



شرکت توانیر

معاونت هماهنگی توزیع

دفتر مهندسی و راهبری شبکه

راهنمای تعیین حداقل تجهیزات جانبی منابع تولید پراکنده و ملاحظات توابع حفاظتی



کد سند:



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

پیوست ج: راهنمای تعیین حداقل تجهیزات جانبی منابع تولید پراکنده و ملاحظات توابع حفاظتی

دریافت کنندگان سند:

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

کد سند	تاریخ تهیه	تاریخ بازنگری	شماره آخرین بازنگری
TAV114-01/03	اسفند ۱۳۹۲	خرداد ۱۴۰۰	۰۲

تهیه کننده	تأیید کننده	تصویب کننده
مدیر کل دفتر مهندسی و راهبری شبکه مسعود صادقی خمایی	معاونت هماهنگی توزیع غلامعلی رخشانی مهر	مدیرعامل شرکت توانیر محمدحسن متولی‌زاده

امضاء:

امضاء:

امضاء:

فهرست مطالب

فصل اول: کلیات.....	۱
فصل دوم: حداقل تجهیزات جانبی مورد نیاز جهت اتصال منابع تولید پراکنده به شبکه برق به تفکیک طرح اتصال	۷
۱-۲- مقدمه.....	۸
۲-۲- حداقل تجهیزات جانبی مورد نیاز جهت اتصال منابع تولید پراکنده اینورتری به شبکه برق به تفکیک طرح اتصال	۱۲
۱-۲-۲- منابع تولید پراکنده کلاس ۱ و طرح اتصال ۱.....	۱۲
۱-۲-۲-۱- تجهیزات حفاظتی.....	۱۲
۲-۲-۲-۱- تجهیزات قدرت و کنترلی.....	۱۵
۳-۲-۲-۱- تجهیزات مانیتورینگ و اندازه‌گیری.....	۱۵
۲-۲-۲- منابع تولید پراکنده کلاس ۱ و طرح اتصال ۲.....	۱۶
۱-۲-۲-۲- تجهیزات حفاظتی.....	۱۶
۲-۲-۲-۲- تجهیزات قدرت و کنترلی.....	۱۹
۳-۲-۲-۲- تجهیزات مانیتورینگ و اندازه‌گیری.....	۲۰
۳-۲-۲- منابع تولید پراکنده کلاس ۲ و طرح اتصال ۲.....	۲۰
۱-۳-۲-۲- تجهیزات حفاظتی.....	۲۱
۲-۳-۲-۲- تجهیزات قدرت و کنترلی.....	۲۴
۳-۳-۲-۲- تجهیزات مانیتورینگ و اندازه‌گیری.....	۲۵
۴-۲-۲- منابع تولید پراکنده کلاس ۲ و طرح اتصال ۳.....	۲۶
۱-۴-۲-۲- تجهیزات حفاظتی.....	۲۶
۲-۴-۲-۲- تجهیزات قدرت و کنترلی.....	۳۱
۳-۴-۲-۲- تجهیزات مانیتورینگ و اندازه‌گیری.....	۳۲
۵-۲-۲- منابع تولید پراکنده کلاس ۳ و طرح اتصال ۳.....	۳۲
۱-۵-۲-۲- تجهیزات حفاظتی.....	۳۳
۲-۵-۲-۲- تجهیزات قدرت و کنترلی.....	۳۶
۳-۵-۲-۲- تجهیزات مانیتورینگ و اندازه‌گیری.....	۳۷



۳۸	.....	۳-۲-۶- منابع تولید پراکنده کلاس ۴ و طرح اتصال
۳۸	.....	۲-۶-۱- تجهیزات حفاظتی
۴۱	.....	۲-۶-۲- تجهیزات قدرت و کنترلی
۴۲	.....	۲-۶-۳- تجهیزات مانیتورینگ و اندازه‌گیری
۴۳	.....	۲-۷-۷- منابع تولید پراکنده کلاس ۴ و طرح اتصال
۴۳	.....	۲-۷-۱- تجهیزات حفاظتی
۴۵	.....	۲-۷-۲- تجهیزات قدرت و کنترلی
۴۷	.....	۲-۷-۳- تجهیزات مانیتورینگ و اندازه‌گیری
۴۸	.....	۲-۸-۸- منابع تولید پراکنده کلاس ۵ و طرح اتصال
۴۸	.....	۲-۸-۱- تجهیزات حفاظتی
۵۲	.....	۲-۸-۲- تجهیزات قدرت و کنترلی
۵۲	.....	۲-۸-۳- تجهیزات مانیتورینگ و اندازه‌گیری
۵۳	.....	۲-۹-۹- منابع تولید پراکنده کلاس ۵ و طرح اتصال
۵۳	.....	۲-۹-۱- حداقل تجهیز حفاظتی
۵۶	.....	۲-۹-۲- تجهیزات قدرت و کنترلی
۵۷	.....	۲-۹-۳- تجهیزات مانیتورینگ و اندازه‌گیری
۵۸	.....	۲-۱۰- نتیجه‌گیری
۳-۲	.....	۳-۲- حداقل تجهیزات جانبی مورد نیاز جهت اتصال منابع تولید پراکنده غیراینورتری (ژنراتورهای سنکرون) به شبکه برق
۶۱	.....	به تفکیک طرح اتصال
۶۱	.....	۲-۳-۱- منابع تولید پراکنده کلاس ۱ و طرح اتصال
۶۲	.....	۲-۳-۱-۱- تجهیزات حفاظتی
۶۵	.....	۲-۳-۱-۲- تجهیزات قدرت و کنترلی
۶۵	.....	۲-۳-۱-۳- تجهیزات مانیتورینگ و اندازه‌گیری
۶۶	.....	۲-۳-۲- منابع تولید پراکنده کلاس ۱ و طرح اتصال
۶۶	.....	۲-۳-۱-۲- تجهیزات حفاظتی
۷۰	.....	۲-۳-۲-۲- تجهیزات قدرت و کنترلی
۷۰	.....	۲-۳-۲-۳- تجهیزات مانیتورینگ و اندازه‌گیری

۷۱	.....۲-۳-۳-۳-منابع تولید پراکنده کلاس ۲ و طرح اتصال
۷۱	.....تجهیزات حفاظتی ۱-۳-۳-۲
۷۴	.....تجهیزات قدرت و کنترلی ۲-۳-۳-۲
۷۵	.....تجهیزات مانیتورینگ و اندازه‌گیری ۳-۳-۳-۲
۷۶	.....۳-۳-۴-منابع تولید پراکنده کلاس ۲ و طرح اتصال
۷۶	.....تجهیزات حفاظتی ۱-۴-۳-۲
۸۰	.....تجهیزات قدرت و کنترلی ۲-۴-۳-۲
۸۱	.....تجهیزات مانیتورینگ و اندازه‌گیری ۳-۴-۳-۲
۸۲	.....۳-۳-۵-منابع تولید پراکنده کلاس ۳ و طرح اتصال
۸۲	.....تجهیزات حفاظتی ۱-۵-۳-۲
۸۶	.....تجهیزات قدرت و کنترلی ۲-۵-۳-۲
۸۷	.....تجهیزات مانیتورینگ و اندازه‌گیری ۳-۵-۳-۲
۸۸	.....۳-۳-۶-منابع تولید پراکنده کلاس ۴ و طرح اتصال
۸۸	.....تجهیزات حفاظتی ۱-۶-۳-۲
۹۱	.....تجهیزات قدرت و کنترلی ۲-۶-۳-۲
۹۲	.....تجهیزات مانیتورینگ و اندازه‌گیری ۳-۶-۳-۲
۹۳	.....۴-۳-۷-منابع تولید پراکنده کلاس ۴ و طرح اتصال
۹۳	.....تجهیزات حفاظتی ۱-۷-۳-۲
۹۸	.....تجهیزات قدرت و کنترلی ۲-۷-۳-۲
۹۸	.....تجهیزات مانیتورینگ و اندازه‌گیری ۳-۷-۳-۲
۹۹	.....۴-۳-۸-منابع تولید پراکنده کلاس ۵ و طرح اتصال
۱۰۰	.....تجهیزات حفاظتی ۱-۸-۳-۲
۱۰۴	.....تجهیزات قدرت و کنترلی ۲-۸-۳-۲
۱۰۵	.....تجهیزات مانیتورینگ و اندازه‌گیری ۳-۸-۳-۲
۱۰۶	.....۵-۳-۹-منابع تولید پراکنده کلاس ۵ و طرح اتصال
۱۰۶	.....حداقل تجهیز حفاظتی ۱-۹-۳-۲
۱۱۰	.....تجهیزات قدرت و کنترلی ۲-۹-۳-۲



- ۱۱۱ ۳-۹-۳-۲ تجهیزات مانیتورینگ و اندازه‌گیری
- ۱۱۲ ۱۰-۳-۲-۲ نتیجه‌گیری
- ۱۱۳ ۴-۲-۲ ملاحظات کلی
- ۱۱۴ ۵-۲-۲ ملاحظات توابع حفاظتی
- ۱۱۶ ۶-۲-۲ تنظیمات توابع حفاظتی



فهرست اشکال

- شکل (۱-۱): طرحهای اتصال منابع تولید پراکنده به شبکه ۶
- شکل (۱-۲): تجهیزات حفاظتی مولدهای اینورتری طرح ۱-کلاس ۱ ۱۵
- شکل (۲-۲): تجهیزات حفاظتی مولدهای اینورتری طرح ۲-کلاس ۱ ۱۹
- شکل (۳-۲): تجهیزات حفاظتی مولدهای اینورتری طرح ۲-کلاس ۲ ۲۴
- شکل (۴-۲): ساختار ترانسفورماتور اتصال میان DG و شبکه ۳۰
- شکل (۵-۲): تجهیزات حفاظتی مولدهای اینورتری طرح ۳-کلاس ۲ ۳۱
- شکل (۶-۲): تجهیزات حفاظتی مولدهای اینورتری طرح ۳-کلاس ۳ ۳۶
- شکل (۷-۲): تجهیزات حفاظتی مولدهای اینورتری طرح ۳-کلاس ۴ ۴۱
- شکل (۸-۲): تجهیزات حفاظتی مولدهای اینورتری طرح ۴-کلاس ۴ ۴۶
- شکل (۹-۲): تجهیزات حفاظتی مولدهای اینورتری طرح ۴-کلاس ۵ ۵۱
- شکل (۱۰-۲): تجهیزات حفاظتی مولدهای اینورتری طرح ۵-کلاس ۵ ۵۶
- شکل (۱۱-۲): تجهیزات حفاظتی مولدهای غیر اینورتری طرح ۱-کلاس ۱ ۶۵
- شکل (۱۲-۲): تجهیزات حفاظتی مولدهای غیر اینورتری طرح ۲-کلاس ۱ ۷۰
- شکل (۱۳-۲): تجهیزات حفاظتی مولدهای غیر اینورتری طرح ۲-کلاس ۲ ۷۵
- شکل (۱۴-۲): تجهیزات حفاظتی مولدهای غیر اینورتری طرح ۳-کلاس ۲ ۸۰
- شکل (۱۵-۲): تجهیزات حفاظتی مولدهای غیر اینورتری طرح ۳-کلاس ۳ ۸۶
- شکل (۱۶-۲): تجهیزات حفاظتی مولدهای غیر اینورتری طرح ۳-کلاس ۴ ۹۱
- شکل (۱۷-۲): تجهیزات حفاظتی مولدهای غیر اینورتری طرح ۴-کلاس ۴ ۹۷
- شکل (۱۸-۲): تجهیزات حفاظتی مولدهای غیر اینورتری طرح ۴-کلاس ۵ ۱۰۴
- شکل (۱۹-۲): تجهیزات حفاظتی مولدهای غیر اینورتری طرح ۵-کلاس ۵ ۱۱۰

فهرست جداول

جدول (۱-۱): طبقه‌بندی منابع تولید پراکنده با توجه به مقادیر نامی.....	۳
جدول (۲-۱): طرح‌های مجاز برای اتصال DG به شبکه با توجه به قدرت نامی.....	۴
جدول (۱-۲): شماره کد ANSI رله‌های مورد استفاده.....	۱۱
جدول (۲-۲): حفاظت‌های مورد نیاز در نقطه PCC برای DG اینورتری کلاس ۱ و طرح اتصال ۱- با بار محلی.....	۱۴
جدول (۳-۲): حفاظت‌های مورد نیاز در نقطه PCC برای DG اینورتری کلاس ۱ و طرح اتصال ۱- بدون بار محلی.....	۱۴
جدول (۴-۲): حداقل تجهیزات قدرت و کنترلی، اندازه‌گیری و مانیتورینگ پیشنهادی برای اتصال DG اینورتری در کلاس (۱) طرح (۱).....	۱۶
جدول (۵-۲): حفاظت‌های مورد نیاز در نقطه PCC برای DG اینورتری کلاس ۱ و طرح اتصال ۲- با بار محلی.....	۱۸
جدول (۶-۲): حفاظت‌های مورد نیاز در نقطه PCC برای DG اینورتری کلاس ۱ و طرح اتصال ۲- بدون بار محلی.....	۱۸
جدول (۷-۲): حداقل تجهیزات قدرت و کنترلی، اندازه‌گیری و مانیتورینگ پیشنهادی برای اتصال DG اینورتری در کلاس (۱) طرح (۲).....	۲۰
جدول (۸-۲): حفاظت‌های مورد نیاز در نقطه PCC برای DG اینورتری کلاس ۲ و طرح اتصال ۲- با بار محلی.....	۲۲
جدول (۹-۲): حفاظت‌های مورد نیاز در نقطه PCC برای DG اینورتری کلاس ۲ و طرح اتصال ۲- بدون بار محلی.....	۲۳
جدول (۱۰-۲): حداقل تجهیزات قدرت و کنترلی، اندازه‌گیری و مانیتورینگ پیشنهادی برای اتصال DG اینورتری در کلاس (۲) طرح (۲).....	۲۵
جدول (۱۱-۲): حفاظت‌های مورد نیاز در نقطه PCC برای DG اینورتری کلاس ۲ و طرح اتصال ۳- با بار محلی.....	۲۸
جدول (۱۲-۲): حفاظت‌های مورد نیاز در نقطه PCC برای DG اینورتری کلاس ۲ و طرح اتصال ۳- بدون بار محلی.....	۲۸
جدول (۱۳-۲): حداقل تجهیزات قدرت و کنترلی، اندازه‌گیری و مانیتورینگ پیشنهادی برای اتصال DG اینورتری در کلاس (۲) طرح (۳).....	۳۲
جدول (۱۴-۲): حفاظت‌های مورد نیاز در نقطه PCC برای DG اینورتری کلاس ۳ و طرح اتصال ۳- با بار محلی.....	۳۵
جدول (۱۵-۲): حفاظت‌های مورد نیاز در نقطه PCC برای DG اینورتری کلاس ۳ و طرح اتصال ۳- بدون بار محلی.....	۳۵
جدول (۱۶-۲): حداقل تجهیزات قدرت و کنترلی، اندازه‌گیری و مانیتورینگ پیشنهادی برای اتصال DG اینورتری در کلاس (۳) طرح (۳).....	۳۸
جدول (۱۷-۲): حفاظت‌های مورد نیاز در نقطه PCC برای DG اینورتری کلاس ۴ و طرح اتصال ۳.....	۴۰



جدول (۲-۱۸): حداقل تجهیزات قدرت و کنترلی، اندازه‌گیری و مانیتورینگ پیشنهادی برای اتصال DG اینورتری در کلاس	۴۳
(۴) طرح (۳).....	۴۳
جدول (۲-۱۹): حفاظت‌های مورد نیاز در نقطه PCC برای DG اینورتری کلاس ۴ و طرح اتصال ۴.....	۴۵
جدول (۲-۲۰): حداقل تجهیزات قدرت و کنترلی، اندازه‌گیری و مانیتورینگ پیشنهادی برای اتصال DG اینورتری در کلاس	۴۸
(۴) طرح (۴).....	۴۸
جدول (۲-۲۱): حفاظت‌های مورد نیاز در نقطه PCC برای DG اینورتری کلاس ۵ و طرح اتصال ۴.....	۵۰
جدول (۲-۲۲): حداقل تجهیزات قدرت و کنترلی، اندازه‌گیری و مانیتورینگ پیشنهادی برای اتصال DG اینورتری در کلاس	۵۳
(۵) طرح (۴).....	۵۳
جدول (۲-۲۳): حفاظت‌های مورد نیاز در نقطه PCC برای DG اینورتری کلاس ۵ و طرح اتصال ۵.....	۵۵
جدول (۲-۲۴): حداقل تجهیزات قدرت و کنترلی، اندازه‌گیری و مانیتورینگ پیشنهادی برای اتصال DG اینورتری در کلاس	۵۸
(۵) طرح (۵).....	۵۸
جدول (۲-۲۵): حداقل توابع حفاظتی الزامی مورد نیاز برای اتصال منابع تولید پراکنده اینورتری در کلاس‌ها و طرح‌های	۵۹
مختلف.....	۵۹
جدول (۲-۲۶): حداقل تجهیزات اندازه‌گیری مورد نیاز برای اتصال منابع تولید پراکنده اینورتری در کلاس‌ها و طرح‌های	۵۹
مختلف.....	۵۹
جدول (۲-۲۷): حداقل تجهیزات مانیتورینگ مورد نیاز برای اتصال منابع تولید پراکنده اینورتری در کلاس‌ها و طرح‌های	۶۰
مختلف (۱).....	۶۰
جدول (۲-۲۸): حداقل تجهیزات قدرت و کنترلی مورد نیاز برای اتصال منابع تولید پراکنده اینورتری در کلاس‌ها و طرح‌های	۶۰
مختلف.....	۶۰
جدول (۲-۲۹): حفاظت‌های مورد نیاز در نقطه PCC برای DG غیر اینورتری کلاس ۱ و طرح اتصال ۱- با بار محلی.....	۶۳
جدول (۲-۳۰): حفاظت‌های مورد نیاز در نقطه PCC برای DG غیر اینورتری کلاس ۱ و طرح اتصال ۱- بدون بار محلی.....	۶۴
جدول (۲-۳۱): حداقل تجهیزات قدرت و کنترلی، اندازه‌گیری و مانیتورینگ پیشنهادی برای اتصال DG غیر اینورتری در	۶۶
کلاس (۱) طرح (۱).....	۶۶
جدول (۲-۳۲): حفاظت‌های مورد نیاز در نقطه PCC برای DG غیر اینورتری کلاس ۱ و طرح اتصال ۲- با بار محلی.....	۶۸
جدول (۲-۳۳): حفاظت‌های مورد نیاز در نقطه PCC برای DG غیر اینورتری کلاس ۱ و طرح اتصال ۲- بدون بار محلی.....	۶۹
جدول (۲-۳۴): حداقل تجهیزات قدرت و کنترلی، اندازه‌گیری و مانیتورینگ پیشنهادی برای اتصال DG غیر اینورتری در	۷۱
کلاس (۱) طرح (۲).....	۷۱



جدول (۲-۳۵):	حفاظت‌های مورد نیاز در نقطه PCC برای DG غیر اینورتری کلاس ۲ و طرح اتصال ۲- با بار محلی ۷۳
جدول (۲-۳۶):	حفاظت‌های مورد نیاز در نقطه PCC برای DG غیر اینورتری کلاس ۲ و طرح اتصال ۲- بدون بار محلی ۷۴
جدول (۲-۳۷):	حداقل تجهیزات قدرت و کنترلی، اندازه‌گیری و مانیتورینگ پیشنهادی برای اتصال DG غیراینورتری در کلاس (۲) طرح (۲) ۷۶
جدول (۲-۳۸):	حفاظت‌های مورد نیاز در نقطه PCC برای DG غیر اینورتری کلاس ۲ و طرح اتصال ۳- با بار محلی ۷۸
جدول (۲-۳۹):	حفاظت‌های مورد نیاز در نقطه PCC برای DG غیر اینورتری کلاس ۲ و طرح اتصال ۳- بدون بار محلی ۷۹
جدول (۲-۴۰):	حداقل تجهیزات قدرت و کنترلی، اندازه‌گیری و مانیتورینگ پیشنهادی برای اتصال DG غیراینورتری در کلاس (۲) طرح (۳) ۸۱
جدول (۲-۴۱):	حفاظت‌های مورد نیاز در نقطه PCC برای DG غیر اینورتری کلاس ۳ و طرح اتصال ۳- با بار محلی ۸۳
جدول (۲-۴۲):	حفاظت‌های مورد نیاز در نقطه PCC برای DG غیر اینورتری کلاس ۳ و طرح اتصال ۳- بدون بار محلی ۸۵
جدول (۲-۴۳):	حداقل تجهیزات قدرت و کنترلی، اندازه‌گیری و مانیتورینگ پیشنهادی برای اتصال DG غیراینورتری در کلاس (۳) طرح (۳) ۸۸
جدول (۲-۴۴):	حفاظت‌های مورد نیاز در نقطه PCC برای DG غیر اینورتری کلاس ۴ و طرح اتصال ۳ ۹۰
جدول (۲-۴۵):	حداقل تجهیزات قدرت و کنترلی، اندازه‌گیری و مانیتورینگ پیشنهادی برای اتصال DG غیراینورتری در کلاس (۴) طرح (۳) ۹۳
جدول (۲-۴۶):	حفاظت‌های مورد نیاز در نقطه PCC برای DG غیر اینورتری کلاس ۴ و طرح اتصال ۴ ۹۴
جدول (۲-۴۹):	حداقل تجهیزات قدرت و کنترلی، اندازه‌گیری و مانیتورینگ پیشنهادی برای اتصال DG غیراینورتری در کلاس (۴) طرح (۴) ۹۹
جدول (۲-۴۸):	حفاظت‌های مورد نیاز در نقطه PCC برای DG غیر اینورتری کلاس ۵ و طرح اتصال ۴ ۱۰۱
جدول (۲-۴۹):	حداقل تجهیزات قدرت و کنترلی، اندازه‌گیری و مانیتورینگ پیشنهادی برای اتصال DG غیراینورتری در کلاس (۵) طرح (۴) ۱۰۶
جدول (۲-۵۰):	حفاظت‌های مورد نیاز در نقطه PCC برای DG غیر اینورتری کلاس ۵ و طرح اتصال ۵ ۱۰۷
جدول (۲-۵۱):	حداقل تجهیزات قدرت و کنترلی، اندازه‌گیری و مانیتورینگ پیشنهادی برای اتصال DG غیراینورتری در کلاس (۵) طرح (۵) ۱۱۲
جدول (۲-۵۲):	حداقل توابع حفاظتی الزامی مورد نیاز برای اتصال منابع تولید پراکنده غیر اینورتری در کلاس‌ها و طرح‌های مختلف ۱۱۳



فصل اول

کلیات



۱-۱- مقدمه

مجموعه حاضر، که پیوست (ج) دستورالعمل اتصال منابع تولید پراکنده به شبکه می‌باشد، با عنوان راهنمای تعیین حداقل تجهیزات جانبی منابع تولید پراکنده (قدرت، کنترلی، مانیتورینگ، اندازه‌گیری و حفاظتی) و ملاحظات توابع حفاظتی ارائه می‌گردد.

به‌طور کلی به تجهیزاتی که جهت اتصال منابع تولید پراکنده به شبکه مورد استفاده قرار می‌گیرند و امکان بهره‌برداری صحیح، مطلوب و ایمن از شبکه و DG را فراهم می‌کنند، تجهیزات جانبی فنی اطلاق می‌شود. در یک تقسیم‌بندی کلی می‌توان این تجهیزات را بر اساس نوع و وظیفه‌ای که بر عهده دارند به چهار دسته تقسیم‌بندی نمود، که عبارتند از:

- تجهیزات کنترل و کلیدزنی
- تجهیزات حفاظتی
- تجهیزات اندازه‌گیری
- تجهیزات مانیتورینگ و اتوماسیون

۱-۲- تقسیم‌بندی منابع تولید پراکنده

مسائل فنی مربوط به اتصال منابع تولید پراکنده به شبکه توزیع به طور چشمگیری با قدرت نامی این مولدها تغییر می‌کند. به همین منظور مولدهای پراکنده بر اساس قدرت نامی به ۵ کلاس تقسیم بندی می‌شوند. جدول ۱-۱ کلاس بندی مولدهای سه‌فاز را بر اساس قدرت نامی آنها نشان می‌دهد. طبقه‌بندی زیر برای مولدهای سه‌فاز ارائه شده است. منابع تولید پراکنده تک‌فاز با ظرفیت کمتر از ۵ کیلووات نیز جزء کلاس ۱ بوده و با استفاده از طرح ۱ که در شکل ۱-۱ نشان داده شده است، به شبکه متصل می‌شوند.

جدول (۱-۱): طبقه‌بندی منابع تولید پراکنده با توجه به مقادیر نامی

کلاس	مقادیر قدرت نامی
۱	کمتر از ۲۰ کیلووات
۲	مساوی یا بیشتر از ۲۰ کیلووات و کمتر از ۲۰۰ کیلووات
۳	مساوی یا بیشتر از ۲۰۰ کیلووات و کمتر از ۱۰۰۰ کیلووات
۴	مساوی یا بیشتر از ۱ مگاوات و مساوی یا کمتر از ۷ مگاوات
۵	بیشتر از ۷ مگاوات و مساوی یا کمتر از ۲۵ مگاوات

با توجه به این طبقه‌بندی، مولدهای هر کلاس با توجه به کلاس قدرتی که در آن قرار می‌گیرند از طریق یک یا دو طرح خاص می‌توانند به شبکه متصل شوند. طرح‌هایی که اکثراً برای اتصال منابع تولید پراکنده به شبکه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند، در شکل ۱-۱ نمایش داده شده‌اند. همانطور که در این شکل مشاهده می‌شود با توجه به کلاس قدرت مولدها، برخی از مولدها به طور مستقیم و بدون نیاز به ترانسفورماتور متصل‌کننده به شبکه متصل می‌شوند و برخی دیگر با استفاده از ترانسفورماتور به شبکه توزیع متصل می‌شوند.

ترتیب شماره‌گذاری این پنج طرح متناسب با افزایش ظرفیت DG ، سطح خطا در نقطه اتصال مشترک (PCC) و زمان و هزینه مورد نیاز برای برقراری اتصال DG با شبکه در نظر گرفته شده است. با توجه به این مطلب، طرح‌های مجازی که با توجه به توان نامی منابع تولید پراکنده می‌توان برای اتصال این منابع به شبکه مورد استفاده قرار داد، در جدول ۱-۲ ارائه شده است.

همانطور که در جدول ۱-۲ مشاهده می‌شود، مطابق این جدول امکان اتصال برخی از کلاس‌های مولدهای پراکنده به شبکه از طریق بیش از یک طرح امکان‌پذیر است. بطور مثال، مطابق این جدول، مولدهای کلاس ۴ از طریق طرح‌های ۳ و ۴ می‌توانند به شبکه متصل شوند، اما باید توجه شود که طرح‌های ارائه شده در جدول ۱-۲، طرح‌های پیشنهادی برای اتصال هر کلاس قدرت می‌باشند و در نهایت نتیجه مطالعات اتصال کوتاه و پخش بار تعیین‌کننده طرح مناسب برای اتصال مولد پراکنده به شبکه است. به عبارت دیگر، نتایج مطالعات پخش بار و اتصال کوتاه مشخص می‌کند که در یک فیدر خاص، آیا یک مولد کلاس ۴ می‌تواند از طریق طرح ۳ به شبکه متصل شود و یا باید از طریق طرح ۴ به شبکه متصل شود. برای سایر کلاس‌ها و طرح‌های ارائه شده در جدول ۱-۲ نیز به همین صورت نتایج مطالعات پخش بار و اتصال کوتاه تعیین‌کننده طرح مناسب برای اتصال مولدهای پراکنده به شبکه است.



جدول (۱-۲): طرح‌های مجاز برای اتصال DG به شبکه با توجه به قدرت نامی

کلاس ۱	کلاس ۲	کلاس ۳	کلاس ۴	کلاس ۵
*				
*	*			
	*	*		
		*	*	
			*	*
				*

در ادامه به بررسی حداقل تجهیزات جانبی مورد نیاز برای اتصال مولدهای پراکنده کلاس‌های مختلف با توجه به طرح‌های اتصال مختلف پرداخته می‌شود و با توجه به هر طرح اتصال و هر کلاس قدرت، حداقل تجهیزات جانبی مورد نیاز شامل تجهیزات کلیدزنی و کنترلی، تجهیزات حفاظتی، تجهیزات مونیتورینگ و تجهیزات اندازه‌گیری با توجه به خود تأمین بودن مولدهای پراکنده و یا تزریق تمام توان تولیدی توسط آنها به شبکه تعیین می‌گردد.

بمنظور حفاظت DG و شبکه در برابر خطاها و رخداد‌های ناخواسته معمولاً از چند تجهیز حفاظتی استفاده می‌گردد. نوع و تعداد حفاظت‌های مورد نیاز در سیستم اتصال DG به شبکه، بستگی شدیدی به قدرت DG، طریقه اتصال آن به شبکه خود تأمین بودن و یا نبودن این مولدها و توپولوژی و شرایط فنی شبکه محل اتصال دارد. در ادامه، در هر کلاس و هر طرح، تجهیزات حفاظتی به دو دسته تقسیم‌بندی شده‌اند: دسته اول، حداقل توابع و تجهیزات حفاظتی هستند که وجود آنها در طرح حفاظتی جهت اتصال DG به شبکه الزامی می‌باشد. به عبارت دیگر، بایستی حتماً در سیستم اتصال DG به شبکه وجود داشته باشند تا اجازه اتصال DG به شبکه داده شود که به آنها حداقل تجهیزات حفاظتی گفته می‌شود. دسته دوم از توابع حفاظتی، توابع یا تجهیزات حفاظتی پیشنهادی هستند، که وجود آنها در طرح حفاظتی الزامی نیست، اما در صورتی که در طرح حفاظتی از این توابع استفاده شود، قابلیت اطمینان طرح اتصال به مراتب افزایش می‌یابد.

باید توجه داشت که در این راهنما، هدف بررسی حداقل تجهیزات حفاظتی مورد نیاز در سیستم اتصال DG به شبکه است و نه حفاظت DG، به عبارت دیگر هدف حفاظت شبکه در برابر تأثیرات ناشی از DG بر شبکه است و لذا طرح‌های حفاظتی که در این راهنما ارائه می‌شود تضمینی برای حفاظت DG



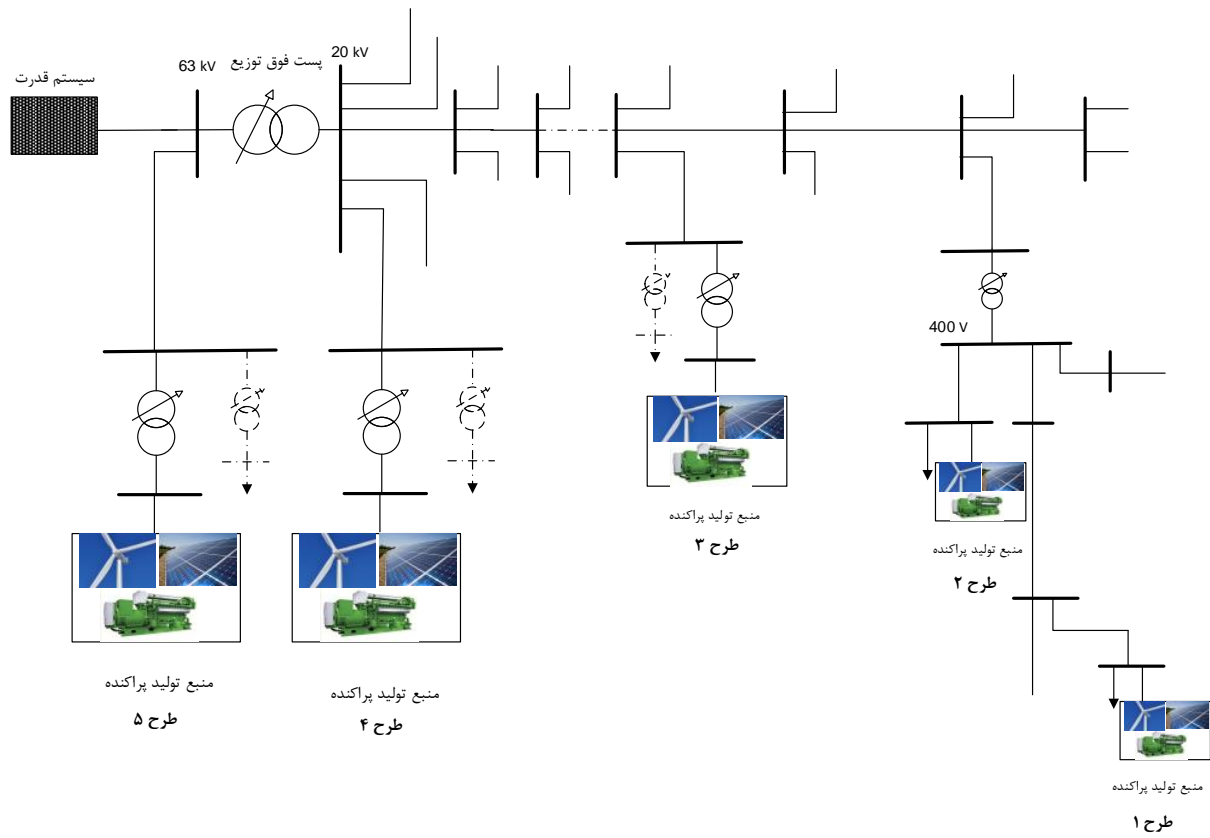
نیست. مسئولیت حفاظت از DG بر عهده مالک DG است و مالک DG باید برای حفاظت مولدهای خود توابع حفاظتی مورد نیاز را پیش‌بینی نماید.

به طور کلی، طرح‌های حفاظتی باید به گونه‌ای طراحی شوند که حداقل قادر به شناسایی شرایط زیر باشند:

- آشکارسازی خطاهای متقارن و نامتقارن (فاز به زمین، فاز به فاز، سه‌فاز) در سمت DG و در سمت شبکه (در تمام طول فیدر توزیعی که DG به آن متصل شده است)
- فرکانس غیرعادی
- ولتاژ غیرعادی
- شرایط جزیره‌ای

یعنی تمهیدات و تجهیزات حفاظتی که در هر طرح حفاظتی بکار گرفته می‌شود، بایستی بطور مطمئن وقوع شرایط فوق در شبکه محل اتصال DG را تشخیص دهد.

در این قسمت برای هر یک از کلاس‌های قدرت DG و هر یک از طرح‌های اتصال DG به شبکه، حداقل تجهیزات فنی جانبی مورد نیاز برای اتصال منابع تولید پراکنده به شبکه توزیع به صورت جداگانه و مجزا تهیه می‌گردد تا در صورت نیاز و بمنظور دسترسی سریعتر به مطالب مربوط به هر طرح و هر کلاس، بتوان برای هر کلاس یک دفترچه جداگانه شامل حداقل تجهیزات فنی جانبی (تجهیزات حفاظتی، کنترلی، کلیدزنی و ...) و همچنین مطالعات فنی مورد نیاز برای اتصال DG به شبکه در اختیار داشت تا در صورت درخواست متقاضی و همچنین بررسی سریعتر یک طرح و یک کلاس قدرت از نقطه نظر تجهیزات جانبی مورد نیاز و مطالعات فنی مورد نیاز، در اختیار داشت که این امر باعث کاهش زمان مورد نیاز برای بررسی طرح خواهد شد. به همین دلیل، در این قسمت، برای هر کلاس و هر طرح تجهیزات فنی جانبی مورد نیاز جهت اتصال DG در طرح و کلاس مورد نظر به صورت جداگانه آورده شده است که ممکن است در برخی موارد از یک کلاس به کلاس دیگر و از یک طرح به طرح دیگر موارد مشابه در بخش‌های مختلف و کلاس‌های مختلف به طور مداوم تکرار شده باشد تا برای هر کدام از کلاس‌های مولد پراکنده بتوان روابط و داده‌های مورد نیاز را به تفکیک در اختیار داشت. در انتها جهت سهولت در بررسی مطالب این فصل، موارد در قالب یک جدول جمع‌بندی شده است.



شکل (۱-۱): طرح‌های اتصال منابع تولید پراکنده به شبکه



فصل دوم

حداقل تجهیزات جانبی مورد نیاز جهت

اتصال منابع تولید پراکنده به شبکه برق

به تفکیک طرح اتصال

در این فصل حداقل تجهیزاتی که هنگام اتصال منابع تولید پراکنده به شبکه مورد نیاز است بررسی می‌شود. منابع تولید پراکنده به طور کلی به دو دسته منابع اینورتری و غیراینورتری تقسیم بندی می‌شوند که به طور مجزا در ادامه تحلیل خواهند شد. ابتدا مقدمه‌ای راجع به انواع منابع تولید پراکنده، اینورترها، تفاوت میان منابع اینورتری و غیراینورتری و دسته‌بندی کلی تجهیزات جانبی فنی در هنگام اتصال بیان می‌شود. سپس مباحث مربوط به منابع تولید پراکنده اینورتری و در نهایت منابع غیراینورتری آورده خواهد شد.

۱-۲- مقدمه

منابع تولید انرژی (ژنراتورها) به دو نوع مرسوم و غیرمرسوم تقسیم‌بندی می‌شوند. منابع انرژی تجدیدپذیر مانند خورشید و باد از نوع منابع تولید پراکنده غیرمرسوم هستند. بسیاری از منابع غیرمرسوم مانند خورشیدی و بادی از یک مبدل الکترونیک قدرت (اینورتر) برای اتصال به شبکه استفاده می‌کنند.

به صورت کلی منابع تولید پراکنده را از لحاظ اتصال به شبکه می‌توان به دو گروه دسته‌بندی نمود. گروه اول از منابع به صورت مستقیم و بدون واسطه به شبکه اتصال می‌یابند و گروه دیگر به دلیل تولید برق DC می‌بایست با استفاده از مبدل به شبکه AC وصل شوند. در واقع توسط مبدل DC به AC (اینورتر) اتصال DG به شبکه انجام می‌شود.

اینورترهای الکترونیک قدرت توانایی تبدیل انرژی از منابع مختلف مانند فرکانس متغیر (بادی)، فرکانس بالا (توربین‌ها)، و انرژی DC (خورشیدی و پیل سوختی) را دارند. منابع تولید پراکنده از نوع اینورتری به طور معمول از رنج توان ۱ کیلووات تا چند مگاوات در نظر گرفته می‌شوند. ژنراتورهایی که به منابع انرژی تجدیدپذیر متصل می‌شوند مطمئن نیستند و نمی‌توانند با شبکه از لحاظ توزیع انرژی مشارکت قابل اطمینانی داشته باشند.

اینورترها خود به دو نوع تقسیم‌بندی می‌شوند: اینورترهای تریستوری و اینورترهای ماسفت یا IGBT. اکثر اینورترهای تجاری از نوع تریستوری هستند و می‌توانند به دو دسته منبع ولتاژی و منبع جریانی تقسیم‌بندی شوند. اینورتر منبع ولتاژی معمول‌ترین روش برای اتصال منابع تولید پراکنده می‌باشد. همچنین اینورترها می‌توانند بر اساس نحوه کنترل به دو دسته طرح کنترلی جریانی (CCS) یا طرح کنترلی ولتاژی (VSC) تقسیم بندی شوند.

تفاوت میان حالت عملکردی منابع تولید پراکنده اینورتری و غیراینورتری (ژنراتورهای گردان) که می‌توانند به شبکه متصل شوند اهمیت زیادی پیدا نموده است.

یک ژنراتور گردان به عنوان یک منبع ولتاژ کار می‌کند که به صورت مستقل می‌تواند توان تولید نماید و با شبکه سنکرون شود. منبع تولید پراکنده اینورتری به طور کلی، به عنوان یک منبع جریان سینوسی عمل نموده که تنها



می‌تواند شبکه را در حالتی که ولتاژ و فرکانس در محدوده استاندارد خود باشد تغذیه کند. این منابع دو تفاوت عمده با یکدیگر دارند:

۱. احتمال جزیره شدن یا کارکرد مستقل از شبکه توزیع، توسط منبع اینورتری نسبت به ژنراتور گردان کمتر است زیرا ولتاژ خط توسط منابع اینورتری کنترل نمی‌شود.

۲. تحت وقوع خطاهای اتصال کوتاه، ژنراتور گردان بیشتر انرژی چرخشی خود را به عنوان سهم جریان خطا به نقطه‌ای که خطا رخ داده می‌ریزد. یک منبع اینورتری، یک تجهیز کنترل شده با جریان است، به طور طبیعی سهم جریان خطا از سوی خود را کمی بیشتر از جریان نامی عملکردی خود تامین می‌کند. به دلیل عملکرد منبع جریانی منابع اینورتری و خاصیت محدودکنندگی که اینورترهای آن دارد، نگرانی چندانی راجع به جریان خطا از سوی این تجهیزات وجود ندارد.

به طور کلی به تجهیزاتی که جهت اتصال منابع تولید پراکنده^۱ به شبکه قدرت مورد استفاده قرار می‌گیرند و امکان بهره‌برداری صحیح، مطلوب و ایمن از شبکه و DG را فراهم می‌کنند، تجهیزات جانبی فنی گویند. در یک تقسیم‌بندی کلی می‌توان این تجهیزات را بر اساس نوع و وظیفه‌ای که بر عهده دارند به سه دسته زیر تقسیم‌بندی نمود:

- تجهیزات حفاظتی
- تجهیزات قدرت و کنترلی
- تجهیزات مانیتورینگ و اندازه‌گیری

در این فصل به صورت تفصیلی در ارتباط با تجهیزات ذکر شده بحث و بررسی می‌شود. در ابتدا، به بررسی حداقل تجهیزات جانبی مورد نیاز برای اتصال مولدهای تولید پراکنده هر کلاس پرداخته می‌شود و با توجه به طرح اتصال کلاس قدرت و دسته‌بندی دستورالعمل شرکت توانیر بر اساس کلاس و طرح‌های مختلفی که در ارتباط با منابع تولید پراکنده ارائه شده است، حداقل تجهیزات جانبی مورد نیاز شامل تجهیزات کلیدزنی و کنترلی، تجهیزات حفاظتی، تجهیزات پایش و تجهیزات اندازه‌گیری با توجه به خود تامین بودن مولدهای پراکنده و یا تزریق تمام توان تولیدی توسط آن‌ها به شبکه تعیین می‌گردد.

به‌منظور حفاظت منابع تولید پراکنده و شبکه در برابر خطاها و پیشامدهای ناخواسته معمولاً از چندین تجهیز حفاظتی استفاده می‌گردد. نوع و تعداد حفاظت‌های مورد نیاز در سیستم اتصال منابع تولید پراکنده به شبکه، بستگی زیادی به قدرت منبع مورد استفاده، نحوه اتصال آن به شبکه، توپولوژی و شرایط فنی شبکه محل اتصال دارد. در

¹ Distributed Generation (DG)



ادامه، هر کلاس و هر طرح تجهیزات حفاظتی به دو دسته تقسیم‌بندی می‌شوند: دسته اول شامل حداقل توابع حفاظتی هستند که وجود آن‌ها در طرح حفاظتی جهت اتصال منابع تولید پراکنده به شبکه ضروری است. به بیانی دیگر، این تجهیزات می‌بایست حتماً در سیستم اتصال منبع تولید پراکنده به شبکه وجود داشته باشند تا اجازه اتصال آن‌ها به شبکه صادر شود. دسته دوم، توابع حفاظتی هستند که وجود آن‌ها در طرح حفاظتی الزامی نیست، اما در صورتی که در طرح حفاظتی از این توابع استفاده شود قابلیت اطمینان طرح اتصال افزایش می‌یابد.

این نکته قابل ذکر است که در این فصل، هدف بررسی حداقل تجهیزات حفاظتی مورد نیاز در سیستم اتصال منبع تولید پراکنده به شبکه است و حفاظت خود منابع مورد نظر نیست. در واقع حفاظت شبکه در برابر تأثیرات ناشی از منابع تولید پراکنده بر عهده شبکه است. اما مسوولیت حفاظت از منابع تولید پراکنده بر عهده مالک آن بوده و مالک باید برای حفاظت مولدهای خود، توابع حفاظتی مورد نیاز را پیش‌بینی نماید.

طرح‌های حفاظتی که پیشنهاد می‌شود باید به گونه‌ای باشد که حداقل قادر به شناسایی شرایط زیر باشند:

- فرکانس غیرعادی
- ولتاژ غیرعادی
- شرایط جزیره‌ای
- آشکارسازی خطاهای فاز به زمین، فاز به فاز، سه‌فاز در سمت منبع تولید پراکنده و در سمت شبکه

موارد بالا این نکته را بیان می‌کنند که تجهیزات حفاظتی که در هر طرح حفاظتی بکار گرفته می‌شود، بایستی به طور کامل و مطمئن وقوع شرایط فوق در شبکه محل اتصال منابع تولید پراکنده را تشخیص دهد. با توجه به طرح جامع اتصال شرکت توانیر، در ادامه این فصل به مواردی که نیاز باشد ارجاع داده خواهد شد.

به ازای هر طرح اتصال و کلاس منبع تولید پراکنده، حداقل توابع حفاظتی الزامی به همراه توابع حفاظتی پیشنهادی اضافی ارائه گردیده و دیاگرام‌های حفاظتی مربوطه آورده شده است. همچنین ملاحظات و تنظیمات توابع حفاظتی در انتهای این فصل بیان شده که می‌بایست مورد توجه قرار گیرد.

در این قسمت برای هر یک از کلاس‌ها و طرح‌های مربوط به اتصال DG ها به شبکه، حداقل تجهیزات جانبی لازم برای اتصال منابع تولید پراکنده به شبکه به صورت جداگانه تهیه می‌گردد تا در صورت نیاز و برای دسترسی سریع به مطالب هر زیربخش، بتوان مطالعات فنی آن را در زمان کمتری انجام داد. به همین دلیل ممکن است در برخی موارد از یک کلاس به کلاس دیگر و از طرحی به طرح دیگر موارد مشابه به طور مداوم تکرار شده باشد تا برای هر کدام از کلاس‌های مولد تولید پراکنده، داده‌ها و اطلاعات مورد نیاز را به تفکیک در اختیار داشت.

برای پرهیز از تکرار بیان معنی، هر کدام از شماره کدهای ANSI (که به عنوان مرجع کدگذاری رله‌ها استفاده شده است) رله‌های مورد استفاده در این گزارش در جدول (۲-۱) آورده شده است.



جدول (۱-۲): شماره کد ANSI رله‌های مورد استفاده

شماره رله	عملکرد	شماره رله	عملکرد
۲۵	رله سنکرون چک	۵۹	رله اضافه ولتاژ
۲۷	رله افت ولتاژ	۵۹G	رله اضافه ولتاژ زمین
۳۲	رله توان معکوس	۵۹I	رله اضافه ولتاژ آنی
۳۲R	رله توان راکتیو جهتی	۵۹T	رله اضافه ولتاژ تاخیری
۴۶	رله اضافه جریان توالی منفی	۶۰	رله تعادل ولتاژ
۴۶BC	رله قطع فاز ^۱	۶۷	رله اضافه جریان جهت دار
۴۷	رله اضافه ولتاژ توالی منفی	۶۷N	رله اضافه جریان جهت دار نقطه خنثی
۵۰	رله اضافه جریان آنی	۶۷G	رله اضافه جریان جهت دار زمین
۵۱	رله اضافه جریان معکوس زمانی	۷۸	رله اندازه‌گیری زاویه فاز
۵۰N	رله اضافه جریان آنی نقطه خنثی	۸۱	رله فرکانسی
۵۱N	رله اضافه جریان نقطه خنثی تاخیری	۸۱R	رله نرخ تغییرات فرکانس
۵۱V	رله اضافه جریان کنترل شده با ولتاژ	۸۶	رله Lockout
۵۰-BF	رله خرابی کلید قدرت فاز	۵۲	کلید قدرت AC

¹ Broken Conductor

۲-۲- حدافل تجهیزات جانبی مورد نیاز جهت اتصال منابع تولید پراکنده اینورتری به شبکه برق به تفکیک طرح اتصال

در این بخش الزامات و تجهیزات اتصال منابع تولید پراکنده اینورتری به شبکه مورد بررسی قرار می‌گیرد که یکی از معروفترین آن‌ها منابع تولید پراکنده فتوولتاییک است. هم‌چنین نوع خاصی از منابع تولید پراکنده بادی که با اینورتر به شبکه متصل می‌شوند نیز در این دسته بندی قرار می‌گیرند.

۲-۲-۱- منابع تولید پراکنده کلاس ۱ و طرح اتصال ۱

با توجه به ظرفیت کم منابع تولید پراکنده در این حالت، برای اتصال این منابع به شبکه نیاز به ترانسفورماتور اختصاصی نیست و منبع تولید پراکنده مستقیماً به وسط فیدر فشار ضعیف متصل می‌شود.

۲-۲-۱-۱- تجهیزات حفاظتی

به منظور تعیین حداقل تجهیزات مورد نیاز جهت حفاظت سیستم اتصال منبع تولید پراکنده اینورتری به شبکه توزیع، دو سناریو که در ادامه بیان می‌شود را می‌توان مورد بررسی قرار داد. در طرح‌هایی که محل نصب تولید پراکنده در نزدیکی و یا در خود محل بار مصرفی قرار دارد برای بهتر بیان نمودن حفاظت‌های نصب شده و تفکیک آن‌ها، بررسی‌ها در دو حالت دارای بار محلی و بدون بار محلی انجام می‌شود.

الف: مولدهای دارای بار محلی

- در این نوع منابع تولید پراکنده به دلیل وجود اینورتر در مدار آن، معمولاً مجموعه‌ای از حفاظت‌ها در خود اینورتر و مدار آن وجود دارد. مانند حفاظت ضدجزیره‌ای^۱ که اکثر اینورترها این نوع حفاظت را دارند یعنی زمانی که تشخیص بدهند فرکانس و یا ولتاژ به مقدار نامناسب (خارج از محدوده مجاز) خود رسیده است، سیستم DG را از شبکه جدا می‌کنند تا جزیره غیرعمدی ایجاد نشود. حال اگر اینورتری استفاده شود که چنین حفاظتی را به همراه خود نداشته باشد، می‌توان از حفاظت‌های مرسوم ضدجزیره‌ای استفاده نمود که نمونه‌های آن، رله‌های ROCOF، شیف‌ت‌فاز و یا سیستم انتقال تریپ است. البته استفاده هر کدام از رله-های نام‌برده شده بستگی به طرح مورد استفاده دارد.

¹ Anti-Islanding



- در این نوع مولد، برخلاف مولدهای ژنراتوری و CHP ها، به دلیل خاصیت کنترلی و محدودکنندگی اینورترهای متعلق به ساختار منابع اینورتری، امکان برگشت توان به سمت منبع DG وجود نداشته و هم-چنین سقف مجاز تزریق توان منبع تولید پراکنده نیز مشخص و قابل کنترل است و توسط اینورتر محدود می‌شود. به همین دلیل در این نوع منبع و در این طرح، برای حفاظت از منبع DG در محل اتصال نیاز به استفاده از رله توان معکوس و یا حداقل توان نخواهد بود. اما با توجه به سیلان توان میان منبع تولید پراکنده، بار مصرفی و شبکه بالا دست امکان ایجاد فلوی توان به صورت دو طرفه خواهد بود. در واقع زمانی که مقدار بار مصرفی بیشتر از توان تولیدی منبع تولید پراکنده باشد، شبکه می‌بایست در کنار DG بار را تامین نماید. هم‌چنین زمانی که مقدار بار مصرفی کمتر از تولید DG باشد، مقداری از توان تولیدی DG به سمت شبکه تزریق می‌شود. لذا در تابلوی توزیع سیلان توان می‌تواند دو طرفه باشد. بنابراین استفاده از رله توان معکوس ضروری به نظر می‌رسد.
- به دلیل پایین بودن ظرفیت تولید پراکنده و ناچیز بودن توان این کلاس در مقایسه با حداقل بار مصرفی فیدر، زمانی که این منابع از شبکه جدا می‌شود افت ولتاژ و فرکانس آنقدر شدید می‌شود که رله‌های ولتاژی و فرکانسی می‌توانند خطا را قطع کنند. پس نیازی به رله ROCOF و جابجایی فاز و یا طرح انتقال تریپ نیست.
- به دلیل اینکه این مولدها از نوع سنکرون نیستند و از نوع ماشین‌های گردان به حساب نمی‌آیند در حالت کلی نیاز به رله سنکرون چک نخواهد بود. البته بسته به نوع اینورتری که در این نوع منابع تولید پراکنده استفاده می‌شود این نیاز متفاوت خواهد بود. اگر اینورترهای مورد استفاده از نوع کموتاسیون خودی باشد و به صورت منبع ولتاژ عملکرد داشته باشد، مانند ماشین‌های سنکرون باید ولتاژ و فاز آن‌ها با شبکه سنکرون شود و در این حالت نیاز به رله سنکرون چک خواهد بود. اما اگر این اینورترها از نوع منبع جریان باشد و یا از اینورترهای کموتاسیون خط در ساختار منبع تولید پراکنده استفاده شود، به دلیل این که بدون ولتاژ خط قادر به عملکرد نیستند نیاز به سنکرون نمودن با شبکه و استفاده از رله سنکرون چک نیست.
- در بعضی از استانداردها و شرکت‌های توزیع، دستورالعمل‌هایی مبنی بر به همراه داشتن حفاظت‌های اضافه/کاهش ولتاژ و افزایش/کاهش فرکانس در اینورترهای این سیستم وجود دارد که در این صورت نیاز به نصب این نوع حفاظت‌ها در تابلوی توزیع در طرح اتصال به عنوان تجهیزات حداقلی و ضروری نیست. در طرح ۱ و کلاس ۱ حداقل توابع حفاظتی لازم عبارتند از:
 - افت ولتاژ (۲۷)
 - افزایش ولتاژ آنی و تاخیری (۵۹)
 - اضافه جریان آنی و تاخیری (۵۰/۵۱)



در کنار توابع مذکور، توابع حفاظتی زیر نیز به عنوان حفاظت تکمیلی پیشنهاد می‌شود:

- افزایش و کاهش فرکانس (۸۱)
- توان معکوس (۳۲)

جدول (۲-۲): حفاظت‌های مورد نیاز در نقطه PCC برای DG اینورتری کلاس ۱ و طرح اتصال ۱- با بار محلی

توابع حفاظتی اضافی پیشنهادی	حداقل توابع حفاظتی الزامی مورد نیاز
افزایش و کاهش فرکانس (۸۱)	افت ولتاژ (۳۷)
توان معکوس (۳۲)	افزایش ولتاژ آنی و تاخیری (۵۹)
	اضافه جریان آنی و تاخیری (۵۰ و ۵۱)

نکته ۱: برای فانکشن‌های فوق، اولویت با در نظر گرفتن رله حفاظتی فشار ضعیف است.
نکته ۲: در خصوص ملاحظات و تنظیمات توابع حفاظتی به بخش‌های ۲-۵ و ۲-۶ مراجعه شود.

ب: تولید پراکنده بدون بار محلی

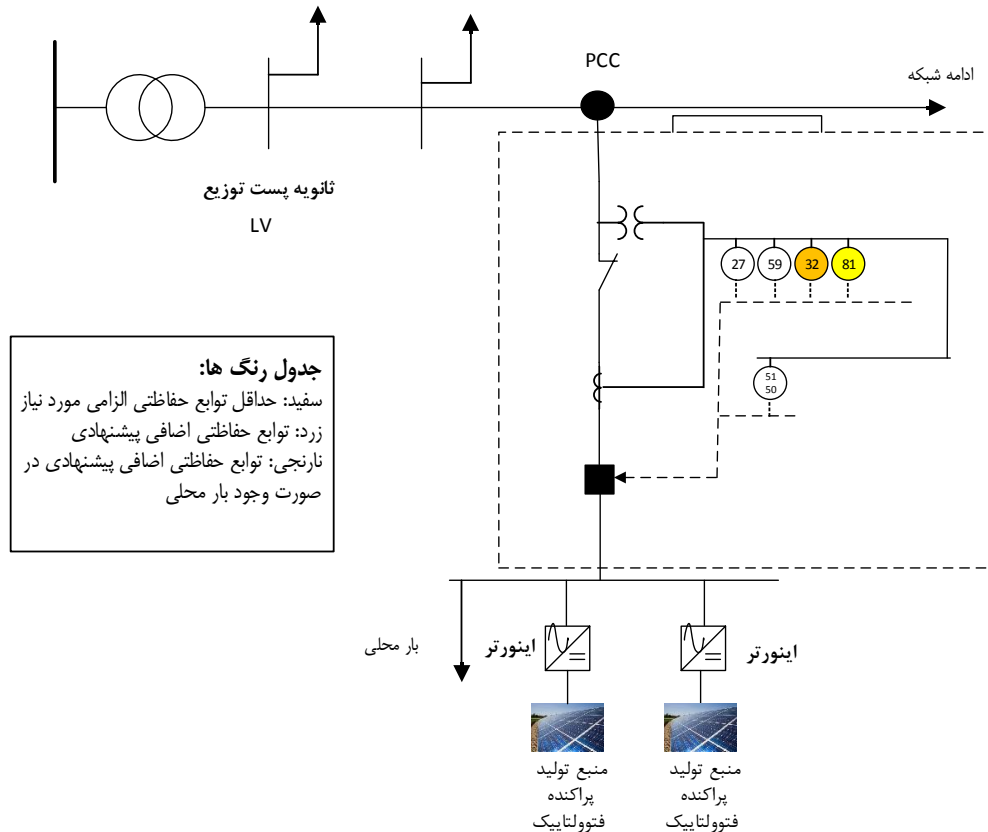
در صورتی که مولد دارای بار محلی نباشد و تمام توان تولیدی توسط مولد پراکنده به شبکه تزریق شود نیز تمام حفاظت‌های حالت قبل در سیستم اتصال منبع تولید پراکنده به شبکه مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این حالت به دلیل سیلان توان یک طرفه از سمت DG به شبکه بالادستی نیازی به استفاده از رله توان معکوس نخواهد بود.

جدول (۳-۲): حفاظت‌های مورد نیاز در نقطه PCC برای DG اینورتری کلاس ۱ و طرح اتصال ۱- بدون بار محلی

توابع حفاظتی اضافی پیشنهادی	حداقل توابع حفاظتی مورد نیاز
افزایش و کاهش فرکانس (۸۱)	افت ولتاژ (۳۷)
	افزایش ولتاژ آنی و تاخیری (۵۹)
	اضافه جریان آنی و تاخیری (۵۰ و ۵۱)

نکته ۱: برای فانکشن‌های فوق، اولویت با در نظر گرفتن رله حفاظتی فشار ضعیف است.
نکته ۲: در خصوص ملاحظات و تنظیمات توابع حفاظتی به بخش‌های ۲-۵ و ۲-۶ مراجعه شود.

در شکل (۲-۱) تجهیزات حفاظتی مربوط به حفاظت مولد اینورتری کلاس ۱ و طرح اتصال ۱ مشاهده می‌شود. رنگ سفید توابع حفاظتی به معنی الزامی بودن وجود آن‌ها و رنگ زرد به معنی اختیاری بودن آن‌ها می‌باشد. همین‌طور رنگ نارنجی به معنی اختیاری بودن توابع حفاظتی در صورت وجود بار محلی است.



شکل (۱-۲): تجهیزات حفاظتی مولدهای اینورتری طرح ۱-کلاس ۱

۲-۱-۲-۲- تجهیزات قدرت و کنترلی

وجود تجهیزات قدرت (کلیدزنی) مورد نیاز شامل کلیدهای قدرت و سکسیونر از ملزومات اصلی سیستم متصل - کننده DG به شبکه بشمار می‌رود و حتماً بایستی با دقت انتخاب و در جای مناسب نصب شوند. از آنجایی که منابع تولید پراکنده در هیچ یک از کلاس‌ها، در هنگام بهره‌برداری موازی با شبکه مجاز به تنظیم ولتاژ فعال در باس‌های شبکه نیستند، بنابراین، بهره‌برداری از این منابع در حالت موازی با شبکه در مد $\cos \varphi$ ثابت انجام می‌شود. یعنی منبع توان اکتیو و راکتیو تولیدی خود را در ضریب توان ثابت به شبکه تحویل می‌دهد. در چنین شرایطی اینورتر وظیفه دارد توان راکتیو تولیدی توسط منبع را به گونه‌ای کنترل کند که ژنراتور در ضریب توان ثابت مورد بهره‌برداری قرار بگیرد، زیرا در این حالت تنظیم ولتاژ بر عهده بهره‌بردار شبکه است.

۲-۱-۲-۳- تجهیزات مانیتورینگ و اندازه‌گیری

از آنجایی که ظرفیت این مولدها کم و حداکثر ۲۰ کیلووات است، استفاده از سیستم مانیتورینگ الزامی نیست. وجود تله‌متری و ارتباط با مرکز کنترل از طریق سیستم اسکادا به دلیل پائین بودن ظرفیت DG نیز ضرورت ندارد.



جدول (۲-۴) حداقل تجهیزات قدرت و کنترلی، اندازه‌گیری و مانیتورینگ پیشنهادی در طرح (۱) و کلاس (۱) را نشان می‌دهد.

جدول (۲-۴): حداقل تجهیزات قدرت و کنترلی، اندازه‌گیری و مانیتورینگ پیشنهادی برای اتصال DG اینورتری در کلاس (۱) طرح (۱)

تجهیزات قدرت و کنترلی	تجهیزات مانیتورینگ	تجهیزات اندازه‌گیری
اینورتر کلید مولد	ضروری نیست	کنتر

۲-۲-۲- منابع تولید پراکنده کلاس ۱ و طرح اتصال ۲

در این طرح منبع تولید پراکنده فتوولتاییک مستقیماً و بدون نیاز به ترانسفورماتور اختصاصی از طریق یک خط فشار ضعیف ۴۰۰ ولت به ثانویه پست توزیع متصل می‌شود.

۲-۲-۱- تجهیزات حفاظتی

به منظور تعیین حداقل تجهیزات مورد نیاز جهت حفاظت سیستم اتصال منبع تولید پراکنده به شبکه همانند طرح قبلی، دو سناریوی زیر را می‌توان مورد بررسی و تحلیل قرار داد:

الف: تولید پراکنده با بار محلی

- در این نوع مولد برخلاف مولدهای ژنراتوری و CHP ها، به دلیل خاصیت کنترلی و محدودکنندگی اینورترهای متعلق به ساختار منابع اینورتری، امکان برگشت توان به سمت منبع DG وجود نداشته و همچنین سقف مجاز تزریق توان منبع تولید پراکنده فتوولتاییک نیز مشخص و قابل کنترل است و توسط اینورتر محدود می‌شود. به همین دلیل در این نوع منبع و در این طرح، برای حفاظت از منبع DG در محل اتصال نیاز به استفاده از رله توان معکوس و یا حداقل توان نخواهد بود. اما با توجه به سیلان توان میان منبع تولید پراکنده، بار مصرفی و شبکه بالا دست امکان ایجاد فلوی توان به صورت دو طرفه خواهد بود. در واقع زمانی که مقدار بار مصرفی بیشتر از توان تولیدی DG باشد، شبکه می‌بایست در کنار DG بار را تامین نماید. همچنین زمانی که مقدار بار مصرفی کمتر از تولید DG باشد، مقداری از توان تولیدی DG به سمت شبکه تزریق می‌شود. لذا در تابلوی توزیع سیلان توان می‌تواند دو طرفه باشد. بنابراین استفاده از رله توان معکوس ضروری به نظر می‌رسد.
- در منبع تولید پراکنده از نوع اینورتری به دلیل وجود اینورتر در مدار آن، معمولاً یک سری حفاظت‌ها در خود اینورتر و مدار آن وجود دارد. مانند حفاظت ضدجریه‌ای که اکثر اینورترها این نوع حفاظت را



دارند یعنی زمانی که تشخیص بدهند فرکانس و یا ولتاژ به مقدار نامناسب خود رسیده است، سیستم فتوولتاییک را از شبکه جدا می‌کنند تا جزیره غیرعمدی ایجاد نشود. حال اگر اینورتری استفاده شود که چنین حفاظتی را به همراه خود نداشته باشد، می‌توان از حفاظت‌های مرسوم ضدجزیره‌ای استفاده نمود که نمونه‌های رله‌های ROCOF، شیف‌ت‌فاز و یا سیستم انتقال تریپ است.

- اگر کلید ابتدای فیدر فشار ضعیف قطع شود، چون در طرح ۲ هیچ مصرف کننده دیگری بر روی این فیدر فشار ضعیف قرار ندارد، چنانچه حداکثر بار محلی کمتر از یک سوم ظرفیت تولید منبع تولید پراکنده باشد، به دلیل افزایش و یا کاهش شدید فرکانس و ولتاژ در محل اتصال، منبع DG از شبکه جدا خواهد شد و نیاز به انتقال تریپ (trip transfer) یا رله‌های ROCOF و جابه‌جایی فاز نیست و رله‌های ولتاژی و فرکانسی DG را از شبکه جدا خواهند نمود.
- اگر مصرف بار محلی قابل مقایسه و نزدیک به میزان ظرفیت منبع تولید پراکنده باشد، برای تشخیص قطع شدن فیدر فشار ضعیف، یا باید از توابع حفاظتی جابجایی فاز با کد استاندارد (۷۸) و ROCOF جهت آشکارسازی قطع شبکه استفاده نمود و یا سیستم انتقال تریپ را به کار گرفت.
- معمولاً در طرح‌هایی که منبع تولید پراکنده اینورتری به سمت فشار ضعیف شبکه اتصال می‌یابد، از سیستم انتقال تریپ به دلایل اقتصادی استفاده نمی‌شود و تنها در طرح‌هایی که منبع اینورتری به سمت فشار متوسط شبکه توزیع اتصال دارد سیستم انتقال تریپ برای تشخیص جزیره‌ای شدن به-کاربرده می‌شود.
- به دلیل اینکه این مولدها از نوع سنکرون نیستند و از نوع ماشین‌های گردان به حساب نمی‌آیند در حالت کلی نیاز به رله سنکرون چک نخواهد بود. البته بسته به نوع اینورتری که در این نوع منابع تولید پراکنده استفاده می‌شود این نیاز متفاوت خواهد بود. اگر اینورترهای مورد استفاده از نوع کموتاسیون خودی باشد، و به صورت منبع ولتاژ عملکرد داشته باشد، مانند ماشین‌های سنکرون باید ولتاژ و فاز آن-ها با شبکه سنکرون شود و در این حالت نیاز به رله سنکرون چک خواهد بود. اما اگر این اینورترها از نوع منبع جریان باشد و یا از اینورترهای کموتاسیون خط در ساختار منبع تولید پراکنده فتوولتاییک استفاده شود، نیاز به سنکرون سازی با شبکه و استفاده از رله سنکرون چک نیست.

استفاده از توابع حفاظتی زیر نیز به عنوان توابع حفاظتی تکمیلی پیشنهاد می‌شود:

۱. افزایش و کاهش فرکانس (۸۱)

۲. توان معکوس (۳۲)

در صورتی که تولید توان زیاد شود و یا بار مصرفی کمتر از توان تولیدی شود احتمال اضافه ولتاژ وجود خواهد داشت. بنابراین رله افزایش ولتاژ می‌بایست تشخیص داده و در زمان مناسب قطع نماید.



جدول (۵-۲): حفاظت‌های مورد نیاز در نقطه PCC برای DG اینورتری کلاس ۱ و طرح اتصال ۲- با بار محلی

توابع حفاظتی اضافی پیشنهادی	حداقل توابع حفاظتی الزامی مورد نیاز
افزایش و کاهش فرکانس (۸۱)	افت ولتاژ (۲۷)
توان معکوس (۳۲)	افزایش ولتاژ آنی و تاخیری (۵۹)
	اضافه جریان آنی و تاخیری (۵۰ و ۵۱)

نکته ۱: برای فانکشن‌های فوق، اولویت با در نظر گرفتن رله حفاظتی فشار ضعیف است.
نکته ۲: در خصوص ملاحظات و تنظیمات توابع حفاظتی به بخش‌های ۲-۵ و ۲-۶ مراجعه شود.

ب: تولید پراکنده بدون بار محلی

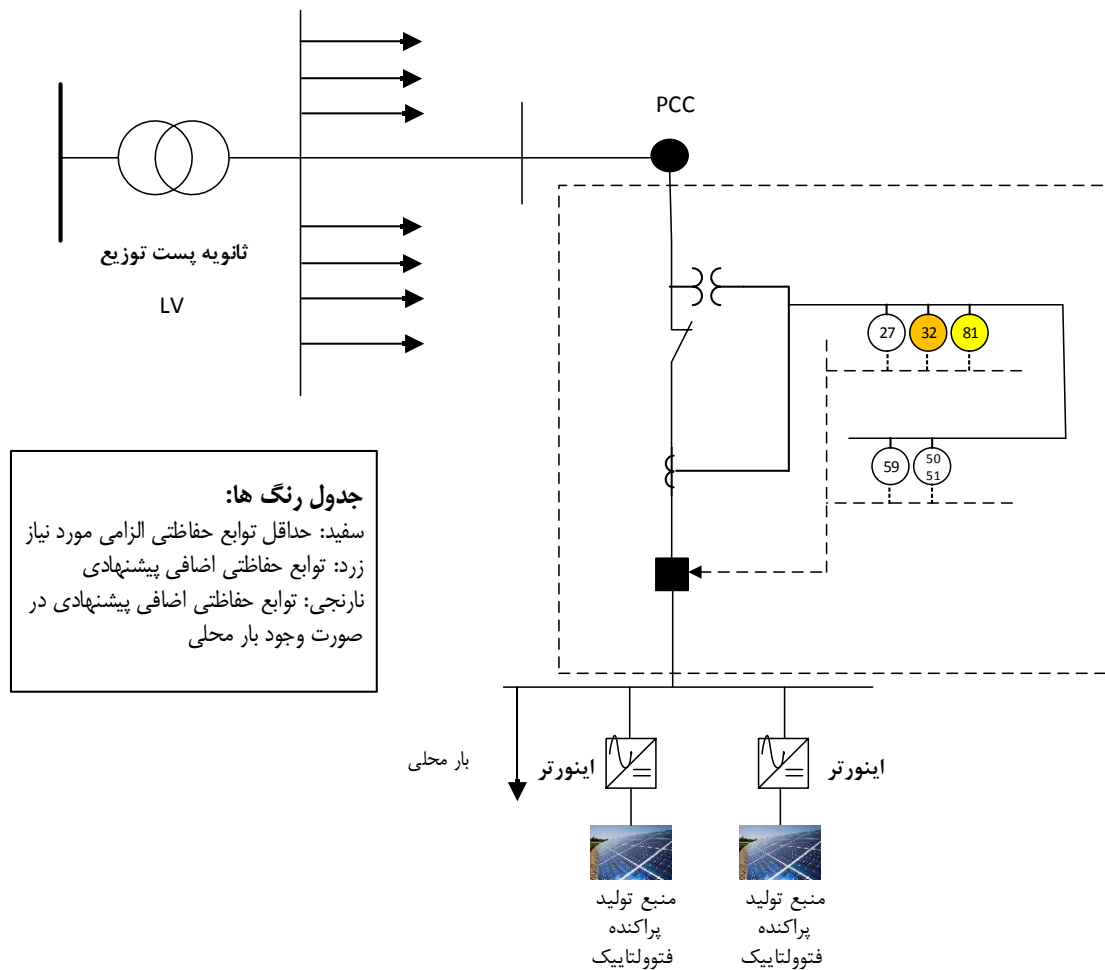
در صورتی که مولد دارای بار محلی نباشد و تمام توان تولیدی توسط مولد پراکنده به شبکه تزریق شود، نیازی به استفاده از رله توان معکوس و یا حداقل توان در سیستم اتصال DG به شبکه نیست. بنابراین، در این حالت نیز تمام حفاظت‌های حالت قبل در سیستم اتصال مورد استفاده قرار می‌گیرد.

جدول (۶-۲): حفاظت‌های مورد نیاز در نقطه PCC برای DG اینورتری کلاس ۱ و طرح اتصال ۲- بدون بار محلی

توابع حفاظتی اضافی پیشنهادی	حداقل توابع حفاظتی الزامی مورد نیاز
افزایش و کاهش فرکانس (۸۱)	افت ولتاژ (۲۷)
	افزایش ولتاژ آنی و تاخیری (۵۹)
	اضافه جریان آنی و تاخیری (۵۰ و ۵۱)

نکته ۱: برای فانکشن‌های فوق، اولویت با در نظر گرفتن رله حفاظتی فشار ضعیف است.
نکته ۲: در خصوص ملاحظات و تنظیمات توابع حفاظتی به بخش‌های ۲-۵ و ۲-۶ مراجعه شود.

در شکل (۲-۲) تجهیزات حفاظتی مربوط به حفاظت مولد اینورتری کلاس ۱ و طرح اتصال ۲ مشاهده می‌شود. رنگ سفید توابع حفاظتی به معنی الزامی بودن آن‌ها و رنگ زرد به معنی اختیاری بودن آن‌ها می‌باشد. همین‌طور رنگ نارنجی به معنی اختیاری بودن توابع حفاظتی در صورت وجود بار محلی است.



شکل (۲-۲): تجهیزات حفاظتی مولدهای اینورتری طرح ۲- کلاس ۱

۲-۲-۲-۲- تجهیزات قدرت و کنترلی

وجود تجهیزات قدرت (کلیدزنی) مورد نیاز شامل کلیدهای قدرت و سکسیونر از ملزومات اصلی سیستم متصل - کننده DG به شبکه به شمار می‌رود و حتماً بایستی با دقت انتخاب و در جای مناسب نصب شوند. از آنجایی که منابع تولید پراکنده در هیچ یک از کلاس‌ها، در هنگام بهره‌برداری موازی با شبکه مجاز به تنظیم ولتاژ فعال در باس‌های شبکه نیستند، بنابراین، بهره‌برداری از این منابع در حالت موازی با شبکه در مد $\cos \varphi$ ثابت انجام می‌شود. یعنی ژنراتور توان اکتیو و راکتیو تولیدی خود را در ضریب توان ثابت به شبکه تحویل می‌دهد. در چنین شرایطی اینورتر وظیفه دارد توان راکتیو تولیدی توسط ژنراتور را به گونه‌ای کنترل کند که ژنراتور در ضریب توان ثابت مورد بهره‌برداری قرار بگیرد، زیرا در این حالت تنظیم ولتاژ بر عهده بهره‌بردار شبکه است.



۲-۲-۳- تجهیزات مانیتورینگ و اندازه‌گیری

از آنجایی که ظرفیت این مولدها کم و حداکثر ۲۰ کیلووات است، استفاده از سیستم مانیتورینگ الزامی نیست. وجود تله‌متری و ارتباط با مرکز کنترل از طریق سیستم اسکادا به دلیل پائین بودن ظرفیت DG نیز ضرورت ندارد. تعداد و مکان دستگاه‌های اندازه‌گیری بر اساس مفاد قرارداد بین مالک DG و بهره‌بردار شبکه توافق می‌شود. هنگامی که امکان فروش برق مازاد توسط DG به شبکه وجود دارد، لازم است مالک شبکه کنتورهایی را جهت ثبت انرژی ورودی (kWh(in)) و انرژی خروجی (kWh(out)) نصب کند.

به طور کلی دو حالت زیر را برای نصب لوازم اندازه‌گیری می‌توان مورد بررسی قرار داد:

الف: مولدهای خود تأمین و دارای بار محلی

در این حالت به دلیل وجود تعرفه‌های مختلف برای خرید و فروش برق و نیاز به اندازه‌گیری میزان توان تزریق شده توسط DG به شبکه، بهره‌بردار یا باید از دو کنتور یک جهتته مجزا، یکی در بالادست کلید ژنراتور و دیگری در بالادست کلید قطع بار استفاده نماید تا بتواند توان تولیدی و مصرفی را به صورت جداگانه اندازه‌گیری کند و یا از یک کنتور دو جهتته در نقطه اتصال استفاده نماید تا بتواند توان تزریقی توسط ژنراتور به شبکه را اندازه‌گیری نماید.

ب: مولدهای بدون بار محلی

در این حالت چون به صورت محلی انرژی مصرف نمی‌شود و تمام تولید به شبکه تزریق می‌شود، تنها استفاده از یک کنتور جهت قرائت میزان توان تزریقی توسط ژنراتور به شبکه کفایت می‌کند.

جدول (۲-۷) حداقل تجهیزات قدرت و کنترلی، اندازه‌گیری و مانیتورینگ پیشنهادی در طرح (۲) و کلاس (۱) را نشان می‌دهد.

جدول (۲-۷): حداقل تجهیزات قدرت و کنترلی، اندازه‌گیری و مانیتورینگ پیشنهادی برای اتصال DG اینورتری در کلاس (۱) طرح (۲)

تجهیزات اندازه‌گیری	تجهیزات مانیتورینگ	تجهیزات قدرت و کنترلی
کنتور	ضروری نیست	اینورتر کلید مولد

۲-۲-۳- منابع تولید پراکنده کلاس ۲ و طرح اتصال ۲

ژنراتورهایی با ظرفیت زیر ۲۰۰ کیلووات از طریق این طرح می‌توانند به شبکه متصل شوند. در این طرح DG مستقیماً و بدون نیاز به ترانسفورماتور اختصاصی از طریق یک فیذر اختصاصی ۴۰۰ ولت به ثانویه پست توزیع متصل می‌شود.

۲-۳-۱- تجهیزات حفاظتی

به منظور تعیین حداقل تجهیزات مورد نیاز جهت حفاظت سیستم اتصال DG به شبکه همانند اتصال و طرح-های قبلی، دو سناریوی زیر را می‌توان مورد بررسی قرار داد.

الف: تولید پراکنده با بار محلی

- در این نوع مولد برخلاف مولدهای ژنراتوری و CHP ها، به دلیل خاصیت کنترلی و محدودکنندگی اینورترهای متعلق به ساختار این نوع منابع، امکان برگشت توان به سمت منبع DG وجود نداشته و هم-چنین سقف مجاز تزریق توان منبع تولید پراکنده اینورتری نیز مشخص و قابل کنترل است و توسط اینورتر محدود می‌شود. به همین دلیل در این نوع منبع و در این طرح، برای حفاظت از منبع DG در محل اتصال نیاز به استفاده از رله توان معکوس و یا حداقل توان نخواهد بود. اما با توجه به سیلان توان میان منبع تولید پراکنده اینورتری، بار مصرفی و شبکه بالا دست امکان ایجاد فلوی توان به صورت دو طرفه خواهد بود. در واقع زمانی که مقدار بار مصرفی بیشتر از توان تولیدی DG باشد، شبکه می‌بایست در کنار DG بار را تامین نماید. هم‌چنین زمانی که مقدار بار مصرفی کمتر از تولید DG باشد، مقداری از توان تولیدی DG به سمت شبکه تزریق می‌شود. لذا در تابلوی توزیع سیلان توان می‌تواند دو طرفه باشد. بنابراین استفاده از رله توان معکوس (۳۲) ضروری به نظر می‌رسد.
- در منبع تولید پراکنده از نوع فتوولتاییک به دلیل وجود اینورتر در مدار آن، معمولاً یک سری حفاظت‌ها در خود اینورتر و مدار آن وجود دارد. مانند حفاظت ضدجریه‌ای که اکثر اینورترها این نوع حفاظت را دارند یعنی زمانی که تشخیص بدهند فرکانس و یا ولتاژ به مقدار نامناسب خود رسیده است، سیستم فتوولتاییک را از شبکه جدا می‌کنند تا جزیره غیرعمدی ایجاد نشود. حال اگر اینورتری استفاده شود که چنین حفاظتی را به همراه خود نداشته باشد، می‌توان از حفاظت‌های مرسوم ضدجریه‌ای استفاده نمود که نمونه‌های رله-های ROCOF، شیفت‌فاز و یا سیستم انتقال تریپ است.
- اگر مقدار بار مصرفی کمتر از یک سوم تولید منبع تولید پراکنده باشد، در این صورت در زمان جدایی شبکه به دلیل افزایش ولتاژ و فرکانس، رله‌های ولتاژی و فرکانسی تریپ می‌دهند و نیازی به رله‌های ROCOF یا جابجایی فاز نیست. اما اگر مقدار بار مصرفی قابل قیاس و نزدیک به توان تولیدی DG باشد، در این-صورت نیاز به استفاده از رله‌های ROCOF خواهد بود.
- اگر شبکه از سمت ۲۰ کیلوولت بی‌برق شود و حداقل بار شبکه از سه برابر تولید DG بیشتر باشد در این-صورت DG قادر به تامین بار نخواهد بود و افت ولتاژ و فرکانس شدیدی ایجاد می‌شود و می‌توان با رله-های افت ولتاژ و فرکانس DG را از شبکه جدا نمود. اما اگر حداقل بار شبکه از سه برابر تولید DG بیشتر



نبود در این صورت دیگر افت ولتاژ و فرکانس شدید ایجاد نمی‌شود و باید از رله ROCOF و جابجایی فاز استفاده نمود.

- این نکته قابل ذکر است که در مولدهای اینورتری معمولاً و در اکثر موارد اینورتر به کار برده شده دارای حفاظت ضدجذب‌بره‌ای بوده و با توجه به ساختار کنترلی که دارد و نوع حفاظتی که بر روی آن پیاده شده است عمل قطع از شبکه را انجام می‌دهد. رله‌های جابجایی فاز و ROCOF برای زمانی است که درصد کمی از اینورترها این نوع حفاظت را نداشته و مجبور به استفاده رله‌های نام‌برده در تابلوی توزیع هستیم.
- به دلیل اینکه این مولدها از نوع سنکرون نیستند و از نوع ماشین‌های گردان به حساب نمی‌آیند در حالت کلی نیاز به رله سنکرون چک نخواهد بود. البته بسته به نوع اینورتری که در این نوع منابع تولید پراکنده استفاده می‌شود این نیاز متفاوت خواهد بود. اگر اینورترهای مورد استفاده از نوع کموتاسیون خودی باشد، و به صورت منبع ولتاژ عملکرد داشته باشد، مانند ماشین‌های سنکرون باید ولتاژ و فاز آن‌ها با شبکه سنکرون شود و در این حالت نیاز به رله سنکرون چک (۲۵) خواهد بود. اما اگر این اینورترها از نوع منبع جریان باشد و یا از اینورترهای کموتاسیون خط در ساختار این نوع منبع تولید پراکنده استفاده شود، نیاز به سنکرون سازی با شبکه و استفاده از رله سنکرون چک (۲۵) نیست.
- در صورتی که خطای اتصال کوتاه در سمت نیروگاه رخ دهد، از سمت منبع تولید پراکنده به دلیل خاصیت محدودکنندگی اینورتر جریان زیادی تزریق نمی‌شود ولی شبکه مشارکت جریانی بالایی را در نقطه‌ای که خطا رخ داده دارد. به همین دلیل در نقطه اتصال به شبکه که تابلوی توزیع قرار دارد می‌بایست از رله اضافه جریان آئی/تاخیری استفاده نمود. لذا این حفاظت به عنوان تجهیز الزامی قرار داده می‌شود.

جدول (۸-۲): حفاظت‌های مورد نیاز در نقطه PCC برای DG اینورتری کلاس ۲ و طرح اتصال ۲- با بار محلی

حداقل تجهیزات الزامی مورد نیاز	تجهیزات اضافی پیشنهادی
رله افت ولتاژ (۳۷)	رله ROCOF (R۸۱)*
رله اضافه ولتاژ آئی و تاخیری (۵۹)	جابجایی فاز (۷۸)*
رله افزایش و کاهش فرکانس (۸۱)	
رله توان معکوس (۳۲)	
رله اضافه جریان آئی و معکوس زمانی (۵۰/۵۱)	
رله اضافه جریان آئی و تاخیری زمین (۵۰/۵۱N)	
رله اضافه جریان توالی فاز منفی (۴۶) یا قطع فاز (۴۶BC)	
رله توالی فاز ولتاژ (۴۷)	

*در صورتی که اینورتر فاقد حفاظت ضد-جزیره‌ای باشد.

نکته: در خصوص ملاحظات و تنظیمات توابع حفاظتی به بخش‌های ۲-۵ و ۲-۶ مراجعه شود.

**ب: تولید پراکنده بدون بار محلی**

- در صورتی که مولد دارای بار محلی نباشد و تمام توان تولیدی توسط مولد پراکنده به شبکه تزریق شود، نیازی به استفاده از رله توان معکوس و یا حداقل توان در سیستم اتصال DG به شبکه نیست.

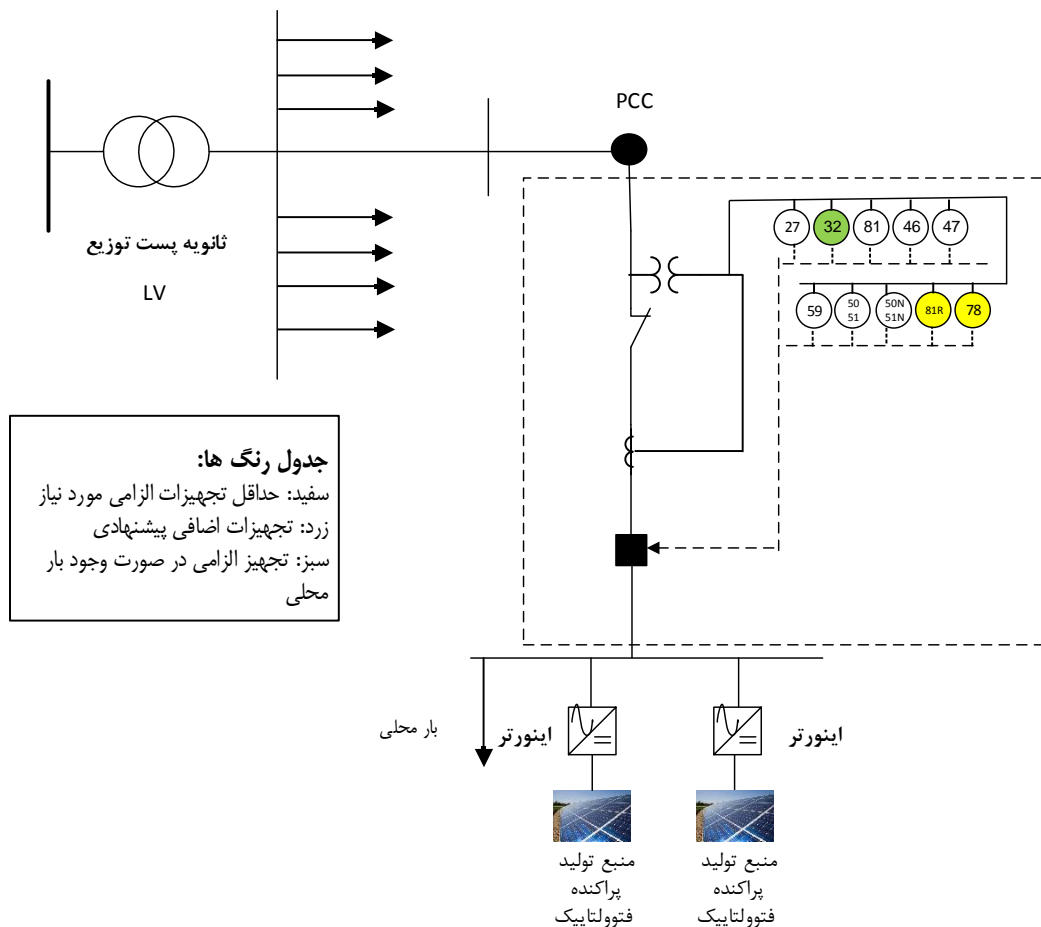
جدول (۲-۹): حفاظت‌های مورد نیاز در نقطه PCC برای DG اینورتری کلاس ۲ و طرح اتصال ۲- بدون بار محلی

حداقل تجهیزات الزامی مورد نیاز	تجهیزات اضافی پیشنهادی
رله افت ولتاژ (۲۷)	رله ROCOF (۸۱R)*
رله اضافه ولتاژ آنی و تاخیری (۵۹)	جابجایی فاز (۷۸)*
رله افزایش و کاهش فرکانس (۸۱)	
رله اضافه جریان آنی و معکوس زمانی (۵۰/۵۱)	
رله اضافه جریان آنی و تاخیری زمین (۵۰/۵۱N)	
رله اضافه جریان توالی فاز منفی (۴۶) یا قطع فاز (۴۶BC)	
رله توالی فاز ولتاژ (۴۷)	

*در صورتی که اینورتر فاقد حفاظت ضد-جزیره‌ای باشد.

نکته: در خصوص ملاحظات و تنظیمات توابع حفاظتی به بخش‌های ۲-۵ و ۲-۶ مراجعه شود.

در شکل (۲-۳) تجهیزات حفاظتی مربوط به حفاظت مولد اینورتری کلاس ۲ و طرح اتصال ۲ مشاهده می‌شود. رنگ سفید رله‌ها به معنی الزامی بودن وجود آن‌ها و رنگ زرد به معنی اختیاری بودن آن‌ها می‌باشد. همین‌طور رنگ سبز به معنی اجباری بودن رله در صورت وجود بار محلی است.



شکل (۲-۳): تجهیزات حفاظتی مولدهای اینورتری طرح ۲-کلاس ۲

۲-۳-۲-۲- تجهیزات قدرت و کنترلی

وجود تجهیزات قدرت (کلیدزنی) مورد نیاز شامل کلیدهای قدرت و سکسیونر از ملزومات اصلی سیستم متصل - کننده DG به شبکه به شمار می‌رود و حتماً بایستی با دقت انتخاب و در جای مناسب نصب شوند. از آنجایی که منابع تولید پراکنده در هیچ یک از کلاس‌ها، در هنگام بهره‌برداری موازی با شبکه مجاز به تنظیم ولتاژ فعال در باس‌های شبکه نیستند، بنابراین بهره‌برداری از این منابع در حالت موازی با شبکه در مد $\cos \varphi$ ثابت انجام می‌شود. یعنی ژنراتور توان اکتیو و راکتیو تولیدی خود را در ضریب توان ثابت به شبکه تحویل می‌دهد. در چنین شرایطی اینورتر وظیفه دارد توان راکتیو تولیدی توسط ژنراتور را به گونه‌ای کنترل کند که ژنراتور در ضریب توان ثابت مورد بهره‌برداری قرار بگیرد، زیرا در این حالت تنظیم ولتاژ بر عهده بهره‌بردار شبکه است.

**۲-۳-۳- تجهیزات مانیتورینگ و اندازه‌گیری**

از آنجایی که ظرفیت این مولدها کم و حداکثر ۲۰۰ کیلووات است، استفاده از سیستم مانیتورینگ الزامی نیست. وجود تله‌متری و ارتباط با مرکز کنترل از طریق سیستم اسکادا به دلیل پائین بودن ظرفیت DG نیز ضرورت ندارد. تعداد و مکان دستگاه‌های اندازه‌گیری بر اساس مفاد قرارداد بین مالک DG و بهره‌بردار شبکه توافق می‌شود. هنگامی که امکان فروش برق مازاد توسط DG به شبکه وجود دارد، لازم است مالک شبکه کنترلهایی را جهت ثبت انرژی ورودی (kWh(in)) و انرژی خروجی (kWh(out)) نصب کند.

به طور کلی دو حالت زیر را برای نصب لوازم اندازه‌گیری می‌توان مورد بررسی قرار داد:

الف: مولدهای خود تأمین و دارای بار محلی

در این حالت به دلیل وجود تعرفه‌های مختلف برای خرید و فروش برق و نیاز به اندازه‌گیری میزان توان تزریق شده توسط DG به شبکه، بهره‌بردار یا باید از دو کنتور یک جهت مجزا، یکی در بالادست کلید ژنراتور و دیگری در بالادست کلید قطع بار استفاده نماید تا بتواند توان تولیدی و مصرفی را به صورت جداگانه اندازه‌گیری کند و یا از یک کنتور دو جهت در نقطه اتصال استفاده نماید تا بتواند توان تزریقی توسط ژنراتور به شبکه را اندازه‌گیری نماید.

ب: مولدهای بدون بار محلی

در این حالت چون به صورت محلی انرژی مصرف نمی‌شود و تمام تولید به شبکه تزریق می‌شود، تنها استفاده از یک کنتور جهت قرائت میزان توان تزریقی توسط ژنراتور به شبکه کفایت می‌کند.

در مورد منابع تولید پراکنده کلاس ۲ و طرح ۲، چون جریان تزریقی توسط مولد نسبتاً زیاد است جریان سه‌فاز با استفاده از سه دستگاه ترانسفورماتور جریان اندازه‌گیری می‌شود.

جدول (۲-۱۰) حداقل تجهیزات قدرت و کنترلی، اندازه‌گیری و مانیتورینگ پیشنهادی در طرح (۲) و کلاس (۲) را نشان می‌دهد.

جدول (۲-۱۰): حداقل تجهیزات قدرت و کنترلی، اندازه‌گیری و مانیتورینگ پیشنهادی برای اتصال DG

اینورتری در کلاس (۲) طرح (۲)

تجهیزات قدرت و کنترلی	تجهیزات مانیتورینگ	تجهیزات اندازه‌گیری
اینورتر	ضروری نیست	کنتور
کلید مولد		ترانسفورماتور جریان



۲-۲-۴- منابع تولید پراکنده کلاس ۲ و طرح اتصال ۳

منابع تولید پراکنده کلاس‌های ۲، ۳ و ۴، یعنی منابعی با ظرفیت بین ۲۰ کیلووات تا ۷ مگاوات از طریق طرح ۳ می‌توانند به شبکه توزیع متصل شوند.

منبع تولید پراکنده اینورتری در این طرح از طریق یک ترانسفورماتور اختصاصی، به وسط فیدر ۲۰ کیلوولت پست فوق توزیع متصل می‌شود.

در این قسمت ژنراتورهای کلاس ۲، یعنی ژنراتورهایی با ظرفیت ۲۰ تا ۲۰۰ کیلووات مورد بررسی قرار می‌گیرد. هدف از به کارگیری ترانس اختصاصی در طرح‌هایی از این قبیل (طرح ۳، ۴ و ۵) عبارتند از:

به دلیل زیاد بودن جریان تزریق شده توسط ژنراتور به شبکه توزیع در سطح ولتاژ ۴۰۰ ولت، هادی‌های شبکه نمی‌توانند به لحاظ حرارتی این جریان را تحمل نمایند، لذا سطح ولتاژ از ۴۰۰ ولت به ۲۰ کیلوولت افزایش می‌یابد. ترانسفورماتور باعث کاهش سطح اتصال کوتاه شبکه و کاهش تاثیرگذاری DG بر شبکه و به عکس می‌شود.

۲-۲-۴-۱- تجهیزات حفاظتی

الف: تولید پراکنده با بار محلی

- در این نوع مولد برخلاف مولدهای ژنراتوری و CHP ها، به دلیل خاصیت کنترلی و محدودکنندگی اینورترهای متعلق به ساختار این نوع منابع، امکان برگشت توان به سمت منبع DG وجود نداشته و هم-چنین سقف مجاز تزریق توان منبع تولید پراکنده اینورتری نیز مشخص و قابل کنترل است و توسط اینورتر محدود می‌شود. به همین دلیل در این نوع منبع و در این طرح، برای حفاظت از منبع DG در محل اتصال نیاز به استفاده از رله توان معکوس و یا حداقل توان نخواهد بود. اما با توجه به سیلان توان میان منبع تولید پراکنده، بار مصرفی و شبکه بالا دست امکان ایجاد فلوی توان به صورت دو طرفه خواهد بود. در واقع زمانی که مقدار بار مصرفی بیشتر از توان تولیدی DG باشد، شبکه می‌بایست در کنار DG بار را تامین نماید. هم‌چنین زمانی که مقدار بار مصرفی کمتر از تولید DG باشد، مقداری از توان تولیدی DG به سمت شبکه تزریق می‌شود. لذا در تابلوی توزیع سیلان توان می‌تواند دو طرفه باشد. بنابراین استفاده از رله توان معکوس ضروری به نظر می‌رسد.
- در صورتی که ظرفیت مولد کمتر از یک سوم حداقل بار سالیانه فیدر باشد، به دلیل افت ولتاژ و فرکانسی که در نقطه اتصال ایجاد می‌شود، رله‌های ولتاژی و فرکانسی عمل خواهند نمود و منبع تولید پراکنده از مدار جدا می‌شود.
- در منبع تولید پراکنده از نوع اینورتری به دلیل وجود اینورتر در مدار آن، معمولاً یک سری حفاظت‌ها در خود اینورتر و مدار آن وجود دارد. مانند حفاظت ضدجریه‌ای که اکثر اینورترها این نوع حفاظت را دارند



یعنی زمانی که تشخیص بدهند فرکانس و یا ولتاژ به مقدار نامناسب خود رسیده است، سیستم DG را از شبکه جدا می‌کنند تا جزیره غیرعمدی ایجاد نشود. حال اگر اینورتری استفاده شود که چنین حفاظتی را به همراه خود نداشته باشد، می‌توان از حفاظت‌های مرسوم ضدجزیره‌ای استفاده نمود که نمونه‌های رله‌های ROCOF، شیف‌فاز و یا سیستم انتقال تریپ است.

- به دلیل اینکه این مولدها از نوع سنکرون نیستند و از نوع ماشین‌های گردان به حساب نمی‌آیند در حالت کلی نیاز به رله سنکرون چک نخواهد بود. البته بسته به نوع اینورتری که در این نوع منابع تولید پراکنده استفاده می‌شود این نیاز متفاوت خواهد بود. اگر اینورترهای مورد استفاده از نوع کموتاسیون خودی باشد و به صورت منبع ولتاژ عملکرد داشته باشد، مانند ماشین‌های سنکرون باید ولتاژ و فاز آن‌ها با شبکه سنکرون شود و در این حالت نیاز به رله سنکرون چک خواهد بود. اما اگر این اینورترها از نوع منبع جریان باشد و یا از اینورترهای کموتاسیون خط در ساختار منبع تولید پراکنده استفاده شود، نیاز به سنکرون سازی با شبکه و استفاده از رله سنکرون چک نیست.
- برای تشخیص خطاهای زمین، اتصال سیم‌پیچی‌های ترانسفورماتور متصل کننده DG به شبکه اهمیت پیدا می‌کند. از رله ۵۹G برای حفاظت خطای زمین زمانی که ترانسفورماتور اتصال در سمت اولیه خود زمین نشده است استفاده می‌شود و از رله اضافه جریان جهت دار ۶۷N یا اضافه جریان تاخیری ۵۱N برای حفاظت خطای زمین زمانی که ترانسفورماتورهای اتصالی که سمت اولیه آن زمین شده است استفاده می‌شود. در صورتیکه شبکه فشار متوسط به صورت مستقیم زمین نشده باشد، استفاده از حفاظت ۵۹G به صورت الزامی در نظر گرفته شود. همچنین این حفاظت در تشخیص فرورزونانس می‌تواند مؤثر باشد.
- در صورتی که خطای اتصال کوتاه در سمت نیروگاه رخ دهد، از سمت منبع تولید پراکنده به دلیل خاصیت محدودکنندگی اینورتر جریان زیادی تزریق نمی‌شود ولی شبکه مشارکت جریانی بالایی را در نقطه‌ای که خطا رخ داده دارد. به همین دلیل در نقطه اتصال به شبکه که تابلوی توزیع قرار دارد می‌بایست از رله اضافه جریان آئی/تاخیری استفاده نمود. لذا این حفاظت به عنوان تجهیز الزامی قرار داده می‌شود.



جدول (۱۱-۲): حفاظت‌های مورد نیاز در نقطه PCC برای DG اینورتری کلاس ۲ و طرح اتصال ۳-با بار محلی

حداقل تجهیزات الزامی مورد نیاز	تجهیزات اضافی پیشنهادی
رله افت ولتاژ (۲۷)	رله ROCOF (۸۱R)*
رله اضافه ولتاژ آنی و تاخیری (۵۹)	جابجایی فاز (۷۸)*
رله افزایش و کاهش فرکانس (۸۱)	رله اضافه جریان جهت دار (۶۷N)
رله توان معکوس (۳۲)	
رله اضافه جریان آنی و معکوس زمانی (۵۰/۵۱)	
رله اضافه جریان آنی و تاخیری زمین (۵۰/۵۱N)	
رله اضافه جریان توالی فاز منفی (۴۶) یا قطع فاز (۴۶BC)	
رله توالی فاز ولتاژ (۴۷)	
رله اضافه ولتاژ زمین (۵۹G)**	

*در صورتی که اینورتر فاقد حفاظت ضد-جزیره‌ای باشد.

**در صورتی که از ترانسفورماتور Dyn استفاده شود (آرایش مثلث در سمت فشار متوسط و آرایش ستاره در سمت فشار ضعیف)
نکته: در خصوص ملاحظات و تنظیمات توابع حفاظتی به بخش‌های ۲-۵ و ۲-۶ مراجعه شود.

ب: تولید پراکنده بدون بار محلی

- در این حالت که تمام توان تولیدی توسط مولد تولید پراکنده به شبکه تزریق می‌شود نیز نیازی به استفاده از رله توان معکوس و یا حداقل توان نیست.

جدول (۱۲-۲): حفاظت‌های مورد نیاز در نقطه PCC برای DG اینورتری کلاس ۲ و طرح اتصال ۳-بدون بار

محلی

حداقل تجهیزات الزامی مورد نیاز	تجهیزات اضافی پیشنهادی
رله افت ولتاژ (۲۷)	رله ROCOF (۸۱R)*
رله اضافه ولتاژ آنی و تاخیری (۵۹)	جابجایی فاز (۷۸)*
رله افزایش و کاهش فرکانس (۸۱)	رله اضافه جریان جهت دار (۶۷N)
رله اضافه جریان آنی و معکوس زمانی (۵۰/۵۱)	
رله اضافه جریان آنی و تاخیری زمین (۵۰/۵۱N)	
رله اضافه جریان توالی فاز منفی (۴۶) یا قطع فاز (۴۶BC)	
رله توالی فاز ولتاژ (۴۷)	
رله اضافه ولتاژ زمین (۵۹G)**	

*در صورتی که اینورتر فاقد حفاظت ضد-جزیره‌ای باشد.

**در صورتی که از ترانسفورماتور Dyn استفاده شود (آرایش مثلث در سمت فشار متوسط و آرایش ستاره در سمت فشار ضعیف)
نکته: در خصوص ملاحظات و تنظیمات توابع حفاظتی به بخش‌های ۲-۵ و ۲-۶ مراجعه شود.

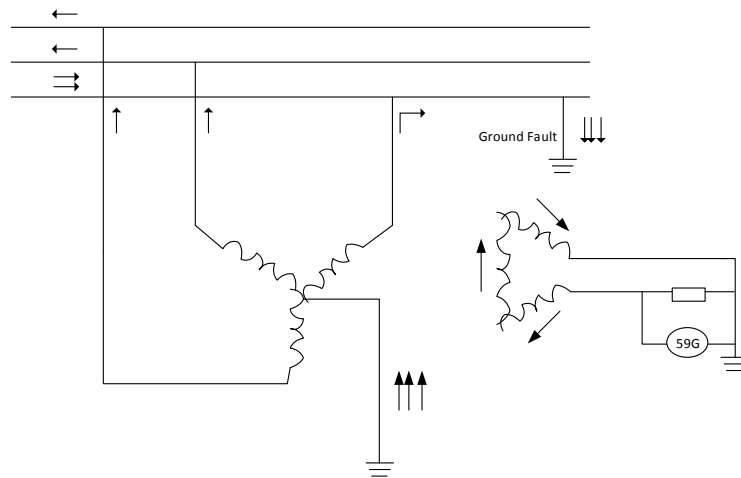


موضوعی که در ادامه بحث می‌شود برای تمامی طرح‌های که از این به بعد بررسی می‌شود صادق بوده و از بازگویی آن در طرح‌ها و اتصالات بعدی صرف نظر می‌شود:

برای اتصال منابع تولید پراکنده به سیستم توزیع قدرت می‌توان از ترانسفورماتورها استفاده نمود. ترانسفورماتورها زمانی مورد نیاز خواهند بود که ولتاژ سمت شبکه با ولتاژ منابع تولید پراکنده متفاوت باشند. ترانسفورماتورها هم‌چنین می‌توانند جهت عایقی الکتریکی میان منابع تولید پراکنده و شبکه به کار روند. این عایقی بستگی به نوع منبع مورد استفاده و اثرات آن بر روی حفاظت سیستم قدرت و نحوه زمین آن دارد. ساختار خط سیستم قدرت (سیستم سه سیمه یا چهارسیمه) در نقطه اتصال می‌تواند ساختار ترانسفورماتور را تعیین نماید. نحوه اتصال ترانسفورماتور مرتبط میان منابع تولید پراکنده و سیستم قدرت می‌تواند بر روی سهم جریان خطای زمین سیستم قدرت محلی و اضافه ولتاژهای حین کلیدزنی خطاهای تک‌فاز تاثیرگذار باشد.

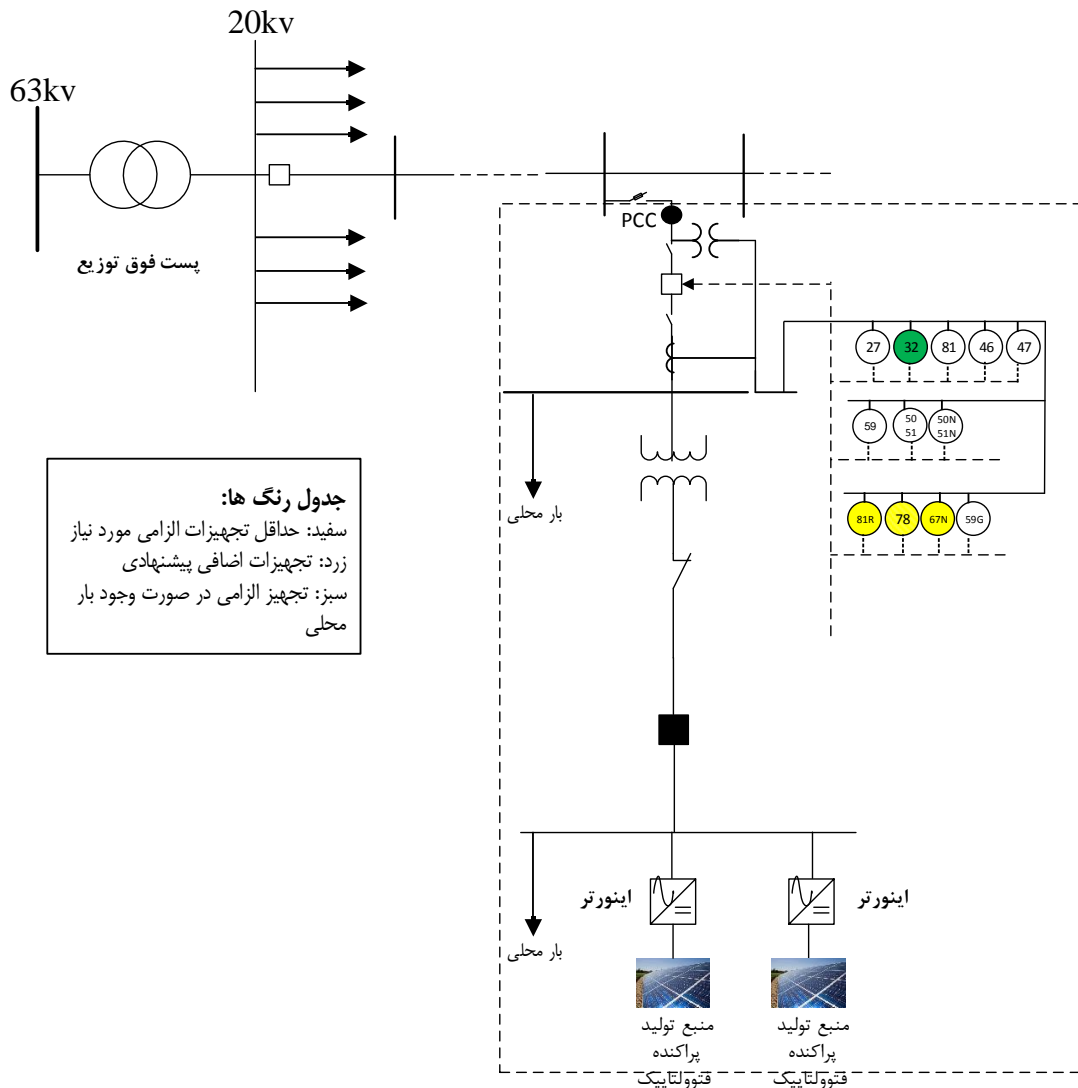
نکته ای که در هنگام طراحی سیستم حفاظتی باید به دقت مورد توجه قرار گیرد نوع سیم‌بندی ترانسفورماتور متصل کننده DG به شبکه است. برخی از توابع حفاظتی و یا طرح‌های حفاظتی با توجه به نوع سیم‌بندی ترانس تغییر می‌کند. در صورت استفاده از ترانسفورماتور Dyn برای اتصال، که در آن سمت فشار متوسط ترانس متصل کننده منبع تولید پراکنده به شبکه دارای اتصال مثلث است، به منظور آشکارسازی خطاهای تک‌فازی که در سمت شبکه رخ می‌دهند از روش‌های زیر استفاده می‌شود:

- روش اول: در سمت فشار متوسط ترانس DG یا باید از ترانس زمین جهت ایجاد نقطه نول استفاده شود و یا از سه ترانس ولتاژ تک فاز که اولیه آنها به صورت ستاره زمین شده و ثانویه آنها دارای اتصال مثلث باز است و توسط رله 59G بسته می‌شود. در صورت رخداد خطای تک فاز در سمت شبکه به دلیل عدم تعادل ولتاژ بین فازهای مختلف، رله 59G تحریک شده و دستور قطع DG صادر می‌شود.
- روش دوم: از سیستم انتقال تریپ جهت آشکارسازی خطاهای تک‌فاز به زمین در سمت شبکه و جلوگیری از به وجود آمدن جزیره ناخواسته توسط DG استفاده می‌شود. در صورت رخدادن خطای تک‌فاز در سمت شبکه، خطا تشخیص داده شده و کلید فیدر فشار متوسط قطع می‌شود. سپس یک سیگنال توسط سیستم انتقال تریپ به کلید متصل کننده DG به شبکه ارسال شده و باعث جدایی DG از شبکه می‌شود.



شکل (۴-۲): ساختار ترانسفورماتور اتصال میان DG و شبکه

در شکل (۲-۵) تجهیزات حفاظتی مربوط به حفاظت مولد اینورتری کلاس ۲ و طرح اتصال ۳ مشاهده می‌شود. رنگ سفید رله‌ها به معنی الزامی بودن وجود آن‌ها و رنگ زرد به معنی اختیاری بودن آن‌ها می‌باشد. همین‌طور رنگ سبز به معنی اجباری بودن رله در صورت وجود بار محلی است.



شکل (۲-۵): تجهیزات حفاظتی مولدهای اینورتری طرح ۳-کلاس ۲

۲-۲-۴-۲- تجهیزات قدرت و کنترلی

وجود تجهیزات قدرت (کلیدزنی) مورد نیاز شامل کلیدهای قدرت و سکسیونر از ملزومات اصلی سیستم متصل - کننده DG به شبکه بشمار می‌رود و حتماً بایستی با دقت انتخاب و در جای مناسب نصب شوند.

از آنجایی که منابع تولید پراکنده در هیچ یک از کلاس‌ها، در هنگام بهره‌برداری موازی با شبکه مجاز به تنظیم ولتاژ فعال در باس‌های شبکه نیستند، بنابراین، بهره‌برداری از این منابع در حالت موازی با شبکه در مد $\cos \varphi$ ثابت انجام می‌شود. یعنی ژنراتور توان اکتیو و راکتیو تولیدی خود را در ضریب توان ثابت به شبکه تحویل می‌دهد. در چنین شرایطی اینورتر وظیفه دارد توان راکتیو تولیدی توسط ژنراتور را به گونه‌ای کنترل کند که ژنراتور در ضریب توان ثابت مورد بهره‌برداری قرار بگیرد، زیرا در این حالت تنظیم ولتاژ بر عهده بهره‌بردار شبکه است.



۲-۲-۳- تجهیزات مانیتورینگ و اندازه‌گیری

از آنجایی که ظرفیت این مولدها کم و حداکثر ۲۰۰ کیلووات است، استفاده از سیستم مانیتورینگ الزامی نیست. وجود تله‌متری و ارتباط با مرکز کنترل از طریق سیستم اسکادا به دلیل پائین بودن ظرفیت DG نیز ضرورت ندارد. تعداد و مکان دستگاه‌های اندازه‌گیری بر اساس مفاد قرارداد بین مالک DG و بهره‌بردار شبکه توافق می‌شود. هنگامی که امکان فروش برق مازاد توسط DG به شبکه وجود دارد، لازم است مالک شبکه کنتورهایی را جهت ثبت انرژی ورودی (kWh(in)) و انرژی خروجی (kWh(out)) نصب کند.

به طور کلی دو حالت زیر را برای نصب لوازم اندازه‌گیری می‌توان مورد بررسی قرار داد:

الف: مولدهای خود تأمین و دارای بار محلی

در این حالت به دلیل وجود تعرفه‌های مختلف برای خرید و فروش برق و نیاز به اندازه‌گیری میزان توان تزریق شده توسط DG به شبکه، بهره‌بردار یا باید از دو کنتور یک جهته مجزا، یکی در بالادست کلید ژنراتور و دیگری در بالادست کلید قطع بار استفاده نماید تا بتواند توان تولیدی و مصرفی را به صورت جداگانه اندازه‌گیری کند و یا از یک کنتور دو جهته در نقطه اتصال استفاده نماید تا بتواند تزریقی توسط ژنراتور به شبکه را اندازه‌گیری نماید.

ب: مولدهای بدون بار محلی

در این حالت چون به صورت محلی انرژی مصرف نمی‌شود و تمام تولید به شبکه تزریق می‌شود، تنها استفاده از یک کنتور جهت قرائت میزان توان تزریقی توسط ژنراتور به شبکه کفایت می‌کند. از آنجایی که در طرح ۳ از یک ترانسفورماتور اختصاصی جهت اتصال منابع تولید پراکنده به شبکه استفاده می‌شود و نقطه اندازه‌گیری در قسمت بالادست ترانسفورماتور می‌باشد، بنابراین، ولتاژ در نقطه اندازه‌گیری در این حالت (۲۰ kV) می‌باشد. جدول (۲-۱۳) حداقل تجهیزات قدرت و کنترلی، اندازه‌گیری و مانیتورینگ پیشنهادی در طرح (۳) و کلاس (۲) را نشان می‌دهد.

جدول (۲-۱۳): حداقل تجهیزات قدرت و کنترلی، اندازه‌گیری و مانیتورینگ پیشنهادی برای اتصال DG

اینورتی در کلاس (۲) طرح (۳)

تجهیزات قدرت و کنترلی	تجهیزات مانیتورینگ	تجهیزات اندازه‌گیری
اینورتر		کنتور
کلید مولد	ضروری نیست	ترانسفورماتور جریان
کلید قدرت		ترانسفورماتور ولتاژ
سکسیونر		

۲-۲-۵- منابع تولید پراکنده کلاس ۳ و طرح اتصال ۳

در این بخش ژنراتورهای کلاس ۳، یعنی با ظرفیت ۲۰۰ کیلووات تا ۱ مگاوات مورد بررسی و تحلیل قرار می‌گیرند.

منابع تولید پراکنده در این طرح از طریق یک ترانسفورماتور اختصاصی به وسط فیدر ۲۰ کیلوولت پست فوق توزیع متصل می‌شود.

۲-۵-۱- تجهیزات حفاظتی

همانند طرح‌های قبلی به منظور تعیین حداقل تجهیزات مورد نیاز جهت حفاظت سیستم اتصال DG به شبکه دو سناریوی زیر را می‌توان مورد بررسی و تحلیل قرار داد:

الف: تولید پراکنده با بار محلی

- در این نوع مولد برخلاف مولدهای ژنراتوری و CHP ها، به دلیل خاصیت کنترلی و محدودکنندگی اینورترهای متعلق به ساختار این نوع منابع، امکان برگشت توان به سمت منبع DG وجود نداشته و همچنین سقف مجاز تزریق توان منبع تولید پراکنده اینورتری نیز مشخص و قابل کنترل است و توسط اینورتر محدود می‌شود. به همین دلیل در این نوع منبع و در این طرح، برای حفاظت از منبع DG در محل اتصال نیاز به استفاده از رله توان معکوس و یا حداقل توان (۳۲) نخواهد بود. اما با توجه به سیلان توان میان منبع تولید پراکنده، بار مصرفی و شبکه بالا دست امکان ایجاد فلوی توان به صورت دو طرفه خواهد بود. در واقع زمانی که مقدار بار مصرفی بیشتر از توان تولیدی DG باشد، شبکه می‌بایست در کنار DG بار را تامین نماید. همچنین زمانی که مقدار بار مصرفی کمتر از تولید DG باشد، مقداری از توان تولیدی DG به سمت شبکه تزریق می‌شود. لذا در تابلوی توزیع سیلان توان می‌تواند دو طرفه باشد. بنابراین استفاده از رله توان معکوس ضروری به نظر می‌رسد.
- در منبع تولید پراکنده از نوع اینورتری به دلیل وجود اینورتر در مدار آن، معمولاً یک سری حفاظت‌ها در خود اینورتر و مدار آن وجود دارد. مانند حفاظت ضدجریه‌ای که اکثر اینورترها این نوع حفاظت را دارند یعنی زمانی که تشخیص بدهند فرکانس و یا ولتاژ به مقدار نامناسب خود رسیده است، سیستم فتوولتاییک را از شبکه جدا می‌کنند تا جزیره غیرعمدی ایجاد نشود. حال اگر اینورتری استفاده شود که چنین حفاظتی را به همراه خود نداشته باشد، می‌توان از حفاظت‌های مرسوم ضدجریه‌ای استفاده نمود که نمونه‌های رله‌های ROCOF، شیف‌فاز و یا سیستم انتقال تریپ است.
- استفاده از سیستم انتقال تریپ در مقایسه با استفاده از رله‌های ROCOF و جابه‌جایی فاز قابلیت اطمینان بالاتری دارد اما هزینه بالاتری نیز دارد.
- اگر مقدار دیماندا یا حداکثر مصرف بار محلی قابل توجه بوده و در حد میزان تولید DG باشد، یا باید از رله‌های جابه‌جایی فاز و ROCOF و یا از سیستم انتقال تریپ جهت جداسازی DG از شبکه استفاده نمود اگر میزان حداکثر مصرف محلی کمتر از یک سوم تولید DG باشد، به دلیل افزایش فرکانس و



ولتاژ، رله‌های ولتاژ و فرکانسی DG را از شبکه جدا می‌کنند و نیاز به انتقال تریپ و یا رله‌های ROCOF نیست.

- به دلیل اینکه این مولدها از نوع سنکرون نیستند و از نوع ماشین‌های گردان به حساب نمی‌آیند در حالت کلی نیاز به رله سنکرون چک نخواهد بود. البته بسته به نوع اینورتری که در این نوع منابع تولید پراکنده استفاده می‌شود این نیاز متفاوت خواهد بود. اگر اینورترهای مورد استفاده از نوع کموتاسیون خودی باشد، و به صورت منبع ولتاژ عملکرد داشته باشد، مانند ماشین‌های سنکرون باید ولتاژ و فاز آن -ها با شبکه سنکرون شود و در این حالت نیاز به رله سنکرون چک خواهد بود. اما اگر این اینورترها از نوع منبع جریان باشد و یا از اینورترهای کموتاسیون خط در ساختار منبع تولید پراکنده استفاده شود، نیاز به سنکرون سازی با شبکه و استفاده از رله سنکرون چک نیست.
- برای تشخیص خطاهای زمین، اتصال سیم‌پیچی‌های ترانسفورماتور متصل کننده DG به شبکه اهمیت پیدا می‌کند. از رله ۵۹G برای حفاظت خطای زمین زمانی که ترانسفورماتور اتصال در سمت اولیه خود زمین نشده است استفاده می‌شود و از رله اضافه جریان جهت دار ۶۷N یا اضافه جریان تاخیری ۵۱N برای حفاظت خطای زمین زمانی که ترانسفورماتورهای اتصالی که سمت اولیه آن زمین شده است استفاده می‌شود. در صورتیکه شبکه فشار متوسط به صورت مستقیم زمین نشده باشد، استفاده از حفاظت ۵۹G به صورت الزامی در نظر گرفته شود. همچنین این حفاظت در تشخیص فرورزونانس می‌تواند مؤثر باشد.
- در صورتی که خطای اتصال کوتاه در سمت نیروگاه رخ دهد، از سمت منبع تولید پراکنده به دلیل خاصیت محدودکنندگی اینورتر جریان زیادی تزریق نمی‌شود ولی شبکه مشارکت جریانی بالایی را در نقطه‌ای که خطا رخ داده دارد. به همین دلیل در نقطه اتصال به شبکه که تابلوی توزیع قرار دارد می‌بایست از رله اضافه جریان آنی/تاخیری استفاده نمود. لذا این حفاظت به عنوان تجهیز الزامی قرار داده می‌شود.



جدول (۲-۱۴): حفاظت‌های مورد نیاز در نقطه PCC برای DG اینورتری کلاس ۳ و طرح اتصال ۳- با بار محلی

حداقل تجهیزات الزامی مورد نیاز	تجهیزات اضافی پیشنهادی
رله افت ولتاژ (۲۷)	رله ROCOF (۸۱R)*
رله اضافه ولتاژ آنی و تاخیری (۵۹)	جابجایی فاز (۷۸)*
رله افزایش و کاهش فرکانس (۸۱)	رله اضافه جریان جهت دار زمین (۶۷N)
رله توان معکوس (۳۲)	
رله اضافه جریان آنی و معکوس زمانی (۵۰/۵۱)	
رله اضافه جریان آنی و تاخیری زمین (۵۰/۵۱N)	
رله اضافه جریان توالی فاز منفی (۴۶) یا قطع فاز (۴۶BC)	
رله توالی فاز ولتاژ (۴۷)	
رله اضافه ولتاژ زمین (۵۹G)**	

*در صورتی که اینورتر فاقد حفاظت ضد-جزیره‌ای باشد.

**در صورتی که از ترانسفورماتور Dyn استفاده شود (آرایش مثلث در سمت فشار متوسط و آرایش ستاره در سمت فشار ضعیف)

نکته: در خصوص ملاحظات و تنظیمات توابع حفاظتی به بخش‌های ۲-۵ و ۲-۶ مراجعه شود.

ب: تولید پراکنده بدون بار محلی

- در حالتی که تمام توان تولیدی توسط مولد تولید پراکنده به شبکه تزریق شود، نیازی به استفاده از رله توان معکوس و یا حداقل توان در سیستم اتصال DG به شبکه نیست.

جدول (۲-۱۵): حفاظت‌های مورد نیاز در نقطه PCC برای DG اینورتری کلاس ۳ و طرح اتصال ۳- بدون بار

محلی

حداقل تجهیزات الزامی مورد نیاز	تجهیزات اضافی پیشنهادی
رله افت ولتاژ (۲۷)	رله ROCOF (۸۱R)*
رله اضافه ولتاژ آنی و تاخیری (۵۹)	جابجایی فاز (۷۸)*
رله افزایش و کاهش فرکانس (۸۱)	رله اضافه جریان جهت دار زمین (۶۷N)
رله اضافه جریان آنی و معکوس زمانی (۵۰/۵۱)	
رله اضافه جریان آنی و تاخیری زمین (۵۰/۵۱N)	
رله اضافه جریان توالی فاز منفی (۴۶) یا قطع فاز (۴۶BC)	
رله توالی فاز ولتاژ (۴۷)	
رله اضافه ولتاژ زمین (۵۹G)**	

*در صورتی که اینورتر فاقد حفاظت ضد-جزیره‌ای باشد.

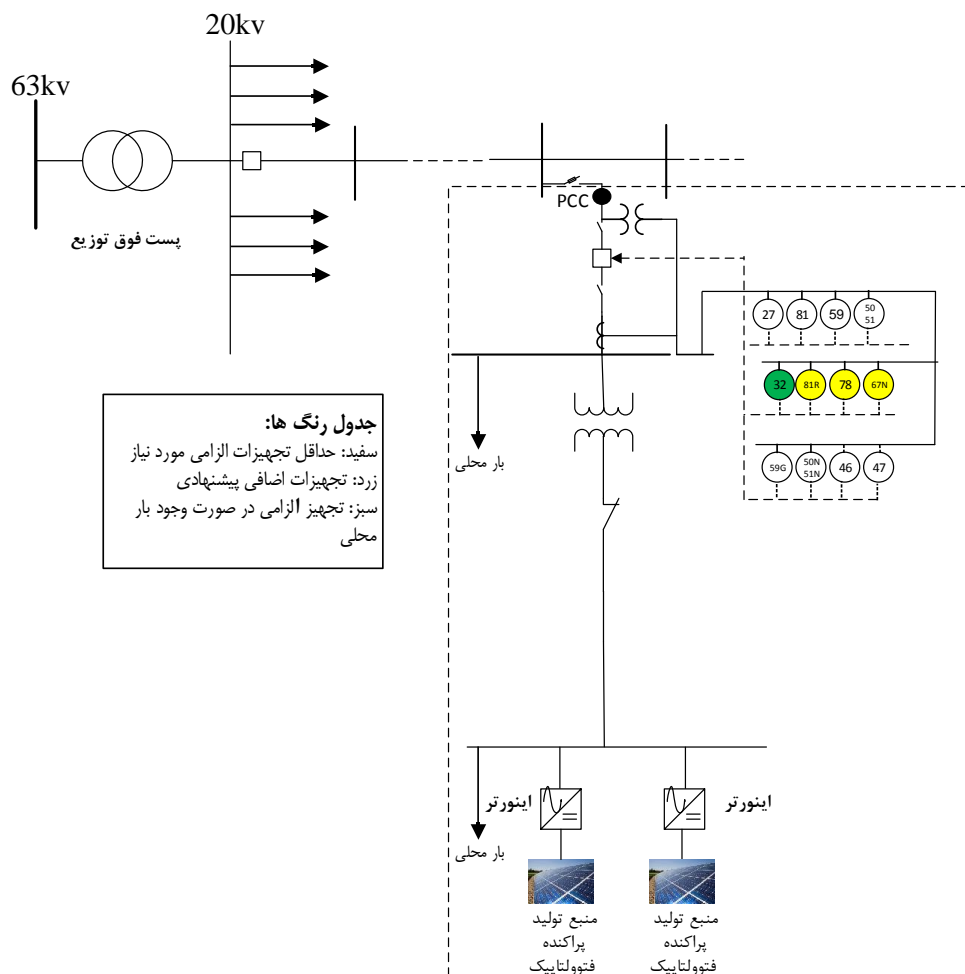
**در صورتی که از ترانسفورماتور Dyn استفاده شود (آرایش مثلث در سمت فشار متوسط و آرایش ستاره در سمت فشار ضعیف)

نکته: در خصوص ملاحظات و تنظیمات توابع حفاظتی به بخش‌های ۲-۵ و ۲-۶ مراجعه شود.

در شکل (۲-۶) تجهیزات حفاظتی مربوط به حفاظت مولد اینورتری کلاس ۳ و طرح اتصال ۳ مشاهده می‌شود. رنگ سفید رله‌ها به معنی الزامی بودن وجود آن‌ها و رنگ زرد به معنی اختیاری بودن آن‌ها می‌باشد. همین‌طور رنگ سبز به معنی اجباری بودن رله در صورت وجود بار محلی است.

۲-۲-۵-۲- تجهیزات قدرت و کنترلی

وجود تجهیزات قدرت (کلیدزنی) مورد نیاز شامل کلیدهای قدرت و سکسیونر از ملزومات اصلی سیستم متصل -کننده DG به شبکه بشمار می‌رود و حتماً بایستی با دقت انتخاب و در جای مناسب نصب شوند. از آنجایی که منابع تولید پراکنده در هیچ یک از کلاس‌ها، در هنگام بهره‌برداری موازی با شبکه مجاز به تنظیم ولتاژ فعال در باس‌های شبکه نیستند، بنابراین، بهره‌برداری از این منابع در حالت موازی با شبکه در مد $\cos \varphi$ ثابت انجام می‌شود. یعنی ژنراتور توان اکتیو و راکتیو تولیدی خود را در ضریب توان ثابت به شبکه تحویل می‌دهد. در چنین شرایطی اینورتر دارد توان راکتیو تولیدی توسط ژنراتور را به گونه‌ای کنترل کند که ژنراتور در ضریب توان ثابت مورد بهره‌برداری قرار بگیرد، زیرا در این حالت تنظیم ولتاژ بر عهده بهره‌بردار شبکه است.



شکل (۲-۶): تجهیزات حفاظتی مولدهای اینورتری طرح ۳-کلاس ۳



۲-۲-۵-۳- تجهیزات مانیتورینگ و اندازه‌گیری

از آنجایی که ظرفیت مولدهای کلاس ۳ بیشتر از ۲۰۰ کیلووات است، بنابراین مطابق بخش ۹-۲۵ دستورالعمل اتصال منابع تولید پراکنده به شبکه باید برخی از پارامترها در سیستم اتصال DG به شبکه پایش و کنترل شود. سیگنال‌های مورد نیاز نیز به تفصیل در دستورالعمل مذکور ارائه شده است.

ملزومات مورد نیاز برای مانیتورینگ شامل موارد زیر می‌باشد:

- تجهیزات اندازه‌گیری و ثبت و نگهداری داده‌ها و اطلاعات و تله‌متری
- RTU
- تجهیزات مخابراتی مناسب جهت انتقال داده‌ها به مرکز دیسپاچینگ
- ترانس‌دیوسرها و ترانسفورماتورهای ولتاژ و جریان
- پورت‌های ارتباطی برای بازیابی اطلاعات مورد نیاز

تعداد و مکان دستگاه‌های اندازه‌گیری بر اساس مفاد قرارداد بین مالک DG و بهره‌بردار شبکه توافق می‌شود. هنگامی که امکان فروش برق مازاد توسط DG به شبکه وجود دارد، لازم است مالک شبکه کنترلهایی را جهت ثبت انرژی ورودی (kWh(in)) و انرژی خروجی (kWh(out)) نصب کند.

به طور کلی دو حالت زیر را برای نصب لوازم اندازه‌گیری می‌توان مورد بررسی قرار داد:

الف: مولدهای خود تأمین و دارای بار محلی

- در صورتی که بار محلی از طریق همان ترانسفورماتوری که DG را به شبکه متصل کرده تغذیه شود، در این حالت به دلیل وجود تعرفه‌های مختلف برای خرید و فروش برق، بهره‌بردار یا باید از دو کنتور یک جهته مجزا، یکی در بالادست کلید ژنراتور و دیگری در بالادست کلید قطع بار استفاده نماید تا بتواند توان تولیدی و مصرفی را به صورت جداگانه اندازه‌گیری کند و یا از یک کنتور دو جهته در نقطه اتصال استفاده نماید که قابلیت اندازه‌گیری انرژی در هر دو جهت را داشته باشد، هم انرژی که DG به شبکه تزریق می‌کند و هم انرژی که از شبکه دریافت می‌کند.
- در صورتی که بار محلی از طریق یک ترانسفورماتور مجزا تغذیه شود، در این صورت، باید از دو کنتور یک طرفه مجزا، به ترتیب یکی برای اندازه‌گیری میزان مصرف و دیگری برای اندازه‌گیری میزان توان تزریقی توسط DG به شبکه استفاده می‌شود.

ب: مولدهای بدون بار محلی

در این حالت چون به صورت محلی انرژی مصرف نمی‌شود و تمام تولید به شبکه تزریق می‌شود، تنها استفاده از یک کنتور جهت قرائت میزان توان تزریقی توسط ژنراتور به شبکه کفایت می‌کند.



جدول (۲-۱۶) حداقل تجهیزات قدرت و کنترلی، اندازه‌گیری و مانیتورینگ پیشنهادی در طرح (۳) و کلاس (۳) را نشان می‌دهد.

جدول (۲-۱۶): حداقل تجهیزات قدرت و کنترلی، اندازه‌گیری و مانیتورینگ پیشنهادی برای اتصال DG اینورتری در کلاس (۳) طرح (۳)

تجهیزات قدرت و کنترلی	تجهیزات مانیتورینگ	تجهیزات اندازه‌گیری
اینورتر	ترانسدیوسرها و ترانسفورماتورهای ولتاژ و جریان	
کلید مولد	پورت‌های ارتباطی برای بازیابی اطلاعات مورد نیاز	کنترل
کلید قدرت	تجهیزات اندازه‌گیری و ثبت و نگهداری داده‌ها و اطلاعات	ترانسفورماتور جریان
سکسیونر	و تله‌متری	ترانسفورماتور ولتاژ
	RTU	
	تجهیزات مخابراتی مناسب جهت انتقال داده‌ها به مرکز	
	دیسپاچینگ	

۲-۲-۶- منابع تولید پراکنده کلاس ۴ و طرح اتصال ۳

منابع تولید پراکنده در این طرح از طریق یک ترانسفورماتور اختصاصی به وسط فیدر ۲۰ کیلوولت پست فوق توزیع متصل می‌شوند.

۲-۲-۶-۱- تجهیزات حفاظتی

نکاتی که می‌بایست در طرح‌های حفاظتی این کلاس رعایت نمود:

- در این نوع مولد برخلاف مولدهای ژنراتوری و CHP ها، به دلیل خاصیت کنترلی و محدودکنندگی اینورترهای متعلق به ساختار این نوع منابع، امکان برگشت توان به سمت منبع PV وجود نداشته و همچنین سقف مجاز تزریق توان منبع تولید پراکنده اینورتری نیز مشخص و قابل کنترل است و توسط اینورتر محدود می‌شود. به همین دلیل در این نوع منبع و در این طرح، برای حفاظت از منبع DG در محل اتصال نیاز به استفاده از رله توان معکوس و یا حداقل توان نخواهد بود. اما با توجه به سیلان توان میان منبع تولید پراکنده، بار مصرفی و شبکه بالا دست امکان ایجاد فلوی توان به صورت دو طرفه خواهد بود. در واقع زمانی که مقدار بار مصرفی بیشتر از توان تولیدی DG باشد، شبکه می‌بایست در کنار DG بار را تامین نماید. همچنین زمانی که مقدار بار مصرفی کمتر از تولید DG باشد، مقداری از توان تولیدی DG به سمت شبکه تزریق می‌شود. لذا در تابلوی توزیع سیلان توان می‌تواند دو طرفه باشد. بنابراین استفاده از رله توان معکوس ضروری به نظر می‌رسد.



- در منبع تولید پراکنده از نوع اینورتری، به دلیل وجود اینورتر در مدار آن، معمولاً یک سری حفاظتها در خود اینورتر و مدار آن وجود دارد. مانند حفاظت ضدجریه‌ای که اکثر اینورترها این نوع حفاظت را دارند یعنی زمانی که تشخیص بدهند فرکانس و یا ولتاژ به مقدار نامناسب خود رسیده است، سیستم تولید پراکنده از شبکه جدا می‌کنند تا جزیره غیرعمدی ایجاد نشود. حال اگر اینورتری استفاده شود که چنین حفاظتی را به همراه خود نداشته باشد، می‌توان از حفاظت‌های مرسوم ضدجریه‌ای استفاده نمود که نمونه‌های رله‌های ROCOF، شیفت‌فاز و یا سیستم انتقال تریپ است.
 - در صورتی که ظرفیت مولد کمتر از یک سوم حداقل بار سالیانه فیدر باشد، در صورت قطع شدن فیدر از سر خط، به دلیل افت ولتاژ و فرکانس در نقطه اتصال، رله‌های مربوطه عملکرد دارند.
 - اگر ظرفیت مولد نسبت به حداقل بار سالیانه فیدر قابل ملاحظه باشد، از رله‌های جابه‌جایی فاز و ROCOF جهت جلوگیری از ایجاد جزیره ناخواسته استفاده می‌شود.
 - استفاده از سیستم انتقال تریپ در مقایسه با رله‌های ROCOF قابلیت اطمینان بالاتری دارد.
 - به دلیل اینکه این مولدها از نوع سنکرون نیستند و از نوع ماشین‌های گردان به حساب نمی‌آیند در حالت کلی نیاز به رله سنکرون چک نخواهد بود. البته بسته به نوع اینورتری که در این نوع منابع تولید پراکنده استفاده می‌شود این نیاز متفاوت خواهد بود. اگر اینورترهای مورد استفاده از نوع کموتاسیون خودی باشد، و به صورت منبع ولتاژ عملکرد داشته باشد، مانند ماشین‌های سنکرون باید ولتاژ و فاز آن-ها با شبکه سنکرون شود و در این حالت نیاز به رله سنکرون چک (۲۵) خواهد بود. اما اگر این اینورترها از نوع منبع جریان باشد و یا از اینورترهای کموتاسیون خط در ساختار منبع تولید پراکنده فتوولتائیک استفاده شود، نیاز به سنکرون سازی با شبکه و استفاده از رله سنکرون چک (۲۵) نیست.
 - برای تشخیص خطاهای زمین، اتصال سیم‌پیچی‌های ترانسفورماتور متصل کننده DG به شبکه اهمیت پیدا می‌کند. رله ۵۹G برای حفاظت خطای زمین زمانی که ترانسفورماتور اتصال در سمت اولیه خود زمین نشده است و رله اضافه جریان جهت دار ۶۷N یا اضافه جریان تاخیری ۵۱N برای حفاظت خطای زمین زمانی که ترانسفورماتورهای اتصالی که سمت اولیه آن زمین شده است استفاده می‌شود. در صورتیکه شبکه فشار متوسط به صورت مستقیم زمین نشده باشد، استفاده از حفاظت ۵۹G به صورت الزامی در نظر گرفته شود. همچنین این حفاظت در تشخیص فرورزونانس می‌تواند مؤثر باشد.
- در صورتی که خطای اتصال کوتاه در سمت نیروگاه رخ دهد، از سمت منبع تولید پراکنده به دلیل خاصیت محدودکنندگی اینورتر جریان زیادی تزریق نمی‌شود ولی شبکه مشارکت جریانی بالایی را در نقطه‌ای که خطا رخ داده دارد. به همین دلیل در نقطه اتصال به شبکه که تابلوی توزیع قرار دارد می‌بایست از رله اضافه جریان آئی/تاخیری استفاده نمود. لذا این حفاظت به عنوان تجهیز الزامی قرار داده می‌شود.



جدول (۲-۱۷): حفاظت‌های مورد نیاز در نقطه PCC برای DG اینورتری کلاس ۴ و طرح اتصال ۳

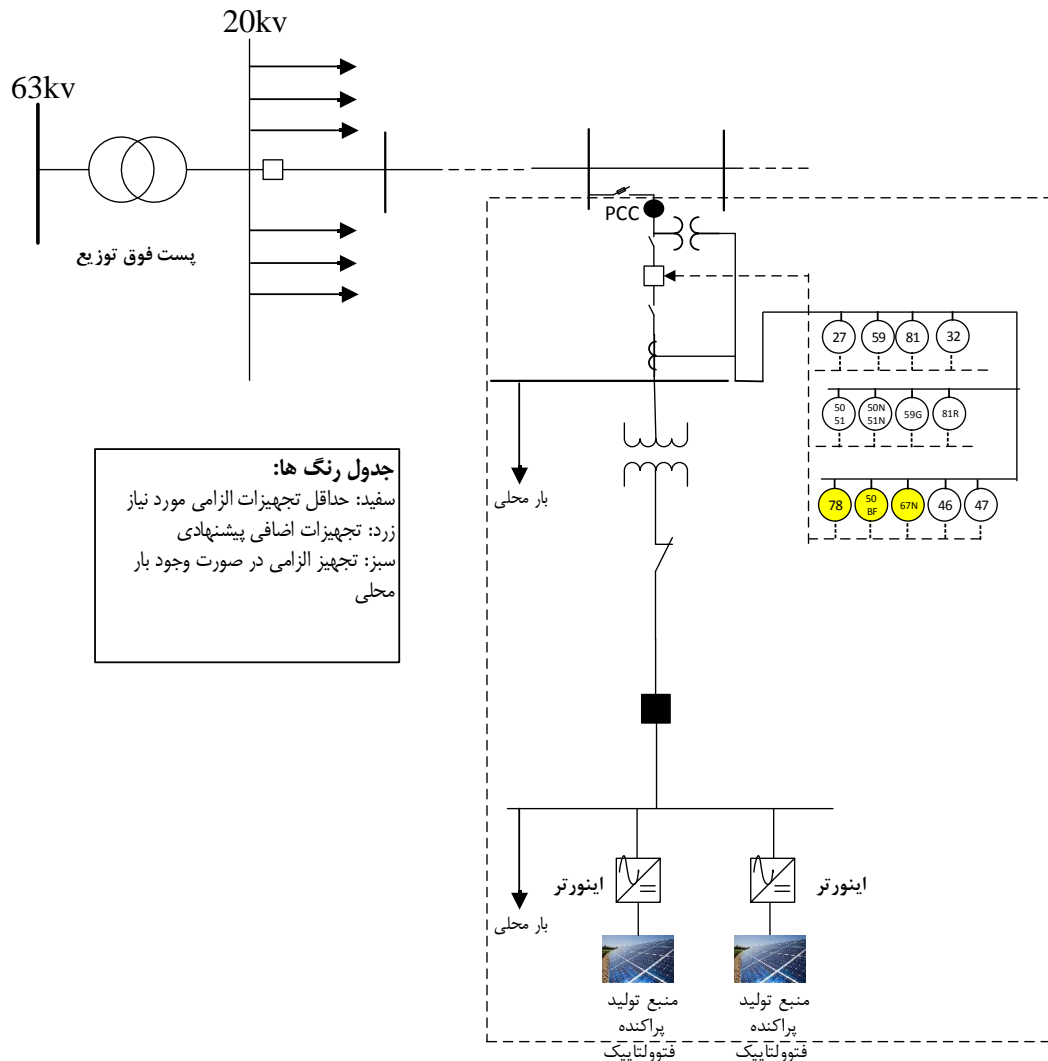
تجهیزات اضافی پیشنهادی	حداقل تجهیزات الزامی مورد نیاز
رله جابه‌جایی فاز (۷۸)*	رله افت ولتاژ (۲۷)
خطای کلید قدرت (۵۰BF)	افزایش ولتاژ آنی و تاخیری (۵۹)
رله اضافه جریان جهت دار زمین (۶۷N)	افزایش و کاهش فرکانس (۸۱)
	رله توان معکوس (۳۲)
	رله اضافه جریان آنی و معکوس زمانی (۵۰/۵۱)
	رله اضافه جریان آنی و تاخیری زمین (۵۱/۵۰N)
	رله اضافه جریان توالی فاز منفی (۴۶) یا قطع فاز (۴۶BC)
	رله توالی فاز ولتاژ (۴۷)
	رله اضافه ولتاژ زمین (۵۹G)**
	رله نرخ تغییرات فرکانس ROCOF (R ۸۱)

*در صورتی که اینورتر فاقد حفاظت ضد-جزیره‌ای باشد.

** در صورتی که از ترانسفورماتور Dyn استفاده شود (آرایش مثلث در سمت فشار متوسط و آرایش ستاره در سمت فشار ضعیف)

نکته: در خصوص ملاحظات و تنظیمات توابع حفاظتی به بخش‌های ۲-۵ و ۲-۶ مراجعه شود.

در شکل (۲-۷) تجهیزات حفاظتی مربوط به حفاظت مولد اینورتری کلاس ۴ و طرح اتصال ۳ مشاهده می‌شود. رنگ سفید رله‌ها به معنی الزامی بودن وجود آن‌ها و رنگ زرد به معنی اختیاری بودن آن‌ها می‌باشد. همین‌طور رنگ سبز به معنی اجباری بودن رله در صورت وجود بار محلی است.



شکل (۷-۲): تجهیزات حفاظتی مولدهای اینورتری طرح ۳-کلاس ۴

۲-۶-۲-۲- تجهیزات قدرت و کنترلی

وجود تجهیزات قدرت (کلیدزنی) مورد نیاز شامل کلیدهای قدرت و سکسیونر از ملزومات اصلی سیستم متصل-کننده DG به شبکه به شمار می‌رود و حتماً بایستی با دقت انتخاب و در جای مناسب نصب شوند. از آنجایی که منابع تولید پراکنده در هیچ یک از کلاس‌ها، در هنگام بهره‌برداری موازی با شبکه مجاز به تنظیم ولتاژ فعال در باس‌های شبکه نیستند، بنابراین، بهره‌برداری از این منابع در حالت موازی با شبکه در مد $\cos \varphi$ ثابت انجام می‌شود. یعنی ژنراتور توان اکتیو و راکتیو تولیدی خود را در ضریب توان ثابت به شبکه تحویل می‌دهد. در چنین شرایطی اینورتر وظیفه دارد توان راکتیو تولیدی توسط ژنراتور را به گونه‌ای کنترل کند که ژنراتور در ضریب توان ثابت مورد بهره‌برداری قرار بگیرد، زیرا در این حالت تنظیم ولتاژ بر عهده بهره‌بردار شبکه است.



۲-۶-۳- تجهیزات مانیتورینگ و اندازه‌گیری

از آنجایی که ظرفیت مولدهای کلاس ۴ بین ۱ تا ۷ مگاوات است، بنابراین مطابق بخش ۹-۲۵ دستورالعمل اتصال منابع تولید پراکنده به شبکه باید برخی از پارامترها در سیستم اتصال DG به شبکه پایش و کنترل شود. سیگنال‌های مورد نیاز نیز به تفصیل در دستورالعمل مذکور ارائه شده است.

ملزومات مورد نیاز برای مانیتورینگ شامل موارد زیر می‌باشد:

- تجهیزات اندازه‌گیری و ثبت و نگهداری داده‌ها و اطلاعات و تله‌متری
- RTU
- تجهیزات مخابراتی مناسب جهت انتقال داده‌ها به مرکز دیسپاچینگ
- ترانس‌دیوسرها و ترانسفورماتورهای ولتاژ و جریان
- پورت‌های ارتباطی برای بازیابی اطلاعات مورد نیاز

تعداد و مکان دستگاه‌های اندازه‌گیری بر اساس مفاد قرارداد بین مالک DG و بهره‌بردار شبکه توافق می‌شود. هنگامی که امکان فروش برق مازاد توسط DG به شبکه وجود دارد، لازم است مالک شبکه کنتورهایی را جهت ثبت انرژی ورودی (kWh(in)) و انرژی خروجی (kWh(out)) نصب کند.

به طور کلی دو حالت زیر را برای نصب لوازم اندازه‌گیری می‌توان مورد بررسی قرار داد:

الف: مولدهای خود تأمین و دارای بار محلی

- در صورتی که بار محلی از طریق همان ترانسفورماتوری که DG را به شبکه متصل کرده تغذیه شود، در این حالت به دلیل وجود تعرفه‌های مختلف برای خرید و فروش برق، بهره‌بردار یا باید از دو کنتور یک جهته مجزا، یکی در بالادست کلید ژنراتور و دیگری در بالادست کلید قطع بار استفاده نماید تا بتواند توان تولیدی و مصرفی را به صورت جداگانه اندازه‌گیری کند و یا از یک کنتور دو جهته در نقطه اتصال استفاده نماید که قابلیت اندازه‌گیری انرژی در هر دو جهت را داشته باشد، هم انرژی که DG به شبکه تزریق میکند و هم انرژی که از شبکه دریافت می‌کند.
- در صورتی که بار محلی از طریق یک ترانسفورماتور مجزا تغذیه شود، در اینصورت، باید از دو کنتور یک طرفه مجزا، به ترتیب یکی برای اندازه‌گیری میزان مصرف و دیگری برای اندازه‌گیری میزان توان تزریقی توسط DG به شبکه استفاده می‌شود.

ب: مولدهای بدون بار محلی

در این حالت چون به صورت محلی انرژی مصرف نمی‌شود و تمام تولید به شبکه تزریق می‌شود، تنها استفاده از یک کنتور جهت قرائت میزان توان تزریقی توسط ژنراتور به شبکه کفایت می‌کند.



جدول (۲-۱۸) حداقل تجهیزات قدرت و کنترلی، اندازه‌گیری و مانیتورینگ پیشنهادی در طرح (۳) و کلاس (۴) را نشان می‌دهد.

جدول (۲-۱۸): حداقل تجهیزات قدرت و کنترلی، اندازه‌گیری و مانیتورینگ پیشنهادی برای اتصال DG اینورتری در کلاس (۴) طرح (۳)

تجهیزات قدرت و کنترلی	تجهیزات مانیتورینگ	تجهیزات اندازه‌گیری
اینورتر	ترانسدیوسرها و ترانسفورماتورهای ولتاژ و جریان	کنترل
کلید مولد	پورت‌های ارتباطی برای بازیابی اطلاعات مورد نیاز	ترانسفورماتور جریان
کلید قدرت	تجهیزات اندازه‌گیری و ثبت و نگهداری داده‌ها و اطلاعات و تله‌متری	ترانسفورماتور ولتاژ
سکسیونر	RTU	
	تجهیزات مخابراتی مناسب جهت انتقال داده‌ها به مرکز دیسپاچینگ	

۲-۷-۲- منابع تولید پراکنده کلاس ۴ و طرح اتصال ۴

در این بخش، اتصال منابع تولید پراکنده کلاس ۴ یعنی مولدهایی با ظرفیت ۱ تا ۷ مگاوات مدنظر می‌باشد. در این طرح منابع تولید پراکنده از طریق یک خط و یک ترانسفورماتور اختصاصی مستقیماً به باس بار ۲۰ کیلوولت پست فوق توزیع متصل می‌شوند.

۲-۷-۲-۱- تجهیزات حفاظتی

- در این نوع مولد برخلاف مولدهای ژنراتوری و CHP ها، به دلیل خاصیت کنترلی و محدودکنندگی اینورترهای متعلق به ساختار این نوع منابع، امکان برگشت توان به سمت منبع DG وجود نداشته و همچنین سقف مجاز تزریق توان منبع تولید پراکنده اینورتری نیز مشخص و قابل کنترل است و توسط اینورتر محدود می‌شود. به همین دلیل در این نوع منبع و در این طرح، برای حفاظت از منبع DG در محل اتصال نیاز به استفاده از رله توان معکوس و یا حداقل توان نخواهد بود. اما با توجه به سیلان توان میان منبع تولید پراکنده، بار مصرفی و شبکه بالا دست امکان ایجاد فلوی توان به صورت دو طرفه خواهد بود. در واقع زمانی که مقدار بار مصرفی بیشتر از توان تولیدی DG باشد، شبکه می‌بایست در کنار DG بار را تامین نماید. همچنین زمانی که مقدار بار مصرفی کمتر از تولید DG باشد، مقداری از توان تولیدی DG به سمت شبکه تزریق می‌شود. لذا در تابلوی توزیع سیلان توان می‌تواند دو طرفه باشد. بنابراین استفاده از رله توان معکوس ضروری به نظر می‌رسد.
- در صورتی که بار محلی وجود نداشته باشد، و تمام توان تولیدی توسط مولد به شبکه تزریق شود نیازی به استفاده از رله توان معکوس نیست.



- در صورتی که به هر دلیلی پست فوق توزیع بی‌برق شود، اگر حداقل بار سالیانه فیدهای متصل به ثانویه پست فوق توزیع نسبت به ظرفیت مولدهای پراکنده، قابل ملاحظه باشد، امکان ایجاد جزیره ناخواسته وجود دارد. (استفاده از رله‌های ROCOF)
- اگر قطعی در محل اتصال فیدر خصوصی به ثانویه پست توزیع رخ دهد، در صورت نبود بار محلی، به علت افزایش بیش از حد مجاز ولتاژ و فرکانس، رله‌های ولتاژی و فرکانسی عملکرد خواهند داشت.
- اگر بار محلی وجود داشته باشد، مقدار دیماندر و یا حداکثر مصرف آن قابل توجه باشد و در حد میزان تولید DG باشد، باید از رله‌های جابه‌جایی فاز و ROCOF و سیستم انتقال تریپ جهت جداسازی DG از شبکه استفاده نمود.
- به دلیل اینکه این مولدها از نوع سنکرون نیستند و از نوع ماشین‌های گردان به حساب نمی‌آیند در حالت کلی نیاز به رله سنکرون چک نخواهد بود. البته بسته به نوع اینورتری که در این نوع منابع تولید پراکنده استفاده می‌شود این نیاز متفاوت است. اگر اینورترهای مورد استفاده از نوع کموتاسیون خودی باشد، و به صورت منبع ولتاژ عملکرد داشته باشد، مانند ماشین‌های سنکرون باید ولتاژ و فاز آن‌ها با شبکه سنکرون شود و در این حالت نیاز به رله سنکرون چک (۲۵) خواهد بود. اما اگر این اینورترها از نوع منبع جریان باشد و یا از اینورترهای کموتاسیون خط در ساختار منبع تولید پراکنده اینورتری استفاده شود، نیاز به سنکرون سازی با شبکه و استفاده از رله سنکرون چک (۲۵) نیست.
- برای تشخیص خطاهای زمین، اتصال سیم‌پیچی‌های ترانسفورماتور متصل کننده DG به شبکه اهمیت پیدا می‌کند. از رله ۵۹G برای حفاظت خطای زمین زمانی که ترانسفورماتور اتصال در سمت اولیه خود زمین نشده است استفاده می‌شود و از رله اضافه جریان جهت دار ۶۷N یا اضافه جریان تاخیری ۵۱N برای حفاظت خطای زمین زمانی که ترانسفورماتورهای اتصالی که سمت اولیه آن زمین شده است استفاده می‌شود. در صورتیکه شبکه فشار متوسط به صورت مستقیم زمین نشده باشد، استفاده از حفاظت ۵۹G به صورت الزامی در نظر گرفته شود. همچنین این حفاظت در تشخیص فرورزونانس می‌تواند مؤثر باشد.
- در صورتی که خطای اتصال کوتاه در سمت نیروگاه رخ دهد، از سمت منبع تولید پراکنده به دلیل خاصیت محدودکنندگی اینورتر جریان زیادی تزریق نمی‌شود ولی شبکه مشارکت جریانی بالایی را در نقطه‌ای که خطا رخ داده دارد. به همین دلیل در نقطه اتصال به شبکه که تابلوی توزیع قرار دارد می‌بایست از رله اضافه جریان آنی/تاخیری استفاده نمود. لذا این حفاظت به عنوان تجهیز الزامی قرار داده می‌شود.



جدول (۲-۱۹): حفاظت‌های مورد نیاز در نقطه PCC برای DG اینورتری کلاس ۴ و طرح اتصال ۴

حداقل تجهیزات الزامی مورد نیاز	تجهیزات اضافی پیشنهادی
رله افت ولتاژ (۲۷)	رله جابه‌جایی فاز (۷۸)*
افزایش ولتاژ آنی و تاخیری (۵۹)	خطای کلید قدرت (۵۰ BF)
افزایش و کاهش فرکانس (۸۱)	رله اضافه جریان جهت دار زمین (۶۷N)
رله توان معکوس (۳۲)	
رله اضافه جریان آنی و معکوس زمانی (۵۰/۵۱)	
رله اضافه جریان آنی و تاخیری زمین (۵۱/۵۰N)	
رله اضافه جریان توالی فاز منفی (۴۶) یا قطع فاز (۴۶BC)	
رله توالی فاز ولتاژ (۴۷)	
رله اضافه ولتاژ زمین (۵۹G)**	
رله نرخ تغییرات فرکانس (۸۱ R) ROCOF	
انتقال تریپ	

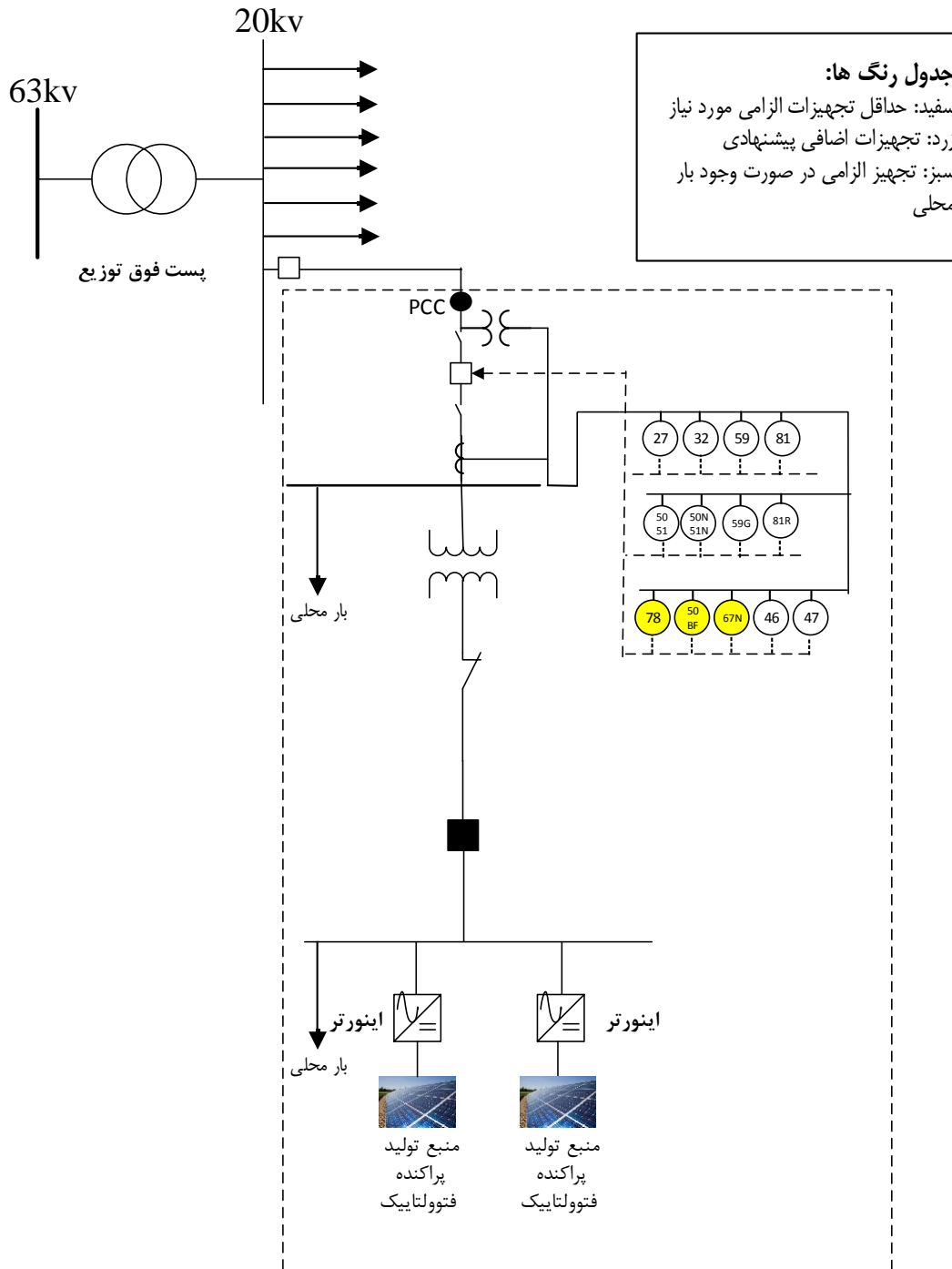
* در صورتی که اینورتر فاقد حفاظت ضد-جزیره‌ای باشد.

** در صورتی که از ترانسفورماتور Dyn استفاده شود (آرایش مثلث در سمت فشار متوسط و آرایش ستاره در سمت فشار ضعیف)
نکته: در خصوص ملاحظات و تنظیمات توابع حفاظتی به بخش‌های ۲-۵ و ۲-۶ مراجعه شود.

در شکل (۲-۸) تجهیزات حفاظتی مربوط به حفاظت مولد اینورتری کلاس ۴ و طرح اتصال ۴ مشاهده می‌شود. رنگ سفید رله‌ها به معنی الزامی بودن وجود آن‌ها و رنگ زرد به معنی اختیاری بودن آن‌ها می‌باشد. همین‌طور رنگ سبز به معنی اجباری بودن رله در صورت وجود بار محلی است.

۲-۷-۲-۲ - تجهیزات قدرت و کنترلی

وجود تجهیزات کلیدزنی مورد نیاز شامل کلیدهای قدرت و سکسیونر از ملزومات اصلی سیستم متصل‌کننده DG به شبکه بشمار می‌رود و حتماً بایستی با دقت انتخاب و در جای مناسب نصب شوند. از آنجایی که منابع تولید پراکنده در هیچ یک از کلاس‌ها، در هنگام بهره‌برداری موازی با شبکه مجاز به تنظیم ولتاژ فعال در باس‌های شبکه نیستند، بنابراین، بهره‌برداری از این منابع در حالت موازی با شبکه در مد $\cos \varphi$ ثابت انجام می‌شود. یعنی ژنراتور توان اکتیو و راکتیو تولیدی خود را در ضریب توان ثابت به شبکه تحویل می‌دهد. در چنین شرایطی اینورتر وظیفه دارد توان راکتیو تولیدی توسط ژنراتور را به گونه‌ای کنترل کند که ژنراتور در ضریب توان ثابت مورد بهره‌برداری قرار بگیرد، زیرا در این حالت تنظیم ولتاژ بر عهده بهره‌بردار شبکه است.



شکل (۸-۲): تجهیزات حفاظتی مولدهای اینورتری طرح ۴-کلاس ۴



۲-۲-۷-۳- تجهیزات مانیتورینگ و اندازه‌گیری

از آنجایی که ظرفیت مولدهای کلاس ۴ بین ۱ تا ۷ مگاوات است، بنابراین مطابق بخش ۹-۲۵ دستورالعمل اتصال منابع تولید پراکنده به شبکه باید برخی از پارامترها در سیستم اتصال DG به شبکه پایش و کنترل شود. سیگنال‌های مورد نیاز نیز به تفصیل در دستورالعمل مذکور ارائه شده است.

ملزومات مورد نیاز برای مانیتورینگ شامل موارد زیر می‌باشد:

- تجهیزات اندازه‌گیری و ثبت و نگهداری داده‌ها و اطلاعات و تله‌متری
- RTU
- تجهیزات مخابراتی مناسب جهت انتقال داده‌ها به مرکز دیسپاچینگ
- ترانس‌دیوسرها و ترانسفورماتورهای ولتاژ و جریان
- پورت‌های ارتباطی برای بازیابی اطلاعات مورد نیاز

تعداد و مکان دستگاه‌های اندازه‌گیری بر اساس مفاد قرارداد بین مالک DG و بهره‌بردار شبکه توافق می‌شود. هنگامی که امکان فروش برق مازاد توسط DG به شبکه وجود دارد، لازم است مالک شبکه کنتورهایی را جهت ثبت انرژی ورودی (kWh(in)) و انرژی خروجی (kWh(out)) نصب کند.

به طور کلی دو حالت زیر را برای نصب لوازم اندازه‌گیری می‌توان مورد بررسی قرار داد:

الف: مولدهای خود تأمین و دارای بار محلی

- در صورتی که بار محلی از طریق همان ترانسفورماتوری که DG را به شبکه متصل کرده تغذیه شود، در این حالت به دلیل وجود تعرفه‌های مختلف برای خرید و فروش برق، بهره‌بردار یا باید از دو کنتور یک جهته مجزا، یکی در بالادست کلید ژنراتور و دیگری در بالادست کلید قطع بار استفاده نماید تا بتواند توان تولیدی و مصرفی را به صورت جداگانه اندازه‌گیری کند و یا از یک کنتور دو جهته در نقطه اتصال استفاده نماید که قابلیت اندازه‌گیری انرژی در هر دو جهت را داشته باشد، هم انرژی که DG به شبکه تزریق میکند و هم انرژی که از شبکه دریافت می‌کند.
- در صورتی که بار محلی از طریق یک ترانسفورماتور مجزا تغذیه شود، در این صورت، باید از دو کنتور یک طرفه مجزا، به ترتیب یکی برای اندازه‌گیری میزان مصرف و دیگری برای اندازه‌گیری میزان توان تزریقی توسط DG به شبکه استفاده می‌شود.

ب: مولدهای بدون بار محلی

در این حالت چون به صورت محلی انرژی مصرف نمی‌شود و تمام تولید به شبکه تزریق می‌شود، تنها استفاده از یک کنتور جهت قرائت میزان توان تزریقی توسط ژنراتور به شبکه کفایت می‌کند.



از آنجایی که در طرح ۴ از یک ترانسفورماتور اختصاصی جهت اتصال منابع تولید پراکنده به شبکه استفاده می‌شود و نقطه اندازه‌گیری در قسمت بالادست ترانسفورماتور می‌باشد، بنابراین، ولتاژ در نقطه اندازه‌گیری در این حالت ۲۰kV می‌باشد. در نتیجه، کنترل به طور مستقیم نمی‌تواند ولتاژ سه فاز را اندازه‌گیری نماید. جدول (۲-۲۰) حداقل تجهیزات قدرت و کنترلی، اندازه‌گیری و مانیتورینگ پیشنهادی در طرح (۴) و کلاس (۴) را نشان می‌دهد.

جدول (۲-۲۰): حداقل تجهیزات قدرت و کنترلی، اندازه‌گیری و مانیتورینگ پیشنهادی برای اتصال DG اینورتری در کلاس (۴) طرح (۴)

تجهیزات قدرت و کنترلی	تجهیزات مانیتورینگ	تجهیزات اندازه‌گیری
اینورتر	ترانسدیوسرها و ترانسفورماتورهای ولتاژ و جریان	
کلید مولد	پورت‌های ارتباطی برای بازیابی اطلاعات مورد نیاز	کنترل
کلید قدرت	تجهیزات اندازه‌گیری و ثبت و نگهداری داده‌ها و اطلاعات و تله‌متری	ترانسفورماتور جریان
سکسیونر	RTU	ترانسفورماتور ولتاژ
	تجهیزات مخابراتی مناسب جهت انتقال داده‌ها به مرکز دیسپاچینگ	
	انتقال تریپ	

۲-۲-۸- منابع تولید پراکنده کلاس ۵ و طرح اتصال ۴

در این بخش، اتصال منابع تولید پراکنده کلاس ۵، یعنی مولدهایی با ظرفیت ۷ تا ۲۵ مگاوات از طریق طرح ۴ مدنظر می‌باشد. در این طرح، منابع تولید پراکنده از طریق دو یا چند خط موازی و ترانسفورماتور اختصاصی مستقیماً به باس بار ۲۰ کیلوولت پست فوق توزیع متصل می‌شوند.

۲-۲-۸-۱- تجهیزات حفاظتی

- در صورتی که مولد پراکنده اجازه تزریق توان به شبکه را نداشته باشد و صرفاً جهت تامین بار محلی باشد، و یا برای تزریق توان به شبکه یک سقف مشخص تعیین شده باشد، از یک رله توان معکوس و یا حداقل توان (۳۲) استفاده می‌شود.
- در صورتی که به هر دلیلی پست فوق توزیع بی‌برق شود، اگر حداقل بار سالیانه فیدهای متصل به ثانویه پست فوق توزیع نسبت به ظرفیت مولدهای پراکنده، قابل ملاحظه باشد، امکان ایجاد جزیره ناخواسته وجود دارد. (استفاده از رله‌های ROCOF)
- اگر قطعی در محل اتصال فیدر خصوصی به ثانویه پست توزیع رخ دهد، در صورت نبود بار محلی، به علت افزایش بیش از حد مجاز ولتاژ و فرکانس، رله‌های ولتاژی و فرکانسی عملکرد خواهند داشت.



- اگر بار محلی وجود داشته باشد، مقدار دیماندر و یا حداکثر مصرف آن قابل توجه باشد و در حد میزان تولید DG باشد، باید از رله‌های جابه‌جایی فاز و ROCOF و سیستم انتقال تریپ جهت جداسازی DG از شبکه استفاده نمود.
- در صورتی که در این فیدر از ریکلوزر استفاده شود، حتما باید از سیستم انتقال تریپ استفاده شود، در صورت قطع کلید و خارج نشدن DG، امکان اتصال غیرسنکرون مولدهای پراکنده به شبکه وجود دارد.
- اگر میزان حداکثر مصرف محلی کمتر از یک سوم تولید DG باشد، رله‌های ولتاژی و فرکانسی DG را از مدار خارج می‌کنند.
- به دلیل اینکه این مولدها از نوع سنکرون نیستند و از نوع ماشین‌های گردان به حساب نمی‌آیند در حالت کلی نیاز به رله سنکرون چک نخواهد بود. البته بسته به نوع اینورتری که در این نوع منابع تولید پراکنده استفاده می‌شود این نیاز متفاوت است. اگر اینورترهای مورد استفاده از نوع کموتاسیون خودی باشد، و به صورت منبع ولتاژ عملکرد داشته باشد، مانند ماشین‌های سنکرون باید ولتاژ و فاز آن‌ها با شبکه سنکرون شود و در این حالت نیاز به رله سنکرون چک خواهد بود. اما اگر این اینورترها از نوع منبع جریان باشد و یا از اینورترهای کموتاسیون خط در ساختار منبع تولید پراکنده اینورتری استفاده شود، نیاز به سنکرون سازی با شبکه و استفاده از رله سنکرون چک نیست.
- برای تشخیص خطاهای زمین، اتصال سیم‌پیچی‌های ترانسفورماتور متصل کننده DG به شبکه اهمیت پیدا می‌کند. از رله ۵۹G برای حفاظت خطای زمین زمانی که ترانسفورماتور اتصال در سمت اولیه خود زمین نشده است استفاده می‌شود و از رله اضافه جریان جهت دار ۶۷N یا اضافه جریان تأخیری ۵۱N برای حفاظت خطای زمین زمانی که ترانسفورماتورهای اتصالی که سمت اولیه آن زمین شده است استفاده می‌شود. در صورتیکه شبکه فشار متوسط به صورت مستقیم زمین نشده باشد، استفاده از حفاظت ۵۹G به صورت الزامی در نظر گرفته شود. همچنین این حفاظت در تشخیص فرورزونانس می‌تواند مؤثر باشد.



جدول (۲-۲۱): حفاظت‌های مورد نیاز در نقطه PCC برای DG اینورتری کلاس ۵ و طرح اتصال ۴

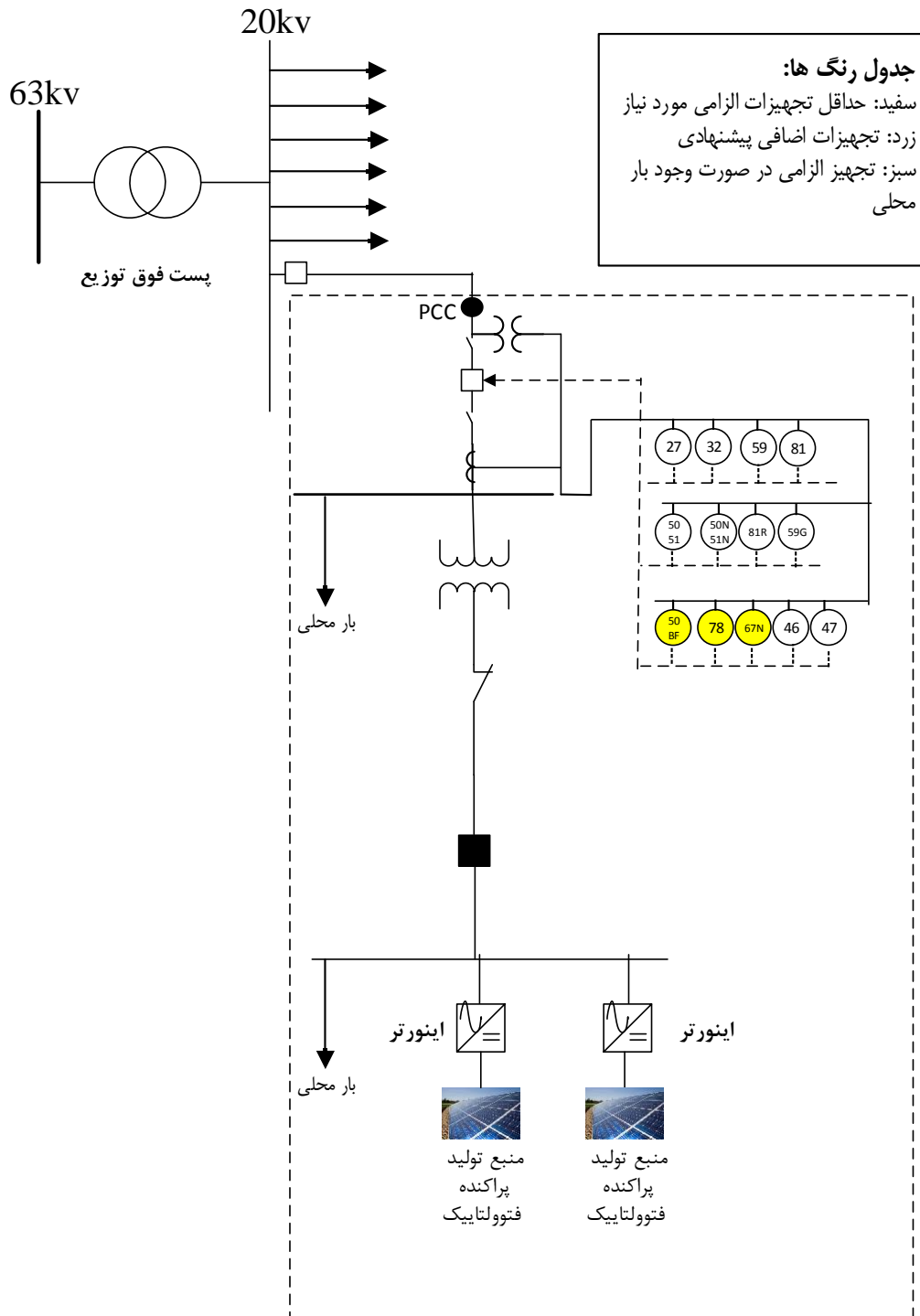
حداقل تجهیزات الزامی مورد نیاز	تجهیزات اضافی پیشنهادی
رله افت ولتاژ (۲۷)	رله جابه‌جایی فاز (۷۸)*
افزایش ولتاژ آنی و تاخیری (۵۹)	خطای کلید قدرت (۵۰ BF)
افزایش و کاهش فرکانس (۸۱)	رله اضافه جریان جهت دار زمین (۶۷N)
رله توان معکوس (۳۲)	
رله اضافه جریان آنی و معکوس زمانی (۵۰/۵۱)	
رله اضافه جریان آنی و تاخیری زمین (۵۱/۵۰N)	
رله اضافه جریان توالی فاز منفی (۴۶) یا قطع فاز (۴۶BC)	
رله توالی فاز ولتاژ (۴۷)	
رله اضافه ولتاژ زمین (۵۹G)**	
رله نرخ تغییرات فرکانس ROCOF (R ۸۱)	
انتقال تریپ	

*در صورتی که اینورتر فاقد حفاظت ضد-جزیره‌ای باشد.

** در صورتی که از ترانسفورماتور Dyn استفاده شود (آرایش مثلث در سمت فشار متوسط و آرایش ستاره در سمت فشار ضعیف)

نکته: در خصوص ملاحظات و تنظیمات توابع حفاظتی به بخش‌های ۲-۵ و ۲-۶ مراجعه شود.

در شکل (۲-۹) تجهیزات حفاظتی مربوط به حفاظت مولد اینورتری کلاس ۵ و طرح اتصال ۴ مشاهده می‌شود. رنگ سفید رله‌ها به معنی الزامی بودن وجود آن‌ها و رنگ زرد به معنی اختیاری بودن آن‌ها می‌باشد. همین‌طور رنگ سبز به معنی اجباری بودن رله در صورت وجود بار محلی است.



شکل (۲-۹): تجهیزات حفاظتی مولدهای اینورتری طرح ۴-کلاس ۵



۲-۸-۲-۲- تجهیزات قدرت و کنترلی

وجود تجهیزات قدرت (کلیدزنی) مورد نیاز شامل کلیدهای قدرت و سکسیونر از ملزومات اصلی سیستم متصل -کننده DG به شبکه به شمار می‌رود و حتماً بایستی با دقت انتخاب و در جای مناسب نصب شوند. از آنجایی که منابع تولید پراکنده در هیچ یک از کلاس‌ها، در هنگام بهره‌برداری موازی با شبکه مجاز به تنظیم ولتاژ فعال در باس‌های شبکه نیستند، بنابراین، بهره‌برداری از این منابع در حالت موازی با شبکه در مد $\cos \varphi$ ثابت انجام می‌شود. یعنی ژنراتور توان اکتیو و راکتیو تولیدی خود را در ضریب توان ثابت به شبکه تحویل می‌دهد. در چنین شرایطی اینورتر وظیفه دارد توان راکتیو تولیدی توسط ژنراتور را به گونه‌ای کنترل کند که ژنراتور در ضریب توان ثابت مورد بهره‌برداری قرار بگیرد، زیرا در این حالت تنظیم ولتاژ بر عهده بهره‌بردار شبکه است.

۲-۸-۳-۲- تجهیزات مانیتورینگ و اندازه‌گیری

از آنجایی که ظرفیت مولدهای کلاس ۵ بین ۷ تا ۲۵ مگاوات است، بنابراین مطابق بخش ۹-۲۵ دستورالعمل اتصال منابع تولید پراکنده به شبکه باید برخی از پارامترها در سیستم اتصال DG به شبکه پایش و کنترل شود. سیگنال‌های مورد نیاز نیز به تفصیل در دستورالعمل مذکور ارائه شده است.

ملزومات مورد نیاز برای مانیتورینگ شامل موارد زیر می‌باشد:

- تجهیزات اندازه‌گیری و ثبت و نگهداری داده‌ها و اطلاعات و تله‌متری
- RTU
- تجهیزات مخابراتی مناسب جهت انتقال داده‌ها به مرکز دیسپاچینگ
- ترانسیدوسرها و ترانسفورماتورهای ولتاژ و جریان
- پورت‌های ارتباطی برای بازیابی اطلاعات مورد نیاز

تعداد و مکان دستگاه‌های اندازه‌گیری بر اساس مفاد قرارداد بین مالک DG و بهره‌بردار شبکه توافق می‌شود. هنگامی که امکان فروش برق مازاد توسط DG به شبکه وجود دارد، لازم است مالک شبکه کنتورهایی را جهت ثبت انرژی ورودی ((kWh(in)) و انرژی خروجی ((kWh(out)) نصب کند.

به طور کلی دو حالت زیر را برای نصب لوازم اندازه‌گیری می‌توان مورد بررسی قرار داد:

الف: مولدهای خود تأمین و دارای بار محلی

- در صورتی که بار محلی از طریق همان ترانسفورماتوری که DG را به شبکه متصل کرده تغذیه شود، در این حالت به دلیل وجود تعرفه‌های مختلف برای خرید و فروش برق، بهره‌بردار یا باید از دو کنتور یک جهته مجزا، یکی در بالادست کلید ژنراتور و دیگری در بالادست کلید قطع بار استفاده نماید تا



بتواند توان تولیدی و مصرفی را به صورت جداگانه اندازه گیری کند و یا از یک کنتور دو جهته در نقطه اتصال استفاده نماید که قابلیت اندازه گیری انرژی در هر دو جهت را داشته باشد، هم انرژی که DG به شبکه تزریق میکند و هم انرژی که از شبکه دریافت می کند.

➤ در صورتی که بار محلی از طریق یک ترانسفورماتور مجزا تغذیه شود، در این صورت، باید از دو کنتور یک طرفه مجزا، به ترتیب یکی برای اندازه گیری میزان مصرف و دیگری برای اندازه گیری میزان توان تزریقی توسط DG به شبکه استفاده می شود.

ب: مولدهای بدون بار محلی

در این حالت چون به صورت محلی انرژی مصرف نمی شود و تمام تولید به شبکه تزریق می شود، تنها استفاده از یک کنتور جهت قرائت میزان توان تزریقی توسط ژنراتور به شبکه کفایت می کند.

نحوه اتصال لوازم اندازه گیری در مورد مولدهای پراکنده کلاس ۵ که از طریق طرح ۴ به شبکه متصل می شوند، همانند مولدهای کلاس ۴ که از طریق این طرح به شبکه متصل می شوند.

جدول (۲-۲۲) حداقل تجهیزات قدرت و کنترلی، اندازه گیری و مانیتورینگ پیشنهادی در طرح (۴) و کلاس (۵) را نشان می دهد.

جدول (۲-۲۲): حداقل تجهیزات قدرت و کنترلی، اندازه گیری و مانیتورینگ پیشنهادی برای اتصال DG اینورتری در کلاس (۵) طرح (۴)

تجهیزات قدرت و کنترلی	تجهیزات مانیتورینگ	تجهیزات اندازه گیری
اینورتر	ترانسدیوسرها و ترانسفورماتورهای ولتاژ و جریان	کنتور
کلید مولد	پورت های ارتباطی برای بازیابی اطلاعات مورد نیاز	ترانسفورماتور جریان
کلید قدرت	تجهیزات اندازه گیری و ثبت و نگهداری داده ها و اطلاعات و تله متری	ترانسفورماتور ولتاژ
سکسیونر	RTU	
	تجهیزات مخابراتی مناسب جهت انتقال داده ها به مرکز دیسپاچینگ	
	انتقال تریپ	

۹-۲-۲- منابع تولید پراکنده کلاس ۵ و طرح اتصال ۵

در این طرح، منابع تولید پراکنده از طریق فیدر اختصاصی و هم چنین ترانسفورماتور اختصاصی به باس بار ۶۳ کیلوولت پست فوق توزیع متصل می شوند.

۹-۲-۱- حداقل تجهیز حفاظتی

- در این نوع مولد برخلاف مولدهای ژنراتوری و CHP ها، به دلیل خاصیت کنترلی و محدودکنندگی اینورترهای متعلق به ساختار این نوع منابع، امکان برگشت توان به سمت منبع DG وجود نداشته و



همچنین سقف مجاز تزریق توان منبع تولید پراکنده اینورتری نیز مشخص و قابل کنترل است و توسط اینورتر محدود می‌شود. به همین دلیل در این نوع منبع و در این طرح، برای حفاظت از منبع DG در محل اتصال نیاز به استفاده از رله توان معکوس و یا حداقل توان نخواهد بود. اما با توجه به سیلان توان میان منبع تولید پراکنده، بار مصرفی و شبکه بالا دست امکان ایجاد فلوی توان به صورت دو طرفه خواهد بود. در واقع زمانی که مقدار بار مصرفی بیشتر از توان تولیدی DG باشد، شبکه می‌بایست در کنار DG بار را تامین نماید. همچنین زمانی که مقدار بار مصرفی کمتر از تولید DG باشد، مقداری از توان تولیدی DG به سمت شبکه تزریق می‌شود. لذا در تابلوی توزیع سیلان توان می‌تواند دو طرفه باشد. بنابراین استفاده از رله توان معکوس ضروری به نظر می‌رسد.

- در صورتی که بار محلی وجود نداشته باشد، و تمام توان تولیدی توسط مولد به شبکه تزریق شود نیازی به استفاده از رله توان معکوس نیست.
- در صورتی که به هر دلیلی پست فوق توزیع بی‌برق شود، اگر حداقل بار سالپانه فیدهای متصل به ثانویه پست فوق توزیع نسبت به ظرفیت مولدهای پراکنده، قابل ملاحظه باشد، امکان ایجاد جزیره ناخواسته وجود دارد. به همین دلیل استفاده از رله‌های ROCOF ضروری به نظر می‌رسد. همچنین در این طرح نیز باید از سیستم انتقال تریپ نیز استفاده نمود.
- در صورتی که مولدها دارای بار محلی نباشند و هدف تنها تولید توان و تزریق توان به شبکه است، در صورتی که به هر دلیل کلید سر فیدر قطع شود، به دلیل اینکه هیچ بار مصرفی دیگری بر روی فیدر قرار ندارد، ولتاژ و فرکانس در نقطه اتصال DG به شبکه از حدود مجاز فراتر می‌رود. رله‌های مربوطه عمل نموده و DG از شبکه قطع می‌شود.
- اگر بار محلی داشته باشیم و مقدار دیمانند آن و یا حداکثر مصرف آن قابل توجه و در حد میزان تولید DG باشد، باید از رله‌های جابه‌جایی فاز و ROCOF و سیستم انتقال تریپ جهت جداسازی DG استفاده نمود.



جدول (۲-۲۳): حفاظت‌های مورد نیاز در نقطه PCC برای DG اینورتری کلاس ۵ و طرح اتصال ۵

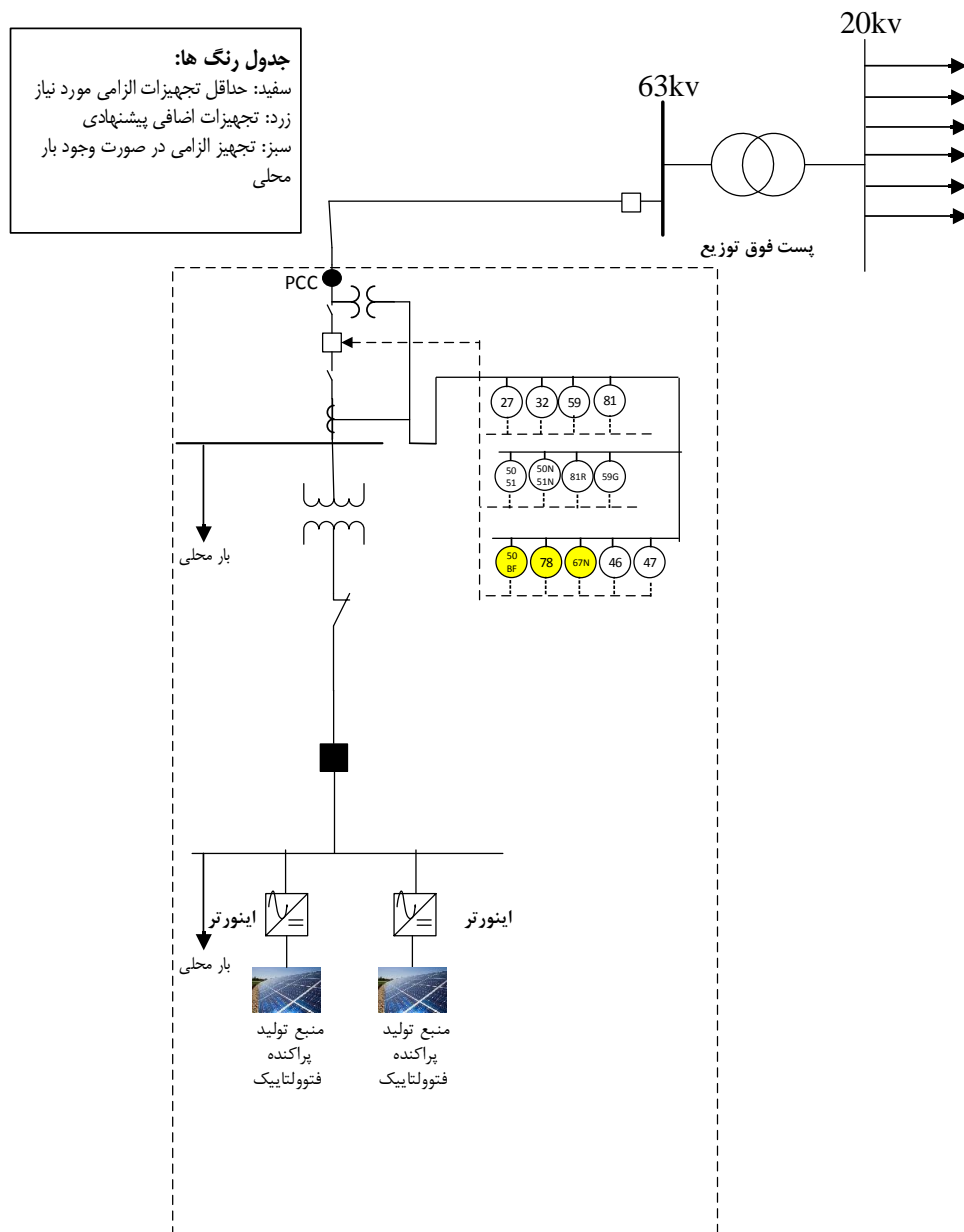
حداقل تجهیزات الزامی مورد نیاز	تجهیزات اضافی پیشنهادی
رله افت ولتاژ (۲۷)	رله جابه‌جایی فاز (۷۸)*
افزایش ولتاژ آنی و تاخیری (۵۹)	رله خطای بریکر (BF ۵۰)
افزایش و کاهش فرکانس (۸۱)	رله اضافه جریان جهت دار زمین (۶۷N)
رله توان معکوس (۳۲)	
رله اضافه جریان آنی و معکوس زمانی (۵۰/۵۱)	
رله اضافه جریان آنی و تاخیری زمین (۵۱/۵۰N)	
رله اضافه جریان توالی فاز منفی (۴۶) یا قطع فاز (۴۶BC)	
رله توالی فاز ولتاژ (۴۷)	
رله اضافه ولتاژ زمین (۵۹G)**	
رله نرخ تغییرات فرکانس ROCOF (R ۸۱)	
انتقال تریپ	

*در صورتی که اینورتر فاقد حفاظت ضد-جزیره‌ای باشد.

** در صورتی که از ترانسفورماتور Dyn استفاده شود (آرایش مثلث در سمت فشار متوسط و آرایش ستاره در سمت فشار ضعیف)

نکته: در خصوص ملاحظات و تنظیمات توابع حفاظتی به بخش‌های ۲-۵ و ۲-۶ مراجعه شود.

در شکل (۲-۱۰) تجهیزات حفاظتی مربوط به حفاظت مولد اینورتری کلاس ۵ و طرح اتصال ۵ مشاهده می‌شود. رنگ سفید رله‌ها به معنی الزامی بودن وجود آن‌ها و رنگ زرد به معنی اختیاری بودن آن‌ها می‌باشد. همین‌طور رنگ سبز به معنی اجباری بودن رله در صورت وجود بار محلی است.



شکل (۱-۲): تجهیزات حفاظتی مولدهای اینورتری طرح ۵-کلاس ۵

۲-۹-۲-۲- تجهیزات قدرت و کنترل

وجود تجهیزات قدرت (کلیدزنی) مورد نیاز شامل کلیدهای قدرت و سکسیونر از ملزومات اصلی سیستم متصل-کننده DG به شبکه بشمار می‌رود و حتماً بایستی با دقت انتخاب و در جای مناسب نصب شوند. از آنجایی که منابع تولید پراکنده در هیچ یک از کلاس‌ها، در هنگام بهره‌برداری موازی با شبکه مجاز به تنظیم ولتاژ فعال در باس‌های شبکه نیستند، بنابراین، بهره‌برداری از این منابع در حالت موازی با شبکه در مد $\cos \varphi$ ثابت انجام می‌شود. یعنی ژنراتور توان اکتیو و راکتیو تولیدی خود را در ضریب توان ثابت به شبکه تحویل می‌دهد. در

چنین شرایطی اینورتر وظیفه دارد توان راکتیو تولیدی توسط ژنراتور را به گونه‌ای کنترل کند که ژنراتور در ضریب توان ثابت مورد بهره‌برداری قرار بگیرد، زیرا در این حالت تنظیم ولتاژ بر عهده بهره‌بردار شبکه است.

۲-۹-۳- تجهیزات مانیتورینگ و اندازه‌گیری

از آنجایی که ظرفیت مولدهای کلاس ۵ بین ۷ تا ۲۵ مگاوات است، بنابراین مطابق بخش ۹-۲۵ دستورالعمل اتصال منابع تولید پراکنده به شبکه باید برخی از پارامترها در سیستم اتصال DG به شبکه پایش و کنترل شود. سیگنال‌های مورد نیاز نیز به تفصیل در دستورالعمل مذکور ارائه شده است.

ملزومات مورد نیاز برای مانیتورینگ شامل موارد زیر می‌باشد:

- تجهیزات اندازه‌گیری و ثبت و نگهداری داده‌ها و اطلاعات و تله‌متری
- RTU
- تجهیزات مخابراتی مناسب جهت انتقال داده‌ها به مرکز دیسپاچینگ
- ترانسدیوسرها و ترانسفورماتورهای ولتاژ و جریان
- پورت‌های ارتباطی برای بازیابی اطلاعات مورد نیاز

تعداد و مکان دستگاه‌های اندازه‌گیری بر اساس مفاد قرارداد بین مالک DG و بهره‌بردار شبکه توافق می‌شود. هنگامی که امکان فروش برق مازاد توسط DG به شبکه وجود دارد، لازم است مالک شبکه کنترلهایی را جهت ثبت انرژی ورودی (kWh(in)) و انرژی خروجی (kWh(out)) نصب کند.

به طور کلی دو حالت زیر را برای نصب لوازم اندازه‌گیری می‌توان مورد بررسی قرار داد:

الف: مولدهای خود تأمین و دارای بار محلی

- در صورتی که بار محلی از طریق همان ترانسفورماتوری که DG را به شبکه متصل کرده تغذیه شود، در این حالت به دلیل وجود تعرفه‌های مختلف برای خرید و فروش برق، بهره‌بردار یا باید از دو کنتور یک جهته مجزا، یکی در بالادست کلید ژنراتور و دیگری در بالادست کلید قطع بار استفاده نماید تا بتواند توان تولیدی و مصرفی را به صورت جداگانه اندازه‌گیری کند و یا از یک کنتور دو جهته در نقطه اتصال استفاده نماید که قابلیت اندازه‌گیری انرژی در هر دو جهت را داشته باشد، هم انرژی که DG به شبکه تزریق می‌کند و هم انرژی که از شبکه دریافت می‌کند.
- در صورتی که بار محلی از طریق یک ترانسفورماتور مجزا تغذیه شود، در اینصورت، باید از دو کنتور یک طرفه مجزا، به ترتیب یکی برای اندازه‌گیری میزان مصرف و دیگری برای اندازه‌گیری میزان توان تزریقی توسط DG به شبکه استفاده می‌شود.

**ب: مولدهای بدون بار محلی**

در این حالت چون به صورت محلی انرژی مصرف نمی‌شود و تمام تولید به شبکه تزریق می‌شود، تنها استفاده از یک کنتور جهت قرائت میزان توان تزریقی توسط ژنراتور به شبکه کفایت می‌کند.

از آنجایی که در طرح ۵ از یک ترانسفورماتور اختصاصی جهت اتصال منابع تولید پراکنده به شبکه استفاده می‌شود و نقطه اندازه‌گیری در قسمت بالادست ترانسفورماتور می‌باشد، در نتیجه، کنتور به طور مستقیم نمی‌تواند ولتاژ سه‌فاز را اندازه‌گیری نماید.

جدول (۲-۲۴) حداقل تجهیزات قدرت و کنترلی، اندازه‌گیری و مانیتورینگ پیشنهادی در طرح (۵) و کلاس (۵) را نشان می‌دهد.

جدول (۲-۲۴): حداقل تجهیزات قدرت و کنترلی، اندازه‌گیری و مانیتورینگ پیشنهادی برای اتصال DG اینورتری در کلاس (۵) طرح (۵)

تجهیزات قدرت و کنترلی	تجهیزات مانیتورینگ	تجهیزات اندازه‌گیری
اینورتر	ترانسدیوسرها و ترانسفورماتورهای ولتاژ و جریان	کنتور
کلید مولد	پورت‌های ارتباطی برای بازیابی اطلاعات مورد نیاز	ترانسفورماتور جریان
کلید قدرت	تجهیزات اندازه‌گیری و ثبت و نگهداری داده‌ها و اطلاعات و تله‌متری	ترانسفورماتور ولتاژ
سکسیونر	RTU	
	تجهیزات مخابراتی مناسب جهت انتقال داده‌ها به مرکز دیسپاچینگ	
	انتقال تریپ	

۲-۲-۱۰- نتیجه‌گیری

جداول (۲-۲۵) تا (۲-۲۸) حداقل تجهیزات حفاظتی، اندازه‌گیری، مانیتورینگ و قدرت و کنترلی پیشنهادی را به طور خلاصه برای اتصال منابع تولید پراکنده اینورتری در کلاس‌ها و طرح‌های مختلف نشان می‌دهد.



جدول (۲-۲۵): حداقل توابع حفاظتی الزامی مورد نیاز برای اتصال منابع تولید پراکنده اینورتری در کلاس ها و طرح های مختلف

شماره تابع حفاظتی	کلاس های مختلف و طرح های اتصال آنها به شبکه								
	کلاس ۱ (طرح ۱)	کلاس ۱ (طرح ۲)	کلاس ۲ (طرح ۲)	کلاس ۲ (طرح ۳)	کلاس ۳ (طرح ۳)	کلاس ۴ (طرح ۳)	کلاس ۴ (طرح ۴)	کلاس ۵ (طرح ۴)	کلاس ۵ (طرح ۵)
۲۷	*	*	*	*	*	*	*	*	*
۵۹	*	*	*	*	*	*	*	*	*
۵۱/۵۰	*	*	*	*	*	*	*	*	*
۸۱	*	*	*	*	*	*	*	*	*
۳۲	*	*	*	*	*	*	*	*	*
۵۱/۵۰-N	*	*	*	*	*	*	*	*	*
۴۶	*	*	*	*	*	*	*	*	*
۴۷	*	*	*	*	*	*	*	*	*
۵۹G	*	*	*	*	*	*	*	*	*
۸۱R	*	*	*	*	*	*	*	*	*
انتقال تریپ	*	*	*	*	*	*	*	*	*

نکته: در خصوص ملاحظات و تنظیمات توابع حفاظتی به بخش های ۲-۵ و ۲-۶ مراجعه شود.

جدول (۲-۲۶): حداقل تجهیزات اندازه گیری مورد نیاز برای اتصال منابع تولید پراکنده اینورتری در کلاس ها و طرح های مختلف

تجهیزات اندازه گیری	کلاس های مختلف و طرح های اتصال آنها به شبکه								
	کلاس ۱ (طرح ۱)	کلاس ۱ (طرح ۲)	کلاس ۲ (طرح ۲)	کلاس ۲ (طرح ۳)	کلاس ۳ (طرح ۳)	کلاس ۴ (طرح ۳)	کلاس ۴ (طرح ۴)	کلاس ۵ (طرح ۴)	کلاس ۵ (طرح ۵)
کنتور	*	*	*	*	*	*	*	*	*
دیتالاگر	با نظر بهره بردار شبکه								
CT	*	*	*	*	*	*	*	*	*
PT(VT)	*	*	*	*	*	*	*	*	*



جدول (۲-۲۷): حداقل تجهیزات مانیتورینگ مورد نیاز برای اتصال منابع تولید پراکنده اینورتری در کلاس ها و طرح های مختلف (۱)

کلاس های مختلف و طرح های اتصال آنها به شبکه							تجهیزات مانیتورینگ
کلاس ۱	کلاس ۲	کلاس ۳	کلاس ۴	کلاس ۴	کلاس ۵	کلاس ۵	
(طرح ۱ و ۲)	(طرح ۲ و ۳)	(طرح ۳)	(طرح ۳)	(طرح ۴)	(طرح ۴)	(طرح ۵)	
*	*	*	*	*	*	*	ترانسدیوسرها (۲)
*	*	*	*	*	*	*	پورت های ارتباطی (سریال، اترنت و ...)
*	*	*	*	*	*	*	تجهیزات اندازه گیری و ثبت داده ها
*	*	*	*	*	*	*	RTU (کارت های آنالوگ و دیجیتال)
*	*	*	*	*	*	*	تجهیزات مخابراتی (مودم، آنتن و ...)
*	*	*	*	*	*	*	انتقال تریپ

(۱) از آنجایی که تجهیزات مانیتورینگ به زیرساخت های ارتباطی و مخابراتی شرکت برق وابسته است، نوع تجهیزات مانیتورینگ بر اساس نظر شرکت برق تعیین می شود.

(۲) در صورت وجود ترانسدیوسر داخلی در کارت های آنالوگ RTU، نیاز به استفاده از ترانسدیوسر مجزا نمی باشد.

جدول (۲-۲۸): حداقل تجهیزات قدرت و کنترلی مورد نیاز برای اتصال منابع تولید پراکنده اینورتری در کلاس ها و طرح های مختلف

کلاس های مختلف و طرح های اتصال آنها به شبکه									تجهیزات قدرت و کنترلی
کلاس ۱	کلاس ۱	کلاس ۲	کلاس ۲	کلاس ۳	کلاس ۴	کلاس ۴	کلاس ۵	کلاس ۵	
(طرح ۱)	(طرح ۲)	(طرح ۲)	(طرح ۳)	(طرح ۳)	(طرح ۴)	(طرح ۴)	(طرح ۵)	(طرح ۵)	
*	*	*	*	*	*	*	*	*	کلید مولد
*	*	*	*	*	*	*	*	*	کلید قدرت
*	*	*	*	*	*	*	*	*	سکسیونر (۱)
*	*	*	*	*	*	*	*	*	اینورتر

(۱) در صورت استفاده از سکسیونر باید تیغه زمین آن در سمت شبکه نباشد تا امکان زمین شدن شبکه وجود نداشته باشد.



۲-۳- حدافل تجهیزات جانبی مورد نیاز جهت اتصال منابع تولید پراکنده غیراینورتري (ژنراتورهای سنكرون) به شبکه برق به تفکیک طرح اتصال

یکی از مهم‌ترین مطالعات به منظور اتصال منابع تولید پراکنده به شبکه، مطالعات هماهنگی حفاظتی است. مولدهای تولید پراکنده به منظور افزایش ظرفیت تولید شبکه و نیز تامین نیازهایی از قبیل تغذیه‌ی بارهای محلی مورد استفاده قرار می‌گیرند، لذا می‌توانند تأثیرات بسیار خوبی در شبکه بر جای گذاشته و موجب آزاد شدن بخشی از ظرفیت شبکه‌ی سراسری شوند. جهت ایجاد این تأثیرات، می‌بایستی شرایط مناسب و استاندارد به منظور مشارکت آن‌ها در شبکه فراهم گردد. یکی از مهم‌ترین نیازمندی‌ها برای اتصال ریزشبکه به شبکه‌ی سراسری، نیازمندی‌های حفاظتی مربوط به آن است. از آنجایی که ریز شبکه‌ها می‌بایستی هم به صورت متصل به شبکه و هم به صورت جدا از شبکه (در صورت نیاز) به فعالیت خود ادامه دهند، لذا بایستی در هر کدام از این حالت‌ها، شرایط حفاظتی و نیازمندی‌های مربوط به ریزشبکه‌ها مورد بررسی و ارزیابی قرار گیرد. این نیازمندی‌ها شامل بررسی استفاده از انواع رله‌ها و تنظیمات آنها از قبیل تنظیمات زمانی و نیز استفاده از سایر تجهیزات حفاظتی از قبیل فیوزها، بریکرها و غیره می‌باشد. البته وجود مولدهای تولید پراکنده موجب برخی مشکلات در سیستم‌های حفاظتی متداول شبکه از قبیل کاهش حساسیت رله‌های ابتدای فیدرها، ناهماهنگی حفاظتی رله‌های سایر فیدرها و نیز مشکلاتی از قبیل اختلال در عملکرد رله‌ی بازبست (ریکلوزر) می‌گردد.

در این فصل به بررسی تجهیزات حفاظتی، کنترلی و مانیتورینگ مورد نیاز برای اتصال CHP منابع غیراینورتري به شبکه مطابق با استانداردهای حفاظتی مختلف پرداخته می‌شود. همچنین به دلیل شباهت‌های نیازمندی‌های حفاظتی مولدهای القایی تغذیه دوگانه با ژنراتور سنكرون تنها به بیان تفاوت‌های DFIG و ژنراتور سنكرون پرداخته می‌شود.

۲-۳-۱- منابع تولید پراکنده کلاس ۱ و طرح اتصال ۱

مطابق تقسیم‌بندی انجام شده تنها اتصال DG های کلاس (۱)، یعنی ژنراتورهای سه فاز با ظرفیت زیر ۲۰ کیلووات و ژنراتورهای تک‌فاز با حداکثر قدرت نامی ۵ کیلووات، از طریق این طرح به شبکه توزیع مجاز است. با توجه به ظرفیت کم منابع تولید پراکنده در این حالت، برای اتصال این منابع به شبکه نیاز به ترانسفورماتور اختصاصی نیست و DG مستقیماً به وسط فیدر فشار ضعیف متصل می‌شود.



۲-۳-۱-۱- تجهیزات حفاظتی

با توجه به قدرت ناچیز مولدهای این کلاس در مقایسه با حداقل بار فیدر، می‌توان در رابطه با عملکرد سیستم-های حفاظتی متداول و قطع ژنراتور از شبکه در صورت ایجاد شرایط جزیره‌ای و عملکرد رله‌های فرکانسی و ولتاژی اطمینان خاطر داشت. به دلیل کم بودن ظرفیت DG در برابر حداقل بار فیدر، در صورتی که کلید قدرت فیدری که DG به آن متصل است از ابتدای فیدر قطع شود بار موجود در فیدر بسیار بیشتر از ظرفیت DG خواهد بود و بنابراین فرکانس و ولتاژ DG به شدت افت کرده و رله‌های افت ولتاژ و کاهش فرکانس ایجاد جزیره در شبکه را تشخیص داده و دستور قطع DG را صادر می‌کنند و نیازی به استفاده از سیستم انتقال تریپ و یا رله‌های ROCOF و جابه-جایی فاز نیست. به‌منظور تعیین حداقل تجهیزات مورد نیاز جهت حفاظت سیستم اتصال DG به شبکه دو سناریوی زیر را می‌توان مورد بررسی قرار داد:

الف: مولدهای دارای بار محلی

در این صورت، منبع تولید پراکنده جهت تأمین تمام یا قسمتی از مصرف بار محلی که مالکیت و مسئولیت حقوقی آن بر عهده مالک DG است به صورت موازی با شبکه مورد استفاده قرار می‌گیرد. چنانچه در قراردادی که بین مالک DG و بهره‌بردار شبکه منعقد می‌شود، مولد پراکنده اجازه تزریق توان به شبکه را نداشته باشد و صرفاً جهت تأمین بار محلی به صورت موازی با شبکه بکار گرفته شود و یا برای تزریق توان تولیدی توسط DG به شبکه یک سقف مشخص تعیین شده باشد، که مولد پراکنده بیشتر از آن مقدار اجازه تزریق توان به شبکه را نداشته باشد، باید از یک رله توان معکوس و یا حداقل توان که با شماره ۳۲ در استانداردهای حفاظتی مشخص می‌شود، استفاده شود تا در صورتی که بار محلی به هر دلیلی از شبکه جدا گردید، سقف تزریق توان توسط مولد به شبکه کنترل شود و اجازه تزریق توان به مولد بیش از حد مجاز داده نشود.

در طرح ۱ و کلاس ۱ حداقل توابع حفاظتی مورد نیاز عبارتند از:

- افت ولتاژ (۲۷)

- افزایش ولتاژ آنی و تاخیری (۵۹)

- اضافه جریان (۵۱/۵۰)

در کنار توابع مذکور، توابع اضافی پیشنهادی زیر توصیه می‌گردد:

- سنکرون چک (۲۵)

- افزایش و کاهش فرکانس (۸۱)

- توان معکوس (۳۲)



- عدم تعادل جریان (۴۶)

- اضافه ولتاژ توالی منفی (عدم توالی فاز) (۴۷)

جدول (۲-۲۹) رله های الزامی مورد نیاز و پیشنهادی این طرح را نشان می دهد.

جدول (۲-۲۹): حفاظت های مورد نیاز در نقطه PCC برای DG غیر اینورتری کلاس ۱ و طرح اتصال ۱- با بار محلی

توابع حفاظتی الزامی مورد نیاز	توابع حفاظتی اضافی پیشنهادی
افت ولتاژ (۲۷)	سنکرون چک (۲۵)
افزایش ولتاژ آنی و تاخیری (۵۹)	افزایش و کاهش فرکانس (۸۱)
اضافه جریان آنی و تاخیری (۵۰ و ۵۱)	توان معکوس (۳۲)
	اضافه جریان توالی فاز منفی (۴۶) یا قطع فاز (۴۶BC)
	اضافه ولتاژ توالی منفی (عدم توالی فاز) (۴۷)

نکته ۱: برای فانکشن های فوق، اولویت با در نظر گرفتن رله حفاظتی فشار ضعیف است.
نکته ۲: در خصوص ملاحظات و تنظیمات توابع حفاظتی به بخش های ۲-۵ و ۲-۶ مراجعه شود.

- در صورتی که از سیستم تحریک مناسبی در مولد (ها) استفاده شده باشد، به نحوی که جریان عبوری از آنها در هنگام رخداد اتصال کوتاه در شبکه به اندازه کافی بزرگ و مستمر باشد، مناسب است که از رله های جریانی شامل رله ی اضافه جریان زمین و اضافه ولتاژ (EF و OC) نیز برای حفاظت ژنراتور و همچنین محل مشترک اتصال استفاده شود. در این شرایط بهتر است به جای رله بی متال، از رله ی جریانی عدم تعادل جریان برای حفاظت ژنراتور در برابر جریان مولفه منفی بار نامتقارن استفاده شود.
- انتخاب سطح حفاظت مورد نیاز و اتصال ترانسفورماتور واسطه (در صورت نیاز) با نظر مسئول شبکه می باشد ولی تنظیم مناسب رله ها و در صورت نیاز اصلاح آنها می تواند از سوی مسئول شبکه توزیع بر عهده مالک مولد و مشاور وی قرار داده شود.

ب: تولید پراکنده بدون بار محلی

در صورتی که مولد دارای بار محلی نباشد و تمام توان تولیدی توسط مولد پراکنده به شبکه تزریق شود، نیازی به استفاده از رله توان معکوس و یا حداقل توان در سیستم اتصال DG به شبکه نیست. بنابراین، در این حالت نیز تمام حفاظت های بالا به جز رله توان معکوس در سیستم اتصال مورد استفاده قرار می گیرد. شایان ذکر است رله توان معکوسی که در نقطه اتصال به شبکه نصب می شود نباید با رله توان معکوسی که برای حفاظت مولد (مثلا روی ژنراتور سنکرون برای جلوگیری از عملکرد موتوری) نصب می گردد اشتباه گرفته شود. همچنین باید توجه



داشت که این حفاظت در هر دو بخش فوق معمولاً توسط یک رله‌ی مستقل انجام نمی‌شود، بلکه یک تابع حفاظتی از یک رله‌ی چند منظوره می‌باشد.

جدول (۲-۳۰) رله‌های الزامی مورد نیاز و پیشنهادی این طرح را نشان می‌دهد.

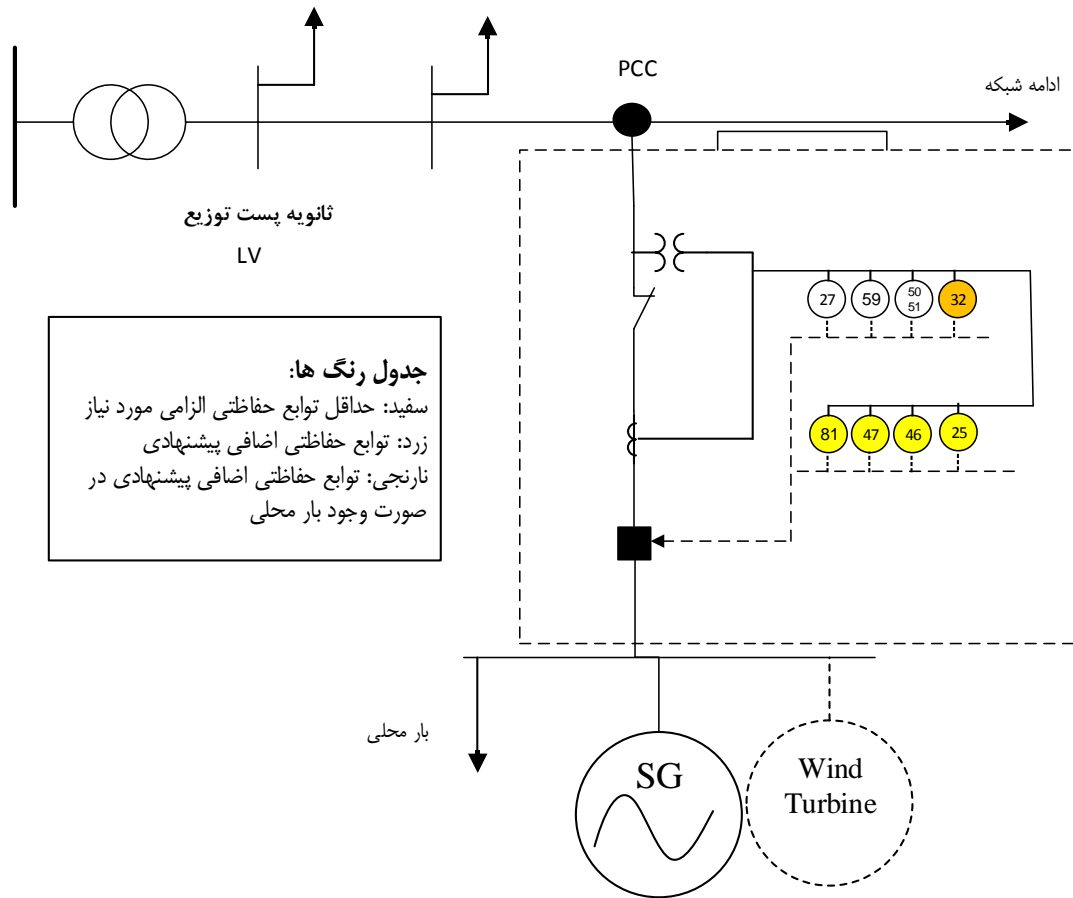
جدول (۲-۳۰): حفاظت‌های مورد نیاز در نقطه PCC برای DG غیر اینورتری کلاس ۱ و طرح اتصال ۱- بدون بار محلی

توابع حفاظتی الزامی مورد نیاز	توابع حفاظتی اضافی پیشنهادی
افت ولتاژ (۲۷)	سنکرون چک (۲۵)
افزایش ولتاژ آنی و تاخیری (۵۹)	افزایش و کاهش فرکانس (۸۱)
اضافه جریان آنی و تاخیری (۵۰ و ۵۱)	اضافه جریان توالی فاز منفی (۴۶) یا قطع فاز (۴۶BC)
	اضافه ولتاژ توالی منفی (عدم توالی فاز) (۴۷)

نکته ۱: برای فانکشن‌های فوق، اولویت با در نظر گرفتن رله حفاظتی فشار ضعیف است.
نکته ۲: در خصوص ملاحظات و تنظیمات توابع حفاظتی به بخش‌های ۲-۵ و ۲-۶ مراجعه شود.

در شکل (۲-۱۱) تجهیزات حفاظتی مربوط به حفاظت مولد غیر اینورتری کلاس ۱ و طرح اتصال ۱ مشاهده

می‌شود.



شکل (۱۱-۲): تجهیزات حفاظتی مولدهای غیر اینورتری طرح ۱-کلاس ۱

۲-۱-۳-۲- تجهیزات قدرت و کنترلی

از آنجایی که منابع تولید پراکنده در هیچ یک از کلاس‌ها، در هنگام بهره‌برداری موازی با شبکه مجاز به تنظیم ولتاژ فعال در باس‌های شبکه نیستند، بنابراین، بهره‌برداری از این منابع در حالت موازی با شبکه در مد $\cos \varphi$ ثابت انجام می‌شود. یعنی ژنراتور توان اکتیو و راکتیو تولیدی خود را در ضریب توان ثابت به شبکه تحویل می‌دهد. در این حالت تنظیم ولتاژ بر عهده بهره‌بردار شبکه است.

۲-۱-۳-۳- تجهیزات مانیتورینگ و اندازه‌گیری

از آنجایی که ظرفیت این مولدها کم و حداکثر ۲۰ (kW) است، استفاده از سیستم مانیتورینگ الزامی نیست. وجود تله‌متری و ارتباط با مرکز کنترل از طریق سیستم اسکادا به دلیل پایین بودن ظرفیت DG نیز ضرورت ندارد. جدول (۳۱-۲) حداقل تجهیزات قدرت و کنترلی، اندازه‌گیری و مانیتورینگ پیشنهادی در طرح (۱) و کلاس (۱) را نشان می‌دهد.



جدول (۲-۳۱): حداقل تجهیزات قدرت و کنترلی، اندازه‌گیری و مانیتورینگ پیشنهادی برای اتصال DG غیر اینورتری در کلاس (۱) طرح (۱)

تجهیزات قدرت و کنترلی	تجهیزات مانیتورینگ	تجهیزات اندازه‌گیری
AVR کلید مولد	ضروری نیست	کنترل

➤ مولد القایی دوسوء تغذیه

بیشتر مسائل کنترلی گفته شده برای مولدهای بادی اینورتری از لحاظ کنترل و مانیتورینگ نیز برای این گونه مولدها نیز صادق می‌باشد و نیاز است که بعضی از پارامترهای محیطی نیز مانیتور شود.

۲-۳-۲- منابع تولید پراکنده کلاس ۱ و طرح اتصال ۲

مطابق تقسیم بندی انجام شده تنها اتصال DG های کلاس (۱) یعنی ژنراتورهای سه فاز با ظرفیت زیر ۲۰ کیلووات و ژنراتورهای تک فاز با ظرفیت ۵ کیلووات از طریق این طرح به شبکه‌ی توزیع مجاز می‌باشد.

۲-۳-۲-۱- تجهیزات حفاظتی

به منظور تعیین حداقل تجهیزات مورد نیاز جهت حفاظت سیستم اتصال DG به شبکه دو حالت در نظر گرفته می‌شود:

الف: تولید پراکنده بار محلی

- در این صورت، مولد پراکنده جهت تأمین تمام یا قسمتی از مصرف بار محلی که مالکیت و مسئولیت حقوقی آن بر عهده مالک DG است به صورت موازی با شبکه مورد استفاده قرار می‌گیرد. چنانچه در قراردادی که بین مالک DG و مالک شبکه منعقد می‌شود، مولد پراکنده اجازه تزریق توان به شبکه را نداشته باشد و صرفاً جهت تأمین بار محلی به صورت موازی با شبکه بکار گرفته شود و یا برای تزریق توان به شبکه یک سقف مشخص تعیین شده باشد که مولد پراکنده بیشتر از آن مقدار اجازه تزریق توان به شبکه را نداشته باشد، لازم است از یک رله توان معکوس و یا حداقل توان که با شماره ۳۲ در استانداردهای حفاظتی مشخص می‌شود، استفاده شود تا در صورتی که بار محلی به هر دلیلی از شبکه جدا گردید، سقف تزریق توان توسط مولد به شبکه کنترل شود و اجازه تزریق توان به مولد بیش از حد مجاز داده نشود.



- در صورتی که DG به صورت خود تامین و دارای بار محلی باشد، مولدهای پراکنده بعد از قطع شبکه بار محلی خود را تغذیه خواهند کرد ولی بایستی بار و ژنراتور از نقطه PCC توسط کلید قدرت شبکه جدا شوند، تا اگر احیاناً بر روی شبکه فشار ضعیف یا ترانسفورماتور پست توزیع تعمیراتی انجام می شود خطری متوجه پرسنل تعمیرات و نگهداری شبکه نباشد.
- در این صورت اگر کلید سمت فیدر فشار ضعیف قطع شود، چون در طرح ۲ هیچ مصرف کننده‌ی دیگری بر روی این فیدر فشار ضعیف قرار ندارد، چنانچه حداکثر بار محلی کمتر از یک سوم ظرفیت تولید DG باشد، به نحوی که DG قادر به تامین این بار نباشد، به دلیل افت ولتاژ و فرکانس در محل اتصال DG سیستم حفاظتی عمل خواهد کرد و DG را از شبکه جدا خواهد نمود. معمولاً در کلاس ۱ که مولدهای دارای ظرفیت کمتر از ۲۰ کیلووات هستند، چنین شرایطی رخ خواهد داد. اما در مورد ترانسفورماتورهای کم ظرفیت و شبکه‌های کم بار احتیاط لازم است.

در این طرح حداقل توابع حفاظتی مورد نیاز که حتماً باید در نظر گرفته شوند، عبارتند از:

- افت ولتاژ (۲۷)
 - افزایش ولتاژ آنی و تاخیری (۵۹)
 - اضافه جریان (۵۰/۵۱)
- در کنار توابع مذکور، استفاده از توابع حفاظتی زیر نیز به عنوان توابع اضافی پیشنهادی توصیه می‌شود:
- سنکرون چک (۲۵)
 - افزایش و کاهش فرکانس (۸۱)
 - توان معکوس (۳۲)
 - عدم تعادل جریان (۴۶)
 - اضافه ولتاژ توالی منفی (عدم توالی فاز) (۴۷)
- جدول (۲-۳۲) رله‌های الزامی مورد نیاز و پیشنهادی این طرح را نشان می‌دهد.



جدول (۲-۳۲): حفاظت‌های مورد نیاز در نقطه PCC برای DG غیر اینورتری کلاس ۱ و طرح اتصال ۲- با بار محلی

توابع حفاظتی الزامی مورد نیاز	توابع حفاظتی اضافی پیشنهادی
افت ولتاژ (۲۷)	سنکرون چک (۲۵)
افزایش ولتاژ آنی و تاخیری (۵۹)	افزایش و کاهش فرکانس (۸۱)
اضافه جریان آنی و تاخیری (۵۰ و ۵۱)	توان معکوس (۳۲)
	اضافه جریان توالی فاز منفی (۴۶) یا قطع فاز (۴۶BC)
	اضافه ولتاژ توالی منفی (عدم توالی فاز) (۴۷)

نکته ۱: برای فانکشن‌های فوق، اولویت با در نظر گرفتن رله حفاظتی فشار ضعیف است.
نکته ۲: در خصوص ملاحظات و تنظیمات توابع حفاظتی به بخش‌های ۲-۵ و ۲-۶ مراجعه شود.

- در صورتی که از سیستم تحریک مناسبی در مولد (ها) استفاده شده باشد، به نحوی که جریان عبوری از آنها در هنگام رخداد اتصال کوتاه در شبکه به اندازه کافی بزرگ و مستمر باشد، مناسب است که از رله‌های جریانی شامل رله‌ی اضافه جریان زمین و اضافه ولتاژ (EF و OC) نیز برای حفاظت ژنراتور و همچنین محل مشترک اتصال استفاده شود. در این شرایط بهتر است به جای رله بی مثال، از رله‌ی جریانی عدم تعادل جریان برای حفاظت ژنراتور در برابر جریان مولفه منفی بار نامتقارن استفاده شود.

ب: تولید پراکنده بدون بار محلی

در صورتی که مولد دارای بار محلی نباشد و تمام توان تولیدی توسط مولد پراکنده به شبکه تزریق شود، نیازی به استفاده از رله‌ی توان معکوس و یا حداقل توان در سیستم اتصال DG به شبکه نیست. بنابراین در این حالت نیز تمام حفاظت‌های فوق به جز رله‌ی توان معکوس در سیستم اتصال مورد استفاده قرار می‌گیرد. از آنجایی که در طرح ۲، مولدهای پراکنده از طریق فیدر اختصاصی به پست توزیع متصل می‌شوند، هنگامی که کلید ابتدای فیدر فشار ضعیف اختصاصی به هر دلیلی قطع می‌شود به دلیل اینکه هیچ مصرف‌کننده دیگری بر روی این فیدر قرار ندارد، در صورت نبود بار محلی و خود تأمین نبودن DG به علت افزایش فرکانس و ولتاژ در محل اتصال DG به شبکه در هنگام قطع کلید فیدر اختصاصی، رله‌های فرکانسی و ولتاژی دستور قطع DG را صادر می‌کنند.

- رله‌ی توان معکوس (۳۲)، برای ژنراتورهایی که تنها برای تغذیه بار محلی به صورت موازی با شبکه مورد استفاده قرار می‌گیرند و در آن‌ها تزریق توان به شبکه مجاز نمی‌باشد و یا برای ژنراتورهایی که میزان تزریق توان توسط آنها به شبکه دارای یک سقف مشخص می‌باشد کاربرد دارد.



- استفاده از رله اضافه ولتاژ زمین 59G ، هنگامی لازم است که احتمال وقوع فرورزناس وجود دارد. رله‌ی اضافه ولتاژ سریع 59I برای آشکارسازی شروع فرورزناس استفاده می‌شود و هنگامی لازم است که از انتقال تریپ استفاده نشود.

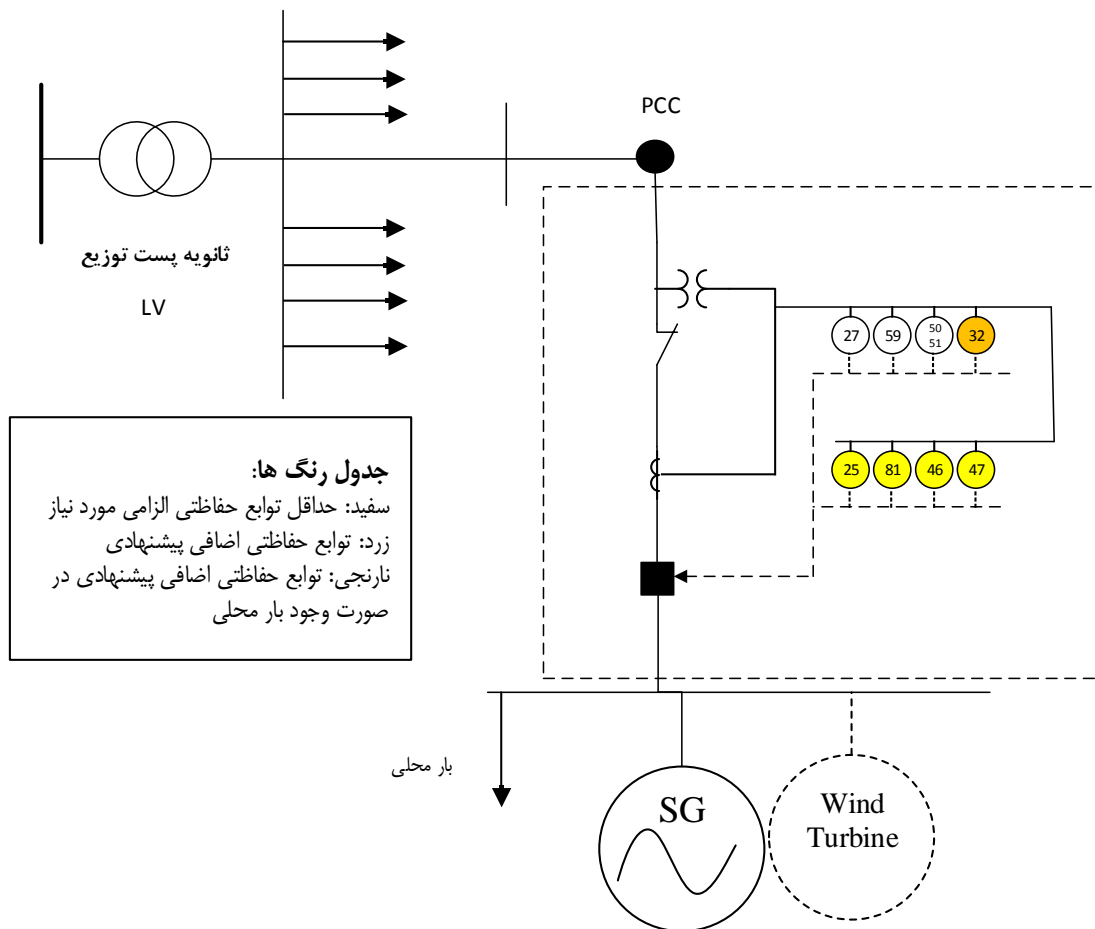
جدول (۳۳-۲) رله‌های الزامی مورد نیاز و پیشنهادی این طرح نشان می‌دهد.

جدول (۳۳-۲): حفاظت‌های مورد نیاز در نقطه PCC برای DG غیر اینورتری کلاس ۱ و طرح اتصال ۲- بدون بار محلی

توابع حفاظتی الزامی مورد نیاز	توابع حفاظتی اضافی پیشنهادی
افت ولتاژ (۲۷)	سنکرون چک (۲۵)
افزایش ولتاژ آنی و تاخیری (۵۹)	افزایش و کاهش فرکانس (۸۱)
اضافه جریان آنی و تاخیری (۵۰ و ۵۱)	اضافه جریان توالی فاز منفی (۴۶) یا قطع فاز (۴۶BC)
	اضافه ولتاژ توالی منفی (عدم توالی فاز) (۴۷)

نکته ۱: برای فانکشن‌های فوق، اولویت با در نظر گرفتن رله حفاظتی فشار ضعیف است.
نکته ۲: در خصوص ملاحظات و تنظیمات توابع حفاظتی به بخش‌های ۲-۵ و ۲-۶ مراجعه شود.

در شکل (۱۲-۲) تجهیزات حفاظتی مربوط به حفاظت مولد غیر اینورتری کلاس ۱ و طرح اتصال ۲ مشاهده می‌شود.



شکل (۲-۱۲): تجهیزات حفاظتی مولدهای غیر اینورتوری طرح ۲- کلاس ۱

۲-۲-۳-۲- تجهیزات قدرت و کنترلی

از آنجایی که منابع تولید پراکنده در هیچ یک از کلاس‌ها، در هنگام بهره‌برداری موازی با شبکه مجاز به تنظیم ولتاژ فعال در باس‌های شبکه نیستند، بنابراین، بهره‌برداری از این منابع در حالت موازی با شبکه در مد $\cos \varphi$ ثابت انجام می‌شود. یعنی ژنراتور توان اکتیو و راکتیو تولیدی خود را در ضریب توان ثابت به شبکه تحویل می‌دهد. این حالت تنظیم ولتاژ بر عهده بهره‌بردار شبکه است.

۲-۳-۲-۳- تجهیزات مانیتورینگ و اندازه‌گیری

از آنجایی که ظرفیت این مولدها کم و حداکثر ۲۰ (kW) است، استفاده از سیستم مانیتورینگ الزامی نیست. وجود تله‌متری و ارتباط با مرکز کنترل از طریق سیستم اسکادا به دلیل پائین بودن ظرفیت DG نیز ضرورت ندارد.



تعداد و مکان دستگاه‌های اندازه‌گیری بر اساس مفاد قرارداد بین مالک DG و بهره‌بردار شبکه توافق می‌شود. هنگامی که امکان فروش برق مازاد توسط DG به شبکه وجود دارد، لازم است مالک شبکه کنترلهایی را جهت ثبت انرژی ورودی (kWh(in)) و انرژی خروجی (kWh(out)) نصب کند. به طور کلی دو حالت زیر را برای نصب لوازم اندازه‌گیری می‌توان مورد بررسی قرار داد:

الف: مولدهای خود تأمین و دارای بار محلی

در این حالت به دلیل وجود تعرفه‌های مختلف برای خرید و فروش برق و نیاز به اندازه‌گیری میزان توان تزریق شده توسط DG به شبکه، بهره‌بردار یا باید از دو کنتور یک جهته مجزا، یکی در بالادست کلید ژنراتور و دیگری در بالادست کلید قطع بار استفاده نماید تا بتواند توان تولیدی و مصرفی را به صورت جداگانه اندازه‌گیری کند و یا از یک کنتور دو جهته در نقطه اتصال استفاده نماید تا بتواند تزریقی توسط ژنراتور به شبکه را اندازه‌گیری نماید.

ب: مولدهای بدون بار محلی

در این حالت چون به صورت محلی انرژی مصرف نمی‌شود و تمام تولید به شبکه تزریق می‌شود، تنها استفاده از یک کنتور جهت قرائت میزان توان تزریقی توسط ژنراتور به شبکه کفایت می‌کند. جدول (۲-۳۴) حداقل تجهیزات قدرت و کنترلی، اندازه‌گیری و مانیتورینگ پیشنهادی در طرح (۲) و کلاس (۱) را نشان می‌دهد.

جدول (۲-۳۴): حداقل تجهیزات قدرت و کنترلی، اندازه‌گیری و مانیتورینگ پیشنهادی برای اتصال DG غیراینورتی در کلاس (۱) طرح (۲)

تجهیزات اندازه‌گیری	تجهیزات مانیتورینگ	تجهیزات قدرت و کنترلی
کنتور	ضروری نیست	AVR کلید مولد

۲-۳-۳-۲- منابع تولید پراکنده کلاس ۲ و طرح اتصال ۲

ژنراتورهایی با ظرفیت زیر ۲۰۰ کیلووات از طریق این طرح می‌توانند به شبکه متصل شوند. در این طرح DG مستقیماً و بدون نیاز به ترانسفورماتور اختصاصی از طریق یک فیذر اختصاصی ۴۰۰ ولت به ثانویه پست توزیع متصل می‌شود.

۲-۳-۳-۱- تجهیزات حفاظتی

تجهیزات حفاظتی به‌منظور تعیین حداقل تجهیزات مورد نیاز جهت حفاظت سیستم اتصال DG به شبکه دو سناریوی زیر را می‌توان مورد بررسی قرار داد:



الف: تولید پراکنده دارای بار محلی

- در این صورت، مولد پراکنده جهت تأمین تمام یا قسمتی از مصرف یک بار محلی که مالکیت و مسئولیت حقوقی آن بر عهده مالک DG است، به صورت موازی با شبکه مورد استفاده قرار می‌گیرد. چنانچه در قراردادی که بین مالک DG و مالک شبکه منعقد می‌شود، مولد پراکنده اجازه تزریق توان به شبکه را نداشته باشد و صرفاً جهت تأمین بار محلی به صورت موازی با شبکه بکار گرفته شود و یا برای تزریق توان به شبکه یک سقف مشخص تعیین شده باشد که مولد پراکنده بیشتر از آن مقدار اجازه تزریق توان به شبکه را نداشته باشد، باید از یک رله‌ی توان معکوس و یا حداقل توان که با شماره ۳۲ در استانداردهای حفاظتی مشخص می‌شود، استفاده گردد تا در صورتی که بار محلی به هر دلیلی از شبکه جدا شد، سقف تزریق توان توسط مولد به شبکه کنترل شود و اجازه تزریق توان به مولد بیش از حد مجاز داده نشود. در صورتی که DG به صورت خود تأمین و دارای بار محلی باشد، مولد پراکنده، بعد از قطع شبکه، بار محلی خود را تغذیه خواهد کرد ولی بایستی از شبکه جدا شود. تا اگر احیاناً بر روی ترانسفورماتور پست توزیع تعمیراتی انجام می‌شود خطری متوجه پرسنلی تعمیرات و نگهداری شبکه نباشد. در این صورت اگر کلید ابتدای فیدر فشار ضعیف قطع شود، چنانچه دیماندر بار محلی کمتر از یک سوم ظرفیت تولید DC باشد، به دلیل افزایش فرکانس و ولتاژ در محل اتصالی، DG از شبکه جدا خواهد شد و نیاز به استفاده از سیستم انتقال تریپ و یا رله های ROCOF و جابجایی فاز نیست و رله های ولتاژی و فرکانسی DG را از شبکه جدا خواهند کرد. اما چنانچه دیماندر یا حداکثر مصرف بار محلی قابل توجه بوده و نزدیک به میزان ظرفیت DG باشد در صورت قطع کلید ابتدای فیدر، ولتاژ یا فرکانس در محلی اتصال DG خیلی تغییر نخواهد کرد بنابراین، یا باید از رله‌های جابجایی فاز و ROCOF جهت آشکارسازی قطع شبکه استفاده نمود و یا از سیستم انتقالی تریپ استفاده شود. که در بیشتر موارد استفاده از رله های ROCOF و جابجایی فاز که دارای تنظیمات مناسبی باشند، می‌تواند این نیاز را مرتفع سازد.
- در صورتی که پست توزیع از سمت ۲۰ کیلوولت بی برق شود، چنانچه حداقل بار موجود بر روی تمام فیدرهای فشار ضعیف ترانسفورماتور پست توزیع بیشتر از سه برابر ظرفیت DG باشد، به نحوی که DG قادر به تأمین این بار نباشد، به دلیل افت ولتاژ و فرکانس در محل اتصال DG به شبکه، سیستم حفاظتی عمل خواهد کرد و DG را از شبکه جدا خواهد نمود. بنابراین توصیه می‌شود که در صورت استفاده از طرح ۲ برای اتصال مولدهای پراکنده کلاس ۲، شرط اساسی سه برابر بودن حداقل بار ترانسفورماتور توزیع نسبت به ظرفیت DG رعایت شود. به عبارتی برای اینکه به دلیل ایجاد خطا در شبکه فشار متوسط حالت جزیره ای در شبکه فشار ضعیف ایجاد نشود، بهتر است ظرفیت نامی DG کمتر از یک سوم حداقل بار ترانسفورماتور توزیع باشد تا در صورت بی برق شدن پست توزیع مشکلی



از لحاظ ایجاد جزیره ناخواسته ایجاد نشود و یا اینکه از سیستم انتقال تریپ و یا رله‌های ROCOF و جابجایی فاز استفاده شود.

- حفاظت ۳۲R (توان راکتیو جهت) به عنوان پشتیبان حفاظت قطع تحریک مولدهای غیراینورتری (تابع حفاظتی ۴۰) مورد استفاده قرار می‌گیرد تا در شرایط قطع تحریک، توان راکتیو کشیده شده توسط مولد از حد مجاز بیشتر نشود و مشکل ناپایداری ولتاژ برای شبکه به وجود نیاید.

جدول (۲-۳۵) رله های الزامی مورد نیاز و پیشنهادی این طرح را نشان می دهد.

جدول (۲-۳۵): حفاظت‌های مورد نیاز در نقطه PCC برای DG غیر اینورتری کلاس ۲ و طرح اتصال ۲- با بار محلی

حداقل تجهیزات الزامی مورد نیاز	تجهیزات اضافی پیشنهادی
رله افت ولتاژ (۲۷)	رله ROCOF (۸۱R)
رله اضافه ولتاژ آنی و تاخیری (۵۹)	جابجایی فاز (۷۸)
رله افزایش و کاهش فرکانس (۸۱)	رله توان راکتیو جهتی (۳۲R)
رله توان معکوس (۳۲)	
رله سنکرون چک (۲۵)	
رله اضافه جریان آنی و معکوس زمانی (۵۰ / ۵۱)	
رله اضافه جریان آنی و تاخیری زمین (۵۰/۵۱N)	
اضافه جریان توالی فاز منفی (۴۶) یا قطع فاز (۴۶BC)	
توالی فاز ولتاژ (۴۷)	

نکته: در خصوص ملاحظات و تنظیمات توابع حفاظتی به بخش‌های ۲-۵ و ۲-۶ مراجعه شود.

- در صورتی که از سیستم تحریک مناسبی در مولد (ها) استفاده شده باشد، به نحوی که جریان عبوری از آنها در هنگام رخداد اتصال کوتاه در شبکه به اندازه کافی بزرگ و مستمر باشد، مناسب است که از رله‌های جریانی شامل رله‌ی اضافه جریان زمین و اضافه ولتاژ (EF و OC) نیز برای حفاظت ژنراتور و همچنین محل مشترک اتصال استفاده شود. در این شرایط بهتر است به جای رله‌ی بی‌متال، از رله‌ی جریانی عدم تعادل جریان (۴۶) برای حفاظت ژنراتور در برابر جریان مولفه منفی بار نامتقارن استفاده شود.
- انتخاب سطح حفاظت مورد نیاز و اتصال ترانسفورماتور واسطه (در صورت نیاز) با نظر مسئول شبکه می‌باشد ولی تنظیم مناسب رله‌ها و در صورت نیاز اصلاح آنها می‌تواند از سوی مسئول شبکه توزیع بر عهده مالک مولد و مشاور وی قرار داده شود.

ب : تولید پراکنده بدون بار محلی

- در صورتی که مولد پراکنده دارای بار محلی نباشد و تمام توان تولیدی توسط مولد پراکنده به شبکه تزریق شود، نیازی به استفاده از رله‌ی توان معکوس و یا حداقل توان در سیستم اتصال DG به شبکه نیست. بنابراین در این حالت نیز تمام حفاظت‌های بالا به جز رله توان معکوس (۳۲) در سیستم اتصال مورد استفاده قرار می‌گیرد. از آنجایی که در طرح ۲، مولدهای پراکنده از طریق فیدر اختصاصی به پست توزیع متصل می‌شوند هنگامی که کلید ابتدای این فیدر به هر دلیلی قطع می‌شود به دلیل اینکه هیچ مصرف کننده دیگری بر روی این فیدر قرار ندارد، در صورت نبود بار محلی و خود تأمین نبودن DG، به علت افزایش فرکانس و ولتاژ در محلی اتصال DG به شبکه در هنگام قطع کلید فیدر اختصاصی، رله‌های فرکانسی و ولتاژی دستور قطع DG را صادر می‌کنند و استفاده از سیستم انتقال تریپ و رله‌های جابجایی فاز و ROCOF الزامی نیست.

جدول (۲-۳۶) رله‌های الزامی مورد نیاز و پیشنهادی این طرح را نشان می‌دهد.

جدول (۲-۳۶): حفاظت‌های مورد نیاز در نقطه PCC برای DG غیر اینورتری کلاس ۲ و طرح اتصال ۲- بدون بار محلی

حداقل تجهیزات الزامی مورد نیاز	تجهیزات اضافی پیشنهادی
رله افت ولتاژ (۲۷)	رله ROCOF (R۸۱)
رله اضافه ولتاژ آنی و تاخیری (۵۹)	جابجایی فاز (۷۸)
رله افزایش و کاهش فرکانس (۸۱)	رله توان راکتیو جهتی (R۳۲)
رله سنکرون چک (۲۵)	
رله اضافه جریان آنی و معکوس زمانی (۵۰ / ۵۱)	
رله اضافه جریان آنی و تاخیری زمین (N۵۰ / ۵۱N)	
اضافه جریان توالی فاز منفی (۴۶) یا قطع فاز (BC۴۶)	
توالی فاز ولتاژ (۴۷)	

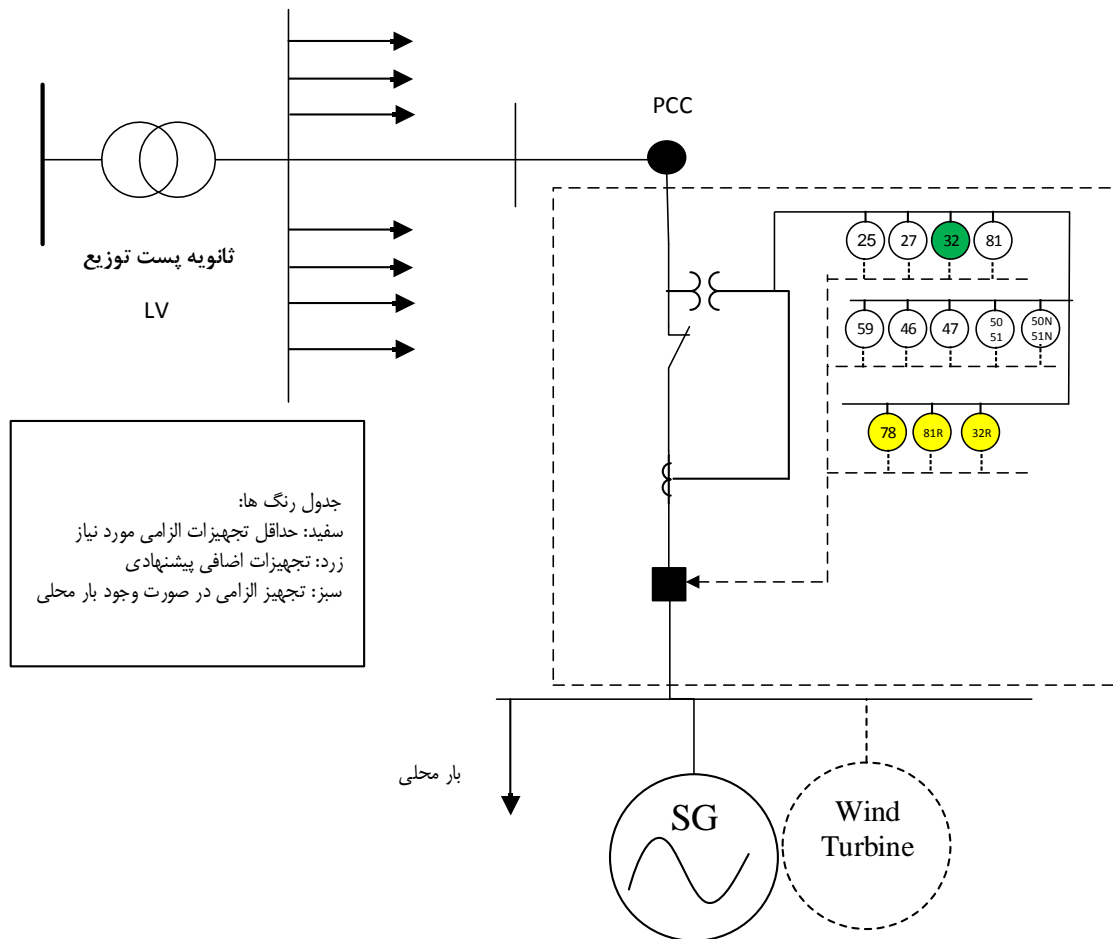
نکته: در خصوص ملاحظات و تنظیمات توابع حفاظتی به بخش‌های ۲-۵ و ۲-۶ مراجعه شود.

در شکل (۲-۱۳) تجهیزات حفاظتی مربوط به حفاظت مولد غیر اینورتری کلاس ۲ و طرح اتصال ۲ مشاهده می‌شود.

۲-۳-۳-۲- تجهیزات قدرت و کنترلی

از آنجایی که منابع تولید پراکنده در هیچ یک از کلاس‌ها، در هنگام بهره‌برداری موازی با شبکه مجاز به تنظیم ولتاژ فعال در باس‌های شبکه نیستند، بنابراین، بهره‌برداری از این منابع در حالت موازی با شبکه در مد $\cos \varphi$ ثابت

انجام می‌شود. یعنی ژنراتور توان اکتیو و راکتیو تولیدی خود را در ضریب توان ثابت به شبکه تحویل می‌دهد. در این حالت تنظیم ولتاژ بر عهده بهره‌بردار شبکه است.



شکل (۲-۱۳): تجهیزات حفاظتی مولدهای غیر اینورتری طرح ۲-کلاس ۲

۲-۳-۳-۳- تجهیزات مانیتورینگ و اندازه‌گیری

از آنجایی که ظرفیت این مولدها کم و حداکثر 200 (kW) است، استفاده از سیستم مانیتورینگ الزامی نیست. وجود تله‌متری و ارتباط با مرکز کنترل از طریق سیستم اسکادا به دلیل پائین بودن ظرفیت DG نیز ضرورت ندارد. تعداد و مکان دستگاه‌های اندازه‌گیری بر اساس مفاد قرارداد بین مالک DG و بهره‌بردار شبکه توافق می‌شود. هنگامی که امکان فروش برق مازاد توسط DG به شبکه وجود دارد، لازم است مالک شبکه کنترلهایی را جهت ثبت انرژی ورودی (kWh(in)) و انرژی خروجی (kWh(out)) نصب کند.



به طور کلی دو حالت زیر را برای نصب لوازم اندازه‌گیری می‌توان مورد بررسی قرار داد:

الف: مولدهای خود تأمین و دارای بار محلی

در این حالت به دلیل وجود تعرفه‌های مختلف برای خرید و فروش برق و نیاز به اندازه‌گیری میزان توان تزریق شده توسط DG به شبکه، بهره‌بردار یا باید از دو کنتور یک جهت مجزا، یکی در بالادست کلید ژنراتور و دیگری در بالادست کلید قطع بار استفاده نماید تا بتواند توان تولیدی و مصرفی را به صورت جداگانه اندازه‌گیری کند و یا از یک کنتور دو جهت در نقطه اتصال استفاده نماید تا بتواند تزریقی توسط ژنراتور به شبکه را اندازه‌گیری نماید.

ب: مولدهای بدون بار محلی

در این حالت چون به صورت محلی انرژی مصرف نمی‌شود و تمام تولید به شبکه تزریق می‌شود، تنها استفاده از یک کنتور جهت قرائت میزان توان تزریقی توسط ژنراتور به شبکه کفایت می‌کند.
در مورد منابع تولید پراکنده کلاس ۲ و طرح ۲، چون جریان تزریقی توسط مولد نسبتاً زیاد است جریان سه‌فاز با استفاده از سه دستگاه ترانسفورماتور جریان اندازه‌گیری می‌شود.
جدول (۲-۳۷) حداقل تجهیزات قدرت و کنترلی، اندازه‌گیری و مانیتورینگ پیشنهادی در طرح (۲) و کلاس (۲) را نشان می‌دهد.

جدول (۲-۳۷): حداقل تجهیزات قدرت و کنترلی، اندازه‌گیری و مانیتورینگ پیشنهادی برای اتصال DG غیراینورتوری در کلاس (۲) طرح (۲)

تجهیزات اندازه‌گیری	تجهیزات مانیتورینگ	تجهیزات قدرت و کنترلی
کنتور ترانسفورماتور جریان	ضروری نیست	AVR کلید مولد

۲-۳-۴- منابع تولید پراکنده کلاس ۲ و طرح اتصال ۳

منابع تولید پراکنده کلاس‌های ۲، ۳ و ۴، یعنی منابعی با ظرفیت بین ۲۰ کیلووات تا ۷ مگاوات از طریق طرح ۳ می‌توانند به شبکه توزیع متصل شوند.

۲-۳-۴-۱- تجهیزات حفاظتی

در بررسی تجهیزات حفاظتی، نکته مهمی که باید مد نظر قرار داد این است که در این راهنما هدف بررسی حداقل تجهیزات حفاظتی مورد نیاز در سیستم اتصال DG به شبکه است، به عبارت دیگر هدف حفاظت شبکه در برابر تأثیرات ناشی از DG است و طرح‌های حفاظتی که در این راهنما ارائه می‌شود تضمینی برای حفاظت موتور و ژنراتور تولید پراکنده نیست. مسئولیت حفاظت از مولد پراکنده بر عهده مالک DG است و مالک DG باید برای



حفاظت مولدهای خود در برابر اغتشاشات مختلف حفاظت های لازم را پیش‌بینی نماید. به‌منظور تعیین حداقل تجهیزات مورد نیاز جهت حفاظت سیستم اتصال DG به شبکه، دو حالت زیر را می‌توان مورد بررسی قرار داد:

الف: تولید پراکنده دارای بار محلی

در این صورت، مولد پراکنده جهت تأمین تمام یا قسمتی از مصرف یک بار محلی که مالکیت و مسئولیت حقوقی آن بر عهده مالک DG است، به صورت موازی با شبکه مورد استفاده قرار می‌گیرد. چنانچه در قراردادی که بین مالک DG و مالک شبکه منعقد می‌شود، مولد پراکنده اجازه تزریق توان به شبکه را نداشته باشد و صرفاً جهت تأمین بار محلی به صورت موازی با شبکه بکار گرفته شود و یا برای تزریق توان به شبکه یک سقف مشخص تعیین شده باشد که مولد پراکنده بیشتر از آن مقدار اجازه تزریق توان به شبکه را نداشته باشد، باید از یک رله توان معکوس و یا حداقل توان که با شماره ۳۲ در استانداردهای حفاظتی مشخص می‌شود، استفاده گردد تا در صورتی که بار محلی به هر دلیلی از شبکه جدا گردید، سقف تزریق توان توسط مولد به شبکه کنترل شود و اجازه تزریق توان به مولد بیش از حد مجاز داده نشود. از آنجایی که در کلاس ۲، حداکثر ظرفیت مولدهای پراکنده ۲۰۰ کیلووات است، در صورتی که ظرفیت مولد کمتر از یک سوم حداقل بار سالیانه فیدر باشد، هنگامی که فیدر ۲۰ کیلوولت به هر دلیلی از سر خط قطع می‌شود، به دلیل افت ولتاژ و فرکانسی که در نقطه اتصال ایجاد می‌شود، رله‌های ولتاژی و فرکانسی عمل خواهند کرد و DG از مدار جدا خواهد شد. اما اگر ظرفیت مولد نسبت به حداقل بار سالیانه فیدر قابل مقایسه باشد باید یا از رله‌های جابجایی فاز و ROCOF (با تنظیمات صحیح جهت جلوگیری از ایجاد جزیره ناخواسته) و یا از سیستم انتقال تریپ استفاده نمود. که البته در اکثر موارد به دلیل کم بودن ظرفیت DG نسبت به حداقل بار فیدر ۲۰ کیلوولت در کلاس ۲، نیازی به استفاده از انتقال تریپ و یا رله‌های جابجایی فاز و ROCOF نیست.

اگر مقدار دیماند یا حداکثر مصرف بار محلی قابل توجه بوده و در حد میزان تولید DG باشد، به دلیل اینکه تغییرات بلند مدت زیادی در ولتاژ و فرکانس محل اتصال DG به شبکه رخ نمی‌دهد، باید از رله‌های جابجایی فاز و ROCOF جهت جداسازی DG از شبکه پس از قطعی کلید استفاده نمود.

اما چنانچه میزان حداکثر مصرف محلی کمتر از یک سوم تولید DG باشد، به دلیل افزایش فرکانس و ولتاژ در محل اتصال، رله‌های ولتاژی و فرکانسی DG را از شبکه جدا خواهند کرد و نیاز به رله‌های ROCOF و جابجایی فاز نیست.

جدول (۲-۳۸) رله‌های الزامی مورد نیاز و پیشنهادی این طرح را نشان می‌دهد.



جدول (۲-۳۸): حفاظت‌های مورد نیاز در نقطه PCC برای DG غیر اینورتری کلاس ۲ و طرح اتصال ۳- با بار محلی

حداقل تجهیزات الزامی مورد نیاز	تجهیزات اضافی پیشنهادی
رله افت ولتاژ (۲۷)	رله ROCOF (۸۱R)
رله اضافه ولتاژ آنی و تاخیری (۵۹)	رله جابجایی فاز (۷۸)
رله افزایش و کاهش فرکانس (۸۱)	رله توان راکتیو جهتی (۳۲R)
رله توان معکوس (۳۲)	
رله سنکرون چک (۲۵)	
رله اضافه جریان آنی و معکوس زمانی (۵۰ / ۵۱)	
رله اضافه جریان آنی و تاخیری زمین (۵۰/۵۱N)	
اضافه جریان توالی فاز منفی (۴۶) یا قطع فاز (۴۶BC)	
توالی فاز ولتاژ (۴۷)	
رله اضافه ولتاژ زمین (۵۹G)*	

*در صورتی که از ترانسفورماتور Dyn استفاده شود (آرایش مثلث در سمت فشار متوسط و آرایش ستاره در سمت فشار ضعیف)
نکته: در خصوص ملاحظات و تنظیمات توابع حفاظتی به بخش‌های ۲-۵ و ۲-۶ مراجعه شود.

- در صورتی که از سیستم تحریک مناسبی در مولد (ها) استفاده شده باشد، به نحوی که جریان عبوری از آنها در هنگام رخداد اتصال کوتاه در شبکه به اندازه کافی بزرگ و مستمر باشد، مناسب است که از رله های جریانی شامل رله ی اضافه جریان زمین و اضافه ولتاژ (EF و OC) نیز برای حفاظت ژنراتور و همچنین محل مشترک اتصال استفاده شود.
- انتخاب سطح حفاظت مورد نیاز و اتصال ترانسفورماتور واسطه (در صورت نیاز) با نظر مسئول شبکه می باشد ولی تنظیم مناسب رله ها و در صورت نیاز اصلاح آنها می تواند از سوی مسئول شبکه توزیع بر عهده مالک مولد و مشاور وی قرار داده شود.

ب: مولدهای بدون بار محلی

در صورتی که مولد دارای بار محلی نباشد و تمام توان تولیدی توسط مولد پراکنده به شبکه تزریق شود، نیازی به استغاده از رله توان معکوس و یا حداقل توان در سیستم اتصال DG به شبکه نیست. بنابراین در این حالت نیز تمام حفاظت های بالا به جز رله توان معکوس (۳۲) در سیستم اتصال مورد استفاده قرار می گیرد.
جدول (۲-۳۹) رله های الزامی مورد نیاز و پیشنهادی این طرح را نشان می دهد.

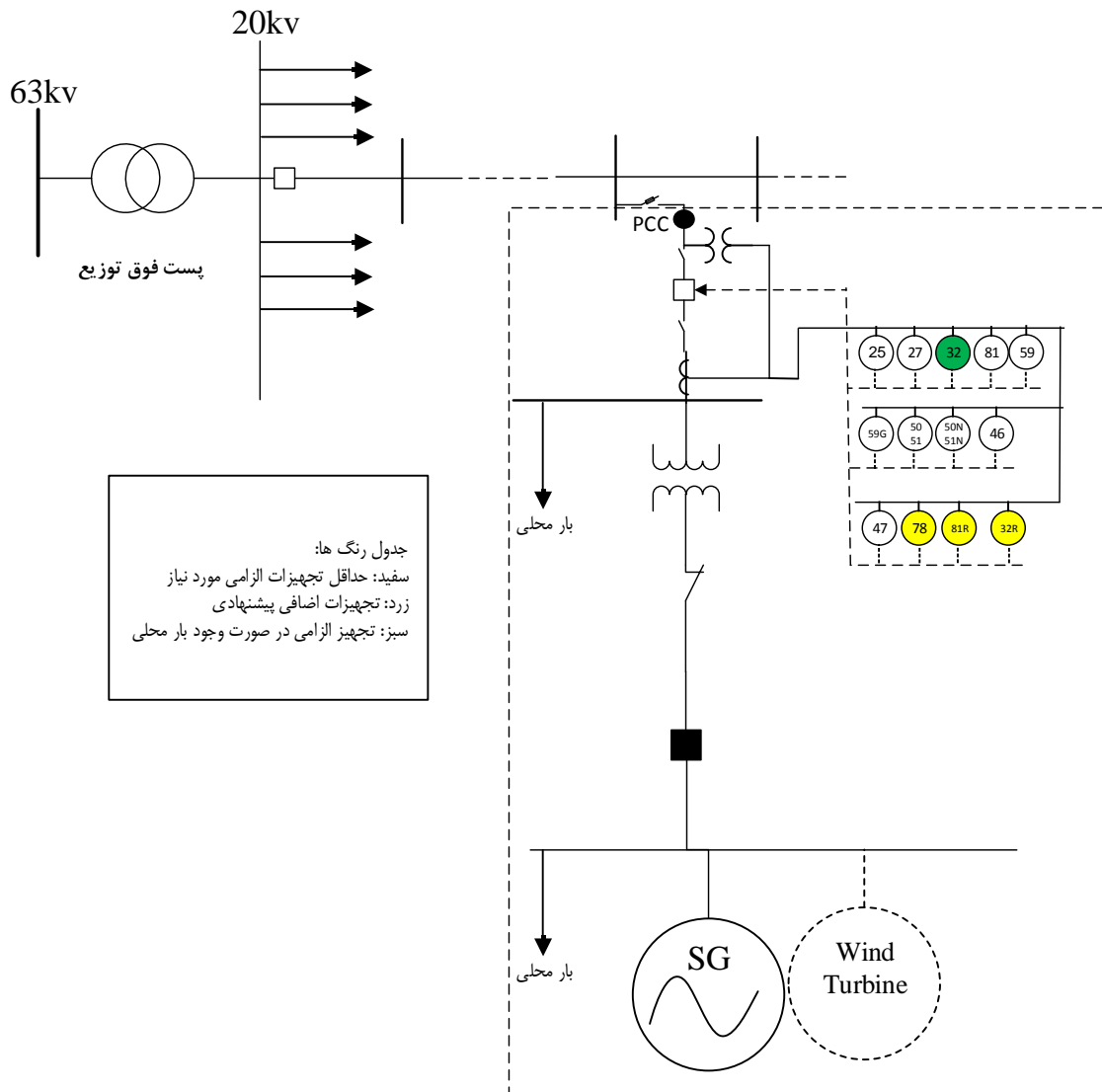


جدول (۲-۳۹): حفاظت‌های مورد نیاز در نقطه PCC برای DG غیر اینورتری کلاس ۲ و طرح اتصال ۳- بدون بار محلی

تجهیزات اضافی پیشنهادی	حداقل تجهیزات الزامی مورد نیاز
رله ROCOF (۸R)	رله افت ولتاژ (۲۷)
رله جابجایی فاز (۷۸)	رله اضافه ولتاژ آنی و تاخیری (۵۹)
رله توان راکتیو جهتی (۳۲R)	رله افزایش و کاهش فرکانس (۸۱)
	رله سنکرون چک (۲۵)
	رله اضافه جریان آنی و معکوس زمانی (۵۰ / ۵۱)
	رله اضافه جریان آنی و تاخیری زمین (۵۰/۵۱N)
	اضافه جریان توالی فاز منفی (۴۶) یا قطع فاز (۴۶BC)
	توالی فاز ولتاژ (۴۷)
	رله اضافه ولتاژ زمین (۵۹G)*

*در صورتی که از ترانسفورماتور Dyn استفاده شود (آرایش مثلث در سمت فشار متوسط و آرایش ستاره در سمت فشار ضعیف)
نکته: در خصوص ملاحظات و تنظیمات توابع حفاظتی به بخش‌های ۲-۵ و ۲-۶ مراجعه شود.

در شکل (۲-۱۴) تجهیزات حفاظتی مربوط به حفاظت مولد غیر اینورتری کلاس ۲ و طرح اتصال ۳ مشاهده می‌شود.



شکل (۲-۱۴): تجهیزات حفاظتی مولدهای غیر اینورتری طرح ۳-کلاس ۲

۲-۳-۴-۲- تجهیزات قدرت و کنترلی

وجود تجهیزات قدرت مورد نیاز شامل کلید مولد، کلیدهای قدرت و سکسیونر از ملزومات اصلی سیستم متصل - کننده DG به شبکه به شمار می‌رود و حتماً بایستی با دقت انتخاب و در جای مناسب نصب شوند. از آنجایی که منابع تولید پراکنده در هیچ یک از کلاس‌ها، در هنگام بهره‌برداری موازی با شبکه مجاز به تنظیم ولتاژ فعال در باس‌های شبکه نیستند، بنابراین، بهره‌برداری از این منابع در حالت موازی با شبکه در مد $\cos \varphi$ ثابت انجام می‌شود. یعنی ژنراتور توان اکتیو و راکتیو تولیدی خود را در ضریب توان ثابت به شبکه تحویل می‌دهد. در این حالت تنظیم ولتاژ بر عهده بهره‌بردار شبکه است.



۲-۳-۴-۳- تجهیزات مانیتورینگ و اندازه‌گیری

از آنجایی که ظرفیت این مولدها کم و حداکثر (kW) ۲۰۰ است، استفاده از سیستم مانیتورینگ الزامی نیست. وجود تله‌متری و ارتباط با مرکز کنترل از طریق سیستم اسکادا به دلیل پائین بودن ظرفیت DG نیز ضرورت ندارد. تعداد و مکان دستگاه‌های اندازه‌گیری بر اساس مفاد قرارداد بین مالک DG و بهره‌بردار شبکه توافق می‌شود. هنگامی که امکان فروش برق مازاد توسط DG به شبکه وجود دارد، لازم است مالک شبکه کنترلهایی را جهت ثبت انرژی ورودی (kWh(in)) و انرژی خروجی (kWh(out)) نصب کند.

به طور کلی دو حالت زیر را برای نصب لوازم اندازه‌گیری می‌توان مورد بررسی قرار داد:

الف: مولدهای خود تأمین و دارای بار محلی

در این حالت به دلیل وجود تعرفه‌های مختلف برای خرید و فروش برق و نیاز به اندازه‌گیری میزان توان تزریق شده توسط DG به شبکه، بهره‌بردار یا باید از دو کنتور یک جهت مجزا، یکی در بالادست کلید ژنراتور و دیگری در بالادست کلید قطع بار استفاده نماید تا بتواند توان تولیدی و مصرفی را به صورت جداگانه اندازه‌گیری کند و یا از یک کنتور دو جهت در نقطه اتصال استفاده نماید تا بتواند تزریقی توسط ژنراتور به شبکه را اندازه‌گیری نماید.

ب: مولدهای بدون بار محلی

در این حالت چون به صورت محلی انرژی مصرف نمی‌شود و تمام تولید به شبکه تزریق می‌شود، تنها استفاده از یک کنتور جهت قرائت میزان توان تزریقی توسط ژنراتور به شبکه کفایت می‌کند.

از آنجایی که در طرح ۳ از یک ترانسفورماتور اختصاصی جهت اتصال منابع تولید پراکنده به شبکه استفاده می‌شود و نقطه اندازه‌گیری در قسمت بالادست ترانسفورماتور می‌باشد، بنابراین، ولتاژ در نقطه اندازه‌گیری در این حالت (kV) ۲۰ می‌باشد.

جدول (۲-۴) حداقل تجهیزات قدرت و کنترلی، اندازه‌گیری و مانیتورینگ پیشنهادی در طرح (۳) و کلاس (۲) را نشان می‌دهد.

جدول (۲-۴): حداقل تجهیزات قدرت و کنترلی، اندازه‌گیری و مانیتورینگ پیشنهادی برای اتصال DG

غیراینورتی در کلاس (۲) طرح (۳)

تجهیزات اندازه‌گیری	تجهیزات مانیتورینگ	تجهیزات قدرت و کنترلی
کنتور	ضروری نیست	AVR
ترانسفورماتور جریان		کلید مولد
ترانسفورماتور ولتاژ		کلید قدرت
		سکسیونر



۲-۳-۵- منابع تولید پراکنده کلاس ۳ و طرح اتصال ۳

در این بخش ژنراتورهای کلاس ۳، یعنی با ظرفیت ۲۰۰ کیلووات تا ۱ مگاوات مورد بررسی و تحلیل قرار می‌گیرد. منابع تولید پراکنده در این طرح از طریق یک ترانسفورماتور اختصاصی به وسط فیدر ۲۰ کیلوولت پست فوق توزیع متصل می‌شود.

۲-۳-۵-۱- تجهیزات حفاظتی

نکته مهمی که باید مد نظر قرار داد این است که در این راهنما، هدف بررسی حداقل تجهیزات حفاظتی مورد نیاز در سیستم اتصال DG به شبکه است، به عبارت دیگر هدف حفاظت شبکه در برابر تأثیرات ناشی از DG است و طرح‌های حفاظتی که در این راهنما ارائه می‌شود تضمینی برای حفاظت موتور و ژنراتور تولید پراکنده نیست. مسئولیت حفاظت از DG بر عهده مالک DG است و مالک DG باید برای حفاظت مولدهای خود در برابر اغتشاشات مختلف حفاظت‌های لازم را پیش‌بینی نماید. به‌منظور تعیین حداقل تجهیزات مورد نیاز جهت حفاظت سیستم اتصال DG به شبکه دو سناریوی زیر را می‌توان مورد بررسی قرار داد:

الف: تولید پراکنده دارای بار محلی

۲- در این صورت، مولد پراکنده جهت تأمین تمام یا قسمتی از مصرف بار محلی که مالکیت و مسئولیت حقوقی آن بر عهده مالک DG است، به صورت موازی با شبکه مورد استفاده قرار می‌گیرد. چنانچه در قراردادی که بین مالک DG و بهره‌بردار شبکه منعقد می‌شود، مولد پراکنده اجازه تزریق توان به شبکه را نداشته باشد و صرفاً جهت تأمین بار محلی به صورت موازی با شبکه بکار گرفته شود و یا برای تزریق توان به شبکه یک سقف مشخص تعیین شده باشد که مولد پراکنده بیشتر از آن مقدار اجازه تزریق توان به شبکه را نداشته باشد، باید از یک رله توان معکوس و یا حداقل توان که با شماره ۳۲ در استانداردهای حفاظتی مشخص می‌شود، استفاده گردد تا در صورتی که بار محلی به هر دلیلی از شبکه جدا گردید، سقف تزریق توان توسط مولد به شبکه کنترل شود و اجازه تزریق توان به مولد بیش از حد مجاز داده نشود. از آنجایی که در کلاس ۳، حداکثر ظرفیت مولدهای پراکنده، ۱ مگاوات است، در صورتی که ظرفیت مولد کمتر از یک سوم حداقل بار سالیانه فیدر باشد، هنگامی که فیدر ۲۰ کیلوولت به هر دلیلی از سر خط قطع می‌شود، به دلیل افت ولتاژ و فرکانسی که در نقطه اتصال ایجاد می‌شود، رله‌های ولتاژی و فرکانسی عمل خواهند کرد و DG از مدار جدا خواهد شد. اما اگر ظرفیت مولد نسبت به حداقل بار سالیانه فیدر قابل ملاحظه باشد باید یا از رله‌های جابه‌جایی فاز و ROCOF جهت جلوگیری از ایجاد جزیره ناخواسته استفاده نمود و یا از سیستم انتقال تریپ استفاده نمود. استفاده از سیستم انتقال تریپ در مقایسه با استفاده از رله‌های ROCOF و

جابه‌جایی فاز قابلیت اطمینان بالاتری دارد، اما هزینه بالاتری را نیز به همراه دارد. اگر مقدار دیمانند یا حداکثر مصرف بار محلی قابل توجه بوده و در حد میزان تولید DG باشد، یا باید از رله‌های جابه‌جایی فاز و ROCOF و یا از سیستم انتقال تریپ جهت جداسازی DG از شبکه استفاده نمود. اما چنانچه میزان حداکثر مصرف محلی کمتر از یک سوم تولید DG باشد، به دلیل افزایش فرکانس و ولتاژ در محل اتصال، رله‌های ولتاژی و فرکانسی DG را از شبکه جدا خواهند کرد و نیاز به انتقال تریپ و یا رله‌های ROCOF و جابجایی فاز نیست.

جدول (۲-۴۱) رله‌های الزامی مورد نیاز و پیشنهادی این طرح را نشان می‌دهد.

جدول (۲-۴۱): حفاظت‌های مورد نیاز در نقطه PCC برای DG غیر اینورتری کلاس ۳ و طرح اتصال ۳ - با بار محلی

تجهیزات اضافی پیشنهادی	حداقل تجهیزات الزامی مورد نیاز
رله ROCOF (۸۱R)	رله افت ولتاژ (۲۷)
رله جابجایی فاز (۷۸)	رله اضافه ولتاژ آنی و تاخیری (۵۹)
رله توان راکتیو جهتی (۳۲R)	رله افزایش و کاهش فرکانس (۸۱)
	رله توان معکوس (۳۲)
	رله سنکرون چک (۲۵)
	رله اضافه جریان آنی و معکوس زمانی (۵۰ / ۵۱)
	رله اضافه جریان آنی و تاخیری زمین (۵۰/۵۱N)
	اضافه جریان توالی فاز منفی (۴۶) یا قطع فاز (۴۶BC)
	توالی فاز ولتاژ (۴۷)
	رله اضافه ولتاژ زمین (۵۹G)*
	رله اضافه جریان کنترل شده با ولتاژ (۵۱V)**

*در صورتی که از ترانسفورماتور Dyn استفاده شود (آرایش مثلث در سمت فشار متوسط و آرایش ستاره در سمت فشار ضعیف)

**در این کلاس و طرح، حفاظت ۵۱V تنها برای مولدهای بادی الزامی است و برای مولدهای سنکرون مورد نیاز نمی‌باشد.

نکته: در خصوص ملاحظات و تنظیمات توابع حفاظتی به بخش‌های ۲-۵ و ۲-۶ مراجعه شود.

در صورتی که ظرفیت ژنراتورهای سنکرون کمتر از ۱ مگاوات باشد، رعایت موارد زیر لازم است (در چنین

شرایطی، تامین جریان خطای بالا توسط مولد در مدت حدود ۱۰ ثانیه، بسیار متداول است):

- تامین رله‌های حفاظتی ولتاژی و فرکانسی برای تشخیص جزیره شدن ناخواسته و اطمینان از تامین برق با کیفیت نسبتاً مطلوب برای مصرف کنندگان
- تشخیص خطا در شبکه‌ی بالادست توسط رله‌های جریان زیاد و خطای زمین و کاهش ولتاژ (UV)



- حفاظت مولد سنکرون یا القایی در برابر جریان مولفه منفی بار نامتقارن با رله‌ی عدم تعادل جریان (۴۶) به کارگیری این رله در صورت وجود نرخ خرابی زیاد در پاره شدن یک فاز یا عدم تعادل زیاد جریان در اثر سوختن فیوزها، الزامی است.
- حفاظت در برابر تغییر توالی فاز شبکه با رله‌ی توالی فاز (۴۷).
- در صورت اتصال مولد به شبکه‌ی فشار ضعیف، بکارگیری رله‌ی سنکرونازینگ اتوماتیک و همچنین رله‌های نرخ تغییرات فرکانس (ROCOF) و جابجایی فاز (Vector shift) یا هر دو برای تشخیص سریع جزیره‌ای شدن الزامی است. زیرا به دلیل توان بالای مولد، نوسانات آن بر شبکه نیز تاثیر زیادی دارد.
- در حالت اتصال به شبکه‌ی فشار ضعیف، مناسب است از رله‌ی سنکرونازینگ اتوماتیک استفاده شود. در صورت عدم وجود رله مذکور، استفاده از رله سنکرون چک لازم است.
- در ضمن اگر جدا شدن مولد از شبکه منجر به عدم تعادل شدید تولید و مصرف شود (مثلا در صورت اتصال مولد به شبکه‌ی فشار متوسط)، با رله‌های فرکانسی و ولتاژی قابل شناسایی بوده و به کارگیری رله‌های ROCOF یا Vector shift الزامی نیست.
- در صورت اتصال مولد به شبکه فشار ضعیف، تنظیم واحدهای حفاظتی به عهده مسئول شبکه توزیع است.
- در صورت اتصال مولد به شبکه فشار متوسط، تعیین نوع اتصال ترانس واسطه با مسئول شبکه توزیع بوده و سایر موارد شامل مشخصات فنی CT یا PT و تنظیم واحدهای حفاظتی با مالک مولد است که باید به تایید مسئول شبکه توزیع برسد. ضمناً مالک مولد می تواند نسبت به بازتنظیم رله ها پس از موافقت مسئول شبکه توزیع اقدام نماید.
- در صورت رعایت نیازمندی‌های حفاظتی محل مشترک اتصال و مولد، می توان از یک مجموعه رله حفاظتی برای هر دوی آنها (مولد و PCC) استفاده نمود. لازم به ذکر است که معمولاً از MCCB یا ACB برای قطع/وصل ژنراتور استفاده می شود. کلیدهای فشار ضعیف مذکور، مجهز به برخی واحدهای حفاظتی قابل تنظیم هستند که از آنها می توان برای تامین برخی از واحدهای حفاظتی مورد نیاز در محل PCC یا حفاظت پشتیبان برای مولد استفاده نمود.
- در صورتی که در یک نقطه، فقط یک مولد به شبکه متصل شده باشد و جریان بار محلی کم باشد (یعنی در صورت نزدیک بودن جریان عبوری از مولد و جریان عبوری از محل PCC) می توان از رله های جریانی موجود در کلید MCCB یا ACB مذکور برای حفاظت PCC استفاده نموده و در محل PCC فقط از رله های ولتاژی و فرکانسی استفاده شود.



- رله Phase Inverse Timed Over-current مکمل رله اضافه جریان 50 N می باشد. دلیل استفاده از آن هم، احتیاط خاص در انتخاب ویژگی های زمان معکوس است که شرایط مرزی را دنبال نماید.
- رله Voltage Controlled Over-current برای تمایز بین شرایط بار عادی و خطا در انتهای فیدر، زمانی که رله اضافه جریان ناکافی است به کار می رود.

ب: تولید پراکنده بدون بار محلی

در صورتی که مولد دارای بار محلی نباشد و تمام توان تولیدی توسط مولد پراکنده به شبکه تزریق شود، نیازی به استفاده از رله توان معکوس و یا حداقل توان در سیستم اتصال DG به شبکه نیست. بنابراین در این حالت نیز تمام حفاظت های بالا به جز رله توان معکوس (۳۲) در سیستم اتصال مورد استفاده قرار می گیرد. جدول (۲-۴۲) رله های الزامی مورد نیاز و پیشنهادی این طرح را نشان می دهد.

جدول (۲-۴۲): حفاظت های مورد نیاز در نقطه PCC برای DG غیر اینورتری کلاس ۳ و طرح اتصال ۳ - بدون بار محلی

حداقل تجهیزات الزامی مورد نیاز	تجهیزات اضافی پیشنهادی
رله افت ولتاژ (۲۷)	رله ROCOF (۸R)
رله اضافه ولتاژ آنی و تاخیری (۵۹)	رله جابجایی فاز (۷۸)
رله افزایش و کاهش فرکانس (۸۱)	رله توان راکتیو جهتی (۳۲R)
رله سنکرون چک (۲۵)	
رله اضافه جریان آنی و معکوس زمانی (۵۰ / ۵۱)	
رله اضافه جریان آنی و تاخیری زمین (۵۰/۵۱N)	
اضافه جریان توالی فاز منفی (۴۶) یا قطع فاز (۴۶BC)	
توالی فاز ولتاژ (۴۷)	
رله اضافه ولتاژ زمین (۵۹G)*	
رله اضافه جریان کنترل شده با ولتاژ (۵۱V)**	

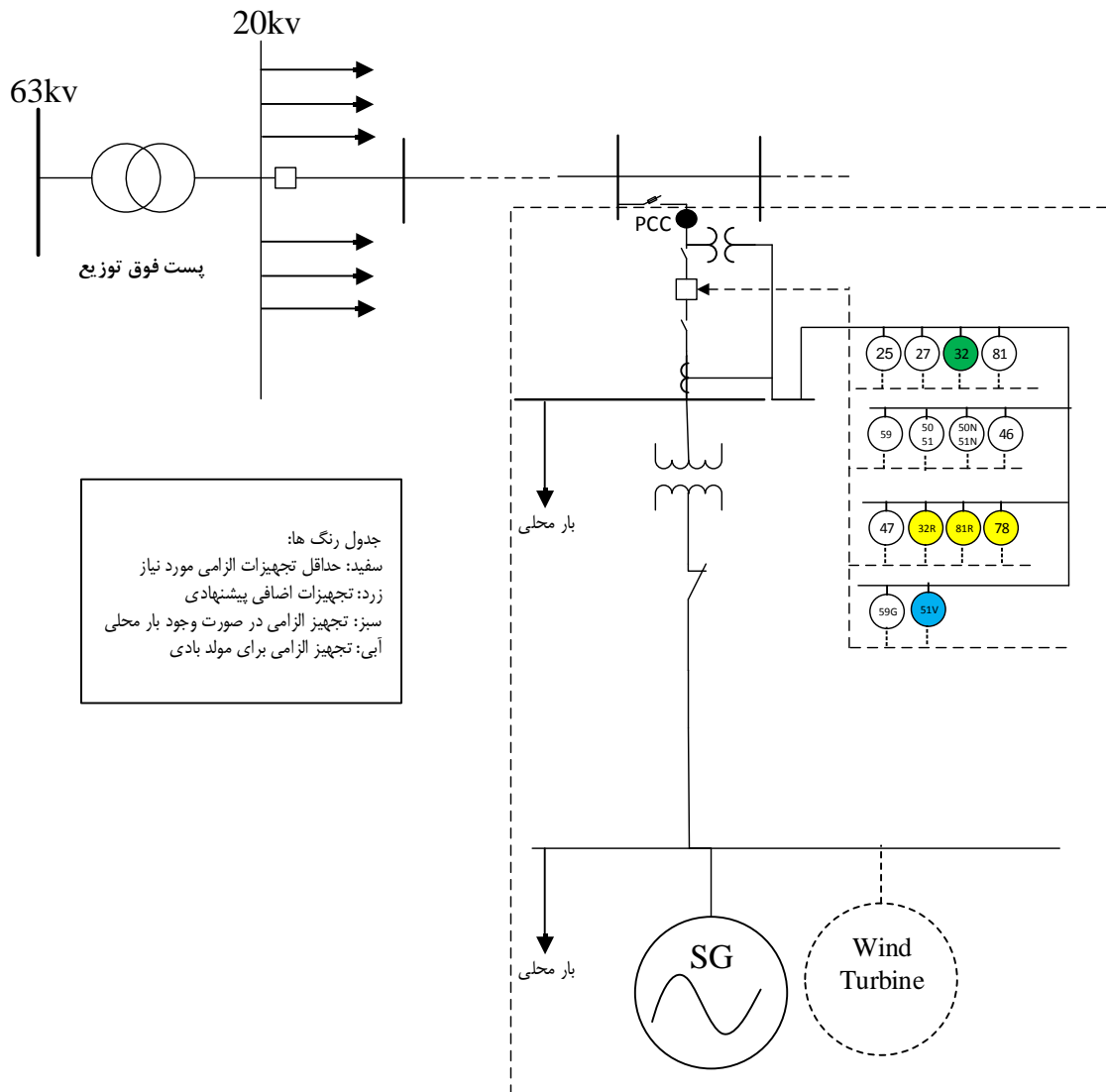
*در صورتی که از ترانسفورماتور Dyn استفاده شود (آرایش مثلث در سمت فشار متوسط و آرایش ستاره در سمت فشار ضعیف)
 **در این کلاس و طرح، حفاظت ۵۱V تنها برای مولدهای بادی الزامی است و برای مولدهای سنکرون مورد نیاز نمی باشد.
 نکته: در خصوص ملاحظات و تنظیمات توابع حفاظتی به بخش های ۲-۵ و ۲-۶ مراجعه شود.

➤ مولد القایی دوسوء تغذیه

در مورد ژنراتور القایی دو سوء تغذیه ممکن است به دلیل مشخصه منحنی شکل جریان خطای مولد از رله های اضافه جریان معمول نتوان استفاده کرد و باید از رله ی اضافه جریان محدود شده با ولتاژ 51V استفاده نمود.

در شکل (۲-۱۵) تجهیزات حفاظتی مربوط به حفاظت مولد غیر اینورتری کلاس ۳ و طرح اتصال ۳ مشاهده

می شود.



شکل (۲-۱۵): تجهیزات حفاظتی مولدهای غیر اینورتری طرح ۳-کلاس ۳

۲-۳-۵-۲- تجهیزات قدرت و کنترلی

وجود تجهیزات کلیدزنی مورد نیاز شامل کلید مولد، کلیدهای قدرت و سکسیونر از ملزومات اصلی سیستم متصل کننده DG به شبکه بشمار می‌رود و حتماً بایستی با دقت انتخاب و در جای مناسب نصب شوند. از آنجایی که منابع تولید پراکنده در هیچ یک از کلاس‌ها، در هنگام بهره‌برداری موازی با شبکه مجاز به تنظیم ولتاژ فعال در باس‌های شبکه نیستند، بنابراین، بهره‌برداری از این منابع در حالت موازی با شبکه در مد $\cos \varphi$ ثابت انجام می‌شود. یعنی ژنراتور توان اکتیو و راکتیو تولیدی خود را در ضریب توان ثابت به شبکه تحویل می‌دهد. در این حالت تنظیم ولتاژ بر عهده بهره‌بردار شبکه است.



۲-۳-۵-۳- تجهیزات مانیتورینگ و اندازه‌گیری

از آنجایی که ظرفیت مولدهای کلاس ۳ بیشتر از (kW) ۲۰۰ است، بنابراین مطابق بخش ۹-۲۵ دستورالعمل اتصال منابع تولید پراکنده به شبکه باید برخی از پارامترها در سیستم اتصال DG به شبکه پایش و کنترل شود. سیگنال‌های مورد نیاز نیز به تفصیل در دستورالعمل مذکور ارائه شده است.

ملزومات مورد نیاز برای مانیتورینگ شامل موارد زیر می‌باشد:

- ترانسیدوسرها و ترانسفورماتورهای ولتاژ و جریان
- پورت‌های ارتباطی برای بازیابی اطلاعات مورد نیاز
- تجهیزات اندازه‌گیری و ثبت و نگهداری داده‌ها و اطلاعات و تله‌متری
- RTU
- تجهیزات مخابراتی مناسب جهت انتقال داده‌ها به مرکز دیسپاچینگ

تعداد و مکان دستگاه‌های اندازه‌گیری بر اساس مفاد قرارداد بین مالک DG و بهره‌بردار شبکه توافق می‌شود. هنگامی که امکان فروش برق مازاد توسط DG به شبکه وجود دارد، لازم است مالک شبکه کنترلهایی را جهت ثبت انرژی ورودی (kWh(in)) و انرژی خروجی (kWh(out)) نصب کند.

به طور کلی دو حالت زیر را برای نصب لوازم اندازه‌گیری می‌توان مورد بررسی قرار داد:

الف: مولدهای خود تأمین و دارای بار محلی

➤ در صورتی که بار محلی از طریق همان ترانسفورماتوری که DG را به شبکه متصل کرده تغذیه شود، در این حالت به دلیل وجود تعرفه‌های مختلف برای خرید و فروش برق، بهره‌بردار یا باید از دو کنتور یک جهته مجزا، یکی در بالادست کلید ژنراتور و دیگری در بالادست کلید قطع بار استفاده نماید تا بتواند توان تولیدی و مصرفی را به صورت جداگانه اندازه‌گیری کند و یا از یک کنتور دو جهته در نقطه اتصال استفاده نماید که قابلیت اندازه‌گیری انرژی در هر دو جهت را داشته باشد، هم انرژی که DG به شبکه تزریق می‌کند و هم انرژی که از شبکه دریافت می‌کند.

➤ در صورتی که بار محلی از طریق یک ترانسفورماتور مجزا تغذیه شود، در این صورت، باید از دو کنتور یک طرفه مجزا، به ترتیب یکی برای اندازه‌گیری میزان مصرف و دیگری برای میزان توان تزریقی توسط DG به شبکه استفاده می‌شود.

ب: مولدهای بدون بار محلی

در این حالت چون به صورت محلی انرژی مصرف نمی‌شود و تمام تولید به شبکه تزریق می‌شود، تنها استفاده از یک کنتور جهت قرائت میزان توان تزریقی توسط ژنراتور به شبکه کفایت می‌کند.

جدول (۲-۴۳) حداقل تجهیزات قدرت و کنترلی، اندازه‌گیری و مانیتورینگ پیشنهادی در طرح (۳) و کلاس (۳) را نشان می‌دهد.

جدول (۲-۴۳): حداقل تجهیزات قدرت و کنترلی، اندازه‌گیری و مانیتورینگ پیشنهادی برای اتصال DG
غیراینورتی در کلاس (۳) طرح (۳)

تجهیزات قدرت و کنترلی	تجهیزات مانیتورینگ	تجهیزات اندازه‌گیری
AVR	ترانسدیوسرها و ترانسفورماتورهای ولتاژ و جریان	کنترل
کلید مولد	پورت‌های ارتباطی برای بازیابی اطلاعات مورد نیاز	ترانسفورماتور جریان
کلید قدرت	تجهیزات اندازه‌گیری و ثبت و نگهداری داده‌ها و اطلاعات و تله‌متری	ترانسفورماتور ولتاژ
سکسیونر	RTU	
	تجهیزات مخابراتی مناسب جهت انتقال داده‌ها به مرکز دیسپاچینگ	

۲-۳-۶- منابع تولید پراکنده کلاس ۴ و طرح اتصال ۳

منابع تولید پراکنده در این طرح از طریق یک ترانسفورماتور اختصاصی به وسط فیدر ۲۰ کیلوولت پست فوق توزیع متصل می‌شوند.

۲-۳-۶-۱- تجهیزات حفاظتی

نکته مهمی که باید مد نظر قرار داد این است که در این راهنما، هدف بررسی حداقل تجهیزات حفاظتی مورد نیاز در سیستم اتصال DG به شبکه است، به عبارت دیگر هدف حفاظت شبکه در برابر تأثیرات ناشی از DG است و طرح‌های حفاظتی که در این راهنما ارائه می‌شود تضمینی برای حفاظت موتور و ژنراتور تولید پراکنده نیست. مسئولیت حفاظت از DG بر عهده مالک DG است و مالک DG باید برای حفاظت مولدهای خود در برابر اغتشاشات مختلف حفاظت‌های لازم را پیش‌بینی نماید در صورتی که مولد پراکنده دارای بار محلی باشد، به عبارت دیگر، مولد پراکنده جهت تأمین تمام یا قسمتی از مصرف بار محلی که مالکیت و مسئولیت حقوقی آن بر عهده مالک DG است، به صورت موازی با شبکه مورد استفاده قرار گیرد، چنانچه در قراردادی که بین مالک DG و بهره بردار شبکه منعقد می‌شود، مولد پراکنده اجازه تزریق توان به شبکه را نداشته باشد و صرفاً جهت تأمین بار محلی به صورت موازی با شبکه بکار گرفته شود و یا برای تزریق توان به شبکه یک سقف مشخص تعیین شده باشد که مولد پراکنده بیشتر از آن مقدار اجازه تزریق توان به شبکه را نداشته باشد، باید از یک رله‌ی توان معکوس و یا حداقل توان که با شماره ۳۲ در استانداردهای حفاظتی مشخص می‌شود، استفاده گردد تا در صورتی که بار محلی به هر دلیلی از شبکه جدا گردید، سقف تزریق توان توسط مولد به شبکه کنترل شود و اجازه تزریق توان به مولد بیش از حد مجاز داده نشود.

- در این محدوده‌ی توان، معمولاً مولدها به یکی از فیدرهای خروجی فشار متوسط متصل می‌شوند. خروج نابجای مولد در اثر وقوع خطا در یکی از فیدرهای خروجی دیگر پست فوق توزیع، ممکن است منجر به اعمال خاموشی‌های بیشتر در شبکه شود. برای تمایز خطای بیرون از PCC و خطا در



محدوده بار محلی می توان از رله جریان زیاد جهتی بهره برد تا خطای قبل از PCC را در حداقل زمان و با ارسال فرمان تریپ به PCC و GCB رفع نموده و خطای بعد از PCC را با تاخیر بیشتری (با در نظر گرفتن محدودیت CCT) و با ارسال فرمان به PCC قطع کرد. برای این منظور به کارگیری رله های جریان زیاد جهتی (۶۷) و در صورت امکان ۶۷ N الزامی است. نکته قابل توجه این است که در صورت عدم وجود بار محلی، احتمال رخداد خطا قبل از PCC بسیار کم می شود. در ضمن در این حالت رله ولتاژی نیز به خوبی می تواند رخداد این نوع خطا را تشخیص دهد. بنابراین اگر بار محلی وجود ندارد و به ویژه در حالتی که برای اتصال مولد به شبکه بالادست از فیدر کابلی استفاده شده است (که نرخ خطای ناچیزی دارد) می توان رله ی ۶۷ و ۶۷ N را مورد استفاده قرار نداد.

- استفاده از رله ی CBF (که با BF ۵۰ نشان داده می شود) در کلیدهای فشار متوسط و فشار قوی متداول است که به عنوان حفاظت پشتیبان مناسب در شرایطی عمل می نماید که رله های اصلی، وجود خطا را به درستی تشخیص داده اند ولی به دلیل وجود مشکل مکانیکی یا مداری در کلید، اتصال کوتاه رفع نمی شود.
- استفاده از رله ی CBF در محل PCC در صورتی الزامی است که شرایط زیر برقرار باشد:

الف) کلید PCC در سمت فشار متوسط باشد.

ب) ایجاد جزیره ی ناخواسته (یعنی پس از تریپ ناگهانی کلید PCC، مولد(ها) بتوانند بار محلی خود را تغذیه نموده و یک ریزش شبکه جزیره ای تشکیل دهند) در شبکه مجاز باشد.

ج) حداقل برخی از واحدهای حفاظتی PCC، فرمان تریپ را فقط به کلید PCC ارسال نمایند (یعنی کلیدهای GCB را قطع نکنند).

- چنانچه مجموع توان نامی مولدهای متصل به شبکه در محدوده ۱ تا ۷ مگاوات باشد، در این صورت مشکلات مولد، ممکن است به شبکه توزیع نیز آسیب وارد نماید. بنابراین:

الف) مسئولیت انتخاب توابع حفاظتی مورد نیاز و همچنین تنظیم آنها در محل مشترک اتصال بر عهده مسئول شبکه می باشد.

ب) اگر چند مولد برای تولید توان استفاده شده باشد، مناسب است که علاوه بر رله ی محل مشترک اتصال، رله ی مجزایی برای حفاظت هر مولد استفاده شود. این نیازمندی در مورد مولدهای با ظرفیت حدود ۱ مگاوات و بالاتر، الزامی است. در ضمن انتخاب سطح حفاظتی و همچنین تنظیم رله های حفاظت ژنراتور بر عهده مالک مولد است.

جدول (۲-۴۴) رله های الزامی مورد نیاز و پیشنهادی و اختیاری این طرح را نشان می دهد.



جدول (۲-۴۴): حفاظت‌های مورد نیاز در نقطه PCC برای DG غیر اینورتری کلاس ۴ و طرح اتصال ۳

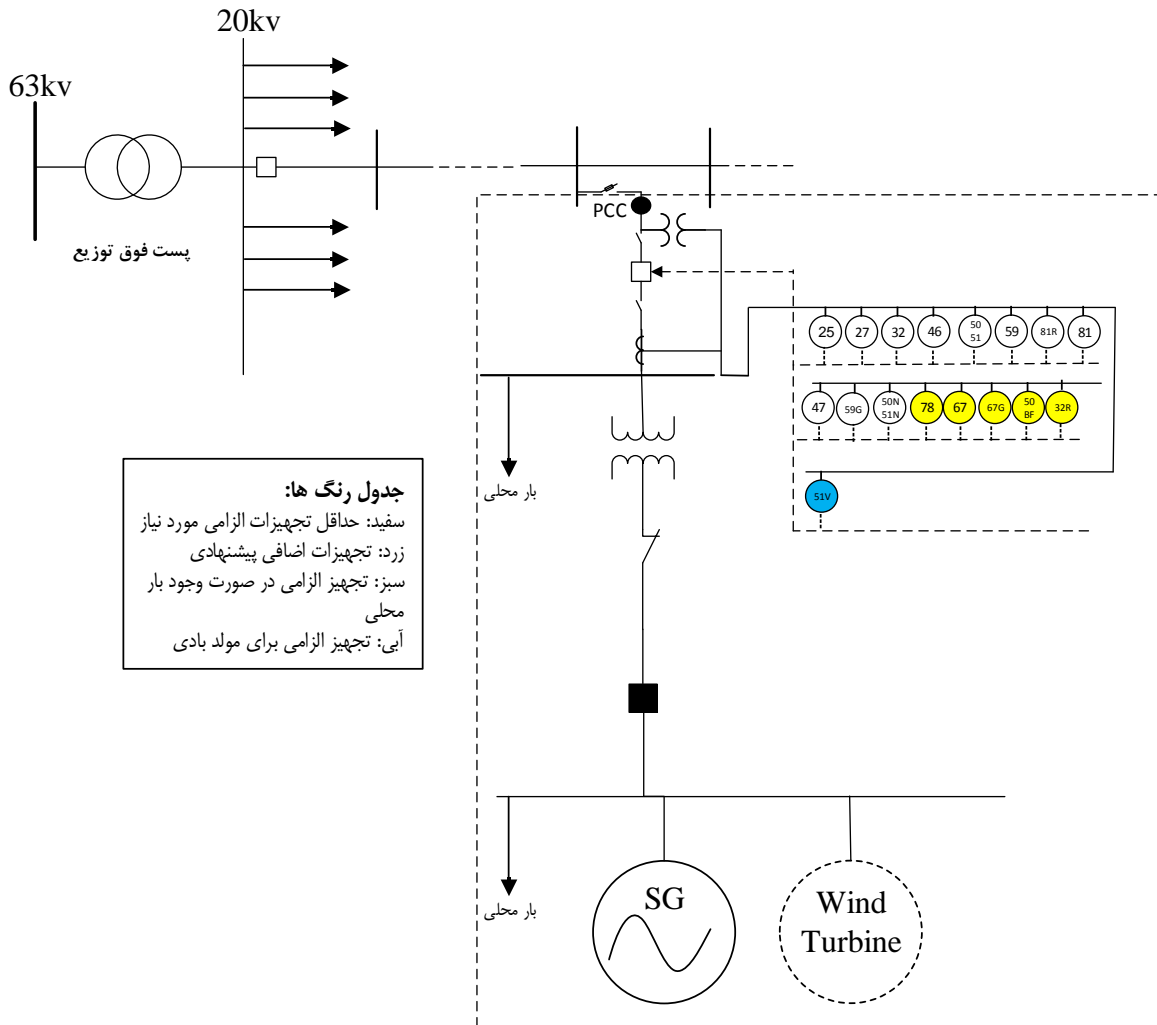
تجهیزات اضافی پیشنهادی	حداقل تجهیزات الزامی مورد نیاز
رله جابجایی زاویه فاز (۷۸)	رله افت ولتاژ (۲۷)
رله توان راکتیو جهتی (۳۲R)	افزایش ولتاژ آنی و تاخیری (۵۹)
خطای کلید قدرت (۵۰BF)	افزایش و کاهش فرکانس (۸۱)
اضافه جریان جهت دار (۶۷)	رله توان معکوس (۳۲)
رله اضافه جریان جهتی زمین (۶۷G)	رله سنکرون چک (۲۵)
رله اضافه جریان کنترل شده با ولتاژ (۵۱V)**	رله اضافه جریان آنی و معکوس زمانی (۵۰/۵۱)
	رله اضافه جریان آنی و تاخیری زمین (۵۰/۵۱N)
	اضافه جریان توالی فاز منفی (۴۶) یا قطع فاز (۴۶BC)
	توالی فاز ولتاژ (۴۷)
	رله اضافه ولتاژ زمین (۵۹G)*
	رله اضافه جریان کنترل شده با ولتاژ (۵۱V)**
	رله نرخ تغییرات فرکانس ROCOF (۸۱R)

*در صورتی که از ترانسفورماتور Dyn استفاده شود (آرایش مثلث در سمت فشار متوسط و آرایش ستاره در سمت فشار ضعیف)
 **در این کلاس و طرح، حفاظت ۵۱V برای مولدهای بادی الزامی است و برای مولدهای سنکرون به عنوان حفاظت اضافی پیشنهاد می‌شود.
 نکته: در خصوص ملاحظات و تنظیمات توابع حفاظتی به بخش‌های ۲-۵ و ۲-۶ مراجعه شود.

- ظرفیت مولدهایی که در کلاس ۴ قرار می‌گیرند بین ۱ مگاوات و ۷ مگاوات است، در صورتی که ظرفیت مولد کمتر از یک سوم حداقل بار سالیانه فیدر باشد، هنگامی که فیدر ۲۰ کیلوولت به هر دلیل از سر خط قطع می‌شود، به دلیل افت ولتاژ و فرکانسی که در نقطه اتصال ایجاد می‌شود، رله‌های ولتاژی و فرکانسی عمل خواهند کرد و DG از مدار جدا خواهد شد. اما اگر ظرفیت مولد نسبت به حداقل بار سالیانه فیدر قابل ملاحظه باشد باید یا از رله‌های جابه‌جایی فاز و ROCOF جهت جلوگیری از ایجاد جزیره ناخواسته استفاده نمود و یا از سیستم انتقال تریپ استفاده نمود. استفاده از سیستم انتقال تریپ در مقایسه با استفاده از رله‌های ROCOF و جابه‌جایی فاز قابلیت اطمینان بالاتری دارد، اما هزینه بالاتری را نیز به همراه دارد. اگر بار محلی وجود داشته باشد و مقدار دیمانند آن یا حداکثر مصرف آن قابل توجه بوده و در حد میزان تولید DG باشد، یا باید از رله‌های جابجایی فاز و ROCOF و یا از سیستم انتقال تریپ جهت جداسازی DG از شبکه استفاده نمود. اما، چنانچه میزان حداکثر مصرف محلی کمتر از یک سوم تولید DG باشد، نیازی به استفاده از توابع حفاظتی مذکور (جابجایی فاز و ROCOF) و یا سیستم انتقال تریپ نیست و رله‌های ولتاژی و فرکانسی DG را از شبکه خارج می‌کنند.

در شکل (۲-۱۶) تجهیزات حفاظتی مربوط به حفاظت مولد غیر اینورتری کلاس ۴ و طرح اتصال ۳ مشاهده

می‌شود.



شکل (۲-۱۶): تجهیزات حفاظتی مولدهای غیر اینورتری طرح ۳-کلاس ۴

رله 51V هم به عنوان رله اضافی پیشنهادی برای مولد سنکرون و هم به عنوان رله الزامی مولد بادی مورد استفاده قرار می گیرد.

۲-۳-۶-۲- تجهیزات قدرت و کنترلی

وجود تجهیزات کلیدزنی مورد نیاز شامل کلید مولد، کلیدهای قدرت و سکسیونر از ملزومات اصلی سیستم متصل کننده DG به شبکه به شمار می رود و حتماً بایستی با دقت انتخاب و در جای مناسب نصب شوند. از آنجایی که منابع تولید پراکنده در هیچ یک از کلاسها، در هنگام بهره برداری موازی با شبکه مجاز به تنظیم ولتاژ فعال در باسهای شبکه نیستند، بنابراین، بهره برداری از این منابع در حالت موازی با شبکه در مد $\cos \varphi$ ثابت



انجام می‌شود. یعنی ژنراتور توان اکتیو و راکتیو تولیدی خود را در ضریب توان ثابت به شبکه تحویل می‌دهد. در این حالت تنظیم ولتاژ بر عهده بهره‌بردار شبکه است.

۲-۳-۶-۳- تجهیزات مانیتورینگ و اندازه‌گیری

از آنجایی که ظرفیت مولدهای کلاس ۴ بین ۱ تا ۷ مگاوات است، بنابراین مطابق بخش ۹-۲۵ دستورالعمل اتصال منابع تولید پراکنده به شبکه باید برخی از پارامترها در سیستم اتصال DG به شبکه پایش و کنترل شود. سیگنال‌های مورد نیاز نیز به تفصیل در دستورالعمل مذکور ارائه شده است.

ملزومات مورد نیاز برای مانیتورینگ شامل موارد زیر می‌باشد:

- ترانس‌دیوسرها و ترانسفورماتورهای ولتاژ و جریان
- پورت‌های ارتباطی برای بازیابی اطلاعات مورد نیاز
- تجهیزات اندازه‌گیری و ثبت و نگهداری داده‌ها و اطلاعات و تله‌متری
- RTU
- تجهیزات مخابراتی مناسب جهت انتقال داده‌ها به مرکز دیسپاچینگ

تعداد و مکان دستگاه‌های اندازه‌گیری بر اساس مفاد قرارداد بین مالک DG و بهره‌بردار شبکه توافق می‌شود. هنگامی که امکان فروش برق مازاد توسط DG به شبکه وجود دارد، لازم است مالک شبکه کنترلهایی را جهت ثبت انرژی ورودی (kWh(in)) و انرژی خروجی (kWh(out)) نصب کند.

به طور کلی دو حالت زیر را برای نصب لوازم اندازه‌گیری می‌توان مورد بررسی قرار داد:

الف: مولدهای خود تأمین و دارای بار محلی

- در صورتی که بار محلی از طریق همان ترانسفورماتوری که DG را به شبکه متصل کرده تغذیه شود، در این حالت به دلیل وجود تعرفه‌های مختلف برای خرید و فروش برق، بهره‌بردار یا باید از دو کنتور یک جهته مجزا، یکی در بالادست کلید ژنراتور و دیگری در بالادست کلید قطع بار استفاده نماید تا بتواند توان تولیدی و مصرفی را به صورت جداگانه اندازه‌گیری کند و یا از یک کنتور دو جهته در نقطه اتصال استفاده نماید که قابلیت اندازه‌گیری انرژی در هر دو جهت را داشته باشد، هم انرژی که DG به شبکه تزریق میکند و هم انرژی که از شبکه دریافت می‌کند.
- در صورتی که بار محلی از طریق یک ترانسفورماتور مجزا تغذیه شود، در این صورت، باید از دو کنتور یک طرفه مجزا، به ترتیب یکی برای اندازه‌گیری میزان مصرف و دیگری برای اندازه‌گیری میزان توان تزریقی توسط DG به شبکه استفاده می‌شود.

**ب: مولدهای بدون بار محلی**

در این حالت چون به صورت محلی انرژی مصرف نمی‌شود و تمام تولید به شبکه تزریق می‌شود، تنها استفاده از یک کنتور جهت قرائت میزان توان تزریقی توسط ژنراتور به شبکه کفایت می‌کند.

جدول (۲-۴۵) حداقل تجهیزات قدرت و کنترلی، اندازه‌گیری و مانیتورینگ پیشنهادی در طرح (۳) و کلاس (۴) را نشان می‌دهد.

جدول (۲-۴۵): حداقل تجهیزات قدرت و کنترلی، اندازه‌گیری و مانیتورینگ پیشنهادی برای اتصال DG غیراینورتوری در کلاس (۴) طرح (۳)

تجهیزات قدرت و کنترلی	تجهیزات مانیتورینگ	تجهیزات اندازه‌گیری
AVR	ترانسدیوسرها و ترانسفورماتورهای ولتاژ و جریان	کنتور
کلید مولد	پورت‌های ارتباطی برای بازیابی اطلاعات مورد نیاز	ترانسفورماتور جریان
کلید قدرت	تجهیزات اندازه‌گیری و ثبت و نگهداری داده‌ها و اطلاعات و تله‌متری	ترانسفورماتور ولتاژ
سکسیونر	RTU	
	تجهیزات مخابراتی مناسب جهت انتقال داده‌ها به مرکز دیسپاچینگ	

۲-۳-۷- منابع تولید پراکنده کلاس ۴ و طرح اتصال ۴

در این بخش، اتصال منابع تولید پراکنده کلاس ۴ یعنی مولدهایی با ظرفیت ۱ تا ۷ مگاوات مدنظر می‌باشد. در این طرح منابع تولید پراکنده از طریق یک خط و یک ترانسفورماتور اختصاصی مستقیماً به باس بار ۲۰ کیلوولت پست فوق توزیع متصل می‌شوند.

۲-۳-۷-۱- تجهیزات حفاظتی

در این راهنما، نکته مهمی که باید مد نظر قرار داد این است که هدف، بررسی حداقل تجهیزات حفاظتی مورد نیاز در سیستم اتصال DG به شبکه است، به عبارت دیگر هدف حفاظت شبکه در برابر تأثیرات ناشی از DG است و طرح‌های حفاظتی که در این راهنما ارائه می‌شود تضمینی برای حفاظت موتور و ژنراتور تولید پراکنده نیست. مسئولیت حفاظت از DG بر عهده مالک DG است و مالک DG باید برای حفاظت مولدهای خود در برابر اغتشاشات مختلف حفاظت‌های لازم را پیش‌بینی نماید.

جدول (۲-۴۶) رله‌های الزامی مورد نیاز و پیشنهادی مورد نیاز این طرح را نشان می‌دهد.



جدول (۲-۴۶): حفاظت‌های مورد نیاز در نقطه PCC برای DG غیر اینورتری کلاس ۴ و طرح اتصال ۴

تجهیزات اضافی پیشنهادی	حداقل تجهیزات الزامی مورد نیاز
رله جابجایی زاویه فاز (۷۸)	رله افت ولتاژ (۲۷)
رله توان راکتیو جهتی (۳۲R)	رله اضافه ولتاژ آنی و تاخیری (۵۹)
خطای کلید قدرت (۵۰BF)	رله افزایش و کاهش فرکانس (۸۱)
رله اضافه جریان جهتدار (۶۷)	رله توان معکوس (۳۳)
رله اضافه جریان جهتی زمین (۶۷G)	رله سنکرون چک (۲۵)
رله اضافه جریان جهتدار نوترال (۶۷N)	رله اضافه جریان آنی و معکوس زمانی (۵۰ / ۵۱)
رله بالانس ولتاژ (۶۰)	رله اضافه جریان آنی و تاخیری زمین (۵۰ / ۵۱N)
رله اضافه جریان کنترل شده با ولتاژ (۵۱V)**	اضافه جریان توالی فاز منفی (۴۶) یا قطع فاز (۴۶BC)
	توالی فاز ولتاژ (۴۷)
	رله اضافه ولتاژ زمین (۵۹G)*
	رله اضافه جریان کنترل شده با ولتاژ (۵۱V)**
	رله نرخ تغییرات فرکانس (۸۱R) ROCOF
	انتقال تریپ

*در صورتی که از ترانسفورماتور Dyn استفاده شود (آرایش مثلث در سمت فشار متوسط و آرایش ستاره در سمت فشار ضعیف)
**در این کلاس و طرح، حفاظت ۵۱V برای مولدهای بادی الزامی است و برای مولدهای سنکرون به عنوان حفاظت اضافی پیشنهاد می‌شود.
نکته: در خصوص ملاحظات و تنظیمات توابع حفاظتی به بخش‌های ۲-۵ و ۲-۶ مراجعه شود.

- در صورتی که مولد پراکنده دارای بار محلی باشد، به عبارت دیگر، مولد پراکنده جهت تأمین تمام یا قسمتی از مصرف بار محلی که مالکیت و مسئولیت حقوقی آن بر عهده مالک DG است، به صورت موازی با شبکه مورد استفاده قرار گیرد، چنانچه در قراردادی که بین مالک DG و بهره بردار شبکه منعقد می‌شود، مولد پراکنده اجازه تزریق توان به شبکه را نداشته باشد و صرفاً جهت تأمین بار محلی به صورت موازی با شبکه بکار گرفته شود و یا برای تزریق توان به شبکه یک سقف مشخص تعیین شده باشد که مولد پراکنده بیشتر از آن مقدار اجازه تزریق توان به شبکه را نداشته باشد، باید از یک رله توان معکوس و یا حداقل توان که با شماره ۳۲ در استانداردهای حفاظتی مشخص می‌شود، استفاده گردد تا در صورتی که بار محلی به هر دلیلی از شبکه جدا گردید، سقف تزریق توان توسط مولد به شبکه کنترل شود و اجازه تزریق توان به مولد بیش از حد مجاز داده نشود. در صورتی که بار محلی وجود نداشته باشد و تمام توان تولیدی توسط مولد به شبکه تزریق شود نیازی به استفاده از رله توان معکوس جهت حفاظت سیستم اتصال نیست. البته مالک DG ممکن است بمنظور حفاظت مولدهای خود در برابر موتوری شدن از رله توان معکوس استفاده کند تا در صورتی که توان تزریقی از سمت شبکه به سمت مولدها از یک مقدار مشخص بیشتر شد دستور قطع DG از شبکه را صادر نماید که در این راهنما مد نظر نیست و حفاظت ژنراتورها بر عهده مالک DG است.



- ظرفیت مولدهایی که در کلاس ۴ قرار می گیرند بین ۱ مگاوات و ۷ مگاوات است و مولدها از طریق یک خط اختصاصی مستقیماً به سمت ثانویه پست فوق توزیع متصل می شوند، در صورتی که به هر دلیلی پست فوق توزیع بی برق شود، چنانچه حداقل بار سالیانه فیدهای متصل به ثانویه پست فوق توزیع نسبت به ظرفیت مولدهای پراکنده متصل به پست فوق توزیع، قابل ملاحظه باشد (یعنی حداقل بیش از سه برابر ظرفیت مولدهای پراکنده باشد) در این صورت به دلیل افت ولتاژ و فرکانسی که به دلیل بی برق شدن پست فوق توزیع در محل اتصال مولدهای پراکنده به شبکه ایجاد می شود، رله های ولتاژی و فرکانسی عمل کرده و باعث جدا شدن مولدها از شبکه خواهند شد. اما چنانچه ظرفیت مولدهای پراکنده نسبت به حداقل بار سالیانه فیدهای متصل به ثانویه پست فوق توزیع قابل ملاحظه باشد، امکان ایجاد جزیره ناخواسته پس از بی برق شدن پست فوق توزیع وجود دارد، بنابراین باید از رله های جابه جایی فاز و ROCOF جهت جلوگیری از ایجاد جزیره ناخواسته استفاده نمود. به همین منظور، برای بدست آوردن تنظیمات صحیح برای این رله ها، باید مطالعات لازم با در نظر گرفتن بی برق شدن پست فوق توزیع و حداقل بار سالیانه فیدهای متصل به پست فوق توزیع انجام گیرد و میزان تغییرات فرکانس در واحد زمان و تغییرات زاویه فاز روتور بررسی گردد. اما اگر قطعی در محل اتصال فیدر خصوصی به ثانویه پست توزیع رخ دهد، در صورتی که بار محلی وجود نداشته باشد، به علت نبود سایر مصرف کنندگان بر روی فیدر مورد نظر و اختصاصی بودن این قسمت از فیدر، به علت افزایش بیش از حد مجاز ولتاژ و فرکانس و عملکرد رله های ولتاژی و فرکانسی، DG از شبکه جدا خواهد شد. اما اگر بار محلی وجود داشته باشد و مقدار دیمانند آن یا حداکثر مصرف آن قابل توجه بوده و در حد میزان تولید DG باشد، باید از رله های جابجایی فاز و ROCOF و سیستم انتقال تریپ بین کلید و کلید متصل کننده DG به شبکه جهت جداسازی DG از شبکه استفاده نمود. علاوه بر این، در صورتی که در این فیدر از ریکلوزر استفاده شده باشد، حتماً باید از سیستم انتقال تریپ استفاده شود، چون اگر به هر دلیلی کلید قطع شود و DG از مدار خارج نشود امکان اتصال غیر سنکرون مولدهای پراکنده به شبکه وجود دارد که این امر خسارات بسیار زیادی را به همراه خواهد داشت. اما، چنانچه میزان حداکثر مصرف محلی کمتر از یک سوم تولید DG باشد، نیازی به استفاده از سیستم انتقال تریپ نیست و رله های ولتاژی و فرکانسی DG را از مدار خارج می کنند. البته پیشنهاد می شود به دلیل ظرفیت قابل ملاحظه مولدهای پراکنده کلاس ۴ و هزینه سرمایه گذاری اولیه ای که برای خرید این مولدها توسط مالک انجام می شود، به منظور افزایش قابلیت اطمینان و کاهش آسیب های وارده به مولدهای پراکنده از سیستم انتقال تریپ استفاده شود.
- اگر مولد بدون بار محلی باشد، در این حالت چون به صورت محلی انرژی مصرف نمی شود و تمام توان تولیدی توسط DG به شبکه تزریق می شود، تنها استفاده از یک کنتور جهت قرائت میزان توان تزریقی



توسط ژنراتور به شبکه کفایت می کند. از آنجایی که در طرح ۴ از یک ترانسفورماتور اختصاصی جهت اتصال منابع تولید پراکنده به شبکه استفاده می شود و نقطه اندازه‌گیری در قسمت بالادست ترانسفورماتور می‌باشد، بنابراین، ولتاژ در نقطه اندازه‌گیری در این حالت ۲۰ کیلوولت می باشد. در نتیجه، کنتور به طور مستقیم نمی‌تواند ولتاژ سه فاز را اندازه‌گیری نماید.

- در این محدوده‌ی توان، معمولاً مولدها به یکی از فیدرهای خروجی فشار متوسط متصل می شوند. خروج نابجای مولد در اثر وقوع خطا در یکی از فیدرهای خروجی دیگر پست فوق توزیع، ممکن است منجر به اعمال خاموشی های بیشتر در شبکه شود. برای تمایز خطای بیرون از PCC و خطا در محدوده بار محلی می توان از رله جریان زیاد جهتی بهره برد تا خطای قبل از PCC را در حداقل زمان و با ارسال فرمان تریپ به PCC و GCB رفع نموده و خطای بعد از PCC را با تاخیر بیشتری (با در نظر گرفتن محدودیت CCT) و با ارسال فرمان به PCC قطع کرد. برای این منظور بکارگیری رله های جریان زیاد جهتی (۶۷) و در صورت امکان ۶۷N الزامی است. نکته قابل توجه این است که در صورت عدم وجود بار محلی، احتمال رخداد خطا قبل از PCC بسیار کم می شود. در ضمن در این حالت رله ولتاژی نیز به خوبی می‌تواند رخداد این نوع خطا را تشخیص دهد. بنابراین اگر بار محلی وجود ندارد و به ویژه در حالتی که برای اتصال مولد به شبکه بالادست از فیدر کابلی استفاده شده است (که نرخ خطای ناچیزی دارد) می‌توان رله‌ی ۶۷ و ۶۷N را مورد استفاده قرار نداد.
- استفاده از رله ی CBF (که با ۵۰BF نشان داده می شود) در کلیدهای فشار متوسط و فشار قوی متداول است که به عنوان حفاظت پشتیبان مناسب در شرایطی عمل می نماید که رله های اصلی، وجود خطا را به درستی تشخیص داده اند ولی به دلیل وجود مشکل مکانیکی یا مداری در کلید، اتصال کوتاه رفع نمی‌شود.
- استفاده از رله‌ی CBF در محل PCC در صورتی الزامی است که شرایط زیر برقرار باشد:

الف) کلید PCC در سمت فشار متوسط باشد.

ب) ایجاد جزیره ی ناخواسته (یعنی پس از تریپ ناگهانی کلید PCC، مولد(ها) بتوانند بار محلی خود را تغذیه نموده و یک ریزش شبکه جزیره‌ای تشکیل دهند) در شبکه مجاز باشد.

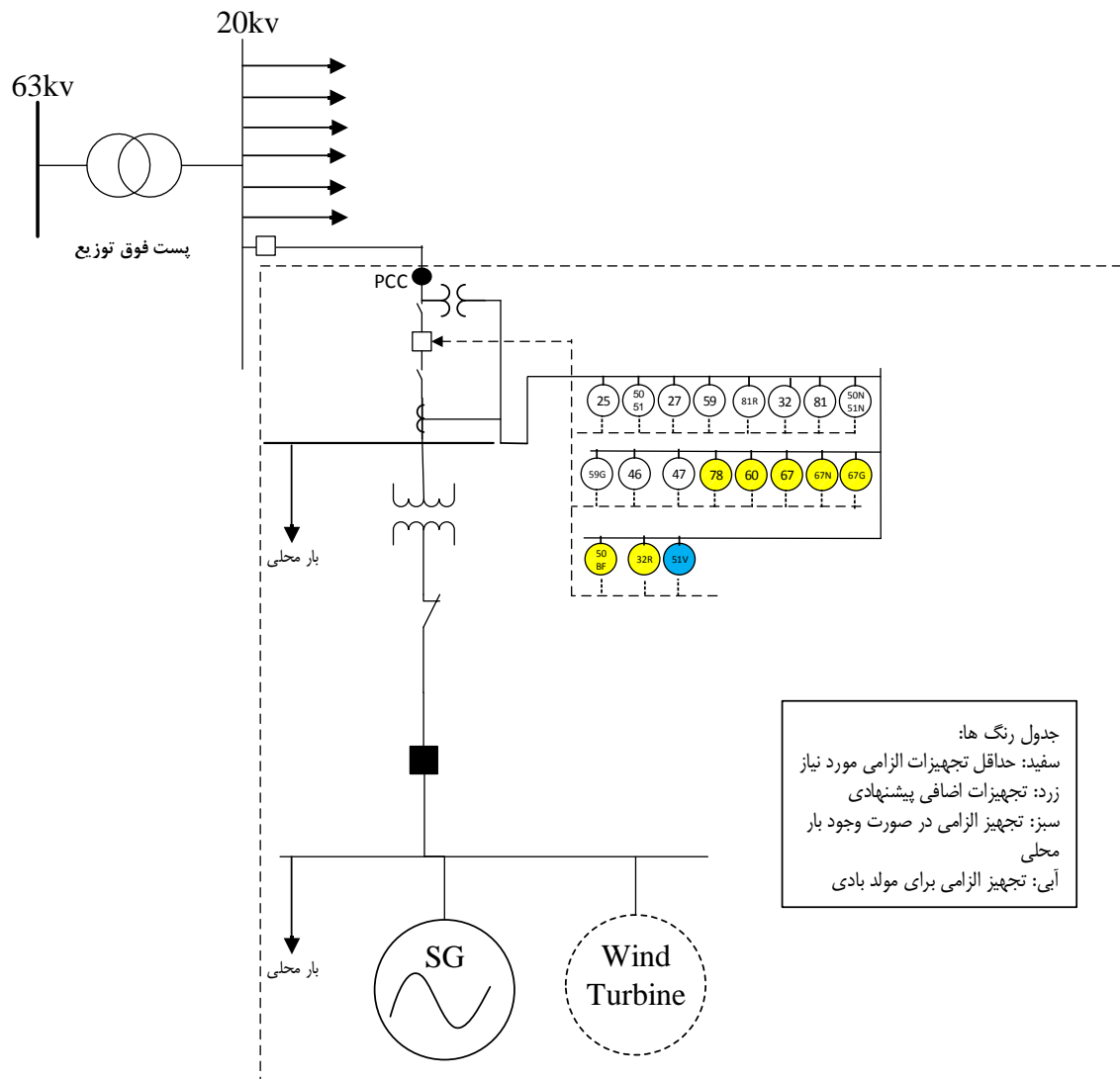
ج) حداقل برخی از واحدهای حفاظتی PCC، فرمان تریپ را فقط به کلید PCC ارسال نمایند (یعنی کلیدهای GCB را قطع نکنند).

- چنانچه مجموع توان نامی مولدهای متصل به شبکه در محدوده ۱ تا ۷ مگاوات باشد، در این صورت مشکلات مولد، ممکن است به شبکه توزیع نیز آسیب وارد نماید. بنابراین:

الف) مسئولیت انتخاب توابع حفاظتی مورد نیاز و همچنین تنظیم آنها در محل مشترک اتصال بر عهده مسئول شبکه می باشد.

ب) اگر چند مولد برای تولید توان استفاده شده باشد، مناسب است که علاوه بر رله‌ی محل مشترک اتصال، رله‌ی مجزایی برای حفاظت هر مولد استفاده شود. این نیازمندی در مورد مولدهای با ظرفیت حدود ۱ مگاوات و بالاتر، الزامی است. در ضمن انتخاب سطح حفاظتی و همچنین تنظیم رله‌های حفاظت ژنراتور بر عهده مالک مولد است.

در شکل (۲-۱۷) تجهیزات حفاظتی مربوط به حفاظت مولد غیر اینورتری کلاس ۴ و طرح اتصال ۴ مشاهده می‌شود. رله ۵۱۷ هم به عنوان رله اضافی پیشنهادی برای مولد سنکرون و هم به عنوان رله الزامی مولد بادی مورد استفاده قرار می‌گیرد.



شکل (۲-۱۷): تجهیزات حفاظتی مولدهای غیر اینورتری طرح ۴-کلاس ۴



۲-۳-۷-۲- تجهیزات قدرت و کنترلی

وجود تجهیزات کلیدزنی مورد نیاز شامل کلید مولد، کلیدهای قدرت و سکسیونر از ملزومات اصلی سیستم متصل کننده DG به شبکه بشمار می‌رود و حتماً بایستی با دقت انتخاب و در جای مناسب نصب شوند. از آنجایی که منابع تولید پراکنده در هیچ یک از کلاس‌ها، در هنگام بهره‌برداری موازی با شبکه مجاز به تنظیم ولتاژ فعال در باس‌های شبکه نیستند، بنابراین، بهره‌برداری از این منابع در حالت موازی با شبکه در مد $\cos \varphi$ ثابت انجام می‌شود. یعنی ژنراتور توان اکتیو و راکتیو تولیدی خود را در ضریب توان ثابت به شبکه تحویل می‌دهد. در این حالت تنظیم ولتاژ بر عهده بهره‌بردار شبکه است.

۲-۳-۷-۳- تجهیزات مانیتورینگ و اندازه‌گیری

از آنجایی که ظرفیت مولدهای کلاس ۴ بین ۱ تا ۷ مگاوات است، بنابراین مطابق بخش ۹-۲۵ دستورالعمل اتصال منابع تولید پراکنده به شبکه باید برخی از پارامترها در سیستم اتصال DG به شبکه پایش و کنترل شود. سیگنال‌های مورد نیاز نیز به تفصیل در دستورالعمل مذکور ارائه شده است.

ملزومات مورد نیاز برای مانیتورینگ شامل موارد زیر می‌باشد:

- ترانسدیوسرها و ترانسفورماتورهای ولتاژ و جریان
- پورت‌های ارتباطی برای بازیابی اطلاعات مورد نیاز
- تجهیزات اندازه‌گیری و ثبت و نگهداری داده‌ها و اطلاعات و تله‌متری
- RTU
- تجهیزات مخابراتی مناسب جهت انتقال داده‌ها به مرکز دیسپاچینگ

تعداد و مکان دستگاه‌های اندازه‌گیری بر اساس مفاد قرارداد بین مالک DG و بهره‌بردار شبکه توافق می‌شود. هنگامی که امکان فروش برق مازاد توسط DG به شبکه وجود دارد، لازم است مالک شبکه کنتورهایی را جهت ثبت انرژی ورودی (kWh(in)) و انرژی خروجی (kWh(out)) نصب کند.

به طور کلی دو حالت زیر را برای نصب لوازم اندازه‌گیری می‌توان مورد بررسی قرار داد:

الف: مولدهای خود تأمین و دارای بار محلی

- در صورتی که بار محلی از طریق همان ترانسفورماتوری که DG را به شبکه متصل کرده تغذیه شود، در این حالت به دلیل وجود تعرفه‌های مختلف برای خرید و فروش برق، بهره‌بردار یا باید از دو کنتور یک جهته مجزا، یکی در بالادست کلید ژنراتور و دیگری در بالادست کلید قطع بار استفاده نماید تا بتواند توان تولیدی و مصرفی را به صورت جداگانه اندازه‌گیری کند و یا از یک کنتور دو جهته در نقطه



اتصال استفاده نماید که قابلیت اندازه‌گیری انرژی در هر دو جهت را داشته باشد، هم انرژی که DG به شبکه تزریق می‌کند و هم انرژی که از شبکه دریافت می‌کند.

➤ در صورتی که بار محلی از طریق یک ترانسفورماتور مجزا تغذیه شود، در این صورت، باید از دو کنتور یک طرفه مجزا، به ترتیب یکی برای اندازه‌گیری میزان مصرف و دیگری برای اندازه‌گیری میزان توان تزریقی توسط DG به شبکه استفاده می‌شود.

ب: مولدهای بدون بار محلی

در این حالت چون به صورت محلی انرژی مصرف نمی‌شود و تمام تولید به شبکه تزریق می‌شود، تنها استفاده از یک کنتور جهت قرائت میزان توان تزریقی توسط ژنراتور به شبکه کفایت می‌کند.

از آنجایی که در طرح ۴ از یک ترانسفورماتور اختصاصی جهت اتصال منابع تولید پراکنده به شبکه استفاده می‌شود و نقطه اندازه‌گیری در قسمت بالادست ترانسفورماتور می‌باشد، بنابراین، ولتاژ در نقطه اندازه‌گیری در این حالت ۲۰kV می‌باشد. در نتیجه، کنتور به طور مستقیم نمی‌تواند ولتاژ سه فاز را اندازه‌گیری نماید.

جدول (۲-۴۹) حداقل تجهیزات قدرت و کنترلی، اندازه‌گیری و مانیتورینگ پیشنهادی در طرح (۴) و کلاس (۴) را نشان می‌دهد.

جدول (۲-۴۷): حداقل تجهیزات قدرت و کنترلی، اندازه‌گیری و مانیتورینگ پیشنهادی برای اتصال DG غیراینورتی در کلاس (۴) طرح (۴)

تجهیزات قدرت و کنترلی	تجهیزات مانیتورینگ	تجهیزات اندازه‌گیری
AVR	ترانسدیوسرها و ترانسفورماتورهای ولتاژ و جریان	کنتور
کلید مولد	پورت‌های ارتباطی برای بازیابی اطلاعات مورد نیاز	ترانسفورماتور جریان
کلید قدرت	تجهیزات اندازه‌گیری و ثبت و نگهداری داده‌ها و اطلاعات و تله‌متری	ترانسفورماتور ولتاژ
سکسیونر	RTU	
	تجهیزات مخابراتی مناسب جهت انتقال داده‌ها به مرکز دیسپاچینگ	
	انتقال تریپ	

۲-۳-۸- منابع تولید پراکنده کلاس ۵ و طرح اتصال ۴

در این بخش، اتصال منابع تولید پراکنده کلاس ۵، یعنی مولدهایی با ظرفیت ۷ تا ۲۵ مگاوات از طریق طرح ۴ مدنظر می‌باشد. در این طرح، منابع تولید پراکنده از طریق دو یا چند خط موازی و ترانسفورماتور اختصاصی مستقیماً به باس بار ۲۰ کیلوولت پست فوق توزیع متصل می‌شوند.



۲-۳-۸-۱ - تجهیزات حفاظتی

نکته مهمی که در این راهنما باید مد نظر قرار داد این است که هدف بررسی حداقل تجهیزات حفاظتی مورد نیاز در سیستم اتصال DG به شبکه است، به عبارت دیگر هدف حفاظت شبکه در برابر تأثیرات ناشی از DG است و طرح‌های حفاظتی که در این راهنما ارائه می شود، تضمینی برای حفاظت موتور و ژنراتور تولید پراکنده نیست. مسئولیت حفاظت از DG بر عهده مالک DG است و مالک DG باید برای حفاظت مولدهای خود در برابر اغتشاشات مختلف حفاظت های لازم را پیش‌بینی نماید. در صورتی که مولد پراکنده دارای بار محلی باشد، به عبارت دیگر، مولد پراکنده جهت تأمین تمام یا قسمتی از مصرف بار محلی که مالکیت و مسئولیت حقوقی آن بر عهده مالک DG است، به صورت موازی با شبکه مورد استفاده قرار گیرد، چنانچه در قراردادی که بین مالک DG و بهره بردار شبکه منعقد می‌شود، مولد پراکنده اجازه تزریق توان به شبکه را نداشته باشد و صرفاً جهت تأمین بار محلی به صورت موازی با شبکه بکار گرفته شود و یا برای تزریق توان به شبکه یک سقف مشخص تعیین شده باشد که مولد پراکنده بیشتر از آن مقدار اجازه تزریق توان به شبکه را نداشته باشد، باید از یک رله‌ی توان معکوس و یا حداقل توان که با شماره ۳۲ در استانداردهای حفاظتی مشخص می شود، استفاده گردد تا در صورتی که بار محلی به هر دلیلی از شبکه جدا گردید، سقف تزریق توان توسط مولد به شبکه کنترل شود و اجازه تزریق توان به مولد بیش از حد مجاز داده نشود. در صورتی که بار محلی وجود نداشته باشد و تمام توان تولیدی توسط مولد به شبکه تزریق شود نیازی به استفاده از رله توان معکوس جهت حفاظت سیستم اتصال نیست. (البته مالک DG ممکن است به منظور حفاظت مولدهای خود در برابر موتوری شدن از رله توان معکوس استفاده کند تا در صورتی که توان تزریقی از سمت شبکه به سمت مولدها از یک مقدار مشخص بیشتر شد دستور قطع DG از شبکه را صادر نماید که در این راهنما مد نظر نیست و حفاظت ژنراتورها بر عهده مالک DG است.)

جدول (۲-۴۸) رله‌های الزامی مورد نیاز و پیشنهادی مورد نیاز این طرح را نشان می دهد.



جدول (۲-۴۸): حفاظت‌های مورد نیاز در نقطه PCC برای DG غیر اینورتری کلاس ۵ و طرح اتصال ۴

تجهیزات اضافی پیشنهادی	حداقل تجهیزات الزامی مورد نیاز
رله جابجایی زاویه فاز (۷۸)	رله افت ولتاژ (۲۷)
رله توان راکتیو جهتی (۳۲R)	رله اضافه ولتاژ آنی و تاخیری (۵۹)
خطای کلید قدرت (۵۰BF)	رله افزایش و کاهش فرکانس (۸۱)
رله اضافه جریان جهتدار (۶۷)	رله توان معکوس (۳۳)
رله اضافه جریان جهتی زمین (۶۷G)	رله سنکرون چک (۲۵)
رله اضافه جریان جهتدار نوترال (۶۷N)	رله اضافه جریان آنی و معکوس زمانی (۵۰/۵۱)
رله بالانس ولتاژ (۶۰)	رله اضافه جریان آنی و تاخیری زمین (۵۰/۵۱N)
رله اضافه جریان کنترل شده با ولتاژ (۵۱V)**	اضافه جریان توالی فاز منفی (۴۶) یا قطع فاز (۴۶BC)
	توالی فاز ولتاژ (۴۷)
	رله اضافه ولتاژ زمین (۵۹G)*
	رله اضافه جریان کنترل شده با ولتاژ (۵۱V)**
	رله نرخ تغییرات فرکانس ROCOF (۸۱R)
	انتقال تریپ

*در صورتی که از ترانسفورماتور Dyn استفاده شود (آرایش مثلث در سمت فشار متوسط و آرایش ستاره در سمت فشار ضعیف)
 **در این کلاس و طرح، حفاظت ۵۱V برای مولدهای بادی الزامی است و برای مولدهای سنکرون به عنوان حفاظت اضافی پیشنهاد می‌شود.
 نکته: در خصوص ملاحظات و تنظیمات توابع حفاظتی به بخش‌های ۲-۵ و ۲-۶ مراجعه شود.

ظرفیت مولدهایی که در کلاس ۵ قرار می‌گیرند بین ۷ مگاوات تا ۲۵ مگاوات است و مولدها از طریق دو یا چند فیدر اختصاصی مستقیماً به سمت ثانویه پست فوق توزیع متصل می‌شوند. در صورتی که به هر دلیلی پست فوق توزیع بی‌برق شود، چنانچه حداقل بار سالیانه فیدرهای متصل به ثانویه پست فوق توزیع نسبت به ظرفیت مولدهای پراکنده متصل به پست فوق توزیع، قابل ملاحظه باشد (یعنی حداقل بیش از سه برابر ظرفیت مولدهای پراکنده باشد) در این صورت به دلیل افت ولتاژ و فرکانسی که به دلیل بی‌برق شدن پست فوق توزیع در محل اتصال مولدهای پراکنده به شبکه ایجاد می‌شود، رله‌های ولتاژی و فرکانسی عمل کرده و باعث جدا شدن مولدها از شبکه خواهند شد. اما چنانچه ظرفیت مولدهای پراکنده نسبت به حداقل بار سالیانه فیدر قابل ملاحظه باشد، امکان ایجاد جزیره ناخواسته پس از بی‌برق شدن پست فوق توزیع وجود دارد، بنابراین باید از رله‌های جابجایی فاز و ROCOF جهت جلوگیری از ایجاد جزیره ناخواسته استفاده نمود. به همین منظور، برای بدست آوردن تنظیمات صحیح برای این رله‌ها، باید مطالعات لازم با در نظر گرفتن بی‌برق شدن پست فوق توزیع و حداقل بار سالیانه فیدرهای متصل به پست فوق توزیع انجام گیرد و میزان تغییرات فرکانس در واحد زمان و تغییرات زاویه فاز روتور در اثر بی‌برق شدن پست فوق توزیع بررسی گردد. اما اگر به هر دلیلی کلید در محل اتصال فیدر خصوصی به ثانویه پست توزیع قطع شود، در صورتی که بار محلی وجود نداشته باشد، به علت نبود سایر مصرف‌کنندگان بر روی فیدر مورد نظر و



اختصاصی بودن این قسمت از فیدر، به علت افزایش بیش از حد مجاز ولتاژ و فرکانس و عملکرد رله های ولتاژی و فرکانسی، DG نیز از شبکه جدا خواهد شد. اما اگر بار محلی وجود داشته باشد و مقدار دیمانند آن یا حداکثر مصرف آن قابل توجه بوده و در حد میزان تولید DG باشد، باید از رله های جابجایی فاز و ROCOF و سیستم انتقال تریپ بین کلید و کلید متصل کننده DG به شبکه جهت جداسازی DG از شبکه استفاده نمود.

باید توجه داشت که برخی از توابع حفاظتی و طرح های حفاظتی بکار رفته در سیستم اتصال با توجه به نوع سیم بندی ترانسفورماتور تغییر می کنند.

در مولدهای بدون بار محلی چون به صورت محلی انرژی مصرف نمی شود و تمام توان تولیدی توسط DG به شبکه تزریق می شود، تنها استفاده از یک کنتور جهت قرائت میزان توان تزریقی توسط ژنراتور به شبکه کفایت می کند. نحوه اتصال لوازم اندازه گیری در مورد مولدهای پراکنده کلاس ۵ که از طریق طرح ۴ به شبکه متصل می شوند، همانند مولدهای کلاس ۴ که از طریق این طرح به شبکه متصل می شوند می باشد.

- رله های ولتاژی و فرکانسی، رله های جریان زیاد و خطای زمین، رله های ROCOF و شیفت بردار ولتاژ، رله ی سنکرونایزینگ اتوماتیک برای هر مولد و رله ی سنکرون چک در محل PCC و در نهایت رله ی CBF برای کلید PCC (در صورت برقراری شرایط بحث شده در حالت قبل) الزامی هستند.
- رله اضافه جریان جهتی (۶۷) برای تمایز خطای قبل و بعد از PCC به کار می رود. استفاده از این رله در دو حالت توصیه می شود:

الف) تشخیص سریع خطا قبل از PCC اهمیت زیادی داشته باشد که این نیازمندی در محدوده ی توان بین ۷ تا ۲۵ مگاوات، بیشتر خود را نشان می دهد. زیرا خطای قبل از PCC (از نوع دوفاز و به ویژه سه فاز)، خطر ناپایداری گذرا را به همراه دارد. لذا می توان از رله ی جریان زیاد جهت دار در این حالت استفاده نمود و در صورت بروز خطای دو فاز یا سه فاز قبل از PCC، به سرعت کلید PCC و کلیه ی GCB ها را باز کرد.

ب) رله ی جریان زیاد PCC بایستی با اولین رله ی جریان زیاد بعد از PCC هماهنگ شود و نیز با اولین رله ی جریان زیاد موجود در شبکه ی مربوط به بار محلی هماهنگ شود. در صورتی که تنظیم جریان حد عملکرد با تنظیم زمانی رله ی جریان زیاد PCC در دو حالت فوق خیلی متفاوت باشد، می توان از یک رله ی جهتی استفاده نمود. جهت این رله به سمتی در نظر گرفته می شود که زمان عملکرد کمتری دارد.

- به دلیل بالا بودن مجموع توان مولدها، بایستی تا حد امکان این مولدها را بصورت متصل به شبکه توزیع نگه داشت. به عبارت دیگر حتی در حضور اتصال کوتاه در شبکه، نیاز است که تا مدت مشخصی، قابلیت Fault ride through برای مولدها در نظر گرفته شود. از طرف دیگر جریان خروجی مولد، با توجه به نوع ژنراتور و سیستم کنترلی مربوطه، به تدریج کاهش یابد. در چنین



شرایطی، مدتی پس از بروز خطا، هم ولتاژ شبکه افت نموده است و هم جریان عبوری از مولد کاهش می یابد. بنابراین برای تشخیص خطا بر اساس رله‌های جریانی، باید از رله‌ی اضافه جریان محدود شده با ولتاژ (V ۵۱) استفاده شود.

- به دلیل بالا بودن مجموع توان مولدها، وقوع ناپایداری گذرا در مولدهای سنکرون می تواند تاثیر بسیار زیادی بر کیفیت توان شبکه گذاشته و حتی منجر به عملکرد نابه‌جای رله‌های جریان زیاد موجود در شبکه شود. ضمن اینکه، آسیب شدیدی به مولدها می رساند. برای حل این مشکلات دو راه وجود دارد:

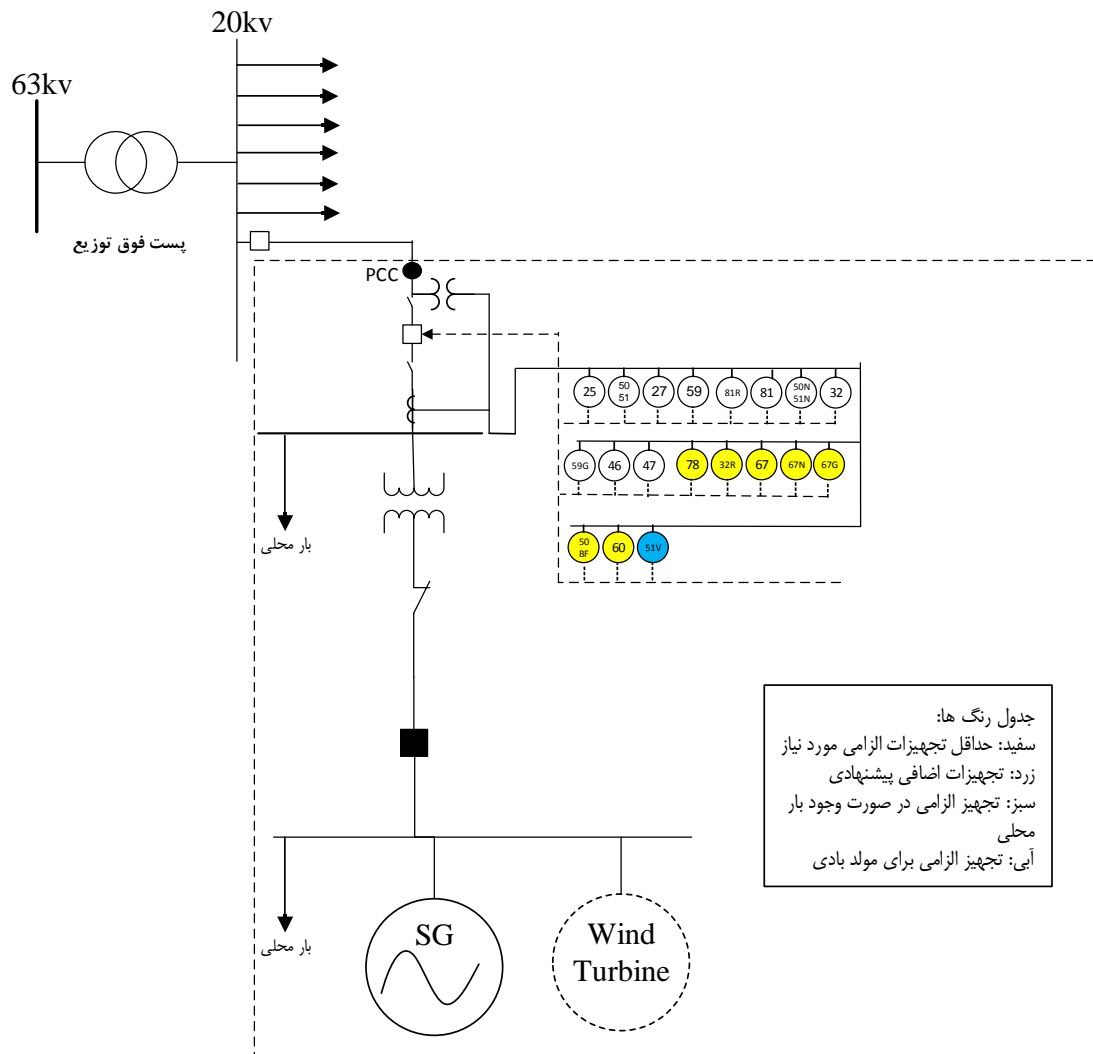
الف) استفاده از منطق‌های حفاظتی ساده و مناسب بر اساس رله‌های مورد استفاده در محل PCC که در صورت برقراری شرایط لازم برای ناپایداری گذرا، سریعاً مولدها را از مدار خارج نمایند. مثلاً می توان از روش‌های زیر استفاده نمود:

- منطق ۳ از ۳ برای رله‌های جریان زیاد با تنظیم جریان حد عملکرد مناسب

- منطق ۳ از ۳ برای رله‌های UV فاز به زمین یا ۲ از ۲ برای رله‌های فاز به فاز

ب) برای اطمینان بیشتر و به ویژه به عنوان رله پشتیبان منطق حفاظتی پیشنهادی فوق الذکر، می توان از رله‌ی خروج از هماهنگی (Out of step) نیز در محل PCC استفاده نمود.

در شکل (۲-۱۸) تجهیزات حفاظتی مربوط به حفاظت مولد غیر اینورتری کلاس ۵ و طرح اتصال ۴ مشاهده می‌شود.



شکل (۲-۱۸): تجهیزات حفاظتی مولدهای غیر اینورتری طرح ۴-کلاس ۵

رله 51V هم به عنوان رله‌ی اضافی پیشنهادی برای مولد سنکرون و هم به عنوان رله‌ی الزامی مولد بادی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

۲-۳-۸-۲- تجهیزات قدرت و کنترلی

وجود تجهیزات کلیدزنی مورد نیاز شامل کلید مولد، کلیدهای قدرت و سکسیونر از ملزومات اصلی سیستم متصل‌کننده DG به شبکه به‌شمار می‌رود و حتماً بایستی با دقت انتخاب و در جای مناسب نصب شوند. از آنجایی که منابع تولید پراکنده در هیچ یک از کلاس‌ها، در هنگام بهره‌برداری موازی با شبکه مجاز به تنظیم ولتاژ فعال در باس‌های شبکه نیستند، بنابراین، بهره‌برداری از این منابع در حالت موازی با شبکه در مد $\cos \varphi$ ثابت انجام می‌شود. یعنی ژنراتور توان اکتیو و راکتیو تولیدی خود را در ضریب توان ثابت به شبکه تحویل می‌دهد. در این حالت تنظیم ولتاژ بر عهده بهره‌بردار شبکه است.



۲-۳-۸-۳- تجهیزات مانیتورینگ و اندازه‌گیری

از آنجایی که ظرفیت مولدهای کلاس ۵ بین ۷ تا ۲۵ مگاوات است، بنابراین مطابق بخش ۹-۲۵ دستورالعمل اتصال منابع تولید پراکنده به شبکه باید برخی از پارامترها در سیستم اتصال DG به شبکه پایش و کنترل شود. سیگنال‌های مورد نیاز نیز به تفصیل در دستورالعمل مذکور ارائه شده است.

ملزومات مورد نیاز برای مانیتورینگ شامل موارد زیر می‌باشد:

- ترانسیدوسرها و ترانسفورماتورهای ولتاژ و جریان
- پورت‌های ارتباطی برای بازیابی اطلاعات مورد نیاز
- تجهیزات اندازه‌گیری و ثبت و نگهداری داده‌ها و اطلاعات و تله‌متری
- RTU
- تجهیزات مخابراتی مناسب جهت انتقال داده‌ها به مرکز دیسپاچینگ

تعداد و مکان دستگاه‌های اندازه‌گیری بر اساس مفاد قرارداد بین مالک DG و بهره‌بردار شبکه توافق می‌شود. هنگامی که امکان فروش برق مازاد توسط DG به شبکه وجود دارد، لازم است مالک شبکه کنترلهایی را جهت ثبت انرژی ورودی (kWh(in)) و انرژی خروجی (kWh(out)) نصب کند.

به طور کلی دو حالت زیر را برای نصب لوازم اندازه‌گیری می‌توان مورد بررسی قرار داد:

الف: مولدهای خود تأمین و دارای بار محلی

- در صورتی که بار محلی از طریق همان ترانسفورماتوری که DG را به شبکه متصل کرده تغذیه شود، در این حالت به دلیل وجود تعرفه‌های مختلف برای خرید و فروش برق، بهره‌بردار یا باید از دو کنتور یک جهته مجزا، یکی در بالادست کلید ژنراتور و دیگری در بالادست کلید قطع بار استفاده نماید تا بتواند توان تولیدی و مصرفی را به صورت جداگانه اندازه‌گیری کند و یا از یک کنتور دو جهته در نقطه اتصال استفاده نماید که قابلیت اندازه‌گیری انرژی در هر دو جهت را داشته باشد، هم انرژی که DG به شبکه تزریق می‌کند و هم انرژی که از شبکه دریافت می‌کند.
- در صورتی که بار محلی از طریق یک ترانسفورماتور مجزا تغذیه شود، در این صورت، باید از دو کنتور یک طرفه مجزا، به ترتیب یکی برای اندازه‌گیری میزان مصرف و دیگری برای اندازه‌گیری میزان توان تزریقی توسط DG به شبکه استفاده می‌شود.

ب: مولدهای بدون بار محلی

در این حالت چون به صورت محلی انرژی مصرف نمی‌شود و تمام تولید به شبکه تزریق می‌شود، تنها استفاده از یک کنتور جهت قرائت میزان توان تزریقی توسط ژنراتور به شبکه کفایت می‌کند. نحوه اتصال لوازم اندازه‌گیری در مورد مولدهای پراکنده کلاس ۵ که از طریق طرح ۴ به شبکه متصل می‌شوند، همانند مولدهای کلاس ۴ که از طریق این طرح به شبکه متصل می‌شوند.

جدول (۲-۴۹) حداقل تجهیزات قدرت و کنترلی، اندازه‌گیری و مانیتورینگ پیشنهادی در طرح (۴) و کلاس (۵) را نشان می‌دهد.

جدول (۲-۴۹): حداقل تجهیزات قدرت و کنترلی، اندازه‌گیری و مانیتورینگ پیشنهادی برای اتصال DG غیرایزوله‌تری در کلاس (۵) طرح (۴)

تجهیزات اندازه‌گیری	تجهیزات مانیتورینگ	تجهیزات قدرت و کنترلی
کنترل	ترانسفورماتورها و ولتاژ و جریان	AVR
ترانسفورماتور جریان	پورت‌های ارتباطی برای بازیابی اطلاعات مورد نیاز	کلید مولد
ترانسفورماتور ولتاژ	تجهیزات اندازه‌گیری و ثبت و نگهداری داده‌ها و اطلاعات و تله‌متری	کلید قدرت
	RTU	سکسیونر
	تجهیزات مخابراتی مناسب جهت انتقال داده‌ها به مرکز دیسپاچینگ	
	انتقال تریپ	

۲-۳-۹- منابع تولید پراکنده کلاس ۵ و طرح اتصال ۵

در این طرح، منابع تولید پراکنده از طریق فیدر اختصاصی و همچنین ترانسفورماتور اختصاصی به باس بار ۶۳ کیلوولت پست فوق توزیع متصل می‌شوند.

۲-۳-۹-۱- حداقل تجهیز حفاظتی

نکته مهمی که در این راهنما باید مد نظر قرار داد این است که هدف بررسی حداقل تجهیزات حفاظتی مورد نیاز در سیستم اتصال DG به شبکه است، به عبارت دیگر هدف این راهنما، حفاظت شبکه در برابر تاثیرات ناشی از DG است و طرح‌های حفاظتی که در این راهنما ارائه می‌شود تضمینی برای حفاظت موتور و ژنراتور تولید پراکنده نیست. مسئولیت حفاظت از DG بر عهده مالک DG است و مالک DG باید برای حفاظت مولدهای خود در برابر اغتشاشات مختلف حفاظتهای لازم را پیش‌بینی نماید. در صورتی که مولد پراکنده دارای بار محلی باشد، به عبارت دیگر، مولد پراکنده جهت تأمین تمام یا قسمتی از مصرف بار محلی که مالکیت و مسئولیت حقوقی آن بر عهده مالک DG است، به صورت موازی با شبکه مورد استفاده قرار گیرد، چنانچه در قراردادی که بین مالک DG و بهره‌بردار شبکه منعقد می‌شود، مولد پراکنده اجازه تزریق توان به شبکه را نداشته باشد و صرفاً جهت تأمین بار محلی به صورت موازی با شبکه بکار گرفته شود و یا برای تزریق توان به شبکه یک سقف مشخص تعیین شده باشد که مولد پراکنده بیشتر از آن مقدار اجازه تزریق توان به شبکه را نداشته باشد، باید از یک رله توان معکوس و یا حداقل توان که با شماره ۳۲ در استانداردهای حفاظتی مشخص می‌شود، استفاده گردد تا در صورتیکه بار محلی به هر دلیلی از



شبکه جدا گردید، سقف تزریق توان توسط مولد به شبکه کنترل شود و اجازه تزریق توان به مولد بیش از حد مجاز داده نشود. در صورتی که بار محلی وجود نداشته باشد و تمام توان تولیدی توسط مولد به شبکه تزریق شود نیازی به استفاده از رله توان معکوس جهت حفاظت سیستم اتصال نیست. (البته مالک DG ممکن است بمنظور حفاظت مولدهای خود در برابر موتوری شدن از رله‌ی توان معکوس استفاده کند تا در صورتی که توان تزریقی از سمت شبکه به سمت مولدها از یک مقدار مشخص بیشتر شد دستور قطع DG از شبکه را صادر نماید که در این راهنما مد نظر نیست و حفاظت ژنراتورها بر عهده مالک DG است).

جدول (۲-۵۰) رله های الزامی مورد نیاز و پیشنهادی مورد نیاز این طرح را نشان می دهد.

جدول (۲-۵۰): حفاظت‌های مورد نیاز در نقطه PCC برای DG غیر اینورتری کلاس ۵ و طرح اتصال ۵

تجهیزات اضافی پیشنهادی	حداقل تجهیزات الزامی مورد نیاز
رله جابجایی زاویه فاز (۷۸)	رله افت ولتاژ (۳۷)
رله توان راکتیو جهتی (۳۲R)	رله اضافه ولتاژ آنی و تاخیری (۵۹)
خطای کلید قدرت (۵۰BF)	رله افزایش و کاهش فرکانس (۸۱)
رله اضافه جریان جهتدار (۶۷)	رله توان معکوس (۳۳)
رله اضافه جریان جهتی زمین (۶۷G)	رله سنکرون چک (۲۵)
رله اضافه جریان جهتدار نوترال (۶۷N)	رله اضافه جریان آنی و معکوس زمانی (۵۰ / ۵۱)
رله بالانس ولتاژ (۶۰)	رله اضافه جریان آنی و تاخیری زمین (۵۰/۵۱N)
رله اضافه جریان کنترل شده با ولتاژ (۵۱V)**	اضافه جریان توالی فاز منفی (۴۶) یا قطع فاز (۴۶BC)
	توالی فاز ولتاژ (۴۷)
	رله اضافه ولتاژ زمین (۵۹G)*
	رله اضافه جریان کنترل شده با ولتاژ (۵۱V)**
	رله نرخ تغییرات فرکانس ROCOF (۸۱R)
	انتقال تریپ

*در صورتی که از ترانسفورماتور Dyn استفاده شود (آرایش مثلث در سمت فشار متوسط و آرایش ستاره در سمت فشار ضعیف)
**در این کلاس و طرح، حفاظت ۵۱V برای مولدهای بادی الزامی است و برای مولدهای سنکرون به عنوان حفاظت اضافی پیشنهاد می‌شود.
نکته: در خصوص ملاحظات و تنظیمات توابع حفاظتی به بخش‌های ۲-۵ و ۲-۶ مراجعه شود.

ظرفیت مولدهایی که در کلاس ۵ قرار می‌گیرند بین ۷ مگاوات تا ۲۵ مگاوات است. در طرح ۵ مولدها از طریق فیدر و ترانسفورماتور اختصاصی به اولیه پست فوق توزیع متصل می‌شوند. در برخی از موارد در طرح ۵ مولدها در داخل پست فوق توزیع نصب می‌شوند و بیشتر به‌منظور تولید و تزریق توان به شبکه مورد استغاده قرار می‌گیرند و دارای بار محلی نیستند.

در صورتی که مولدها دارای بار محلی نباشند و هدف تنها تولید و تزریق توان به شبکه است. در چنین مواردی در صورتی که به هر دلیلی کلید سر فیدر قطع شود، به دلیل اینکه هیچ مصرف کننده دیگری بر روی فیدر قرار ندارد،



به محض قطع کلید، ولتاژ و فرکانس در نقطه اتصال DG به شبکه از حدود مجاز فراتر خواهد رفت که تحریک رله‌های حفاظتی ولتاژی و فرکانسی را در پی خواهد شد که منجر به قطع مولدهای پراکنده از شبکه خواهد شد. اما اگر بار محلی وجود داشته باشد و مقدار دیماند آن یا حداکثر مصرف آن قابل توجه و در حد میزان تولید DG باشد، باید از رله‌های جابجایی فاز و ROCOF و سیستم انتقال تریپ بین کلید و کلید متصل کننده DG به شبکه جهت جداسازی DG از شبکه در صورت قطع کلید سرفیدر استفاده نمود. اما، چنانچه میزان حداکثر مصرف بار محلی کمتر از یک سوم تولید DG باشد، نیازی به استفاده از سیستم انتقال تریپ نیست و رله‌های ولتاژی و فرکانسی DG را از مدار خارج می‌کنند. همچنین حتماً باید از سیستم انتقال تریپ استفاده شود، چون اگر به هر دلیلی کلید به قطع شود و DG از مدار خارج نشود امکان اتصال غیر سنکرون مولدهای پراکنده به شبکه وجود دارد که این امر خسارات بسیار زیادی را به همراه خواهد داشت.

نکته قابل توجه دیگری که در هنگام طراحی سیستم حفاظتی در طرح ۵ باید به دقت مورد توجه قرار گیرد، نوع اتصال ترانسفورماتور متصل کننده DG به شبکه است. باید توجه داشت که برخی از توابع حفاظتی و طرح‌های حفاظتی بکار رفته در سیستم اتصال با توجه به نوع سیم‌بندی ترانسفورماتور تغییر می‌کنند.

در صورتی که ظرفیت ژنراتورهای سنکرون، از ۷ مگاوات تا ۲۵ مگاوات باشد، نیازمندی‌های سیستم حفاظتی بصورت زیر است:

- رله‌های ولتاژی و فرکانسی، رله‌های جریان زیاد و خطای زمین، رله‌های ROCOF و شیفت بردار ولتاژ، رله‌ی سنکرونایزینگ اتوماتیک برای هر مولد و رله‌ی سنکرون چک در محل PCC و در نهایت رله‌ی CBF برای کلید PCC (در صورت برقراری شرایط بحث شده در حالت قبل) الزامی هستند.
- رله اضافه جریان جهتی (۶۷) برای تمایز خطای قبل و بعد از PCC به کار می‌رود. استفاده از این رله در دو حالت توصیه می‌شود:

الف) تشخیص سریع خطا قبل از PCC اهمیت زیادی داشته باشد که این نیازمندی در محدوده‌ی توان بین ۷ تا ۲۵ مگاوات، بیشتر خود را نشان می‌دهد. زیرا خطای قبل از PCC (از نوع دوفاز و به ویژه سه فاز)، خطر ناپایداری گذرا را به همراه دارد. لذا می‌توان از رله‌ی جریان زیاد جهت دار در این حالت استفاده نمود و در صورت بروز خطای دو فاز یا سه فاز قبل از PCC، به سرعت کلید PCC و کلیه‌ی GCB ها را باز کرد.

ب) رله‌ی جریان زیاد PCC بایستی با اولین رله‌ی جریان زیاد بعد از PCC هماهنگ شود و نیز با اولین رله‌ی جریان زیاد موجود در شبکه‌ی مربوط به بار محلی هماهنگ شود. در صورتی که تنظیم جریان حد عملکرد با تنظیم زمانی رله‌ی جریان زیاد PCC در دو حالت فوق خیلی متفاوت باشد، می‌توان از یک رله‌ی جهتی استفاده نمود. جهت این رله به سمتی در نظر گرفته می‌شود که زمان عملکرد کمتری دارد.



- به دلیل بالا بودن مجموع توان مولدها، بایستی تا حد امکان این مولدها را بصورت متصل به شبکه توزیع نگه داشت. به عبارت دیگر حتی در حضور اتصال کوتاه در شبکه، نیاز است که تا مدت مشخصی، قابلیت Fault ride through برای مولدها در نظر گرفته شود. از طرف دیگر جریان خروجی مولد، با توجه به نوع ژنراتور و سیستم کنترلی مربوطه، به تدریج کاهش یابد. در چنین شرایطی، مدتی پس از بروز خطا، هم ولتاژ شبکه افت نموده است و هم جریان عبوری از مولد کاهش می یابد. بنابراین برای تشخیص خطا بر اساس رله های جریانی، باید از رله ای اضافه جریان محدود شده با ولتاژ (۵۱ V) استفاده شود.

- به دلیل بالا بودن مجموع توان مولدها، وقوع ناپایداری گذرا در مولدهای سنکرون می تواند تاثیر بسیار زیادی بر کیفیت توان شبکه گذاشته و حتی منجر به عملکرد نابجای رله های جریان زیاد موجود در شبکه شود. ضمن اینکه، آسیب شدیدی به مولدها می رساند. برای حل این مشکلات دو راه وجود دارد:

الف) استفاده از منطق های حفاظتی ساده و مناسب بر اساس رله های مورد استفاده در محل PCC که در صورت برقراری شرایط لازم برای ناپایداری گذرا، سریعاً مولدها را از مدار خارج نمایند. مثلاً می توان از روش های زیر استفاده نمود:

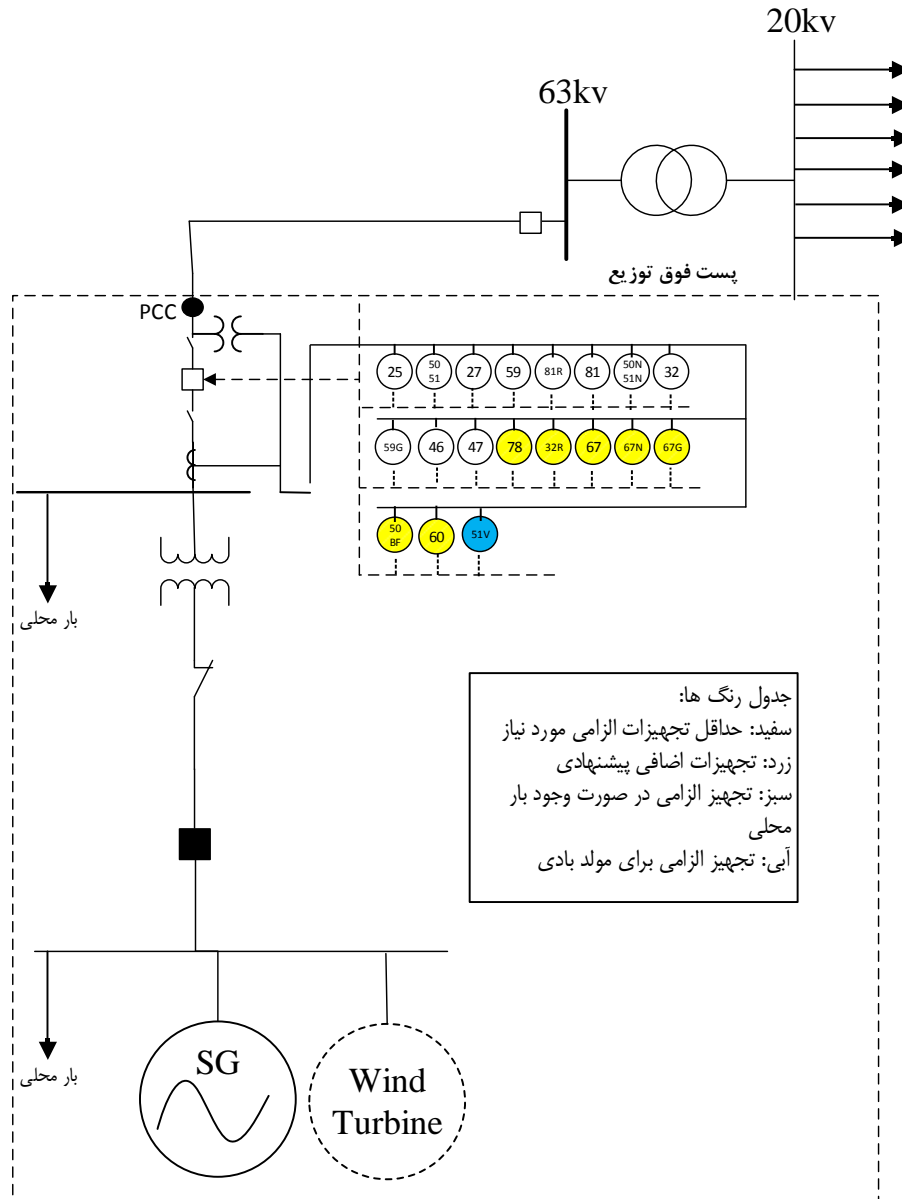
- منطق ۳ از ۳ برای رله های جریان زیاد با تنظیم جریان حد عملکرد مناسب

- منطق ۳ از ۳ برای رله های UV فاز به زمین یا ۲ از ۲ برای رله های فاز به فاز

ب) برای اطمینان بیشتر و به ویژه به عنوان رله پشتیبان منطق حفاظتی پیشنهادی فوق الذکر، می توان از رله ی خروج از هماهنگی (Out of step) نیز در محل PCC استفاده نمود.

در شکل (۲-۱۹) تجهیزات حفاظتی مربوط به حفاظت مولد غیر اینورتری کلاس ۵ و طرح اتصال ۵ مشاهده

می شود.



شکل (۲-۱۹): تجهیزات حفاظتی مولدهای غیر اینورتری طرح ۵-کلاس ۵

رله 51V هم به عنوان رله‌ی اضافی پیشنهادی برای مولد سنکرون و هم به عنوان رله‌ی الزامی مولد بادی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

۲-۳-۹-۲- تجهیزات قدرت و کنترلی

وجود تجهیزات کلیدزنی مورد نیاز شامل کلید مولد، کلیدهای قدرت و سکسیونر از ملزومات اصلی سیستم متصل‌کننده DG به شبکه بشمار می‌رود و حتماً بایستی با دقت انتخاب و در جای مناسب نصب شوند.



از آنجایی که منابع تولید پراکنده در هیچ یک از کلاس‌ها، در هنگام بهره‌برداری موازی با شبکه مجاز به تنظیم ولتاژ فعال در باس‌های شبکه نیستند، بنابراین، بهره‌برداری از این منابع در حالت موازی با شبکه در مد $\cos \varphi$ ثابت انجام می‌شود. یعنی ژنراتور توان اکتیو و راکتیو تولیدی خود را در ضریب توان ثابت به شبکه تحویل می‌دهد. در این حالت تنظیم ولتاژ بر عهده بهره‌بردار شبکه است.

۲-۳-۹-۳- تجهیزات مانیتورینگ و اندازه‌گیری

از آنجایی که ظرفیت مولدهای کلاس ۵ بین ۷ تا ۲۵ مگاوات است، بنابراین مطابق بخش ۹-۲۵ دستورالعمل اتصال منابع تولید پراکنده به شبکه باید برخی از پارامترها در سیستم اتصال DG به شبکه پایش و کنترل شود. سیگنال‌های مورد نیاز نیز به تفصیل در دستورالعمل مذکور ارائه شده است.

ملزومات مورد نیاز برای مانیتورینگ شامل موارد زیر می‌باشد:

- ترانسیدوسرها و ترانسفورماتورهای ولتاژ و جریان
 - پورت‌های ارتباطی برای بازیابی اطلاعات مورد نیاز
 - تجهیزات اندازه‌گیری و ثبت و نگهداری داده‌ها و اطلاعات و تله‌متری
 - RTU
 - تجهیزات مخابراتی مناسب جهت انتقال داده‌ها به مرکز دیسپاچینگ
- تعداد و مکان دستگاه‌های اندازه‌گیری بر اساس مفاد قرارداد بین مالک DG و بهره‌بردار شبکه توافق می‌شود. هنگامی که امکان فروش برق مازاد توسط DG به شبکه وجود دارد، لازم است مالک شبکه کنترلهایی را جهت ثبت انرژی ورودی (kWh(in)) و انرژی خروجی (kWh(out)) نصب کند.

به طور کلی دو حالت زیر را برای نصب لوازم اندازه‌گیری می‌توان مورد بررسی قرار داد:

الف- مولدهای خود تأمین و دارای بار محلی

- در صورتی که بار محلی از طریق همان ترانسفورماتوری که DG را به شبکه متصل کرده تغذیه شود، در این حالت به دلیل وجود تعرفه‌های مختلف برای خرید و فروش برق، بهره‌بردار یا باید از دو کنتور یک جهته مجزا، یکی در بالادست کلید ژنراتور و دیگری در بالادست کلید قطع بار استفاده نماید تا بتواند توان تولیدی و مصرفی را به صورت جداگانه اندازه‌گیری کند و یا از یک کنتور دو جهته در نقطه اتصال استفاده نماید که قابلیت اندازه‌گیری انرژی در هر دو جهت را داشته باشد، هم انرژی که DG به شبکه تزریق می‌کند و هم انرژی که از شبکه دریافت می‌کند.
- در صورتی که بار محلی از طریق یک ترانسفورماتور مجزا تغذیه شود، در این صورت، باید از دو کنتور یک طرفه مجزا، به ترتیب یکی برای اندازه‌گیری میزان مصرف و دیگری برای اندازه‌گیری میزان توان تزریقی توسط DG به شبکه استفاده می‌شود.

**ب: مولدهای بدون بار محلی**

در این حالت چون به صورت محلی انرژی مصرف نمی‌شود و تمام تولید به شبکه تزریق می‌شود، تنها استفاده از یک کنتور جهت قرائت میزان توان تزریقی توسط ژنراتور به شبکه کفایت می‌کند.

از آنجایی که در طرح ۵ از یک ترانسفورماتور اختصاصی جهت اتصال منابع تولید پراکنده به شبکه استفاده می‌شود و نقطه اندازه‌گیری در قسمت بالادست ترانسفورماتور می‌باشد، در نتیجه، کنتور به طور مستقیم نمی‌تواند ولتاژ سه‌فاز را اندازه‌گیری نماید.

جدول (۲-۵۱) حداقل تجهیزات قدرت و کنترلی، اندازه‌گیری و مانیتورینگ پیشنهادی در طرح (۵) و کلاس (۵) را نشان می‌دهد.

جدول (۲-۵۱): حداقل تجهیزات قدرت و کنترلی، اندازه‌گیری و مانیتورینگ پیشنهادی برای اتصال DG غیراینورتوری در کلاس (۵) طرح (۵)

تجهیزات اندازه‌گیری	تجهیزات مانیتورینگ	تجهیزات قدرت و کنترلی
کنتور	ترانسدیوسرها و ترانسفورماتورهای ولتاژ و جریان	AVR
ترانسفورماتور جریان	پورت‌های ارتباطی برای بازیابی اطلاعات مورد نیاز	کلید مولد
ترانسفورماتور ولتاژ	تجهیزات اندازه‌گیری و ثبت و نگهداری داده‌ها و اطلاعات	کلید قدرت
	و تله‌متری	سکسیونر
	RTU	
	تجهیزات مخابراتی مناسب جهت انتقال داده‌ها به مرکز	
	دیسپاچینگ	
	انتقال تریپ	

۲-۳-۱۰- نتیجه‌گیری

در جدول (۲-۵۲) حداقل تجهیزات حفاظتی الزامی برای اتصال منابع تولید پراکنده غیر اینورتوری در کلاس‌ها و طرح‌های مختلف آورده شده است. همچنین حداقل تجهیزات اندازه‌گیری، مانیتورینگ و قدرت و کنترلی برای اتصال منابع تولید پراکنده غیر اینورتوری مشابه جداول (۲-۲۶) تا (۲-۲۸) می‌باشد.



جدول (۲-۵۲): حداقل توابع حفاظتی الزامی مورد نیاز برای اتصال منابع تولید پراکنده غیر اینورتری در کلاس‌ها و طرح‌های مختلف

شماره تابع حفاظتی	کلاس‌های مختلف و طرح‌های اتصال آن‌ها به شبکه								
	کلاس ۱ (طرح ۱)	کلاس ۱ (طرح ۲)	کلاس ۲ (طرح ۲)	کلاس ۲ (طرح ۳)	کلاس ۳ (طرح ۳)	کلاس ۴ (طرح ۳)	کلاس ۴ (طرح ۴)	کلاس ۵ (طرح ۴)	کلاس ۵ (طرح ۵)
۲۷	*	*	*	*	*	*	*	*	*
۵۹	*	*	*	*	*	*	*	*	*
۵۱/۵۰	*	*	*	*	*	*	*	*	*
۸۱	*	*	*	*	*	*	*	*	*
۳۲	*	*	*	*	*	*	*	*	*
۲۵	*	*	*	*	*	*	*	*	*
۵۱/۵۰-N	*	*	*	*	*	*	*	*	*
۴۶	*	*	*	*	*	*	*	*	*
۴۷	*	*	*	*	*	*	*	*	*
۵۹G	*	*	*	*	*	*	*	*	*
*۵۱V	*	*	*	*	*	*	*	*	*
۸۱R	*	*	*	*	*	*	*	*	*
انتقال تریپ	*	*	*	*	*	*	*	*	*

* فقط برای مولدهای بادی الزامی است.

نکته: در خصوص ملاحظات و تنظیمات توابع حفاظتی به بخش‌های ۲-۵، ۲-۶ و ۲-۶ مراجعه شود.

۲-۴- ملاحظات کلی

در صورتی که چندین مولد پراکنده در شبکه حضور داشته باشند مطمئناً حضور این مولدها در شبکه بر پارامترهای شبکه و نحوه شارش توان و جریان در شبکه تأثیرگذار خواهد بود و عملکرد سایر مولدهای موجود در شبکه را تحت تأثیر قرار خواهد داد. به طور کلی، جمع‌بندی ارائه شده در این بخش هم در مورد حضور یک مولد پراکنده در شبکه مصداق دارد و هم برای حضور چند مولد در شبکه. نتایج مطالعات فنی نظیر مطالعات پخش بار، اتصال کوتاه، هماهنگی حفاظتی و ... تعیین‌کننده تمهیداتی است که باید برای اتصال منابع تولید پراکنده به شبکه در نظر گرفته شود و چنانچه در شرایط حضور چندین مولد پراکنده در شبکه لزومی بر در نظر گرفتن وجود یک تجهیز جانبی خاص جهت اتصال مولد به شبکه باشد بایستی حتماً در نظر گرفته شود و تنظیمات مناسبی برای تجهیزات مورد نظر لحاظ گردد. در

چنین مواردی باید زیرساخت ارتباطی مناسب جهت مانیتورینگ همزمان چندین مولد پراکنده توسط شرکت برق در نظر گرفته شود و زیرساخت مورد استفاده در شبکه برق قابلیت ارتقاء و توسعه پذیری داشته باشد تا چنانچه در آینده امکان اتصال مولدهای پراکنده بیشتری به شبکه فراهم گردید از نقطه نظر تجهیزات مانیتورینگ مشکلی ایجاد نگردد.

با توجه به اینکه محل اتصال کوتاه در شبکه توزیع توسط DG نیز تغذیه می‌شود، بنابراین برای اطمینان از قطع سریع جریان و کاهش تبعات حاصل از عبور جریان خطا توصیه می‌شود به موارد زیر در طراحی سیستم حفاظتی توجه شود:

➤ تغذیه کمکی سیستم حفاظتی منبع تولید پراکنده:

توصیه می‌شود تغذیه مدار فرمان و کلید نقطه اتصال مشترک با ولتاژ DC انجام شود تا به هنگام افت ولتاژ شدید ناشی از اتصال کوتاه سیستم حفاظتی قادر به بازکردن کلید و رفع سریع خطا باشد.

➤ بکارگیری مسیرهای متفاوت در مدارات حفاظتی:

توصیه می‌شود فرمان قطع هر یک از رله‌های DG ، رله ترانسفورماتور واسط و رله نقطه اتصال مشترک از طریق دو مدار جداگانه به کلیدهای مربوطه منتقل گردد. ضمناً در صورتی که برای حفاظت مولد و نقطه اتصال مشترک از دو نوع رله استفاده شده باشد، توصیه می‌شود فرمان قطع یکی از آنها از طریق مدار تریپ اول و فرمان قطع رله دوم نیز از طریق مدار تریپ دوم منتقل شود. با این روش اطمینان حاصل می‌شود که در صورت بروز مشکل در یکی از مدارهای حفاظتی یا تغذیه کمکی آنها، مدار دوم قادر به ارسال فرمان تریپ به کلید خواهد بود.

۲-۵- ملاحظات توابع حفاظتی

در خصوص توابع و تجهیزات حفاظتی ذکر شده در بخش‌های ۲-۲ و ۲-۳ فوق، موارد زیر باید مد نظر قرار گیرد:

- در این راهنما، هدف بررسی حداقل تجهیزات حفاظتی مورد نیاز در سیستم اتصال DG به شبکه در نقطه PCC است. به عبارت دیگر هدف حفاظت شبکه در برابر تأثیرات ناشی از DG است و طرح‌های حفاظتی که در این راهنما ارائه می‌شود، تضمینی برای حفاظت مولد تولید پراکنده



- نیست. مسئولیت حفاظت از DG بر عهده مالک DG است و مالک DG باید برای حفاظت مولدهای خود در برابر اغتشاشات مختلف حفاظت‌های لازم را پیش‌بینی نماید.
- برای تمامی مواردی که از رله حفاظتی مجزا برای حفاظت نقطه PCC استفاده می‌شود، باید حفاظت‌های Lockout (۸۶) و نظارت مدار تریپ (TCS)^۱ به کار رود.
 - در صورت استفاده از حفاظت جابجایی فاز (۷۸) باید دقت شود که این حفاظت در شرایط حالت گذرای شبکه عملکرد کاذب نداشته باشد.
 - به طور کلی، از توابع حفاظتی ROCOF (۸۱R) و جابجایی فاز (۷۸) و سیستم انتقال تریپ تنها زمانی جهت آشکارسازی جزیره استفاده می‌شود که میزان بار سیستم نزدیک به میزان تولید DG باشد و رله‌های ولتاژی و فرکانسی قادر به تشخیص جزیره نباشند. البته استفاده از حفاظت ROCOF (۸۱R) برای مولدهای کلاس ۴ و ۵ و استفاده از سیستم انتقال تریپ برای مولدهایی که با طرح اتصال ۴ و ۵ به شبکه متصل می‌شوند، الزامی است.
 - نکته‌ای که در هنگام طراحی سیستم حفاظتی باید به دقت مورد توجه قرار گیرد، نوع سیم‌بندی ترانسفورماتور متصل‌کننده DG به شبکه است. برخی از توابع حفاظتی و طرح‌های حفاظتی با توجه به نوع سیم‌بندی ترانسفورماتور تغییر می‌کنند. در صورت استفاده از ترانسفورماتور Dyn برای اتصال DG به شبکه، که در آن سمت فشار متوسط ترانسفورماتور متصل‌کننده DG به شبکه دارای اتصال مثلث است، علاوه بر حفاظت‌های ذکر شده در بخش‌های مذکور، به‌منظور آشکارسازی خطاهای تکفازی که در سمت شبکه رخ می‌دهند، از سه ترانسفورماتور ولتاژ تکفاز که اولیه آنها به صورت ستاره زمین‌شده و ثانویه آنها دارای اتصال مثلث باز است و توسط رله ۵۹G بسته می‌شود که این مورد در شکل ۲-۴ نشان داده شده است.
 - حفاظت اضافه ولتاژ آنی (۵۹I) که منطبق بر منطق ۱ از ۳ است (یعنی این حفاظت در هر یک از سه فاز که فعال شد، منبع تولید پراکنده تریپ سه فاز دهد) جهت تشخیص پدیده فرورزناس استفاده می‌شود. مقدار حد عملکرد این واحد حفاظتی برابر ۱,۳ پریونیت توصیه می‌شود. همچنین منطق ریست شدن این واحد حفاظتی باید تاخیری باشد.

¹ Trip Circuit Supervision



۶-۲- تنظیمات توابع حفاظتی

در کنار موارد بیان شده در بخش‌های ۲-۲ تا ۵-۲ فوق، نحوه تنظیم توابع و تجهیزات حفاظتی مذکور به شرح زیر می‌باشد:

(۱) حفاظت‌های ۲۷ (افت ولتاژ) و ۵۹ (اضافه ولتاژ):

- برای منابع تولید پراکنده‌ای که به سطح ولتاژ فشار ضعیف متصل می‌شوند، یعنی طرح‌های اتصال ۱ و ۲: بر اساس جدول ۱۲ دستورالعمل اتصال منابع تولید پراکنده به شبکه
- برای منابع تولید پراکنده‌ای که از طریق ترانسفورماتور به سطح ولتاژ فشار متوسط یا فشار قوی متصل می‌شوند، یعنی طرح‌های اتصال ۳، ۴ و ۵: بر اساس جداول ۱۲ تا ۱۷ دستورالعمل اتصال منابع تولید پراکنده به شبکه و با توجه به گروه عملکردی I، II یا III (مطابق دسته‌بندی عملکردی در شرایط غیرعادی بخش ۳-۶ دستورالعمل اتصال منابع تولید پراکنده به شبکه)

(۲) حفاظت ۸۱ (افزایش/کاهش فرکانس):

- برای منابع تولید پراکنده‌ای که به سطح ولتاژ فشار ضعیف متصل می‌شوند، یعنی طرح‌های اتصال ۱ و ۲: بر اساس جدول ۱۸ دستورالعمل اتصال منابع تولید پراکنده به شبکه
- برای منابع تولید پراکنده‌ای که از طریق ترانسفورماتور به سطح ولتاژ فشار متوسط یا فشار قوی متصل می‌شوند، یعنی طرح‌های اتصال ۳، ۴ و ۵: بر اساس جداول ۱۸ و ۱۹ دستورالعمل اتصال منابع تولید پراکنده به شبکه و با توجه به گروه عملکردی I، II یا III (مطابق دسته‌بندی عملکردی در شرایط غیرعادی بخش ۳-۶ دستورالعمل اتصال منابع تولید پراکنده به شبکه)

(۳) حفاظت ۳۲ (توان معکوس یا حداقل توان): چنانچه در قراردادی که بین مالک DG و مالک شبکه منعقد می‌شود، منبع تولید پراکنده اجازه تزریق توان به شبکه را نداشته باشد و صرفاً جهت تأمین بار محلی به صورت موازی با شبکه بکار گرفته شود، و یا برای تزریق توان تولیدی توسط DG به شبکه یک سقف مشخص تعیین شده باشد که منبع تولید پراکنده بیشتر از آن مقدار اجازه تزریق توان به شبکه را نداشته باشد، باید از این حفاظت استفاده شود و به گونه‌ای تنظیم گردد تا در صورتیکه بار محلی به هر دلیلی از شبکه جدا گردید، سقف تزریق توان توسط مولد به شبکه کنترل شود و اجازه تزریق توان به مولد بیش از حد مجاز داده نشود. همچنین بر اساس قرارداد بین مالک DG و مالک شبکه، این حفاظت برای محدود کردن مصرف توان اکتیو از



شبکه باید مورد استفاده قرار گیرد تا در صورتیکه توان مصرفی در نقطه PCC از حد تعیین شده در قرارداد بین مالک DG و مالک شبکه بیشتر شد، فرمان قطع به کلید PCC ارسال شود. تأخیر ۱۰ ثانیه هم جهت جلوگیری از عملکرد کاذب در نظر گرفته شود.

(۴) حفاظت ۳۲R (توان راکتیو جهتی): این حفاظت به عنوان پشتیبان حفاظت قطع تحریک مولدهای غیراینورتی (تابع حفاظتی ۴۰) مورد استفاده قرار می‌گیرد تا در شرایط قطع تحریک، توان راکتیو کشیده شده توسط مولد از حد مجاز بیشتر نشود و مشکل ناپایداری ولتاژ برای شبکه به وجود نیاید. در نتیجه این تابع حفاظتی باید به گونه‌ای تنظیم شود که با حفاظت قطع تحریک مولد هماهنگ باشد. تأخیر ۲ ثانیه هم جهت جلوگیری از عملکرد کاذب در نظر گرفته شود.

(۵) حفاظت ۵۰/۵۱ (اضافه جریان):

○ حفاظت اضافه جریان در نقطه PCC باید به گونه‌ای تنظیم شود که برای خطاهایی که بین نقطه PCC و مولد رخ می‌دهد، با حفاظت اضافه جریان شبکه (بالادست نقطه PCC) هماهنگ باشد. یعنی به ازای این خطاها، حفاظت نقطه PCC زودتر از حفاظت شبکه عمل نماید.

○ بهتر است حفاظت اضافه جریان در نقطه PCC به گونه‌ای تنظیم شود که برای خطاهای سمت شبکه (بالادست نقطه PCC)، با حفاظت اضافه جریان مولد (و حفاظت اضافه جریان بار محلی در صورت وجود) هماهنگ باشد؛ یعنی به ازای این خطاها، حفاظت نقطه PCC زودتر از حفاظت مولد (و حفاظت بار محلی) عمل کند. البته در شرایط زیر نیازی به هماهنگی حفاظت‌های اضافه جریان نقطه PCC و مولد (و بار محلی) نیست:

الف) مولد دارای بار محلی نباشد، یا

ب) مولد دارای بار محلی باشد، ولی بهره‌برداری از DG به صورت جزیره‌ای جهت تغذیه بار محلی ضرورتی نداشته باشد.

(۶) حفاظت ۲۵ (سنکرون چک): بر اساس جدول ۱۱ دستورالعمل اتصال منابع تولید پراکنده به شبکه

(۷) حفاظت ۵۰N/۵۱N (اضافه جریان نقطه خنثی): مشابه آنچه برای حفاظت اضافه جریان (۵۰/۵۱) در بند ۵ فوق بیان شد، تنظیم این حفاظت باید به گونه‌ای انجام شود که با حفاظت‌های مشابه در سیستم (شبکه بالادست، مولد، بار محلی) هماهنگ باشد.

(۸) حفاظت ۴۶ (اضافه جریان توالی منفی) یا ۴۶BC (قطع فاز): با توجه به اینکه این تابع حفاظتی بر اساس جریان عمل می‌کند، باید با حفاظت اضافه جریان فاز هماهنگ باشد. به عبارت دیگر،



این حفاظت نباید زودتر از حفاظت اضافه جریان فاز عمل کند. همچنین میزان نامتعادلی شبکه نیز می‌بایست در تنظیم این تابع حفاظتی مد نظر قرار گیرد. توصیه می‌شود تأخیر این واحد برابر ۱۰ ثانیه در نظر گرفته شود.

۹) حفاظت ۴۷ (اضافه ولتاژ توالی منفی): این تابع حفاظتی برای تشخیص عدم تعادل ولتاژ و قطع فاز مورد استفاده قرار می‌گیرد. برای تنظیم این واحد مقادیر ۲۰ درصد ولتاژ نامی با تأخیر ۳ ثانیه پیشنهاد می‌شود.

۱۰) حفاظت ۵۹G (اضافه ولتاژ زمین): با توجه به اینکه این حفاظت در شبکه‌های زمین نشده برای تشخیص اتصال کوتاه فاز به زمین مورد استفاده قرار می‌گیرد، باید با حفاظت‌های اضافه جریان هماهنگ باشد و در نتیجه زمان تنظیم این تابع حفاظتی باید به اندازه کافی بزرگ باشد (به عنوان نمونه ۱ ثانیه).

۱۱) حفاظت ۸۱R (نرخ تغییرات فرکانس): این تابع حفاظتی باید به گونه‌ای تنظیم شود که در صورت قطع شبکه و جزیره‌ای شدن منبع تولید پراکنده، قادر به تشخیص آن باشد و فرمان قطع به کلید PCC صادر کند. بنابراین باید بر اساس حداقل عدم تطابق توان بین تولید DG و بار شبکه تنظیم شود. همچنین باید الزامات گذر از نرخ تغییرات فرکانس مطابق جدول ۲۱ دستورالعمل اتصال منابع تولید پراکنده به شبکه مد نظر قرار گیرد.

۱۲) حفاظت ۵۱۷ (اضافه جریان کنترل شده با ولتاژ): با توجه به اینکه در برخی شرایط ممکن است میزان جریان اتصال کوتاه به حدی نباشد که حفاظت اضافه جریان فعال شود، حفاظت ۵۱۷ (به عنوان پشتیبان حفاظت اضافه جریان فاز) مورد استفاده قرار می‌گیرد. در نتیجه این تابع حفاظتی باید به نحوی تنظیم شود که با حفاظت اضافه جریان فاز هماهنگ باشد. همچنین تنظیمات آن باید به گونه‌ای باشد که در حداقل ولتاژ مجاز سیستم (که اتصال کوتاهی رخ نداده است)، تریپ ندهد. در این راستا می‌بایست ملاحظات گذر از اغتشاشات ولتاژ بیان شده در بخش ۹-۱۲ دستورالعمل اتصال منابع تولید پراکنده به شبکه مد نظر قرار گیرد.

۱۳) حفاظت ۶۷ (اضافه جریان جهت‌دار): نحوه تنظیم این تابع حفاظتی مشابه حفاظت اضافه جریان (بند ۵ فوق) است و باید با حفاظت‌های مشابه در سیستم (شبکه بالادست، مولد، بار محلی) هماهنگ باشد. جهت این رله به سمتی در نظر گرفته می‌شود که نیاز به تشخیص سریع‌تر و زمان عملکرد کمتری است.



۱۴) حفاظت ۶۷N (اضافه جریان جهت‌دار زمین): مشابه آنچه در بندهای ۵ و ۱۳ فوق بیان شد، تنظیم این حفاظت باید به گونه‌ای انجام شود که با حفاظت‌های مشابه در سیستم (شبکه بالادست، مولد، بار محلی) هماهنگ باشد.