفاوت از ساختار اولیه نصب شده، تعمیر شوند

لازم است آزمون‌های مربوطه دوباره انجام شوند.

شایان ذکر است سیستم اتصال داخلی شامل ژنراتور، کلیدقدرت، 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 می‌شود که آزمونهای راه‌اندازی مربوط به آن تجهیز در آزمون دوره‌ای نیز تکرار گردد.

- در مواردی که:

الف) تغییراتی در تجهیزات شبکه از سوی شرکت برق انجام می‌شود

ب) تغییراتی در تجهیزات سیستم اتصال داخلی از سوی مالک منبع تولید پراکنده انجام می‌شود

و به‌دلیل این تغییرات، لازم باشد تنظیمات توابع حفاظتی تغییر یابد لازم است توابع حفاظتی تغییر یافته دوباره تست شوند.

پیوست الف:

سیگنال‌های آزمون:

منظور از سیگنال‌های آزمون در این پیوست سیگنال‌هایی هستند که برای ارزیابی یک نقطه تنظیم[۲۰] بخصوص در آزمون‌های پله و شیب بکار می‌روند. این سیگنال‌ها در چندین بخش از آزمون‌های راه اندازی از جمله اضافه ولتاژ، افت ولتاژ، اضافه فرکانس، افت فرکانس، اختلاف اندازه سنکرونیزاسیون، اختلاف فرکانس سنکرونیزاسیون و اختلاف زاویه سنکرونیزاسیون مورد استفاده قرار می گیرند.

مثال‌ها در این پیوست، شیب یا پله "مثبت" را برای آزمون پارامترهای اضافه-مقدار نشان می‌دهند. شیب یا پله برای آزمون پارامترهای افت-مقدار (مانند افت ولتاژ و افت فرکانس) "منفی" خواهد بود.

الف.۱ آزمون اندازه (تابع شیب)- عمومی

سیگنال آزمون شرح داده شده در این بخش به‌منظور مشخص کردن دقت تنظیمات اندازه برای پارامترهای حفاظتی مربوطه استفاده می‌شود.

پارامترهای مورد آزمایش (مانند ولتاژ و فرکانس) را بر طبق تابع شیب شرح داده شده در این بخش تغییر دهید. تنها پارامتر مورد آزمایش باید تغییر کند. بنابراین همه‌ی پارامترهای دیگر باید در مقادیر نامی ثابت نگه داشته شوند. شیب باید مطابق رابطه الف.۱ محاسبه شود.

$$\boldsymbol{p(t) = m(t - t_0) + P_b} \qquad \text{الف.۱}$$

که در آن:

---

[۲۰] Set point

p پارامتر مورد آزمایش

m شیب تابع شیب

t زمان پاسخ (ثانیه)

$\boldsymbol{t_0}$ زمان در شروع اتفاق

$\boldsymbol{P_b}$ نقطه شروع تابع شیب (بر حسب واحد پارامتر مورد آزمایش)[۲۱]

شیب m به‌وسیله رابطه الف.۲ مشخص می‌شود. شیب m برای آزمون‌های اضافه ولتاژ و اضافه فرکانس مثبت و برای آزمون‌های افت ولتاژ و افت فرکانس منفی است.

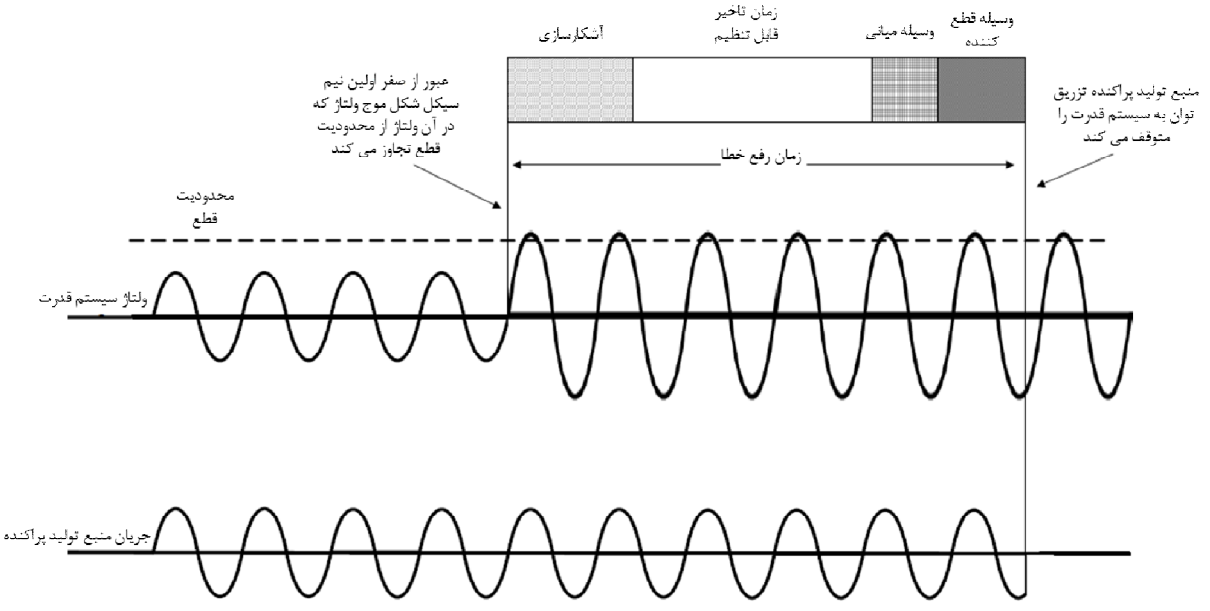
$$\boldsymbol{m = \frac{(0.5\times a)}{(2\times z)}} \qquad \text{الف.۲}$$

که در آن:

z تنظیمات زمان تاخیر (ثانیه) برای پارامتر مورد آزمایش به‌علاوه‌ی زمان آشکارسازی بیان‌شده سازنده است.

a دقت پارامتر مورد آزمایش است که از طرف سازنده مشخص گردیده است.

شکل الف.۱ اصطلاحات و مفاهیم شرح داده شده بعد از شکل را نشان می‌دهد.



شکل الف.۱- مثال بیان کننده زمان آشکارسازی و رفع خطا

[۲۱] نقطه شروع P_b باید داخل ۱۰٪ ، و نه بیشتر، از اندازه نقطه قطع باشد.

زمان آشکارسازی: عبارت است از حداقل فاصله زمانی از لحظه‌ای که رله وقوع شرایط غیرعادی در سیستم را تشخیص می‌دهد تا لحظه‌ای که به کلید قطع‌کننده فرمان می‌دهد. به عبارت دیگر حداقل طول زمانی از آغاز شرایط غیرعادی تا تغییر در وضعیت خروجی سیستم اتصال‌دهنده منابع پراکنده به شبکه که صرف کنترل کردن تجهیز قطع‌کننده می‌شود. این زمان اغلب بین ۸ تا ۱۶ میلی‌ثانیه می‌باشد. مترادف: زمان پردازش..

زمان تاخیر قابل تنظیم: زمانی که به‌منظور دستیابی به زمان رفع خطا مطلوب به طور عمدی به زمان آشکارسازی اضافه می‌شود. این زمان می‌تواند از صفر تا جندین ثانیه تنظیم شود.

زمان تجهیز میانی: تاخیر زمانی که در سیستم‌های شامل یک تجهیز میانی ،(اغلب یک رله‌ی الکترومکانیکی) وجود دارد. این زمان اغلب بین ۸ تا ۱۶ میلی‌ثانیه می‌باشد.

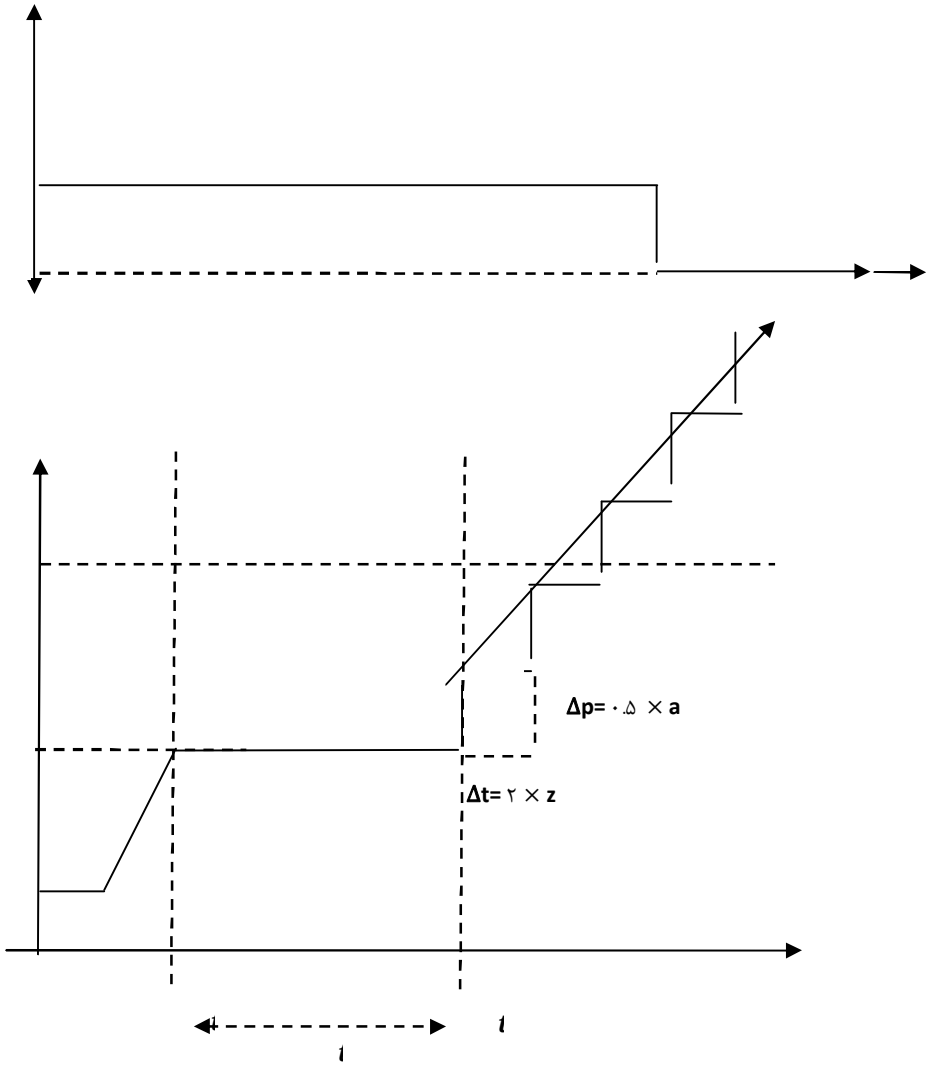
زمان تجهیز قطع‌کننده: برابر است با زمان حرکت مارپیچی مکانیزم فنری اتصالات اصلی عبوردهنده‌ی جریان از یک کلید به‌علاوه‌ی زمان قطع‌کردن قوس برق (غیرخلاء) که وابسته به زمان عبور از صفر بعدی جریان است. زمان تجهیز قطع‌کننده از یک نیم سیکل تا چندین سیکل متغیر می‌باشد. در اینورترها، این زمان زمان موردنیاز برای توقف تابع آتش پل و قطع کردن شارش انرژی می‌باشد .

زمان رفع خطا: مجموع زمان آشکارسازی، زمان تاخیر قابل تنظیم، زمان تجهیزات میانی(در صورت استفاده) و زمان تجهیز قطع‌کننده است.

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 و در لحظه‌ای که تجهیز مورد آزمایش مطابق انتظار پاسخ می‌دهد پایان می‌یابد. زمان قطع، زمان(های) تاخیری را که در ارتباط با توابع حفاظتی سیستم اتصال‌دهنده‌ی منابع پراکنده به شبکه استفاده می‌شوند را شامل می‌شود. بسته به تجهیز مورد آزمایش، زمان تاخیر می‌تواند یک جزء و یا معادل زمان رفع خطا باشد.

شکل الف.۲ یک شمای گرافیکی از تابع شیب مورد استفاده برای آزمایش اضافه-مقدار پارامتر مورد آزمایش (مانند اضافه ولتاژ و اضافه فرکانس) است. در این شکل، **P** اندازه پارامتر مورد آزمایش (ولتاژ، فرکانس و

...)، $\mathbf{t}$ زمان، $\boldsymbol{P_N}$ شرایط نامی پارامتر مورد آزمایش، $\boldsymbol{P_T}$ اندازه قطع پارامتر مورد آزمایش، $\boldsymbol{t_0}$ زمان شروع شیب و $\mathbf{t_s}$ شروع زمان نگه‌داشتن $\mathbf{t_h}$[۲۲] برای سیگنال آزمون در نقطه شروع $\mathbf{P_b}$ است.



شکل(الف.۲)- شمای گرافیکی تست زمانی برای پارامتر مورد آزمایش با استفاده از تابع شیب

[۲۲] زمان نگه‌داشتن t_h باید حداقل دو برابر تنظیمات زمان تاخیر پارامتر مورد آزمایش باشد. این مقدار باید به‌گونه‌ای تنظیم شود که از تداخل با دیگر نقاط قطع جلوگیری شود.

در مواردی که تابع شیب با یک مشخصه طراحی یا تنظیمات تجهیز مورد ازمایش تداخل پیدا می‌کند یک روش جایگزین که از سوی سازنده و تیم آنجام‌دهنده‌ی آزمون مورد توافق باشد می‌توان استفاده شود.

الف.۲ آزمون زمان (تابع پله)- عمومی

سیگنال آزمون شرح داده شده در این بخش به‌منظور مشخص کردن دقت تنظیمات زمان تاخیر برای پارامترهای حفاظتی مربوطه استفاده می‌شود.

پارامتر مورد آزمایش را بر طبق تابع پله شرح داده شده در این بخش تغییر دهید. تنها پارامتر مورد آزمایش باید تغییر کند. بنابراین همه‌ی پارامترهای دیگر باید در مقادیر نامی ثابت نگه داشته شوند. سیگنال آزمون زمانی باید مطابق رابطه الف.۳ محاسبه شود.

$$\boldsymbol{P(t) = A \times u(t - t_i) + P_b} \qquad \text{الف.۳}$$

که در آن:

P اندازه پارامتر مورد آزمایش (v , f)

t زمان (ثانیه)

A فاکتور ضرب‌شونده[۲۳]

$u(t)$ تابع پله واحد[۲۴]

$\boldsymbol{P_b}$ نقطه شروع تابع پله، حسب مورد آزمایش (v_b , f_b)[۲۵]

شکل الف.۳ یک شمای گرافیکی از تابع مورد استفاده برای آزمایش زمانی پارامتر مورد آزمایش است. در این شکل، p اندازه پارامتر مورد آزمایش، t زمان، $\boldsymbol{t_t}$ زمان قطع، $\boldsymbol{P_N}$ شرایط نامی پارامتر مورد آزمایش، $\boldsymbol{P_T}$ اندازه قطع پارامتر مورد آزمایش، $\boldsymbol{P_U}$ مقدار نهایی تابع شیب، $\boldsymbol{t_i}$ شروع تابع پله، $\boldsymbol{t_0}$ زمان شروع مورد استفاده برای

---

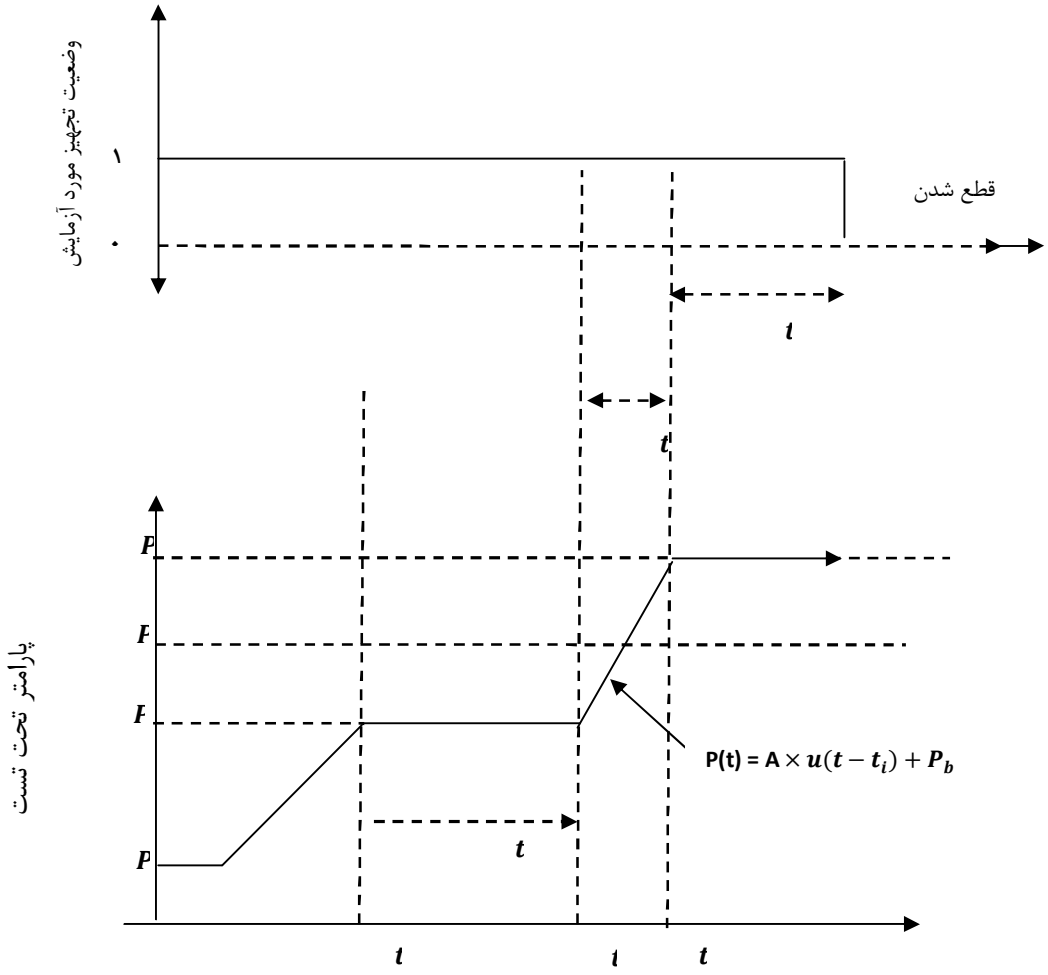
[۲۳] فاکتور ضرب شونده A باید به‌گونه‌ای انتخاب شود که $\boldsymbol{P_U}$ حداقل ۱۱۰٪ (۹۰٪ برای آزمون‌های مقدار افت) $\boldsymbol{P_T}$ باشد.
استثناء: برای آزمون‌های فرکانس، فاکتور ضرب شونده A باید به‌گونه‌ای انتخاب شود که $\boldsymbol{P_U}$ حداقل ۱۰۱٪ (۹۹٪ برای آزمون‌های افت-مقدار) $\boldsymbol{P_T}$ باشد.

[۲۴] $u = ۰$ for $t < ۰$ and $u = ۱$ for $t \geq ۰$

[۲۵] نقطه شروع P_b باید داخل ۱۰٪ ، و نه بیشتر، از اندازه نقطه قطع باشد.

محاسبه زمان قطع، t_r زمان خیز سیگنال آزمون از $(t_0 - t_i)$[۲۶] و $\mathbf{t_s}$ شروع زمان نگه‌داشتن $\mathbf{t_h}$ برای سیگنال آزمون در نقطه شروع $\mathbf{P_b}$ است.

در مواردی که تابع پله با یک مشخصه طراحی یا تنظیمات تجهیز مورد ازمایش تداخل پیدا می‌کند یک روش جایگزین که از سوی سازنده و تیم انجام‌دهنده‌ی آزمون مورد توافق باشد می‌توان استفاده شود.



شکل (الف.۳). بیان گرافیکی تست زمانی برای پارامتر مورد آزمایش با استفاده از تابع پله

[۲۶] زمان خیز t_r باید کمتر از مقدار بیشتر بین دو مقدار "یک سیکل" یا ۱"٪ تنظیمات زمان تاخیر پارامتر مورد آزمایش" باشد.

الف.۳ آزمون اندازه توان معکوس (تابع شیب)

سیگنال آزمون شرح داده شده در این بخش برای مشخص کردن دقت تنظیمات حفاظت اندازه توان معکوس استفاده می‌شود.

سیگنال‌های آزمون جریان(یعنی اندازه و زاویه‌فاز) را بر طبق تابع شیب شرح داده شده در این بخش تغییر دهید. تنها سیگنال‌های آزمون جریان باید تغییر کنند، بنابراین سیگنال آزمون ولتاژ باید در مقادیر نامی نگه داشته شود. اندازه سیگنال آزمون جریان i و زاویه فاز $\boldsymbol{\theta}$ باید مطابق روابط الف.۴ و الف.۶ را بگیرند.

$$\boldsymbol{i(t) = m(t - t_0) + I_b}$$ الف.۴

که در آن:

$\boldsymbol{i}$ اندازه جریان

m شیب تابع شیب

t زمان

$\mathbf{t_0}$ زمان شروع شیب

$\mathbf{I_b}$ نقطه شروع تابع شیب

شیب $\boldsymbol{m}$ به‌وسیله رابطه الف.۵ تعریف می‌شود.

$$\boldsymbol{m = \frac{(0.5 \times a)}{(2 \times z)}}$$ الف.۵

که در آن:

z تنظیمات زمان تاخیر برای پارامتر حفاظت توان معکوس به‌علاوه‌ی زمان آشکارسازی بیان‌شده سازنده است.

a دقت بیان‌شده سازنده از پارامتر حفاظت توان معکوس است.

زاویه فاز جریان $\boldsymbol{\theta}$ که به‌عنوان اختلاف فاز بین سیگنال‌های آزمون جریان و ولتاژ تعریف می‌شود باید بر طبق رابطه الف.۶ تغییر کند.

$$\boldsymbol{\theta(t) = -180 \times u(t - t_s)}$$ الف.۶

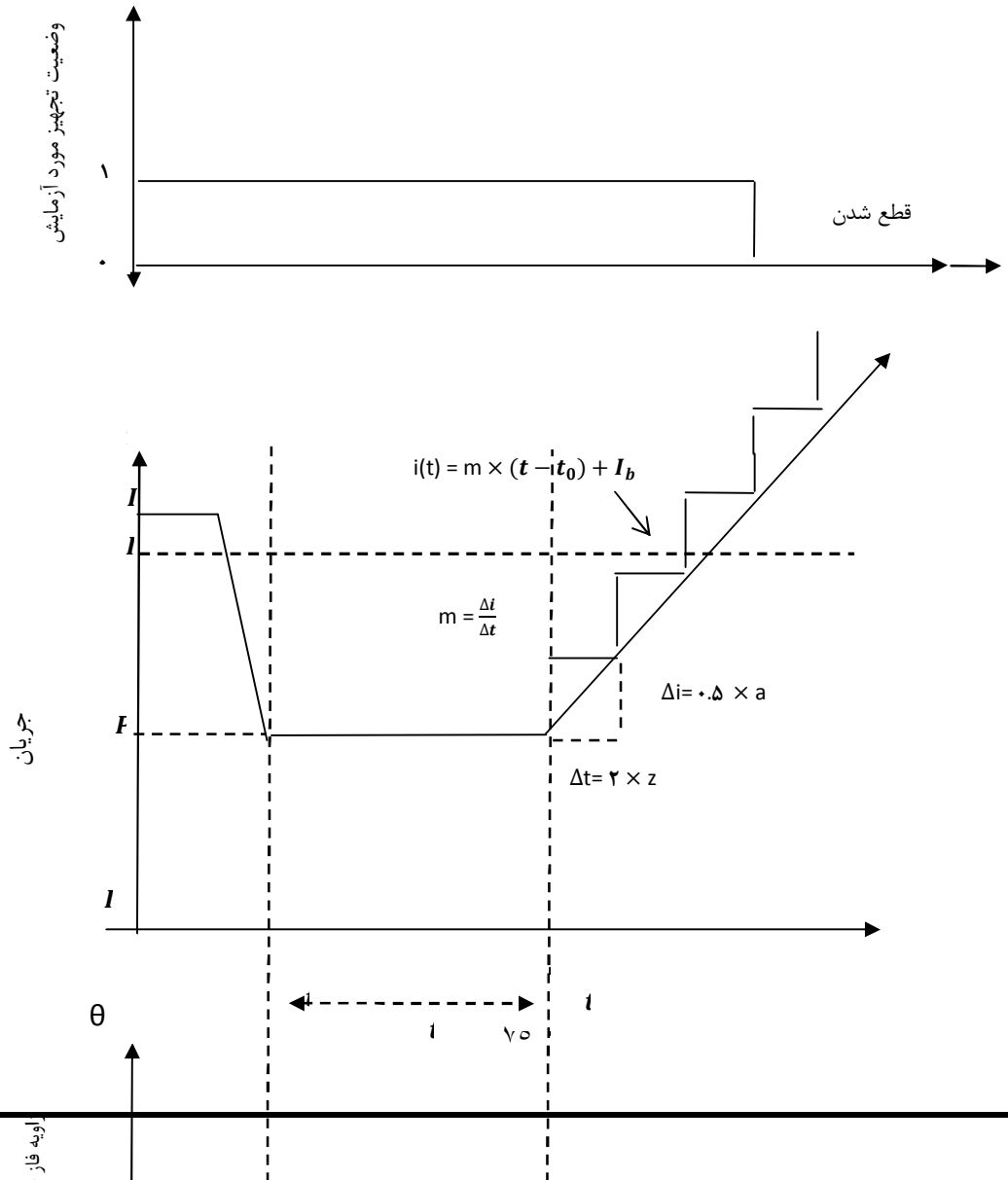
که در آن:

θ زاویه فاز جریان

$\boldsymbol{t_s}$ زمان، هنگامی‌که تغییر زاویه‌فاز اتفاق می‌افتد

$\boldsymbol{t}$ زمان

شکل الف.۴ یک بیان گرافیکی از آزمون اندازه توان معکوس با استفاده از تابع شیب اندازه جریان همراه با یک تابع پله زاویه فاز جریان است. در این شکل، i اندازه جریان، θ زاویه فاز سیگنال آزمون جریان، t زمان، I_N جریان نامی، I_T اندازه تریپ، t_0 زمان شروع شیب، t_s لحظه‌ای که گذر فاز اتفاق می‌افتد، و t_h زمان ادامه برای سیگنال شروع آزمون در نقطه شروع I_b می‌باشد.



شکل(الف.۴)- شمای گرافیکی تست اندازه توان معکوس با استفاده از تابع شیب اندازه جریان و تابع پله زاویه فاز جریان

الف.۴ آزمون زمانی توان معکوس (تابع پله)

سیگنال آزمون شرح داده شده در این بخش به‌منظور مشخص کردن دقت تنظیمات زمان تاخیر برای پارامتر حفاظت توان معکوس استفاده می‌شود.

سیگنال‌های آزمون جریان (یعنی اندازه و زاویه فاز) را بر طبق تابع آزمون شرح داده شده در این بخش تغییر دهید. بنابراین سیگنال آزمون ولتاژ باید در مقادیر نامی نگه داشته شود. اندازه سیگنال آزمون جریان i و زاویه فاز θ باید با استفاده از روابط الف.۷ و الف.۸ محاسبه شوند.

$$\boldsymbol{i = A \times u(t - t_i) + \mathrm{I_b}}$$ الف.۷

که در آن:

i اندازه سیگنال آزمون جریان

t زمان (ثانیه)

A فاکتور ضرب‌شونده[۲۷]

$\boldsymbol{I_b}$ نقطه شروع تابع پله (حسب مورد آزمایش)[۲۸]

---

[۲۷] فاکتور ضرب شونده A باید به‌گونه‌ای انتخاب شود که $\boldsymbol{I_U}$ حداقل ۱۱۰٪ $\boldsymbol{I_T}$ باشد.

[۲۸] نقطه شروع P_b باید داخل ۱۰٪ ، و نه بیشتر، از اندازه نقطه قطع باشد.

الف.۸ $\boldsymbol{\theta(t) = -180 \times u(t - t_s)}$

که در آن:

θ زاویه فاز جریان

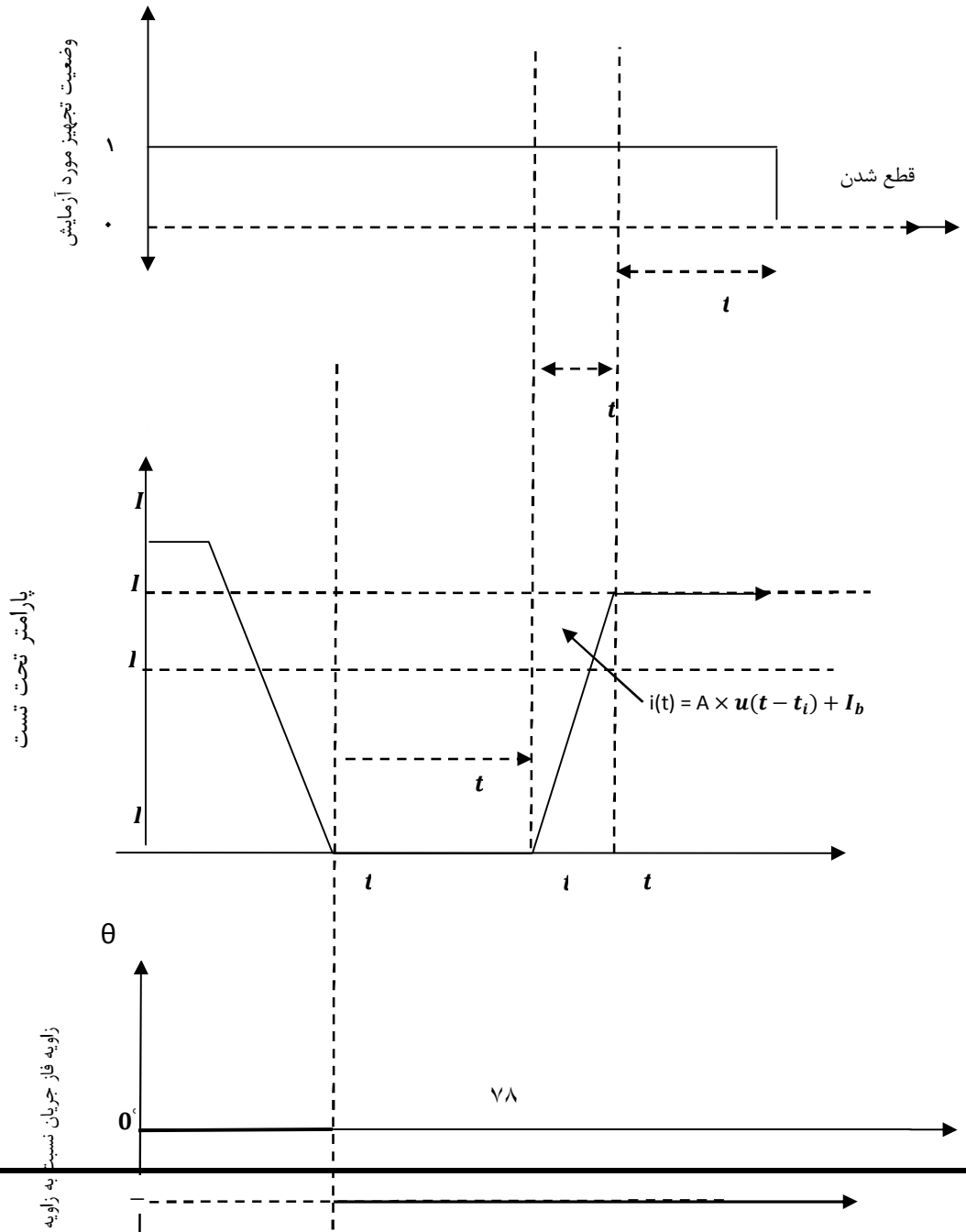
$\boldsymbol{t_s}$ زمان، هنگامی‌که تغییر زاویه‌فاز اتفاق می‌افتد

$\boldsymbol{t}$ زمان

شکل الف.۵ یک شمای گرافیکی از توابع مورد استفاده برای آزمایش زمانی توان معکوس را نشان می‌دهد. در این شکل، i سیگنال آزمون جریان، θ زاویه فاز سیگنال آزمون جریان، t زمان، $\boldsymbol{t_t}$ زمان قطع، $\boldsymbol{I_N}$ اندازه جریان نامی، $\boldsymbol{I_T}$ اندازه قطع، $\boldsymbol{I_b}$ نقطه شروع تابع پله اندازه جریان، $\boldsymbol{I_U}$ مقدار نهایی تابع پله اندازه جریان، $\boldsymbol{t_0}$ زمان شروع که برای محاسبه‌ی زمان قطع استفاده می‌شود، $\mathbf{t_i}$ شروع تابع پله اندازه جریان، $\mathbf{t_r}$ زمان خیز سیگنال آزمون از $(\boldsymbol{t_0 - t_i})$[۲۹] و $\mathbf{t_s}$ شروع زمان نگه‌داشتن $\mathbf{t_h}$ برای سیگنال آزمون در نقطه شروع $\mathbf{I_b}$ است.

در مواردی که توابع پله با یک مشخصه طراحی یا تنظیمات تجهیز مورد آزمایش تداخل پیدا می‌کند یک روش جایگزین که از سوی سازنده و تیم آنجام‌دهنده‌ی آزمون مورد توافق باشد می‌توان استفاده شود.

[۲۹] زمان خیز t_r باید کمتر از مقدار بیشتر بین دو مقدار "یک سیکل" یا ۱"٪ تنظیمات زمان تاخیر پارامتر مورد آزمایش" باشد.


وضعیت تجهیز مورد آزمایش
۱
۰
قطع شدن
t
t
پارامتر تحت تست
I
I
I
I
i(t) = A × u(t − t_i) + I_b
t
t
t
t
θ
زاویه فاز جریان نسبت به زاویه
0
۷۸

شکل (الف.۵). شمای گرافیکی تست زمانی توان معکوس با استفاده از تابع پله اندازه جریان و تابع پله زاویه فاز جریان