بسمه تعالی

دانشگاه صنعت آب و برق (شهید عباسپور)

دانشکده مهندسی برق (گروه کنترل)

پایان نامه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی برق – کنترل

عنوان:

کنترل سیستم های تولید پراکنده سنکرون با شبکه (مولدهای گازسوز) در حالت جزیره‌ای

تحقیق و تدوین:

هادی رمضانی ورزنه

اساتید راهنما:

دکتر علیرضا یزدی زاده

دکتر محمد صادق قاضی زاده

اینجانب "هادی رمضانی ورزنه" تائید می کنم که مطالب مندرج در این پایان نامه ماحصل کار پژوهشی اینجانب بوده و به پژوهش دیگران که در این نوشتار از آنها استفاده شده، مطابق قوانین و مقررات ارجاع گردیده است.

این پایان نامه قبلا برای هیچ مدرک هم سطح و یا بالاتری ارائه نشده و کلیه حقوق مادی و معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعت آب و برق می باشد.

نام و نام خانوادگی: هادی رمضانی ورزنه

تقدیم به پدر و مادر عزیزم

شکر خدا که هر چه طلب کردم از خدا بر منتهای همت خود کامران شدم

اکنون که به یاری خداوند متعال، این دوره تحصیلی را به اتمام رسانیده ام، از راهنمایی های دو استاد فرهیخته و فرزانه جناب آقای دکتر یزدی زاده و جناب آقای دکتر قاضی زاده که در طول این پروژه هدایتگر اینجانب بوده اند تشکر و قدردانی می نمایم.

همچنین به مصداق «من لم یشکر المنعم من المخلوقین لم یشکر الله عزوجل» از زحمات فراوان تمام اساتید محترمی که در طول گذراندان این دوره، بنده را مورد عنایت و راهنمایی های خود قرار داده اند سپاسگزارم.

چکیده:

رشد قابل توجه منابع تولید پراکنده و علاقه به استفاده از این منابع در سیستم قدرت سبب شده تا بسیاری از مسائل سیستم قدرت شامل کنترل و بهره‌برداری از آن، تحت تاثیر این منابع قرار بگیرد. یعنی با ورود تکنولوژی‌های نوین تولید پراکنده، به منظور دستیابی و دسترسی همزمان و همه جانبه به شبکه و همچنین استفاده از مزیتهای تولید پراکنده در آن، شبکه برق دستخوش یک سری تغییرات ساختاری و کلی خواهد شد.

به عنوان مثال با افزایش بکارگیری منابع تولید پراکنده در شبکه های توزیع ساختار شعاعی آن تغییر کرده و لذا جهت کنترل و بهره‌برداری این سیستم، برای حفظ قابلیت اطمینان بارهای سیستم باید تمهیدات لازم فراهم آید تا در حالت عادی و خطاهای پیش آمده، از منابع تولید پراکنده نصب شده حداکثر استفاده انجام گیرد و همچنین مسائل حفاظتی و بهره‌برداری اقتصادی شبکه و در نهایت تداوم انرژی الکتریکی مصرف کنندگان به نحو مطلوبی انجام شود.

در این راستا، در این پایان‌نامه عملکرد بخشی از سیستم توزیع (فشار متوسط) مجهز به منابع تولید پراکنده که در حالت پارالل با شبکه در حال بهره‌برداری می‌باشد و پس از وقوع رویدادی بصورت جزیره‌ای (ریزشبکه) در می‌آید، مورد بررسی قرار گرفته است و جهت تحقق بخشیدن به عملکرد صحیح سیستم در چنین حالتی، تمهیداتی از طریق کنترل کننده‌های منابع موجود تولید پراکنده فراهم شده تا بتوان از حداکثر قابلیت این منابع استفاده نمود.

فصل اول: مقدمه ای بر تولید پراکنده

مقدمه ۵

فصل دوم: انواع مولدهای مقیاس کوچک و کاربردهای آن

مقدمه ۱۰
۲-۱- تعریف تولیدات پراکنده ۱۱
۲-۲- اهداف و کاربردهای تولیدات پراکنده ۱۱
۲-۳- ظرفیت تولیدات پراکنده ۱۳
۲-۴- مکان نصب تولیدات پراکنده ۱۴
۲-۵- فناوریهای DG ۱۴
۲-۶- طبقه بندی انواع تکنولوژی‌های DG ۱۶
۲-۷- روشهای مرسوم تولید توان الکتریکی ۱۷
۲-۷-۱- ژنراتورها ۱۷
۲-۷-۲- محرک های اولیه حرارتی ۱۸
۲-۷-۲-۱- موتورهای پیستونی ۱۸
۲-۷-۲-۲- توربینها. ۲۲
۲-۷-۲-۳- میکروتوربین‌ها ۲۷

فصل سوم: روشهای تشخیص جزیره در حضور منابع تولید پراکنده و بررسی کارکرد جزیره‌ای

مقدمه ۳۲
۳-۱- روشهای تشخیص جزیره در حضور تولیدات پراکنده دارای مبدل (کانورتری) ۳۹
۳-۲- روشهای تشخیص جزیره درحضور تولیدات پراکنده غیرکانورتری ۴۲
۳-۲-۱- روش انتقال بردار ۴۴
۳-۲-۲- اندازه گیری نرخ تغییر فرکانس ۴۶
۳-۲-۳- سنجش نسبت تغییر فرکانس – توان ۴۸
۳-۳- مفهوم ریزشبکه ۵۰
۳-۴- مزایای استفاده از ریزشبکه ۵۱
۳-۴-۱- مزایای فنی ریزشبکه ۵۱

۳-۴-۲- مزایای اقتصادی ریزشبکه ۵۲
۳-۵- بررسی مسائل و مشکلات کارکرد ریزشبکه و ارایه راهکارها ۵۴
۳-۵-۱- امکان اتصال آسان منابع تولید پراکنده ۵۴
۳-۵-۲- تشخیص جزیره‌ای شدن شبکه ۵۴
۳-۵-۳- کنترل ولتاژ و فرکانس ۵۵
۳-۵-۴- تقسیم بار ۵۷
۳-۵-۵- حفظ پایداری کارکرد ۵۷
۳-۵-۶- مقاوم بودن سیستم کنترلی ۵۷
۳-۵-۷- سنکرون سازی مجدداد پس از اتصال شبکه ۵۸
۳-۵-۸- سنکرون سازی مولدهای تولید پراکنده در بهره‌برداری جزیره‌ای ۵۸
۳-۵-۹- حفاظت ریزشبکه ۶۰
۳-۵-۱۰-بررسی اثرات اقتصادی ریزشبکه بر بازار برق ۶۰
۳-۶- سیستم ریزشبکه مستقل و تنها ۶۱
۳-۷- سیستم ریزشبکه غیر مستقل ۶۲
۳-۸- اقدامات بهبود بخش در صورت بروز ریزشبکه به واسطه خطا ۶۴
۳-۹- اقدامات بهبود بخش در صورت بروز ریزشبکه به صورت عمدی ۶۵
۳-۱۰- بررسی تاثیر اختلالات در حین بهره‌برداری جزیره‌ای ۶۵
۳-۱۰-۱- راه اندازی موتورهای بزرگ ۶۶
۳-۱۰-۲- تعقیب و حذف بار ۶۶
۳-۱۰-۳- خطا در زیر شبکه ۶۷

فصل چهارم: بررسی روشهای تشخیص جزیره در شبکه تحت مطالعه

مقدمه ۶۹
۴-۱- معرفی شبکه تحت مطالعه ۷۰
۴-۲- معرفی مولدهای مقیاس کوچک مورد مطالعه ۷۹
۴-۳- نرم افزار مورد استفاده ۸۲
۴-۴- مدلسازی بار ۸۲
۴-۵- بررسی رفتار کمیت ها در حالات مختلف بهره برداری در حضور مولدهای تولید پراکنده ۸۶
۴-۵-۱- ورود و خروج بار بزرگ ۹۰
۴-۵-۲- راه اندازی موتور بزرگ ۹۷
۴-۵-۳- بروز اتصال کوتاه ۱۰۰
۴-۵-۴- قطع کلید سر فیدر شبکه توزیع ۱۰۷
۴-۵-۴-۱- حالتی که بار فیدر توزیع با تولید مولدهای تولید پراکنده برابر باشد ۱۰۸

۴-۵-۴-۲- حالتی که بار فیدر توزیع از تولید مولدهای تولید پراکنده کمتر باشد ۱۱۰
۴-۵-۴-۳- حالتی که بار فیدر توزیع از تولید مولدهای تولید پراکنده بیشتر باشد..... ۱۱۲
۴-۶- روشهای پیشنهادی به منظور تشخیص بروز جزیره در تمامی حالات بهره برداری..... ۱۱۶
۴-۶-۱- روش تشخیص بر اساس زاویه روتور مولدهای تولید پراکنده..... ۱۱۷
۴-۶-۲-روش تشخیص توسط مانیتورینگ امپدانس بواسطه واحد پلاریزاسیون رله دیستانس.... ۱۱۸
۴-۶-۳- روش تشخیص جزیره توسط فرکانس ۱۱۹
۴-۶-۴-روش تشخیص جزیره‌ای ترکیبی ۱۲۳

فصل پنجم: الگوهای بهره برداری از ریز شبکه

مقدمه ۱۲۶
۵-۱- دسته بندی حالات مختلف ریزشبکه..... ۱۲۷
۵-۲- الگوهای بهره برداری در حالات مختلف ریزشبکه..... ۱۲۷
۵-۳- معرفی انواع سیستمهای کنترلی مولدهای تولید پراکنده ۱۲۸
۵-۴- معرفی روشهای حذف بار ۱۳۴
۵-۴-۱- طرح حذف بار سنتی ۱۳۵
۵-۴-۲- طرح حذف بار با استفاده از فرکانس و مشتق فرکانس df/dt..... ۱۳۵
۵-۵- پیاده سازی الگوریتمهای بهره برداری بعد از تشخیص جزیره ۱۳۷
۵-۶- شبیه سازی الگوریتم تشخیص و بهره برداری از ریزشبکه بر روی شبکه تحت مطالعه ۱۴۲
۵-۶-۱- بررسی رفتار شبکه با پیاده سازی الگوریتم ۱ در حالت اول بهره برداری ۱۴۲
۵-۶-۲- بررسی رفتار شبکه با پیاده سازی الگوریتم ۲ در حالت اول بهره برداری ۱۴۵
۵-۶-۳- بررسی رفتار شبکه با پیاده سازی الگوریتم پیشنهادی در حالت دوم بهره برداری..... ۱۴۸
۵-۶-۳-۱بررسی رفتار شبکه با پیاده سازی الگوریتم پیشنهادی در حالت (الف) بهره برداری ۱۴۹
۵-۶-۳-۲ بررسی رفتار شبکه با پیاده سازی الگوریتم پیشنهادی در حالت (ب) بهره برداری.... ۱۵۰
۵-۷- تعقیب بار ۱۵۱

فصل ششم: نتیجه گیری و ارایه پیشنهادات

مراجع ۱۶۵

فصل اول

مقدمه

مقدمه

در طول زمان، صنعت برق در سرتاسر دنیا تغییر و تحول زیادی را در ساختار خویش تجربه نموده است. یکی از مباحث بسیار مهم در تحولات کنونی، فن‌آوریهای تولیدپراکنده (DG)[1] می‌باشد. تلاش برای تولید و انتقال برق با هزینه های کمتر، قابلیت اطمینان بالاتر، افزایش بازدهی سیستم و... از جمله عوامل تاثیرگذار در پیدایش مفهوم فن‌آوری‌های تولیدپراکنده در صنعت برق محسوب می‌شوند. کاهش تلفات در شبکه‌های توزیع، بهبود پروفیل ولتاژ و آزادسازی ظرفیت شبکه نیز از جمله دیگر مزایای این فن‌آوری بر سیستم های سنتی مورد استفاده در صنعت برق محسوب می‌گردد. البته بایستی خاطر نشان نمود که استفاده از این فن‌آوری، معایب و دشواری‌هایی نیز دارد که از جمله بارزترین آنها، ایجاد مشکلات احتمالی در عملکرد سیستمهای حفاظتی شبکه توزیع موجود می‌باشد.

سالها پیش از این، برق تنها در نیروگاههای بزرگ تولید می‌شد و تجهیزات محدودی، کل وظیفه تولید، انتقال، توزیع و تأمین برق را بر عهده داشتند. از طرفی در ساختار قدیم صنعت برق کشورهای پیشرفته و ساختار حال حاضر بسیاری از کشورها، وظیفه تولید، انتقال و توزیع انرژی الکتریکی بر عهده شرکتهای برق مجتمع (Vertical Integrated Unit) می‌باشد. اما افزایش میزان تقاضای انرژی الکتریکی در چند سال اخیر، در بسیاری از کشورها موجب شده که این شرکتها نتوانند به صورت مؤثر، جوابگوی این میزان تقاضا باشند، در

---

[1] Distributed Generation

نتیجه خاموشی، قطع برق و معیوب شدن تجهیزات و... در بسیاری از کشورها - به ویژه ایالات متحده - صورت گرفت و به تبع آن قیمتها در دوره های پیک به شدت بالا رفت. این در حالی بود که همراه با رشد اقتصادی کشورها، که منجر به افزایش میزان انرژی مورد نیاز آنها گشته بود، مسأله کیفیت توان و قابلیت اطمینان آن نیز به تدریج حائز اهمیت شد. لذا جهت حل مشکلاتی از این قبیل، تجدید ساختار در صنعت برق تدوین گردید و وظایف توزیع و انتقال از وظیفه تولید جدا شده و به شرکتهای توزیع و انتقال محول گردید. از سوی دیگر تجدید ساختار صنعت برق به منظور دستیابی مصرف کنندگان به منابع توان رقابتی و دادن اجازه انتخاب به مصرف کنندگان از میان منابع موجود، ایجاد شده است که نتیجه آن، بازار رقابتی برای منابع تولید توان است. یکی از دلایل ایجاد و توسعه‌ی منابع تولید پراکنده، تمایل سرمایه‌گذاران به حضور در این بازار رقابتی می‌باشد که در صورت تحقق این امر، بازار برق از انحصار تنها چند واحد در هر کشور خارج شده و هزاران تولید کننده در آن حضور خواهند داشت و این امکان برای مصرف کننده فراهم می‌گردد که تأمین کننده برق خود را با آرامش خاطر بیشتری انتخاب نماید. از دیگر دلایل عمده رویکرد کشورهای مختلف به منابع تولید پراکنده، می‌توان به راندمان بالاتر، آلودگی کمتر و حذف یا کاهش نیاز به توسعه سیستم انتقال و فوق توزیع، اشاره نمود.

بدین ترتیب عواملی مانند تجدید ساختار صنعت برق، نیاز به افزایش ظرفیت سیستم و پیشرفت تکنولوژی‌ها بطور همزمان، پایه و اساس معرفی فناوریهای تولید پراکنده گردید. منابع تولید پراکنده می‌توانند در نزدیکی مصرف کننده‌های انتهایی در مناطق صنعتی، در کنار ساختمانها و ... مورد استفاده قرار گیرند. علاوه بر اینها DG ها در مناطق دور دست نیز به کار گرفته می‌شوند.

رشد قابل توجه منابع تولید پراکنده و علاقه به استفاده از این منابع در سیستم قدرت سبب شده تا بسیاری از مسائل سیستم قدرت شامل کنترل و بهره‌برداری از آن، تحت تاثیر این منابع قرار بگیرد. یعنی با ورود فناوریهای نوین تولید پراکنده، به منظور دستیابی و دسترسی همزمان و همه جانبه به شبکه و همچنین استفاده از مزیتهای تولید پراکنده در آن، شبکه برق دستخوش یک سری تغییرات ساختاری و کلی خواهد شد.

به عنوان مثال با افزایش بکارگیری منابع تولید پراکنده در شبکه های توزیع ساختار شعاعی آن تغییر کرده و لذا جهت کنترل و بهره‌برداری این سیستم، برای حفظ قابلیت اطمینان بارهای سیستم، باید

تمهیدات لازم فراهم آید تا در حالت عادی و خطاهای پیش آمده، از منابع تولید پراکنده نصب شده حداکثر استفاده انجام گیرد. همچنین لازم است مسائل حفاظتی و بهره‌برداری اقتصادی شبکه و در نهایت تداوم انرژی الکتریکی مصرف کنندگان به نحو مطلوبی انجام شود.

بهره‌برداری از مولدهای تولید پراکنده به دو صورت متصل به شبکه و جزیره‌ای انجام پذیر است. جزیره‌ای شدن حالتی است که قسمتی از سیستم توزیع که از شبکه اصلی جدا شده است و شامل بارها و منابع تولید پراکنده می‌باشد، بتواند انرژی‌دار باقی مانده و بارها توسط منابع تولید پراکنده موجود در این شبکه جزیره‌ای، تامین گردند. مسئله‌ی کارکرد جزیره‌ای و تامین انرژی در صورت قطع شبکه‌ی اصلی، یکی از مهمترین مزیت های تولید پراکنده می‌باشد که شاخص‌های قابلیت اطمینان را به شدت تحت تاثیر خود قرار می‌دهد. در سالهای اخیر مفهوم ریزشبکه یا شبکه های کوچک توزیع شامل منابع تولید پراکنده (Microgrid) بسیار مورد توجه قرار گرفته و تحقیقات در زمینه مسائل مربوط به آن انجام پذیرفته است.

در این راستا، در این پایان‌نامه عملکرد بخشی از سیستم توزیع (سطح ولتاژ متوسط) مجهز به منابع تولید پراکنده که در حالت موازی با شبکه در حال بهره‌برداری می‌باشد و پس از وقوع رویدادی بصورت جزیره‌ای (ریزشبکه) در می‌آید، مورد بررسی قرار گرفته است. جهت تحقق بخشیدن به عملکرد صحیح سیستم در چنین حالتی، تمهیداتی از طریق کنترل کننده‌های منابع موجود تولید پراکنده فراهم شده تا بتوان از حداکثر قابلیت این منابع استفاده نمود. منبع تولید پراکنده بررسی شده در این تحقیق شامل منبع تولید پراکنده مبتنی بر ژنراتور سنکرون با توربین گازی می‌باشد. برای ایجاد قابلیت عملکرد در حالت جزیره‌ای (ریزشبکه)، در یک شبکه توزیع مجهز به منابع تولید پراکنده طرحی پیشنهاد شده تا در صورت وقوع انواع خطا در شبکه توزیع با تشخیص به موقع خطا، بخش خطا دیده‌ی شبکه، جدا شده و بخشی که به عنوان ریزشبکه باقی می‌ماند بتواند بصورت جزیره‌ای به کار خود ادامه دهد.

بعلاوه در این پروژه، عملکرد مولد در مدهای کنترلی گاورنرهای مختلف در حالت جزیره‌ای مورد بررسی قرار گرفته است. در فصل دوم به صورت جامع انواع مولدهای مقیاس کوچک معرفی گردیده و با توجه به هدف این پروژه که بررسی سیستمهای تولید پراکنده از نوع ژنراتورهای سنکرون با توربین های گازی می‌باشد، این نوع مولدها به صورت جامع‌تری معرفی شده‌اند. در فصل سوم روشهای مختلف تشخیص جزیره در حضور مولدهای تولید پراکنده و مسائل مختلف در نحوه‌ی شکل‌گیری و بهره‌برداری از ریزشبکه‌ها مد نظر

قرار گرفته شده است و مشکلات بهره‌برداری در حالت جزیره‌ای بررسی و راهکارهایی نیز ارائه گشته است. در فصل چهارم سیستمهای کنترلی گاورنرهای مختلف، معرفی شده است تا بتوان در فصول بعد، با انتخاب یک شبکه نمونه، عملکرد مدهای کنترلی گاورنرهای مختلف مولدهای تولید پراکنده در صورت بروز جزیره مورد مطالعه قرار بگیرد. در فصل پنجم الگوهای بهره برداری از ریز شبکه مطرح و در نهایت در فصل ششم کل پایان نامه جمع بندی و نتایج آن به همراه پیشنهاداتی جهت ادامه روند پروژه در آینده ارائه می گردد.

فصل دوم

انواع مولدهای مقیاس کوچک

و

کاربردهای آن

مقدمه

با تغییر و پیشرفت روزافزون صنعت برق و به واسطه‌ی وجود برخی عوامل، همچون محدودیت‌های محیطی، جغرافیایی و مالی برای ایجاد نیروگاه‌های با ظرفیت بالا، افزایش روزافزون مشکلات پایداری و امنیت در سیستم‌های قدرت، رشد دائمی و مصرف زیاد و مطرح شدن بازار رقابتی، ساختار سیستم‌های قدرت دستخوش تغییر و تحولات فراوانی در بخش‌های مختلف خود است. از جمله این تغییر و تحولات در بخش تولید، بکارگیری منابع تولید با توان کم که بطور غیر متمرکز و پراکنده در شبکه توزیع نصب می‌شوند، می‌باشد. بر اساس مطالعات DCPA[۲] منابع تولید پراکنده توانایی تأمین حداقل ۲۰ درصد ظرفیت جدید نصب در شبکه را دارند که البته با روند فعلی، این چشم‌انداز تا ۳۰ درصد نیز قابل افزایش است[۱]. همچنین مؤسسه EPRI[۳] میزان مشارکت این منابع تا سال ۲۰۱۰ را بین ۲/۵ تا ۵ گیگاوات تخمین زده‌است که نشان دهنده رشد روزافزون بکارگیری این تولیدات در تأمین انرژی مورد نیاز در کشورهای مختلف می‌باشد[۲].

بکارگیری و حضور این واحدهای تولیدی، تأثیرات مثبت و منفی گوناگونی را در آنالیز و ارزیابی فنی و اقتصادی شبکه به همراه دارد و نصب این واحدها بدون بررسی تأثیرات آن‌ها در شبکه، می تواند موجب افزایش اثرات منفی، بروز مشکلات جدی در بهره‌برداری و کاهش کارآیی و بهره‌وری از این تولیدات در شبکه گردد.

---

[2] Distributed Power Coalition of America
[3] Electric Power Research Institute

۲-۱- تعریف تولیدات پراکنده

استفاده از تولیدات پراکنده را می‌توان به‌عنوان یک حرکت و گرایش جدید در صنعت و شبکه‌های قدرت در نظر گرفت، لیکن تاکنون تعریف واحدی برای مشخص نمودن فناوریهای این تولیدات معرفی نشده است. اگر بخواهیم یک تعریف کلی از این منابع داشته باشیم، می توان گفت:

" تولید پراکنده عبارت است از کلیه تکنولوژی‌های تأمین انرژی الکتریکی مورد نیاز در مقیاس کوچک که در نزدیکی و یا در محل مصرف قرار گرفته و توان تولیدی توسط این تولیدات به شبکه توزیع و یا مستقیماً به بار و مصرف‌کننده مشخصی تزریق می‌گردد"[۳].

استفاده از تعریف فوق در جداسازی این تولیدات از بقیه روش‌های تأمین انرژی الکتریکی کار مبهم و پیچیده‌ای است. به همین منظور تعاریف و تقسیم‌بندی دقیق‌تری بر اساس هدف، کاربرد، ظرفیت و استفاده و عدم استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر ارائه می‌شود. در ادامه به برخی از این تعاریف اشاره شده است.

۲-۲- اهداف و کاربردهای تولیدات پراکنده

هدف اصلی از بکارگیری واحدهای تولید پراکنده، تأمین توان اکتیو مورد نیاز بارهای شبکه می‌باشد. بر اساس این تعریف نیازی به تأمین توان راکتیو مورد نیاز از طریق این تجهیزات نمی‌باشد، هر چند که برخی از واحدهای تولید پراکنده قادر به تولید توان راکتیو نیز می‌باشند و بخشی از توان راکتیو بارها را نیز تأمین می‌نمایند. همچنین جهت تأمین نیازمندی‌های بار و شبکه و با توجه به نوع تولید پراکنده، کاربردهای مختلفی را برای این تولیدات در نظر گرفته‌اند که عبارت است از[۴]:

- تولید همزمان برق و حرارت (CHP): انرژی حرارتی بسیاری در فرآیند تبدیل سوخت به انرژی الکتریکی تولید می‌گردد. به‌طور متوسط، ۶۷٪ انرژی تولیدی در طی این فرآیند تبدیل به انرژی حرارتی می‌گردد. این حرارت تولید شده در صورت نزدیکی به مراکز مصرف می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. علاوه بر مزیت فوق، استفاده از این تکنولوژی باعث کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی نیز می‌گردد.

- تغذیه پشتیبان: تولید پراکنده می‌تواند در شبکه توزیع در برخی مواقع که یکی از بخش‌های شبکه دچار مشکل شده است، به طور اضطراری بار مورد نیاز برخی مصرف‌کنندگان که دارای هزینه خاموشی هنگفتی می‌باشند را تأمین نماید.

- پیک‌سایی[۴]: هزینه تأمین انرژی مورد نیاز بارهای شبکه در هر ساعت وابسته به میزان بار شبکه و آمادگی نیروگاه‌ها می‌باشد. در صورتیکه هزینه تأمین انرژی توسط DG در ساعات پیک از هزینه خرید انرژی از شبکه در این ساعات کمتر باشد، می‌توان از این تولیدات جهت کاهش هزینه‌های تأمین انرژی الکتریکی استفاده نمود. در این حالت DG در حدود ۲۰۰ تا ۳۰۰۰ ساعت در سال به تأمین انرژی الکتریکی مورد نیاز مصرف‌کنندگان می‌پردازد. پایین بودن هزینه نصب و راه‌اندازی، راه‌اندازی و اتصال سریع و پایین بودن هزینه‌های مربوط به تعمیر و نگهداری از ویژگی‌های اساسی این تولیدات جهت استفاده در شبکه می باشد.

- پشتیبانی شبکه: استفاده از تولید پراکنده قابلیت کاهش هزینه‌های سرمایه‌گذاری در سایر بخش‌ها از جمله تقویت ولتاژ شبکه، کاهش تلفات خطوط، آزادسازی ظرفیت خطوط انتقال و افزایش ظرفیت اضطراری شبکه را دارا می‌باشد.

- تغذیه بارها به صورت جداگانه از شبکه: بارهای موجود در مناطقی که هزینه اتصال آن‌ها به شبکه بدلایل مختلف از جمله موانع طبیعی بالا بوده و صرفه اقتصادی ندارد می‌توانند به صورت مستقل از شبکه و به صورت ریزشبکه‌ی مستقل تامین شوند.

- تعویق و حذف هزینه‌های احداث و توسعه شبکه: در این حالت با آنالیز و بررسی هزینه‌های احداث تولیدات پراکنده و همچنین هزینه‌های بهره‌برداری و مقایسه آن با هزینه‌های توسعه شبکه، روش و میزان مناسب جهت توسعه شبکه در هر بازه‌ی زمانی مشخص می‌گردد.

- کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی: استفاده از تولیدات پراکنده مبتنی بر انرژی‌های تجدیدپذیر، به دلیل بالا بودن راندمان و آلودگی کمتر آنها نسبت به تولیدات متمرکز که اغلب جهت تولید توان الکتریکی از سوخت‌های فسیلی استفاده می‌کنند، تاثیر قابل توجهی در کاهش آلودگی‌های زیست محیطی دارد.

---

[4] Load Shedding

- تأمین خدمات جانبی[5] مورد نیاز جهت بهره‌برداری شبکه: در شبکه‌های قدرت تجدید ساختار یافته، قابلیت ارائه خدماتی همچون ذخیره چرخان[6]، ذخیره تکمیلی[7] و راه‌اندازی شبکه، دارای اهمیت زیادی می‌باشند که تولیدات پراکنده می‌توانند در این زمینه نیز بسیار موثر واقع شوند[۵].

- بهبود کیفیت برق‌رسانی: حضور منابع تولیدات پراکنده در نزدیکی مراکز مصرف می‌تواند تأثیرات مثبت فراوانی بر روی قابلیت اطمینان و کاهش در تعداد خاموشی‌های مصرف‌کنندگان و تداوم مدت زمان خاموشی و همچنین افزایش کیفیت برق‌رسانی به مراکز بار با بهبود پروفیل ولتاژ در نقاط مصرف داشته باشد.

۲-۳- ظرفیت تولیدات پراکنده

حداکثر ظرفیت منابع تولید پراکنده را نمی‌توان بطور دقیق مشخص نمود. بعنوان مثال EPRI ظرفیت این تولیدات را از چند کیلو وات تا ده مگاوات تعریف می‌کند[۳]. نکته‌ای که در اینجا حائز اهمیت است این است که حداکثر ظرفیتی را که می‌توان به یک شبکه متصل نمود وابسته به میزان ظرفیت شبکه و سطح ولتاژ آن می‌باشد. برای مثال تولیدات با ظرفیت بیش از ۱۰۰ تا ۱۵۰ مگاوات را نمی‌توان به شبکه‌های با سطح ولتاژ کمتر از ۱۱۰ کیلوولت متصل نمود[۳]. در جدول زیر یک تقسیم‌بندی از واحدهای DG بر اساس ظرفیت تولیدی آنها ارائه شده است [۶].

جدول (۲-۱) تقسیم‌بندی DG بر اساس ظرفیت تولید

توان تولیدی	نوع مولد DG
1W-5kW	Micro
5kW-5MW	Small
5MW-50MW	Medium
50MW-300MW	Large

[5] Ancillary Service
[6] Spinning Reserve
[7] Supplemental Reserve

اما تعریف و ظرفیت یک مولد مقیاس کوچک در ایران بر اساس جلسه ی ۹۵ هیات تنظیم بازار برق کشور، مولدهایی می‌باشد که از نظر فنی قابلیت اتصال به شبکه توزیع محل را دارا باشند و ظرفیت عملی تولید آنها از ۲۵ مگاوات بیشتر نباشد.

۲-۴- مکان نصب تولیدات پراکنده

عموماً منابع تولید پراکنده را در شبکه‌های توزیع و در نزدیکی مصرف‌کنندگان نصب می‌کنند. با این حال یکی دیگر از مکان های مناسب برای نصب تولیدات پراکنده ، پست‌های فوق توزیع می‌باشند. در این صورت دیگر نیاز به ایجاد یک مکان جدید برای نصب DG ها وجود ندارد و همچنین به علت حضور اپراتور در پست‌های فوق توزیع، بهره‌برداری منابع تولید پراکنده راحت‌تر و با هزینه کمتری صورت می‌گیرد.

۲-۵- فناوریهای DG

مولدهای DG دارای انواع گوناگونی می‌باشند. از متداول‌ترین واحدهای DG می‌توان به توربین‌های احتراقی، دیزل ژنراتورها، میکروتوربین‌ها، وسایل ذخیره‌ساز انرژی، توربین‌های بادی، انرژی بیوماس، پیل‌های سوختی و سلول‌های فتوولتاییک اشاره کرد. البته هر نوع تکنولوژی DG برای کاربردی خاص و در محلی خاص می‌تواند مورد استفاده قرارگیرد. به عنوان مثال از انرژی باد در مناطقی که بادخیز هستند، می‌بایستی استفاده کرد.

این تکنولوژی‌ها را می‌توان به سه دسته کلی تقسیم‌بندی نمود:

۱- مولدهایی که بر اساس سوخت‌های فسیلی کار می‌کنند. این دسته شامل توربین‌های احتراقی، دیزل ژنراتورها و میکروتوربین‌ها می‌باشد.

۲- مولدهایی که با استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر کار می‌کنند. این دسته نیز شامل توربین‌های بادی، سلول‌های خورشیدی، مولدهای انرژی امواج، زمین گرمایی و بیوماس می‌باشد.

۳- تکنولوژی‌هایی که بر اساس ذخیره‌سازی انرژی استوارند یا بر اثر طرحهای الکتروشیمیایی کار می‌کنند. این دسته نیز شامل باتری‌ها، چرخ‌های طیار، ذخیره‌سازهای انرژی ابررسانای مغناطیسی[8] (SMES)، خازن‌ها، ذخیره‌سازهای انرژی با فشرده سازی هوا[9] (CAES)، سلول‌های سوختی و هیدروپمپ‌ها می‌باشد[۶].

در جدول (۲-۲) انواع مختلفی از تکنولوژی‌های DG همراه با محدوده ظرفیت تولید توان آنها آورده شده است.

جدول (۲-۲) برخی از تکنولوژی‌های DG و ظرفیت قابل دسترس

تکنولوژی‌های DG	ظرفیت قابل دسترس
توربین گازی سیکل ترکیبی	25-400MW
موتورهای احتراق داخلی	5kW-10MW
توربین احتراقی	1-250MW
میکروتوربین	20kW-1.5MW
هیدرو کوچک	1-100MW
میکرو هیدرو	25kW-1MW
توربین بادی	200W-3MW
آرایه فتوولتاییک	20W-100kW
حرارتی خورشیدی(دریافت کننده مرکزی)	1-10MW
حرارتی خورشیدی (سیستم لوتز)	10-80MW
بیوماس	100kW-20MW
پیل سوختی (phosacid)	200kW-2MW
پیل سوختی (carbonate molten)	250kW-2MW
پیل سوختی (exchange proton)	1kW-250kW
پیل سوختی (oxide solide)	250kW-5MW
زمین گرمایی (ژئوترمال)	5-100MW
انرژی امواج	100kW-1MW
موتورهای استرلینگ	2-10kW
ذخیره‌سازی باتری	500KWh-5MWh

[8] Super Conducting Magnetic Energy Storage Systems
[9] Compact Air Energy Storage