بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده برق و کامپیوتر

بررسی عملکرد روش‌های پسیو تشخیص جزیره‌ای شدن برای منابع پراکنده مبتنی بر اینورتر

پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی برق- قدرت

امیر محبوبی نژاد

اساتید راهنما

دکتر محمداسماعیل همدانی گلشن

دکتر محمد ابراهیمی

۱۳۹۰

دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده برق و کامپیوتر

پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد رشته‌ی مهندسی برق – قدرت آقای امیر محبوبی نژاد

تحت عنوان

بررسی عملکرد روش‌های پسیو تشخیص جزیره‌ای شدن برای منابع پراکنده مبتنی بر اینورتر

در تاریخ ۹۰/۲/۱۲ توسط کمیته‌ی تخصصی زیر مورد بررسی و تصویب نهایی قرار گرفت.

۱- اساتید راهنمای پایان‌نامه	دکتر محمد اسماعیل همدانی گلشن
	دکتر محمد ابراهیمی
۲- استاد مشاور پایان‌نامه	دکتر اسماعیل رک رک
۳- استاد داور	دکتر اکبر ابراهیمی
۴- استاد داور	دکتر احمدرضا تابش
سرپرست تحصیلات تکمیلی دانشکده	دکتر سید محمود مدرس هاشمی

خداوند را شاکرم که توانستم این دوره از دوران تحصیلم را به پایان برسانم. از پدر و مادر عزیزم که همواره من را حمایت کردند سپاسگزارم. از اساتید راهنمای بزرگوارم جناب آقای دکتر محمد اسماعیل همدانی گلشن و جناب آقای دکتر محمد ابراهیمی که انجام این پایان‌نامه با هدایت و راهنمایی‌های ارزنده ایشان میسر گردید، صمیمانه تشکر می‌نمایم. از جناب آقای دکتر رک رک که بدون راهنمایی های ایشان انجام پایان نامه ممکن نبود و همچنین جناب آقای دکتر اکبر ابراهیمی و جناب آقای دکتر تابش که داوری پایان نامه را برعهده داشتند تشکر می‌کنم. همچنین از زحمات جناب آقای دکتر مدرس هاشمی سرپرست تحصیلات تکمیلی دانشکده و سرکار خانم نکویی قدردانی می نمایم. برای تمام این عزیزان آرزوی سلامتی و موفقیت دارم.

کلیه‌ی حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات، ابتکارات و نوآوری‌های ناشی از تحقیق موضوع این پایان‌نامه متعلق به دانشگاه صنعتی اصفهان است.

تقدیم به :

پدر و مادر عزیزم

...

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فهرست مطالب ..... هشت

چکیده ۱

فصل اول: مقدمه

۱-۱ مزایا و اثرات نا مطلوب منابع پراکنده ۲

۱-۲ جزیره ای شدن منابع پراکنده ۳

۱-۳ دلایل جزیره ای شدن ۴

۱-۴ لزوم تشخیص و جلوگیری از جزیره ای شدن ۵

۱-۵ روند ارائه مطالب ۶

فصل دوم: مرور روشهای تشخیص جزیره ای شدن

۲-۱ روشهای محلی ۹

۲-۱-۱ روشهای پسیو تشخیص جزیره ای شدن ۹

۲-۱-۲ روشهای اکتیو جزیره ای شدن ۱۶

۲-۱-۳ تکنیکهای از راه دور ۲۹

فصل سوم: تشخیص جزیره ای شدن منابع پراکنده اینورتری با کنترل های مختلف

۳-۱ آنالیز برداری منابع اینورتری ۳۴

۳-۱-۱ توان راکتیو لحظه ای ۳۴

۳-۱-۲ کنترل جریان اینورترهای سه فاز ۳۸

۳-۲ تاثیر نوع کنترل منابع اینورتری روی تشخیص جزیره ای شدن ۴۰

۳-۲-۱ اینورتر کنترل شده در جریان ثابت ۴۲

۳-۲-۲ اینورتر با توان اکتیو و توان راکتیو ثابت ۴۴

۳-۲-۳ کنترل اینورتر با ولتاژ و توان ثابت ۴۷

۳-۳ همزمان سازی بین منبع و شبکه ۵۰

۳-۳-۱ روش عبور از صفر ۵۱

۳-۳-۲ حلقه فاز قفل شده مبتنی بر تبدیل dq ۵۱

۳-۴ بررسی NDZ هر رابط ۵۲

۳-۴-۱ روابط تحلیلی برای NDZ ۵۳

فصل چهارم: اثر تزریق توان راکتیو روی تشخیص جزیره ای شدن منابع اینورتری

۴-۱ عملکرد ضریب توان واحد منبع پراکنده ۵۶

۴-۲ منبع پراکنده در حالت تامین بار راکتیو بار ۵۸

فصل پنجم: بررسی اثر مدل های بار روی تشخیص جزیره ای شدن

۵-۱ مدل های بار ۶۵

۵-۱-۱ مدل استاتیکی بار ۶۶

۵-۱-۲ بارهای دینامیکی ۶۹
۵-۲ بررسی اثر مدل های مختلف بار روی روشهای تشخیص جزیره ای شدن ۷۰
۵-۲-۱ معرفی سیستم تست و نوع کنترل اعمالی به منبع پراکنده ۷۰
۵-۲-۲ بررسی اثر مدل بار نمایی در مسأله تشخیص جزیره ای شدن ۷۱
۵-۲-۳ بررسی اثر مدل بار چند جمله ای (ZIP) در مسأله تشخیص جزیره ای شدن ۷۹
۵-۲-۴ محاسبه NDZ ۹۳
۵-۲-۵ مقایسه NDZ کنترل های توان ثابت و جریان ثابت در حضور بارهای استاتیکی ۹۸
۵-۳ نتیجه گیری ۹۹
فصل ششم: بررسی روش تشخیص براساس هارمونیک
۶-۱ آشکارسازی هارمونیک های ولتاژ و جریان ۱۰۱
۶-۱-۱ عیب روش تشخیص بر اساس هارمونیک ۱۰۶
۶-۱-۲ ارائه روشی برای برطرف کردن عیب روش تشخیص براساس THD ۱۰۸
فصل هفتم: نتیجه گیری و پیشنهادات
۷-۱ نتیجه گیری ۱۱۴
۷-۲ پیشنهادات ۱۱۶
مراجع ۱۱۷

چکیده

استفاده از منابع پراکنده علاوه بر مزایای فنی و اقتصادی، مشکلاتی را نیز برای سیستم به همراه خواهد داشت. یکی از این مشکلات، جزیره‌ای شدن غیرعمدی است. این حالت زمانی اتفاق می‌افتد که اتصال شبکه قدرت اصلی به سیستم توزیع قطع شود ولی منابع پراکنده همچنان به تغذیه بارهای محلی ادامه دهند. جزیره‌ای شدن غیرعمدی علاوه بر اینکه ممکن است به تجهیزات آسیب برساند می‌تواند خطراتی را نیز برای جان افراد ایجاد کند، بنابراین تشخیص و جلوگیری از وقوع این حالت دارای اهمیت است. نوع دیگر جزیره‌ای شدن، جزیره‌ای شدن عمدی است. در این حالت، منبع پراکنده به منظور افزایش قابلیت اطمینان سیستم به صورت جزیره‌ای عمل می‌کند و تغذیه بارهای حساس را بر عهده خواهد داشت. در این پایان‌نامه عملکرد برخی از روش‌های پسیو تشخیص جزیره‌ای شدن غیرعمدی در حضور منابع اینورتری مورد بررسی قرار گرفته است. تاثیر نوع کنترل اینورتر روی ناحیه غیر قابل تشخیص روش‌های پسیو ولتاژ و فرکانس بررسی شده است. این مطالعات برای هر دو حالتی که منبع در ضریب توان واحد کار می‌کند و یا به منظور اصلاح ضریب توان استفاده می‌شود انجام گرفته است. از دیگر عواملی که در مسئله تشخیص جزیره‌ای شدن موثرند نوع بار محلی است. در اکثر مطالعات تشخیص جزیره‌ای شدن، بار به صورت بار امپدانس ثابت مدل می‌شود. از آنجاییکه معمولا بارهای موجود روی فیدرهای توزیع به صورت ترکیبی از بارهای توان ثابت و امپدانس ثابت هستند، در این پایان‌نامه از مدل بار چندجمله‌ای وابسته به ولتاژ و فرکانس برای مطالعات تشخیص جزیره‌ای شدن استفاده شده است و اثر پارامترهای مختلف آن روی ناحیه غیرقابل‌تشخیص نشان داده شده است. یکی دیگر از روشهای پسیو تشخیص جزیره‌ای شدن، روش تشخیص بر اساس هارمونیک‌ها می‌باشد. این روش جزیره‌ای شدن را با اندازه‌گیری اعوجاج هارمونیکی ولتاژ و مقایسه آن با آستانه‌های تعیین شده توسط استانداردها تشخیص می‌دهد. این روش برخلاف روش‌های پسیو مبتنی بر ولتاژ وفرکانس ممکن است در حالت‌هایی که بار محلی و خروجی اینورتر با یکدیگر تطبیق دارند نیز به درستی عمل کند. راه اندازی بارهایی نظیر یکسوکننده‌ها و موتورهای القایی سبب افزایش ناگهانی اعوجاج هارمونیکی در سیستم می‌شود و در نتیجه موجب تشخیص اشتباه این روش با حالت جزیره‌ای می‌شود. برای رفع این مشکل روشی براساس تزریق توان‌راکتیو منبع ارائه شده است.

کلمات کلیدی: ۱- منابع پراکنده مبتنی بر اینورتر ۲- تشخیص جزیره‌ای شدن ۳- روش‌های پسیو۴- مدلهای بار استاتیکی ۵- روش تشخیص بر اساس هارمونیک

فصل اول
مقدمه

به طور کلی به منابع انرژی کوچکی که به سطوح ولتاژ فشار ضعیف و فشار متوسط شبکه توزیع متصل می‌شوند، تولیدات توزیع شده[1] اطلاق می‌شود. این منابع با عنوان تولیدات پراکنده[2] نیز شناخته می‌شوند. واحد های تولید پراکنده به سرعت در حال رشدند و برای تغذیه ی توان به شبکه و بار های محلی به شبکه توزیع متصل می‌شوند. اتصال این واحدها به سیستم توزیع مزایایی از نظر فنی،زیست محیطی و اقتصادی دارد. این منابع از انرژی های تجدید پذیر نظیر انرژی خورشیدی، باد، پیل های سوختی و همچنین انرژی های آبی و جذر و مد استفاده می‌کنند. نفوذ بالای منابع پراکنده (بیش از ۲۰ درصد) در سیستم اثرات قابل توجهی روی عملکرد، کنترل، حفاظت و قابلیت اطمینان سیستم قدرت می‌گذارند[۱و۲]. بنابراین مشخص کردن نیازمندی های فنی برای اتصال منابع پراکنده و حل مشکلات آنها مسایل مهمی برای توسعه این منابع می‌باشد.

۱-۱ مزایا و اثرات نا مطلوب منابع پراکنده

از مزایای منابع پراکنده می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

---

[1] Distributed Generation
[2] Dispersed Generation

- کاهش انتشار گاز دی اکسید کربن با به کاربردن منابع انرژی تجدید پذیر
- افزایش توان قابل دسترس و قابلیت اطمینان
- افزایش ظرفیت رزرو در سیستم
- بهبود کیفیت توان
- کاهش تلفات سیستم
- به تعویق انداختن سرمایه‌گذاری در سیستم‌های انتقال و توزیع
- صرفه‌جویی در منابع طبیعی مورد نیاز نیروگاه‌های بزرگ (به ویژه آب)
- پشتیبانی از شبکه
- ایجاد رقابت بیشتر بین تولیدکنندگان انرژی الکتریکی
- تولید همزمان حرارت و توان الکتریکی[۳و۴].

با وجود مزایایی که برای منابع پراکنده ذکر شد، استفاده از این منابع در سیستم اثرات نامطلوبی نیز در پی خواهد داشت. در ادامه برخی از مهمترین آنها ذکر خواهد شد:

- اختلال در عملکرد ادوات حفاظتی سیستم توزیع
- افزایش و کاهش سطوح خطا با قطع و وصل منابع پراکنده
- جزیره‌ای شدن غیرعمدی[1]
- ممانعت از وصل مجدد اتوماتیک
- پایداری حالت گذرای سیستم
- تزریق هارمونیک‌ها به سیستم[۵].

با توجه به موارد گفته‌شده، اتصال منابع پراکنده به سیستم قدرت نیازمند تغییراتی در ساختار و روش‌های بهره‌بردار ی این منابع و سیستمی است که منبع پراکنده به آن متصل می‌شود.

۱-۲ جزیره ای شدن منابع پراکنده

جزیره‌ای شدن یا فقدان شبکه[2](LOG) اصلی زمانی اتفاق می‌افتد که بخشی از سیستم که هم شامل بار و

[1] Unintentional Islanding
[2] Loss Of Grid

هم منابع پراکنده است از بقیه‌ی سیستم جدا شود و همچنان به کارش ادامه دهد. این پدیده یکی از مهم‌ترین چالشهای سیستم‌های قدرتی است که شامل منابع پراکنده می‌باشند. جزیره‌ای شدن معمولا در سمت فشار ضعیف سیستم‌های توزیع اتفاق می‌افتد. جزیره‌ای شدن به صورتهای عمدی[1] و غیرعمدی می‌تواند باشد. جزیره‌ای شدن عمدی در مواردی است که عملکرد مستقل منبع پراکنده مورد نظر باشد و برنامه‌ریزی قبلی برای تشکیل جزیره وجود داشته باشد. این نوع جزیره‌ای شدن برای تغذیه بارهای حساس در مواقع از دست رفتن شبکه می‌باشد[۶]. جزیره‌ای شدن عمدی کیفیت شاخص‌های تغذیه و قابلیت اطمینان را بهبود می‌بخشد[۷]. جزیره‌ای شدن غیرعمدی زمانی اتفاق می‌افتد که کلید متصل‌کننده شبکه به منبع پراکنده و بارها قطع شود و منبع پراکنده همچنان توان به بارها تحویل دهد. استانداردها همچون استانداردهای IEEE این نوع جزیره‌ای شدن را مجاز نمی‌دانند و بایستی این حالت توسط حفاظت‌هایی که روی منبع پراکنده وجود دارد تشخیص داده شود و منبع پراکنده از سیستم جدا شود. در ادامه این پایان‌نامه جزیره‌ای شدن غیرعمدی مورد بررسی قرار خواهد گرفت و منظور از جزیره‌ای شدن، دراین پایان‌نامه جزیره‌ای شدن غیرعمدی می‌باشد.

۱-۳ دلایل جزیره ای شدن

جزیره‌ای شدن یک پدیده‌ی غیرقابل پیش‌بینی بوده و در نتیجه توسط عواملی که تحت کنترل نیستند به وجود می‌آید. از مهمترین این عوامل می‌توان موارد زیر را بر شمرد:

- خطایی که توسط سیستم تشخیص داده می‌شود و موجب قطع کلیدها می‌شود اما این خطا توسط سیستم حفاظتی منبع پراکنده تشخیص داده نشود.
- قطع ناگهانی تغذیه سیستم به دلیل خرابی تجهیزات
- عملیات کلید زنی در سیستم و بارها
- قطع عمدی برق در نقاط مختلف شبکه و در پست برای تعمیرات
- خطاهای انسانی [۸].

[1] Intentional Islanding

۱-٤ لزوم تشخیص و جلوگیری از جزیره ای شدن

جزیره‌ای شدن یکی ازجنبه‌های حفاظتی سیستم قدرت است که وقوع آن علاوه بر اینکه ممکن است به تجهیزات شبکه ومصرف کنندگان آسیب برساند، ممکن است برای افراد نیز خطرناک باشد. از اینرو استانداردهایی تدوین شده‌اند که لزوم تشخیص و جلوگیری از این پدیده را بیان می‌کنند (به عنوان مثال IEEE std. 1547). مواردی که در ادامه خواهد آمد، به طور جامع‌تر زیان‌های ناشی از جزیره‌ای شدن را بیان می‌کنند:

- شبکه در این حالت ولتاژ و فرکانس را نمی تواند کنترل کند که این امر ممکن است موجب خسارت به تجهیزات مشتریان شود.
- شرکت های برق در مقابل خسارات الکتریکی وارده به مشتریان متصل به خطوط آنها که در اثر تجاوز ولتاژو فرکانس از محدوده مجازش حاصل می‌شود، مسئولند.
- جزیره ای شدن ممکن است برای پرسنل یا افراد خطر ساز باشد به این علت که ممکن است تصور شود خط بدون برق است در حالی که منابع به آن متصل است.
- وصل مجدد (ریکلوزینگ) شبکه به یک جزیره ممکن است باعث تریپ مجدد خط یا خسارت به منبع پراکنده و یا سایر تجهیزات به علت عدم سنکرونیزم بین دو سیستم شود.
- جزیره ای شدن ممکن است با سیستم اعاده اتوماتیک یا دستی شبکه تداخل کند.
- اضافه‌ولتاژهای بالا که به دلیل شیفت نقطه خنثی شبکه یا پدیده‌ی فرورزونانس به وجود می‌آید[۴ و۸ و۹].

موارد ذکر شده در بالا اهمیت موضوع را نشان می‌دهد و لزوم استفاده از حفاظت‌های مطمئن در برابر این پدیده را تایید می‌کند.

به منظور تشخیص و جلوگیری از جزیره‌ای شدن منابع پراکنده تاکنون روشهای (تکنیکهای) متنوعی تحت عنوان روشهای تشخیص جزیره‌ای شدن[1] یا روشهای ضد جزیره‌ای شدن[2] ارائه شده‌اند که در فصل‌های آینده به آنها اشاره خواهد شد.

در این پایان‌نامه روش‌های پسیو تشخیص جزیره‌ای شدن منابع پراکنده اینورتری مورد بررسی قرار گرفته است. تاثیر نوع کنترل این منابع روی مسئله تشخیص جزیره‌ای شدن نشان داده شده است. منابع اینورتری علاوه بر تغذیه

[1] Islanding Detection Methods
[2] Anti Islanding Methods

توان اکتیو می‌توانند به صورت جبران‌کننده توان‌راکتیو نیز عمل کنند. این حالت عملکرد، روی تشخیص جزیره‌ای شدن این منابع تاثیرگذار است. یکی دیگر از عوامل موثر در تشخیص جزیره‌ای شدن، نوع بار محلی است. در این پایان‌نامه رفتار منابع اینورتری در هنگام جزیره‌ای شدن با کنترل‌های مختلف و در حضور مدل‌های گوناگون بار مورد ارزیابی قرار گرفته است. با توجه به اینکه اینورترها در جریان خروجی‌شان تولید هارمونیک می‌کنند، می‌توان میزان تاثیر این هارمونیکها روی ولتاژ شبکه را به عنوان معیاری برای تشخیص جزیره‌ای شدن در نظر گرفت. اما این روش در صورت راه‌اندازی بارهایی نظیر یکسوکننده ها در تشخیص خود دچار اشتباه می‌شود. به منظور رفع این مشکل روشی ترکیبی براساس تزریق توان‌راکتیو ارائه شده است.

۱-۵ روند ارائه مطالب

در فصل دوم تعدادی از معروفترین روشهای تشخیص جزیره‌ای شدن منابع پراکنده و نحوه عملکرد آنها بیان خواهد شد.

از فصل سوم به بعد منابع پراکنده مبتنی بر اینورتر مورد بررسی قرار خواهد گرفت و چگونگی عملکرد روشهای پسیو تشخیص جزیره‌ای شدن روی آنها بررسی خواهد شد.

در فصل سوم روش‌های مختلف کنترلی منابع اینورتری معرفی خواهد شد و تاثیر رابطهای کنترلی منابع اینورتری روی جزیره‌ای شدن مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

منابع اینورتری معمولا به گونه‌ای کنترل می‌شوند که توان راکتیو به سیستم تزریق نمی‌کنند. اما در بعضی موارد از آنها به صورت اصلاح‌کننده ضریب توان استفاده می‌شود و این امر در تشخیص جزیره‌ای‌شدن این منابع نیز تاثیرگذار است. در فصل چهارم تاثیر تزریق توان راکتیو روی تشخیص جزیره‌ای شدن مورد بررسی قرار خواهد گرفت. در این فصل یک روش اکتیو تشخیص جزیره‌ای شدن در حالتی که منبع توان راکتیو بار را جبران می‌کند برای کنترل‌های توان ثابت و جریان ثابت اجرا خواهد شد.

معمولا در شبکه‌های تستی که به منظور ارزیابی روشهای تشخیص جزیره‌ای شدن ارائه می‌شوند بارها به صورت امپدانس ثابت در نظرگرفته می‌شود. بارهای استاتیکی که توان آنها وابسته به دامنه ولتاژ و فرکانس می‌باشد نوع دیگری از مدل بار می‌باشند که در فصل پنجم جایگزین بارهای امپدانس ثابت خواهند شد و تاثیر آنها در تشخیص جزیره‌ای شدن بررسی خواهد شد.

یکی دیگر از روش‌های پسیو، روش تشخیص براساس هارمونیک‌های ولتاژ می‌باشد. این روش با وجود

اینکه روش ساده‌ای است و در بیشتر حالت‌های بارگذاری، جزیره‌ای شدن را تشخیص می‌دهد ولی در هنگام راه‌اندازی برخی از بارها در سیستم دچار اشتباه می‌شود. در فصل ششم برای برطرف کردن این مشکل روشی ارائه شده است که با استفاده از تزریق توان‌راکتیو تا حد قابل قبولی این مشکل را رفع می‌کند.

فصل دوم
مرور روشهای تشخیص جزیره ای شدن

در بخش اول به معرفی مشکلات ناشی از جزیره‌ای شدن سیستم های شامل منـابع پراکنـده پرداختـه و لـزوم استفاده از حفاظت های مطمئن برای مقابله با آن بیان شد. لازم است این سیستم های حفاظتی به طور موثر جزیـره‌ای شدن را تشخیص دهند و به سرعت منبع پراکنده را از شبکه توزیع قطع کنند.

به طور کلی پایه اصلی تشخیص وضعیت جزیره‌ای یک منبع پراکنده، رصد پارامترهای خروجی منبـع و پارامترهـای سیستم و تشخیص وضعیت جزیره‌ای براساس تغییرات این پارامترها می‌باشد. روشـهای تشـخیص جزیـره‌ای شـدن را می‌توان به دو دسته کلی تقسیم نمود:

- روش‌های از راه دور[1]
- روش‌های محلی[2]

روش‌های محلی نیز به دو دسته پسیو و اکتیو تقسیم می‌شوند.

[1] Remote Techniques
[2] Local Techniques

۲-۱ روشهای محلی

روشهای محلی براساس اندازه‌گیری پارامترهای سیستم (ولتاژ، فرکانس و...) در مکانی است که منبع پراکنده نصب شده‌است. این نوع روشها به دو دسته تقسیم می‌شوند:

۲-۱-۱ روشهای پسیو تشخیص جزیره ای شدن

روش های پسیو، جزیره ای شدن را صرفا با رصد تغییرات پارامترهایی همچون ولتاژ و فرکانس سیستم تشخیص می‌دهند. تمایز بین وضعیت متصل به شبکه[1] و وضعیت جزیره‌ای، بر اساس تنظیم آستانه‌هایی[2] است که برای پارامترهای سیستم در نظر گرفته می‌شود. در تنظیم آستانه‌های عملکرد روشها بایستی دقت کافی داشت تا روش مورد نظر وضعیت جزیره‌ای را با سایر اغتشاشات[3] سیستم اشتباه نکند. روشهای پسیو سریع می‌باشند و اثری روی کیفیت توان سیستم ندارند اما این روشها ناحیه غیر آشکارشونده[4](NDZ)بزرگی دارند و ممکن است در تشخیص وضعیت جزیره‌ای دچار اشتباه شوند.

ناحیه غیر آشکار شونده: NDZ محدوده ای از توان بارهای محلی است که به ازای آن روش آشکار سازی جزیره ای شدن در تشخیص خود دچار اشتباه می‌شود. در واقع NDZ نقاط کور هر روش را مشخص می‌کند وبیشتر برای روش هایی که بر اساس حفاظت‌های ولتاژ و فرکانس[5] (OVP/UVP,OFP/UFP) عمل می‌کنند، تعریف می‌شود. NDZ بیشتر اوقات روی نمودار $\Delta Q - \Delta P$ نمایش داده می‌شود، اما می‌توان برحسب بارهای R,L,C نیز این معیار را بیان کرد. برای مشخص کردنNDZ باید آستانه‌های دامنه ولتاژ و فرکانس مجاز که براساس استانداردها تعیین می‌شود وهمچنین نوع رابط کنترلی اینورتر مشخص باشد.منظور از جمله آخر اینست که باید دانست که اینورتر در چه حالت کنترلی کار می‌کند. شکل ۲-۱ یک NDZ نوعی برای روش پسیو مورد بررسی را نشان می‌دهد.

قبل از معرفی روشهای تشخیص جزیره‌ای شدن، ذکر دو نکته ضروری است:

نکته ۱ : به طور معمول بار محلی (بار درون جزیره) به صورت RLC موازی مدل می‌شود. دلیل این است که اکثر روش‌های تشخیص جزیره‌ای شدن در حالت‌هایی که میزان مصرف بار و خروجی منبع پراکنده با یکدیگر

---

[1] Grid Connected
[2] Threshold
[3] Disturbance
[4] Non Detection Zone(NDZ)
[5] Under/Over Voltage and Under/Over Frequency

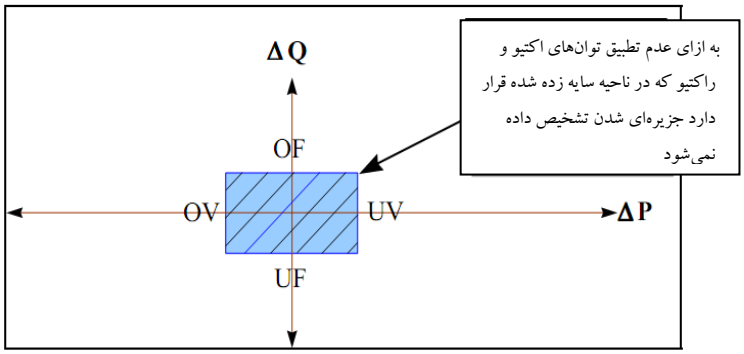
تطبیق دارند دچار مشکل می‌شوند و با استفاده از بار RLC ثابت می‌توان این وضعیت را به سادگی اجرا نمود. عموما بارهای غیر خطی یعنی بارهایی که هارمونیک زا هستند یا بارهای توان ثابت در تشخیص جزیره ای شدن مشکلات کمتری نسبت به این نوع بار ایجاد می‌کنند. به علاوه بسیاری از بارها در لحظات اولیه پس از اختلال که عملکرد روشهای آشکارسازی نیز در این لحظات مهم است، به صورت RLC رفتار می‌کنند[۸].

به طور خاص بارهای RLC با ضریب کیفیت Q بالا در آشکارسازی جزیره ای شدن مشکل ساز هستند. ضریب Q به صورت زیر تعریف می‌شود :

$$Q = R\sqrt{\frac{C}{L}} \qquad ۱-۲$$

این پارامتر نسبت انرژی ذخیره شده به تلفات را در مدار RLC نشان می دهد[۸].

نکته ۲ : درتمام روشهایی که در ادامه مورد بررسی قرار خواهد گرفت (روش هایی که در مورد منابع اینورتری می‌باشد)، عملکرد اینورترها در ضریب توان واحد (عدم تزریق توان راکتیو) فرض می‌شود.



۲-۱-ناحیه غیر آشکارشونده در صفحه توان اکتیو و راکتیو[۸].

تاکنون روشهای پسیو گوناگونی ارائه شده اند که برخی از آنها در ادامه توضیح داده خواهد شد:

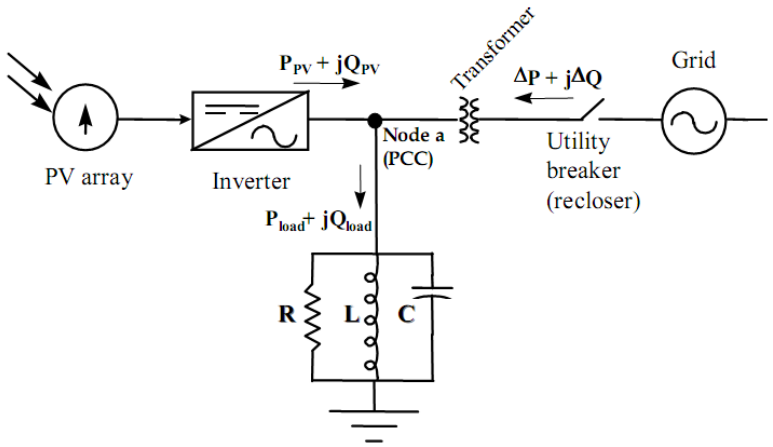
الف) روش تشخیص بر اساس دامنه ولتاژ و فرکانس

این روش یکی از ساده‌ترین روشهای پسیو تشخیص جزیره‌ای شدن می‌باشد. در این روش همه‌ی منابع پراکنده متصل به شبکه لازم است حفاظت OVP/UVP,OFP/UFP را داشته باشند تا اگر دامنه ولتاژ و فرکانس در شبکه از حدود مجاز خارج شد تغذیه توان از طرف منابع پراکنده را متوقف کند. این حفاظت ها، حفاظت های موثری برای منابع پراکنده کوچک هستند و معمولا سطح قابل قبولی از حفاظت را فراهم می‌کنند. اما اگر تغییر بار متناظر با وقوع جزیره‌ای شدن توسط سیستم کنترل منابع پراکنده بتواند جبران شود(منابع پراکنده بزرگ) و ولتاژ و

فرکانس را در سطح مجاز نگه دارد این روش ها دیگر جوابگو نیستند. این روش های حفاظتی تجهیزات مصرف کنندگان را محافظت کرده و در ضمن به صورت روش های ضدجزیره‌ای شدن نیز عمل می کنند (باید توجه داشت که این روش‌ها هم با استفاده از رله‌های ولتاژ و فرکانس و هم با استفاده از نرم‌افزار قابل اجرا می‌باشد). این حفاظت‌ها بسیار مهم می‌باشند و نه تنها خود به عنوان روش های ضد جزیره‌ای شدن به‌کار می‌روند بلکه پایه واساس تعدادی از روش های دیگر نیز می‌باشند.

شبکه ی شکل ۲-۲ را در نظر بگیرید. منظور از PV array سلولهای فتو ولتایی هستند که یک منبع DC را شکل می‌دهند. البته موضوع کلی است و بستگی زیادی به نوع منبع تولید کننده ولتاژ DC ندارد بلکه این عملکرد اینورتر و کنترل‌های آن است که بسیار موثر است.

باس a نقطه ی کوپلاژ مشترک[1] شبکه است. زمانی که کلید قدرت(ریکلوز) بسته و شبکه متصل باشد توان حقیقی و راکتیو $P_{PV} + jQ_{PV}$ از طرف منبع پراکنده به گره a تزریق می‌شود و $P_{load} + jQ_{load}$ از گره a به طرف بار جریان می یابد.



شکل۲-۲-شبکه تست شامل اینورتر و سیستم قدرت[۸]

اعمال kcl در گره a نتیجه زیر را در بر دارد :

$$\Delta P = P_{load} - P_{PV} \qquad ۲-۲$$

$$\Delta Q = Q_{load} - Q_{PV} \qquad ۳-۲$$

که ΔP و ΔQ آن قسمت از توان بار است که از طرف شبکه به بار تحویل داده می‌شود.

[1] Point Of Common Coupling

به محض وقوع جزیره ای شدن مقدار انحراف در ولتاژ و فرکانس به ترتیب بستگی به اندازه عدم تطبیق[1] در توان های اکتیو و راکتیو دارد، به عبارتی رفتار سیستم پس از جزیره ای شدن بستگی به ΔP و ΔQ قبل از قطع شبکه دارد.

در مواردی که عدم تطبیق توان چشمگیر باشد توسط OVP/UVP,OFP/UFP جزیره ای شدن تشخیص داده می‌شود. به طور کلی رصد کردن ولتاژ و فرکانس علاوه بر کاربرد حفاظتی در سیستم‌های کنترلی این منابع نیز مورد نیاز می‌باشند. همچنین روش‌هایی وجود دارند که به صورتی عمل می‌کنند تا در ولتاژ وفرکانس انحراف ایجاد کنند و سپس از طریق این نوع حفاظت ها اینورتر را از مدار خارج کنند. این حفاظت ها روش هایی اقتصادی است (هم به عنوان روش تشخیص جزیره‌ای به کار می‌رود و هم با اضافه‌کردن امکانات سخت افزاری ناچیزی در سیستم کنترل منبع به کار می‌روند) وشبکه ها نیز از این روش های حفاظتی به منظور محافظت وسایل وتجهیزات متصل به فیدرهایشان استفاده می‌کنند. اما نقطه ضعف این روش ها NDZ نسبتا بزرگ آنها است، به علاوه زمانهای عکس العمل این روش ها متغیر وغیر قابل پیش بینی است[۸].

ب) روش تشخیص پرش فاز[2]

این روش براساس رصد اختلاف فاز بین ولتاژ ترمینال و جریان خروجی منبع پراکنده به ازای یک تغییر ناگهانی عمل می‌کند.تحت عملکرد عادی، سیستم کنترل اینورتر جریان را به گونه‌ای کنترل می‌کند تا اختلاف فاز بین ولتاژ و جریان خروجی اینورتر ناچیز باشد(عملکرد ضریب توان واحد اینورتر). این امر با آشکارسازی نقاط بالارونده و پایین‌رونده ولتاژ در نقطه عبور از صفر انجام می‌شود. سیستمی که عمل همزمان‌سازی را انجام می‌دهد حلقه قفل فاز[3] آنالوگ یا دیجیتال می‌باشد. برای اینورترهای منبع ولتاژ نقش ولتاژو جریان در بحث بالا عوض می‌شود.

برای اینورتر های منبع جریان، زمانی که شبکه قطع می‌شود، ولتاژ نقطه a(شکل ۲-۲) دیگر توسط شبکه پشتیبانی نمی‌شود، اما جریان خروجی اینورتر از آنجایی که این جریان هنوز از شکل موج الگوی فراهم شده توسط حلقه قفل فاز پیروی می‌کند ثابت می ماند. باید توجه داشت که برقراری سنکرونیسم بین V_a و جریان خروجی اینورتر فقط در نقاط عبور از صفر انجام می‌شود. بین نقاط عبور از صفر، اینورتر اساسا در مد حلقه باز کار می‌کند. بنابراین، جریان خروجی اینورتر است که مرجع ثابت فاز می‌شود. از آنجایی که فرکانس هنوز تغییر نکرده است،

[1] Mismatch
[2] Phase Jump Detection
[3] Phase Locked Loop