بسمه تعالی

دانشکده فنی و مهندسی

گروه مهندسی برق

عنوان:

مطالعه و بررسی روش های تشخیص جزیره ای در ریز شبکه های هوشمند

استاد راهنما:

دکتر رضا نوروزیان

پدیدآورنده:

فاطمه جوزی ۸۹۴۴۲۲۱۷

اردیبهشت ۱۳۹۴

تشکر و قدردانی:

وظیفه خود می دانم سپاسگزار استاد گرانقدر جناب آقای دکتر نوروزیان باشم که با تلاش های بی شائبه خود نه تنها در انجام این پایان نامه بلکه در دوره تحصیل مرا یاری نمودند،و به هنگام نیاز برای حل مشکلات از هیچ کمکی دریغ نورزیدند.

برای ایشان آرزوی سلامتی،موفقیت و سر بلندی را دارم.

چکیده:

حضور تولیدات پراکنده در شبکه توزیع مزایای متعددی را ایجاد کرده است .کشورهای در حال توسعه در صدد کاهش گازهای گلخانه ای هستند که تولیدات پراکنده راههای جذابی را برای این هدف فراهم می‌آورند .علاوه بر این، می‌توان از مزایایی چون پیک سائی، بهبود کیفیت توان و قابلیت اطمینان و بهبود کارایی سیستم قدرت را نام برد.

علیرغم مزایای مذکور، تعدادی چالش و مشکلات فنی، بهره برداری از تولیدات پراکنده را محدودمی‌کنند .حفاظت از تولیدات پراکنده در برابر پدید ه‌ی جزیره ای شدن الکتریکی (به اختصار جزیره الکتریکی) یکی از دغدغه‌های اصلی در بهره برداری از آن است .روش‌های مختلفی در شناسایی پدیده‌ی جزیره ای شدن پیشنهاد داده شده است، که مانند هر طرح حفاظتی دیگر دارای مزایا و معایب معین هستند .در طول از دست رفتن شبکه‌ی اصلی یا شرایط جزیره شدن، واحدهای تولیدات پراکنده (DG)[1] به برق دهی خود به بخشی از شبکه‌ی برق بدون اتصال به شبکه‌ی اصلی ادامه می‌دهند. در حال حاضر، واحدهای DG به محض این که جزیرگی تشخیص داده شد باید از شبکه‌ی اصلی جدا شوند تا از خطرات احتمالی برای پرسنل تعمیرات و تجهیزات، کیفیت توان ضعیف در شرایط جزیرگی و مسائل ریکلوزینگ جلوگیری شود.

لغات کلیدی: تولید پراکنده، عدم وجود حفاظت شبکه‌ی اصلی، تشخیص جزیرگی

[1] Distributed Generation

فهرست

فصل ۱ ..... ٦
پديده جزيره اي شدن ٦
فصل ۲ ..... ۱۲
مروری برشاخص‌هاي عملكردروش هاي تشخيص جزيره اي ۱۲
۲-۱-ناحيه‌ی عدم تشخيص (NDZ) ° ۱۳
۲ -۱-۱ فضاي عدم تطبيق توان ۱۳
۲-۲- زمان تشخيص ۱۵
۲–۳- نسبت تشخيص نادرست ۱۵
۲-٤-كيفيت توان ۱۵
۲–٥- بررسی شاخص های عملكرد در ارتباط با يكديگر ۱٦
فصل ۳ ..... ۱۷
روش هاي تشخصيص جزيره اي شدن(IDM) ۱۷
۳ –۱ رو شهاي شناسايي پديده‌ی جزيره اي شدن ۲۲
۳ -۱-۱ رو شهاي مخابراتي ۲۳
۲ - سيگنال قطع توليدي (SPD) ۲٥
۳-كنترل نظارتي و جمع‌آوري داده (SCADA) ۲٦
۳-۱-۱-۲-روش‌هاي هوشمند تشخيص جزيرگي ۲۷
A-اصول عملكرد ۲۸
A-۱-روش جزيرگي مبتني بر PMU ۲۸
A-۱-۱- روش اختلاف زاويه ۲۸
A-۱-۲-روش شتاب–لغزش: ۲۹
A-۲روش تشخيص جزيرگي مركزي (CID ۳۰
A-۳تشخيص جزيرگي كنترل شده‌ی پراكنده ۳۱
B. لينک مخابراتي ۳۲
C. تحليل مقايسه‌اي روش‌هاي تشخيص جزيرگي هوشمند ۳۳
۳-۱-۲ رو شهاي محلي ۳٤
۳-۱-۲-۱ روش‌هاي غيرفعال ۳٥
۱-تشخيص هارمونيک‌هاي ولتاژ و جريان (HD) ۳٥
۲- اضافه/افت ولتاژ و اضافه/افت فركانس (OVF/OUF) ۳٦
۳- نرخ تغييرات فركانس (ROCOF) ۳۷
٤ - نرخ تغييرات فركانس نسبت به توان (ROCOFOP) ۳۷
٥ - نرخ تغييرات توان خروجي (ROCOP) ۳۸
٦ - تشخيص پرش فاز (PJD) ۳۸
۷ - نامتعادلي ولتاژ (VU) ٤۰
۳-۱-۲-۲روش‌هاي فعال ٤۰

۱-تغییر فرکانس اکتیو (AFD) ٤٠
۲ - پرش فرکانس (FJ) ٤٢
۳ - تغییر فرکانس اکتیو با فیدبک مثبت (AFDPF) ٤٢
٤ - شیفت فرکانس سندیا (SFS) ٤٣
٥ - شیفت ولتاژ سندیا (SVS) ٤٤
٦ - شیفت فرکانس مد لغزشي (SMS) ٤٥
۷ - تغییرات توان اکتیو و راکتیو ٤٦
۸ - تزریق جریان توالي منفي ٤٦
۹ - سنجش امپدانس (IM) ٤٧
۱۰ - تشخیص امپدانس در فرکانس خاص ٤٧
فصل ٤ ..... ٤٩
٤-۱-ناحیه‌ی عدم تشخیص ٥٠
٤-۱-۱- فضاي عدم تطبیق توان ٥٠
٤-۱-۲-فضاي پارامتر $L\text{-}C_{norm}$ ٥٠
٤ -۱ -۳-فضاي پارامتر ضریب کیفیت نسبت به فرکانس رزونانس ٥١
٤ -۲-زمان تشخیص ٥١
٤ -۳-نسبت تشخیص نادرست ٥٣
٤ -٤ کیفیت توان ٥٥
٤ -٥ اثربخشي در حالت‌هاي چند-اینورتري ٥٥
٤ – ٦-بهبود عملکرد با ترکیب IDMها ٥٥
فصل ٥ ..... ٥٨
شبیه سازي ٥٨
٥ -۱- رله هاي نرخ تغییر فرکانسي یاROCOF : ٥٩
٥ -۲-عملکرد رله ROCOF: ٥٩
٥-۳ توضیح المان هاي شبیه سازي ٦١
٥-۳-٦-واحد بار ٦٧
٥-٥-توضیحات شبیه سازي رخداد پدیده جزیره ای ٧٣
نتیجه گیري ٨٨
منابع و ماخذ ٩٣

فصل ۱

پدیده جزیره ای شدن

۱-۱-پدیده ی جزیره ای شدن

در سال‌های اخیر، روش‌های تولید انرژی پراکنده به میزان زیادی مورد توجه قرار گرفته و توسعه یافته‌اند. انرژی‌های تجدیدپذیر در مقایسه با انرژی فسیلی گازهای گلخانه‌ای کم‌تری تولید می‌کنند. تولید پراکنده (DG)[۲]، به عنوان روشی اصلی برای استفاده از انرژی پراکنده، روشی موثر است. با استفاده از مایکروگرید، منابع تولید مختلف را می‌توان به عنوان یک سیستم انرژی هیبرید با هم مجتمع، و علاوه بر انرژی برق، گرمایش و سرمایش را فراهم کرد. راندمان انرژی‌های تجدیدپذیر نیز تا حد زیادی بهبود یافته است. به علاوه، روش‌های بهره‌برداری از تولیدات پراکنده نیز در مایکروگرید(ریزشبکه) بهبود یافته‌اند. DGهایی که مستقیما به شبکه‌ی اصلی وصل می‌شوند تاثیر منفی بزرگی می‌گذارند، چرا که اکثر منابع پراکنده وقفه‌دار بوده و این‌طور نیست که همواره توان ثابتی را ارائه دهند. منابع پراکنده باید در مایکروگرید به صورت ترکیبی بهره‌برداری شوند تا مکمل هم باشند. از طرفی مایکروگرید می‌تواند با این روش اثرات منفی که بر شبکه دارد را حذف کند، و از طرفی دیگر انواع مختلف منابع پراکنده، بارهای کنترل شده و بارهای عادی را می‌توان در این طرح شامل کرد، و وابستگی را به شبکه‌ی اصلی کاهش داد. از این رو، مایکروگرید بسیار مورد پسند بوده و به سرعت در حال پیشرفت است. به عبارتی دیگر، مایکروگرید مسیری حیاتی برای توسعه‌ی انرژی پایدار است. استراتژی‌ها به ازای دو حالت کاری مایکروگرید که متصل به شبکه یا جدا از شبکه باشد متفاوت هستند.

پدید ه‌ی جزیره ای شدن چالشی است که با اتصال تولیدات پراکنده به سیستم قدرت به وجود می‌آید. این پدیده اینگونه تعریف می‌شود: وضعیتی که در شبکه ای که در آن تولید پراکنده وسیستم توزیع به صورت

[۲] Distributed Generation

همزمان به تغذیه‌ی مجموعه ای از بارها می‌پردازند، سیستم توزیع قطع شود و به دنبال آن تولیدات پراکنده بدون اتصال به شبکه اصلی بار را تغذیه کند. این شرایط درشکل (۱) نشان داده شده است.

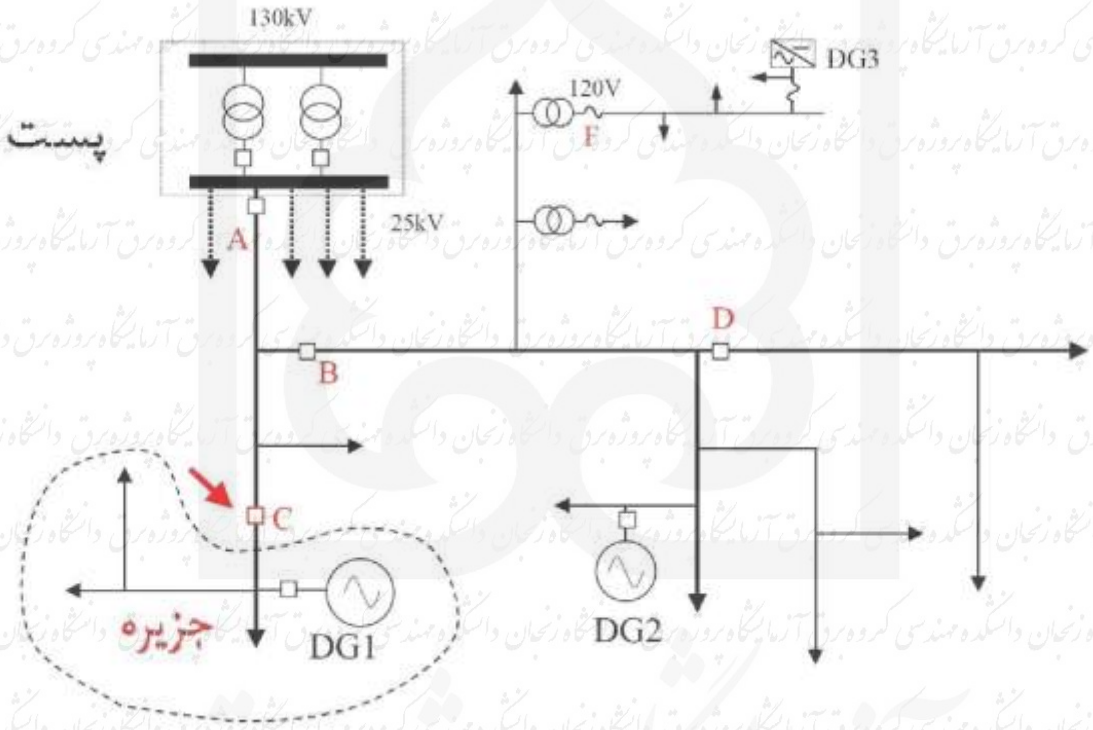
در این شکل با قطع فیوز C در شبکه توزیع، تولید پراکنده‌ی شماره‌ی یک به همراه بارهای محلی خود شبکه قدرت کوچک‌تری را تشکیل می‌دهد که هیچ کنترلی برای تنظیم ولتاژ و یا فرکانس آن نیست.

دلیل قطع سیستم توزیع یکی از موارد زیر است:

۱-کلید زنی‌های برنامه ریزی شده، برای مثال قطعی‌ها برای تعمیرات

۲-خطاها و اتصال کوتاه در سیستم قدرت و به تبع آن قطع شبکه بالا دست آن

۳-عیب و نقص در تجهیزات



شکل (۱-۱) شکل گیری حالت جزیره ای

و تحت استانداردهای موجود، جزیره ی اتفاقی قابل قبول نیست و بنابراین تولید پراکنده ی جزیره شده باید به سرعت از بار جدا شود .مشکلات زیر به دنبال رخداد جزیره ایجاد می‌شود

۱- غالباً متعاقب رخداد جزیره، فرکانس و ولتاژ جزیره تغییر می‌کند و بنابراین جزیره ناپایدارمی شود .این نوسان فرکانس و ولتاژ می‌تواند منجر به آسیب به بارهای موجود در جزیره شود.

۲- یک جزیره‌ی دارای انرژی ممکن است بر روی بازوصل عادی سیستم تأثیر منفی بگذارد. (برای مثال بر روی باز بست خودکار سیستم)

۳- باز بست بر روی یک جزیره ممکن است منجر به قطع دوبار ه‌ی خط و یا صدمه‌ی جدی به تولید پراکنده یا بارها شود، چون جریان هجومی از تولید پراکنده به علت اختلاف فاز و اختلاف ولتاژ عبور می‌کند.

٤- جزیره ممکن است خطراتی برای اپراتو رهای شبکه توزیع ایجاد کند .دلیل آن این است که جزئی از خط که قرار است بدون برق باشد، همچنان توسط تولید پراکنده تغذیه می‌شود.

۵-در هنگام جزیره احتمال بر هم خوردن هماهنگی حفاظتی در سیستم توزیع وجود دارد.

البته برخلاف جزیر ه‌ی تصادفی مذکور که دارای معایب فراوانی است، شرایطی هم با نام جزیر ه‌ی عمدی یا ریز شبکه وجود دارد که در آن تولید پراکنده با تغذیه‌ی جزئی از بار شبکه به تنهایی موجب بهبود قابلیت اطمینان سیستم توزیع می‌شود .بسته به مقدار عدم تعادل توان بین تولید پراکنده و بار محلی در شرایط جزیره (در شرایطی که کنترل کننده‌های ولتاژ یا فرکانس وجود ندارد)، فرکانس و ولتاژ از مقادیر نامی خود منحرف می‌شوند .افزایش مقدار عدم تعادل توان منجر به افزایش این انحراف از مقدار نامی می‌شود .بنابراین برای دست یافتن به عملکرد مستقل یا ریزشبکه‌ی تولید پراکنده، جزیره باید به سرعت شناسایی شود و سیستم کنترلی آن به صورتی تطبیق یابد که بتواند ولتاژ و فرکانس در جزیره را تنظیم کند.

بنابراین یکی از پیش نیازهای اصلی در بهره برداری از تولیدات پراکنده، مجهز بودن آن‌ها به یک روش سریع و دقیق شناسایی پدیده ی جزیره است .عموماً رو شهای شناسایی جزیره یااز کندی و یا از کاهش کیفیت توان شبکه رنج می‌برند.

شناسایی جزیره مانند تمام روش‌های حفاظتی دیگر باید قابل اطمینان باشد .قابلیت اطمینان یک روش باید ترکیبی از دو پارامتر را فراهم آورد

۱- قابلیت اتکا: به این معنا که تمامی شرایط خطا توسط روش حفاظتی قابل شناسایی باشد. یعنی روش حفاظت از تولید پراکنده در برابر جزیره بتواند در مدت زمان مورد نظر تمام حالات تشکیل جزیره را شناسایی و تولید پراکنده را از مدار خارج کند.

۲- امنیت: به این معنا که روش حفاظتی تنها باید خطای طراحی شده برای خود راشناسایی کند.

علاوه بر معیارهای مورد نظر برای یک حفاظت مناسب، روش شناسایی جزیره باید بتواند معیارهای زیر را نیز برآورده کند:

۱ – یک روش شناسایی مناسب، باید حداقل آسیب را برای کیفیت توان سیستم به دنبال داشته باشد.

۲ – یک روش شناسایی مناسب باید در شرایطی که چند تولید پراکنده همزمان جزیره می‌شوند، قابلیت شناسایی خود را به صورت مؤثر حفظ کند.

۳ – بلوک‌های کنترلی و ساختارهای سخت افزاری طراحی شده برای روش باید ساده و حتی الامکان کم هزینه باشد.

٤ – ممکن است شرایطی در شبکه بوجود آید، که ناحیه‌ی غیر قابل تشخیص حفاظتی را بزرگ‌تر کند، برای مثال افزایش ضریب توان بار روش شناسایی جزیره باید تحت چنین شرایطی هم قابل اطمینان عمل کند.

اقدامات لازم برا مقابله با جزیرگی در طول سالیان زیاد بسته به قوانین هر کشور، به روش‌های مختلف تکامل یافته‌اند. برای مثال، در هلند، فقط لازم است در فرکانس تغییراتی ایجاد شود. در کشورهای دیگری نظیر آلمان و آمریکا، روش‌های ویژه‌ای مبتنی بر تغییرات ناگهانی امپدانس، که با عناوین ENS یا MSD شناخته می‌شوند اجرا می شوند. کشورهای دیگر، استانداردهایی را اتخاذ کرده‌اند که لازم است در آن‌ها اینورترها خطا را تشخیص داده و در محدوده‌ی زمانی تعیین شده خاموش شوند. برای مثال در آمریکا، برای اتصال به شبکه استفاده از اینورترهایی مجاز است که برای این منظور طراحی شده و همچنین تست‌های تأیید کارکرد صحیح اینورترها, دارای مدار آزمایش استانداردی که بدترین حالت را در میان کشورهایی که عضو آژانس انرژی بین‌المللی (IEA)[۳] هستند در نظر می‌گیرد باشند. با انتخاب این تست همچنین می‌توان یک اینورتر را به‌جای تست چندین اینورتر آزمایش کرد. ایده‌ی اصلی برای تشخیص جزیرگی، پایش پارامترهای خروجی DG ویا پارامترهای سیستم برای شناسایی تغییرات در آن‌ها است.

[۳] International Energy Agency

دانشجویان محترم:

جهت دسترسی به متن کامل پایان نامه‌ها به کتابخانه دانشکده مهندسی و یا آزمایشگاه پروژه گروه برق مراجعه فرمایید.

فصل ٦

نتیجه گیری

٦-١-مقایسه روش های تشخیص جزیره

روش‌های زیادی برای تشخیص جزیرگی بررسی شدند. این روش‌ها را بسته به موقعیت آن‌ها در سیستم DG می‌توان به دو گروه تقسیم کرد: روش‌های از راه دور و روش‌های محلی. در گروه اول، الگوریتم تشخیص در سمت شبکه قرار دارد، در حالی که در گروه دوم روش تشخیص در سمت اینورتر قرار دارد. به‌علاوه، روش‌های محلی را می‌توان به دو گروه غیرفعال و فعال تقسیم کرد. روش‌های غیرفعال مبتنی بر سنجش پارامتر هستند، و روش‌های فعال اغتشاشاتی را در خروجی اینورتر تولید می‌کنند. همچنین، روش‌های غیرفعال بر کیفیت توان سیستم تاثیر منفی نمی‌گذارند، ولی NDZ آن‌ها به حدی بزرگ است که ممکن است قادر به تشخیص جزیرگی نباشند. در مقابل، روش‌های فعال قابلیت تشخیص جزیرگی را تقریبا در تمامی شرایط دارند، ولی باید اغتشاشی را وارد کنند که در طول عملکرد عادی می‌تواند باعث ناپایداری یا تداخل در شبکه شده و کیفیت توان را کاهش دهد. در آخر، روش‌های از راه دور، یا 'قرار نگرفته در محل اینورتر' تاثیری بر کیفیت توان نداشته و NDZ آن‌ها صفر است، نیازمند سخت‌افزار اضافی برای پیاده‌سازی هستند، پس باید هزینه‌های بیشتری پرداخت شود و ممکن است در بسیاری از شرایط قابل قبول نباشد.

با هوشمند شدن شبکه توزیع نیاز به روش های هوشمند تشخیص جزیره ای اهمیت پیدا می کنند.

روش‌های حفاظت ضد جزیرگی هوشمند، به علاوه‌ی روش‌های از راه دور مرسوم نسبت به روش‌های محلی از مزایای زیر برخوردارند:

- عملکرد آن‌ها مستقل از نوع ژنراتور پراکنده‌ی درگیر در مساله است. عملکرد آن در صورت وجود چندین DG نیز درست است.
- این روش‌ها به شدت قابل اطمینان و قدرتمند هستند. NDZ قابل توجهی ندارند.
- اثر آن‌ها بر کیفیت توان، محسوس نیست.

همچنین، این روش‌ها، به برخی از ضعف‌های روش‌های از راه دور مرسوم غلبه کرده‌اند:

- راه‌حل‌های هوشمند را می‌توان به طور اقتصادی پیاده کرد، چرا که این روش‌ها قادرند از لینک‌های مخابراتی موجود استفاده کرده و الگوریتم های تشخیص را می‌توان در رله‌های حفاظتی گنجاند و هزینه‌ها را تقسیم کرد.
- این روش‌ها انعطاف پذیر هستند و به سادگی با تغییرات توپولوژی شبکه یا گسترش سیستم تطبیق پیدا می‌کنند.

با این حال، هنوز مدت زمان تشخیص، مساله‌ی مهمی است، چرا که به شدت بر تاخیرهای مخابراتی و از این رو بر لینک مخابراتی تاثیر می‌گذارد. ترکیب حفاظت محلی و از راه دور ضد جزیرگی، می‌تواند راه حلی برای غلبه بر این نقص باشد. بدین ترتیب، تحت شرایط ارتباطی نرمال، تشخیص جزیرگی سریع، با روش‌های از راه دور هوشمند فوق‌الذکر، قابل پیاده‌سازی است. اگر لینک مخابراتی خراب شود یا تاخیرهای ارتباطی زیاد باشند، حفاظت ضد جزیرگی می‌تواند بر روش‌های محلی، که به عنوان پشتیبان عمل می‌کنند، اتکا کند.

روش بررسی شده (ROCOF) روشی غیر فعال برای تشخیص جزیره می باشد. این رله ها نرخ تغییرات فرکانس را پایش می کنند و مادامیکه این تغییرات در محدود ه ی مجاز قرار بگیرد، تولید پراکنده در شرایط کار عادی به عملکرد خود ادامه می دهد. ویژگی دیگر این رل ها تابع قفل کردن در زمان کاهش ولتاژ از حد آستانه است .اگر ولتاژ ترمینال از مقدار آستانه Vmin کمتر شود، سیگنال قطع قفل میشود . این موضوع برای اجتناب از عملکرد رله در زمان های شروع کار ژنراتور و یا اتصال کوتاه است.

٦-٢-ارزیابی روشهای شناسایی جزیره

یک روش مناسب شناسایی جزیره باید دارای ویژگی های زیر باشد:

١- بایدقابل اتکا باشد ,به این معنا که تمامی حالات ممکن در رخ دادن پدید ه ی جزیره رابتواند شناسایی کند. به بیان دیگر، روش شناسایی جزیره دارای ناحیه ی غیرقابل تشخیص قابل اغماض باشد.اگر عدم

تطبیق توان بین DG و بار زیاد باشد، این روش بسیار قابل اطمینان است. ناحیه ی غیرقابل تشخیص در این روش کوچک می باشد.

۲- باید امن باشد .روش شناسایی باید تنها در خطای جزیره عکس العمل نشان دهد و دیگررخداد ها، منجر به عملکرد روش شناسایی نشود. از ضعف‌های ROCOF می‌توان به حساسیت آن نسبت به نوسانات و سوئیچینگ بار که می‌تواند منجر به تشخیص نادرست شود، اشاره کرد. این روش قادر به تشخیص این نیست که آیا تغییرات فرکانس، ناشی از تغییر بار است یا جزیرگی. لذا ROCOF برای بارهایی با نوسانات پایین مناسب است.

۳- نباید تاثیری بر روی کیفیت توان شبکه بگذارد.روشROCOF به این علت که هیچگونه اختلالی به شبکه تزریق نمی کند، تاثیری بر روی کیفیت توان شبکه ندارد.

٤- برای جزیره هایی که چند تولید پراکنده به صورت همزمان جزیره شده اند ، قابلیت شناسایی خود را حفظ کند. به عبارت دیگر، افزایش تعداد تولید پراکنده نباید منجر به افزایش ناحیه غیر قابل تشخیص روش شود .روش ROCOF در حالت چند اینورتری موثر می باشد.

۵- باید کم هزینه باشد. به عبارت دیگر افزایش بیش از حد سخت افزارها می تواند تا جایی پیش رود که روشی با قابلیت اتکای بسیار بالا و امنیت کاملا غیراقتصادی و بی کاربردشود.روش ROCOF از این لحاظ بسیار مناسب است.

٦- روش باید نسبت به تغییر پارامترهای مختلف تولید پراکنده و بار ایمن باشد . دو عامل بسیار رایج تاثیر گذار بر روی روشهای شناسایی، سیستم کنترلی اینورتر و عامل کیفیت بار هستند. روش باید در هر دو نوع تولید پراکنده کاربرد داشته باشد . همچنین روش باید با تغییرات عامل کیفیت بار کارایی خود را در

حد قابل قبول حفظ کند.ROCOF نسبت به نوسانات بار حساس است و به سادگی ممکن است جزیرگی را به صورت نادرست تشخیص دهد.

منابع و ماخذ

۱- A. Etxegarai, P. Eguía, I. Zamora “Analysis of Remote Islanding Detection Methods for Distributed Resources “Department of Electrical Engineering - University of the Basque Country

۲- A. Timbus et al, “Islanding detection in smart grids”,ECCE ۲۰۱۰, pp.۳۶۳۱-۳۶۳۷, Sept. ۲۰۱۰.

۳- Ackermann, T., Andersson, G. and Söder, L. (۲۰۰۱). "Distributed generation: a definition", Electric Power Systems Research, vol. ۵۷, no.۳, pp. ۱۹۵-۲۰۴.

۴- Borbely, A.-M. and Kreider, J. F. (۲۰۰۱). “Distributed generation: the power paradigm for the new millennium”. Boca Raton: CRC Press.

۵- Canbing Li ,Chi Cao, Yijia Cao, Yonghong Kuang ,Long Zeng , Baling Fang **“**A review of islanding detection methods for microgrid”college ofelectricaland information engineering,Hunan university ,changslia۴۱۰۹۸۰.china

۶- César Trujillo, David Velasco, Emilio Figueres and Gabriel Garcerá “Local and Remote Techniques for Islanding Detection in Distributed Generators “Universidad Politécnica de Valencia, Spain

۷- Ciobotaru, M., Teodorescu, R., Rodríguez, P., Timbus, A. & Blaabjerg, F. (۲۰۰۷). "Online grid impedance estimation for single-phase grid-connected systems using PQ variations,Proc”. of the ۳۵th Annual IEEE Power Electronics Specialists Conference PESC ۲۰۰۷, pp.۲۳۰۶-۲۳۱۲, U.S.A.

۸- D. Laverti, D.J. Morrow, T. Littler, “Internet based loss-ofmains detection for distributed generation”, UPEC ۲۰۰۷.

۹- E. O. Schweitzer et al., “Synchrophasor-Based Powe System Protection and Control Applications”, Modern Electric Power Systems ۲۰۱۰.

۱۰- E. O. Schweitzer et al., “Synchrophasor-Based Power System Protection and Control Applications”, Modern Electric Power Systems ۲۰۱۰.

۱۱- F. Coffele, P. Moore, et al. “Centralised Loss of Mains protection using IEC-۶۱۸۵۰”, ۱۰th IET International Conference on Developments in Power System Protection (DPSP ۲۰۱۰).

۱۲- Fox, B. and O Kane, P. J. (۱۹۹۸).” Identifying loss of mains in electricity distribution system”, Patent Number: GB۲۳۱۷۷۵۹.

۱۳- Freitas, W., Huang, Z. and Xu, W. (۲۰۰۵a). "A Practical Method for Assessing the Effectiveness of Vector Surge Relays for Distributed Generation Applications", IEEE Transactions on Power Delivery, vol. ۲۰, no. ۱, pp. ۵۷-۶۳.

۱۴- Freitas, W., Xu, W., Affonso, C. M. and Huang, Z. (۲۰۰۵b). "Comparative Analysis Between ROCOF and Vector Surge Relays for Distributed Generation Applications", *IEEE Transactions on Power Delivery*, vol. ۲۰, pp. ۱۳۱۵- ۱۳۲۴.

۱۵- Funabashi, T., Koyanagi, K. and Yokoyama, R. (۲۰۰۳). "A review of islanding detection methods for distributed resources", In: Power Tech Conference Proceedings, ۲۰۰۳ IEEE Bologna., Bologna.

۱۶- Guillot, M., Collombet, C., Bertrand, P. and Gotzig, B. (۲۰۰۱). "Protection of embedded generation connected to a distribution network and loss of mains detection", In: CIRED۲۰۰۱.

۱۷- Inverters, Converters, and Controllers for Use in Independent Power Systems, UL Std.۱۷۴۱, June ۲۰۰۲

۱۸- Jang, S. & Kim, K. (۲۰۰۴).” An islanding detection method for distributed generations using voltage unbalance and total harmonic distortion of current”, IEEE Trans. on Power Delivery, Vol. ۱۹, No. ۲, pp. ۷۴۵-۷۵۲.

۱۹- M. E. Ropp, M. Begovic, A. Rohatgi, G. A. Kern, R. H. Bonn, and S. Gonzalez, “DeterminingThe Relative Effectiveness of Islanding Methods Using Phase Criteria and Non-detectionZones”, IEEE Trans. on Energy Conversion, Vol. ۱۵, No. ۳, pp. ۲۹۰-۲۹۶, Sep. ۲۰۰۰.

۲۰- M. Patel, “PJM SynchroPhasor Technology Deployment Project”, EEI Conference۲۰۱۰.

۲۱- M. Ropp, M. Begovic, A. Rohatgi, “Prevention of Islanding in Grid-Connected Photovoltaic Systems”,Progress in Photovoltaics vol. ۷ (۱۹۹۹), p. ۳۹-۵۹.

۲۲- Niklas Stråth “Islanding Detection in Power Systems “Department of Industrial Electrical Engineering and Automation,Lund University

۲۳- O. Rintamaki, K. Kauhaniemi, “Applying modern communication technology to loss-of-mains protection”,CIRED ۲۰۰۹

۲۴- O. Samuelsson, N. Strath, “Islanding detection and connection requirements,” Power Engineering Society General Meeting, ۲۰۰۷. IEEE, pages: ۱ – ۶, ۲۴-۲۸ June

۲۵- Power System Protection IEC Vocabulary, Chapter ۴۴۸, IEC, ۱۹۹۵.

۲۶- R. Benato, R. Caldon, F. Cesena, “Carrier signal-based protection to prevent dispersed generation on MV systems”, CIRED ۲۰۰۳.

۲۷- Redfern, M. A., Barrett, J. I. and Usta, O. (۱۹۹۷). "A new loss of grid protection based on power measurements", In: Developments in Power System Protection, Sixth International Conference on (Conf. Publ. No.۴۳۴). pp. ۹۱-۹۴.

۲۸- T. Funabashi, K. Koyanagi, and R. Yokoyama, “A review of islanding detection methods for distributed resources,”in Proc. IEEE Power Tech Conf., vol. ۲, Bologna, June ۲۰۰۴.

۲۹- Tang, L. and Zavadil, R. (۱۹۹۳). "Shunt capacitor failures due to windfarm induction gene ator self-excitation phenomenon", IEEE Transaction on Energy Conversion, vol. ۸, no. ۳, pp. ۵۱۳-۵۱۹.

Vol. ۱۹, no.۵, pp. ۱۱۷۱-۱۱۷۶, Sept. ۲۰۰۴.

۳۰- W. Bower and M. Ropp, “Evaluation of Islanding Detection Methods for Photovoltaic Utility-Interactive Power Systems”, International Energy Agency Task V Working Group report IEA-PVPS T۵-۰۹, March ۲۰۰۲.

۳۱- W. Xu, K. Mauch, and S. Martel, "An assessment of distributed generation islanding detection methods and issues for Canada," CANMET Energy Technology Centre-Varennes, Natural Resources Canada, QC-Canada, Tech Rep. CETC-Varennes ۲۰۰۴-۰۷۴ (TR), ۲۰۰۴].

۳۲- Warin, J.W. ”Loss of Mains Protection”, ERA Conference on Circuit Protection for Industrial and Commercial Installations, ۱۹۹۰, London.

۳۳- Ye, Z., Kolwalkar, A., Zhang, Y.,Du, P. & Walling, R. (۲۰۰۴).” Evaluation of anti-islanding schemes based on non detection zone concept, *IEEE Trans. on Power Electronics*, Vol. ۱۹, No. ۵, pp. ۱۱۷۱ - ۱۱۷۶.

۳۴- Z. Ye, A. Kolwalkar, Y. Zhang, P. Du, and R. Walling,“Evaluation of anti-islanding schemes based on nondetection zone concepts,” IEEE Trans. Power Electronics,