



دانشگاه زنجان

دانشکده مهندسی برق

پایان نامه کارشناسی

رشته مهندسی برق قدرت

عنوان پروژه:

تصمیم گیری نیروگاه های مجازی در شبکه برق

دانشجو:

محمود محسنی فر

استاد راهنما

دکتر سعید جلیل زاده

پاییز ۹۵

فهرست مطالب

فصل اول: پیشگفتار.....	۱
۱-۱. مقدمه.....	۱
۲-۱. تعاریف نیرو گاه مجازی.....	۲
فصل دوم: نیرو گاه مجازی چیست.....	۴
۱-۲. مقدمه.....	۵
۲-۲. مفهوم نیرو گاه مجازی.....	۶
۳-۲. اجزای نیرو گاه مجازی.....	۷
۱-۳-۲. فناوری تولید.....	۷
۲-۳-۲. فناوری های ذخیره انرژی.....	۹
۳-۳-۲. فناوری اطلاعات و ارتباطات.....	۹
۴-۲. نیرو گاه مجازی فنی و نیرو گاه مجازی تجاری.....	۱۰
۱-۴-۲. نیرو گاه مجازی فنی.....	۱۰
۲-۴-۲. نیرو گاه مجازی تجاری.....	۱۱
۵-۲. نتیجه گیری.....	۱۲
فصل سوم: نیرو گاه مجازی فنی و تجاری.....	۱۴
۱-۳. مقدمه.....	۱۵
۲-۳. نیرو گاه مجازی.....	۱۸
۱-۲-۳. فعالیت نیرو گاه مجازی تجاری.....	۲۰
۲-۲-۳. فعالیت نیرو گاه مجازی فنی.....	۲۲
۳-۳. تعامل بین CVPP و TVPP.....	۲۵
۴-۳. مورد پژوهی.....	۲۶
۱-۴-۳. دسترسی به DER به کمک نیرو گاه مجازی.....	۲۶

۳-۵. چالش های پیش رو.....	۲۹
۳-۶. نتیجه گیری.....	۳۰
فصل چهارم: مدیریت انرژی در نیروگاه مجازی.....	۳۲
۴-۱. مقدمه.....	۳۳
۴-۲. مدل سیستم توزیع.....	۳۴
۴-۳. قرار دادن واحدهای استفاده کننده از انرژی های تجدیدپذیر در نیروگاه مجازی.....	۳۷
۴-۳-۱. منابع فتوولتاییک در نیروگاه مجازی.....	۳۷
۴-۳-۲. سلول سوختی.....	۳۸
۴-۳-۳. سایر منابع انرژی تجدیدپذیر.....	۳۸
۴-۴. قرار دادن سیستم های ذخیره انرژی در نیروگاه مجازی.....	۳۸
۴-۴-۱. باتری های فتوولتاییک.....	۳۹
۴-۴-۵. انواع مختلف سناریوهای مدیریت انرژی در نیروگاه مجازی.....	۳۹
۴-۵-۱. سناریوی اول.....	۳۹
۴-۵-۲. سناریوی دوم.....	۴۱
۴-۵-۳. سناریوی سوم.....	۴۲
۴-۶. نتایج و پیشنهادها.....	۴۴

فصل اول

پیشگفتار

۱-۱. مقدمه

پروژه برق دانشگاه زنجان به علت رشد مصرف انرژی، گسترش مصرف انرژی پایدار و نگرانی‌های محیطی، نفوذ استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر و انرژی‌های پاک در جهان افزایش یافته است. ادغام DERها با سیستم برق سبب تحمیل هزینه و سود به خود DERها و بهره‌برداران شبکه توزیع و انتقال در بازار برق می‌شود. از سوی دیگر صنعت انرژی‌های نو نقش مهمی را در ترکیب انرژی‌های سیستم‌های قدرت آینده بازی می‌کند. علاوه بر این طبیعت متناسب و خروجی‌های این منابع این ایده را به ذهن می‌آورد که این‌ها برای کاربردهای بزرگ‌تری مورد استفاده می‌گیرند، تعاریف زیادی برای DERها بیان شده است، بسیاری از این تعاریف پایدار نیستند. تولید پراکنده می‌تواند به عنوان تولید در و یا مرکز بار تعریف شود.

CIGRE، تولید پراکنده^۲ (DG) را با مشخصات زیر تعریف می‌کند:

- به طور متمرکز برنامه‌ریزی نشده است. دانشگاه زنجان و انرژی‌های تجدیدپذیر و انرژی‌های پاک در جهان افزایش یافته است. ادغام DERها با سیستم برق سبب تحمیل هزینه و سود به خود DERها و بهره‌برداران شبکه توزیع و انتقال در بازار برق می‌شود. از سوی دیگر صنعت انرژی‌های نو نقش مهمی را در ترکیب انرژی‌های سیستم‌های قدرت آینده بازی می‌کند. علاوه بر این طبیعت متناسب و خروجی‌های این منابع این ایده را به ذهن می‌آورد که این‌ها برای کاربردهای بزرگ‌تری مورد استفاده می‌گیرند، تعاریف زیادی برای DERها بیان شده است، بسیاری از این تعاریف پایدار نیستند. تولید پراکنده می‌تواند به عنوان تولید در و یا مرکز بار تعریف شود.
- در زمان حال به طور متمرکز توزیع نشده است.
- معمولاً به شبکه توزیع متصل است و از ۵۰-۱۰۰ MW کمتر است.

علاوه بر این DER نه تنها شامل ژنراتور می‌شود بلکه ذخیره‌سازها و بارهای قابل کنترل را هم در حیطه خود دارد. DGها به طور کلی به دو دسته عمده می‌توانند تقسیم‌بندی شوند: وابسته به انرژی‌های نو و وابسته به سوخت. سوخت. سوخت. سوخت.

¹ Distributed Energy Resources

² Distributed Generation

۱-۲. تعاریف نیروگاه مجازی

وجود ندارد.

در [۱] نیروگاه مجازی به عنوان یک سیستم کوچک و مستقل تعریف می شود. در [۲] نیروگاه مجازی به

عنوان مجموعه ای از انواع مختلف منابع تولید پراکنده تعریف می شود که ممکن است در نقاط مختلف ولتاژ

متوسط از شبکه توزیع پراکنده شده باشد. در [۳] نیروگاه مجازی از فناوری های متفاوتی با عملکردهای

متفاوت و قابلیت های گوناگون تشکیل شده که می توانند به نقاط مختلف سیستم توزیع وصل شوند. در [۴]

نیروگاه مجازی یک موجودیت ناهمگن متشکل از چندین فناوری که در مکان های مختلف قرار گرفته اند

تعریف می شوند.

پروژه FENIX نیروگاه های مجازی را این گونه تعریف می کند: «یک نیروگاه مجازی ظرفیت های تعدادی

منابع تولید پراکنده مختلف را جمع کرده و از مجموع پارامترهای توصیف کننده هر یک از منابع تولید

پراکنده ها یک پروفایل جداگانه را ایجاد نموده و می تواند با مجموع خروجی های منابع تولید پراکنده ها در

شبکه تاثیر گذارد.

یک نیروگاه مجازی نماینده انعطاف پذیری از تعدادی منابع تولید پراکنده است که می تواند در سراسر بازار

قراردادهایی را ایجاد می کند یا خدماتی را به اپراتورهای سیستم ارائه می دهد [۳].»

به طور کلی عبارت تولید پراکنده به هر فن آوری تولید برق که درون سیستم توزیع گنجانده شده و نزدیک به

نقطه مصرف یا در طرف مشتری است. به طور کلی DG به معنای تولید برق در مقیاس کوچک است که

متصل به شبکه های ولتاژ متوسط یا پایین است. تعداد زیادی فناوری های مختلف در مقیاس کوچک وجود

دارد که می تواند برای تولید برق مورد استفاده قرار گیرد. فناوری DG می تواند به بخش تجدیدپذیر و غیرقابل

تجدیدپذیر تقسیم شود. فناوری های متعارف منابع انرژی شامل توربین های گازی، سلول های سوختی و

میکروتوربین و ... از سوی دیگر فناوری های منابع انرژی تجدیدپذیر شامل توربین بادی، فتوولتائیک،

سیستم های بیوماس و زمین گرمایی و ... است.

تولید پراکنده دارای مزایای بسیاری از جمله :

□ بهره‌وری سوخت بالا

❑ تهیه برق مورد نیاز پیک برای کاهش هزینه‌ها

کاهش انتشار آلاینده‌های محیطی از طریق فن آوری پاک و تجدیدپذیر

❑ استفاده از فناوری برق و حرارت ترکیب‌شده

❑ افزایش قابلیت اطمینان سیستم

❑ بهبود کیفیت توان

❑ به تعویق انداختن سرمایه‌گذاری‌های انتقال و توزیع

❑ کاهش تلفات سیستم

❑ ارائه خدمات جانبی برای بهره‌بردار بازار

علاوه بر این سرمایه و هزینه‌های عملیاتی از برخی از فن‌آوری‌های تولید پراکنده بطور قابل توجهی در

سال‌های اخیر کاهش یافته و این انتظار وجود دارد که این روند کاهش همچنان ادامه یابد در مورد فناوری

سیستم فتوولتائیک هزینه تحویل هر کیلووات ساعت در کاربردی مناسب تا حدود 70 درصد از سال 1980

کاهش یافته است. بنابراین رهنمودهای اقتصادی و فنی و دلایل زیست‌محیطی بخشی انرژی به سمتی

حرکت می‌کند که در آن بخش زیادی از افزایش انرژی الکتریکی از طریق نصب گسترده DG ها تأمین

خواهد شد.

فصل دوم

نیروگاه مجازی چیست؟

چکیده:

همگام با مصرف روز افزون برق در دنیا، فناوری های نوین بر نحوه تولید، توزیع و مصرف برق تاثیر می-

گذارند. در این بین، تولید پراکنده به عنوان یک عنصر اصلی در بسیاری از کشورها مورد توجه قرار گرفته

است. برای توسعه مناسب منابع تولید پراکنده^۱ و حرکت جوامع به سوی بازارهای برق رقابتی تر، به فناوری-

ها و سیاست های نوینی نیاز داریم تا به مسائل موجود در هر دو حوزه فنی و اقتصادی پاسخگو باشند. به

منظور اداری منابع تولید پراکنده و نیز رویت پذیرتر کردن آنان در بازار برق، مفهوم نیروگاه مجازی^۲ شکل

گرفته و هم اکنون از سوی بسیاری از محققان مورد استفاده قرار گرفته است. این نوع نیروگاه از ترکیب

چندین واحد تولید پراکنده کوچک متفاوت تشکیل شده است، به طوری که مجموع این واحدها یک «واحد

تولید متمرکز مجازی» را شکل داده که می تواند همانند یک نیروگاه معمولی عمل کند و به همان اندازه

رویت پذیر بوده و به صورت منفرد اداره شود. در این فصل بیشتر سعی شده است که به مقوله های اصلی

مرتبط با ایده ی نیروگاه مجازی پرداخته شود. ضمن این که به توصیفات متفاوت این نیروگاه پرداخته شده،

مفهوم اولیه و اجزای اصلی آن بیان گردیده، و بالاخره دو نوع اصلی نیروگاه مجازی به نام های نیروگاه مجازی

تجاری^۳ و نیروگاه مجازی فنی^۴ مورد بررسی قرار گرفته است.

¹ Distributed Energy Resources

² Virtual Power Plant

³ Commercial VPP

⁴ Technical VPP

۱-۲. مقدمه

نیروگاه مجازی از تعدادی واحد تولید پراکنده با ظرفیت کم تشکیل شده است. به عبارت دیگر، این واحدها با هم تشکیل یک واحد تولید پراکنده منفرد را می‌دهند که می‌تواند مانند یک نیروگاه معمولی عمل کند و به تنهایی در بازار شرکت کرده و خود را مدیریت کند.

منابع تولید پراکنده در دنیا به سرعت در حال رشد و پیشرفت هستند. منظور از رشد این منابع، استفاده از سیستم‌هایی است که مشکلات زیست محیطی کمتری دارند، گوناگونی در منابع انرژی و بهبود بازده انرژی است. در این بین به فرآیند رو به رشد بازار برق، یعنی گذار ساختار بازار از شکل انحصاری به رقابتی نیز بیش از پیش توجه می‌شود. برآوردن این خواسته‌ها ما را ملزم می‌کند که برای شرکت در بازار از تعداد زیادی واحد منابع تولید پراکنده استفاده کنیم.

مشکلات دیگری که یک منبع تولید پراکنده دارد عبارتند از:

- شرکت در بازار: از آنجا که در منابع تولید پراکنده‌ها، منابع تولید برق، فناوری‌های ذخیره برق و بارهای قابل کنترل نسبتاً کوچک هستند، یک منبع تولید پراکنده معمولاً اجازه شرکت در بازار را پیدا نمی‌کند.

- طبیعت ناپایدار: بسیاری از فناوری‌های تولید پراکنده مانند سلول‌های خورشیدی و توربین‌های بادی به شرایط آب و هوایی وابسته‌اند و به همین علت خروجی ثابتی نداشته و در نتیجه قابل دیسپچ نیستند. این امر نه تنها مشارکت آنها را در سیستم کاهش می‌دهد، بلکه به خاطر نامتعادلی

های غیر قابل پیش‌بینی شان آنها را متحمل مجازات‌های اقتصادی نیز می‌نماید.

- خودکفایی: بسیاری از واحدهای منابع تولید پراکنده به خاطر اینکه مالکیت منحصر به فردی ندارند، جدا از هم کار می‌کنند و بین منابع تولید پراکنده‌های همسایه معمولاً همکاری و ارتباطی وجود

ندارد. به همین علت توانایی منابع تولید پراکنده به برآوردن نیازهای محلی خود محدود می‌شود تا کل سیستم.

یک روش برای برطرف کردن این مشکلات، جمع‌آوری تعدادی واحد منابع تولید پراکنده تحت مفهوم نیروگاه مجازی است. در این صورت، این گروه منابع تولید پراکنده‌ها همان کنترل پذیری و مشارکت پذیری

در بازار نیروگاه‌های معمولی را خواهند داشت.

- در برخی از ساعات در نیروگاه تولید اضافی داریم، بنابراین می توان مقداری از انرژی تولیدی را توسط سیستم های ذخیره انرژی برای استفاده در ساعات پیک ذخیره نمود. اما برق تولیدی مازاد در این سناریو کمتر از سناریوی اول است و بنابراین ذخیره آن به صرفه تر خواهد بود.
- حذف بار بهتر از سناریوی اول انجام می شود.
- حتی در صورت استفاده از سیستم های ذخیره انرژی باز هم در ساعات پیک نیروگاه با کمبود برق مواجه خواهد بوده بنابراین سیستم مدیریت انرژی می بایست برق اضافی مورد نیاز را از شبکه بالاتر مطالبه کند.
- نیروگاه می تواند برق مازاد را به عنوان ظرفیت رزرو یا به عنوان یک نیروگاه مجازی ارائه کند.
- تلفات توان پایین است چراکه در برنامه مدیریت انرژی از نتایج مطالعات پخش بار استفاده شده است.

۴-۶. نتایج و پیشنهادها

- سناریوی سوم کاربردی تر است چرا که شرایط واقعی را در نظر می گیرد؛ به کمک این سناریو و با در نظر گرفتن پتانسیل های منابع انرژی تجدیدپذیر موجود در نیروگاه مجازی و مطالعات پخش بار سیستم مدیریت انرژی می تواند یک روش بهینه را برای عملکرد واحدهای تولیدپراکنده، زمان استفاده از سیستم های ذخیره انرژی، چگونگی حذف پیک منحنی بار و ... پیدا کند.
- در این روش تمامی بارهای نیروگاه مجازی توسط واحدهای تولیدپراکنده خود نیروگاه تامین می شود. بنابراین اگر بقیه نیروگاه های مجازی هم بار خود را تامین کنند، ظرفیت های زیادی از شبکه توزیع حذف خواهند شد.
- سایر مزایای استفاده از سیستم های مدیریت انرژی در مورد منابع انرژی تجدیدپذیر و سیستم های ذخیره انرژی به ترتیب زیر است:
- استفاده بهینه از پتانسیل های موجود نیروگاه های مجازی و جلوگیری از افزایش نامنظم واحدهای تولیدپراکنده

- کاهش مصرف سوخت های فسیلی و آلودگی هوا
- کاهش تبادل برق با شبکه بالاتر، حذف بار، حذف پیک و بار رزرو

مراجع

[1] H. Morais, P. Kadar, M. Cardoso, Z. Vale, and H. Khodr, "Vpp operating in the isolated grid", IEEE Power and Energy Society General Meeting - Conversion and Delivery of Electrical Energy in the 21st Century, Pittsburgh (PA), pp.1-6. Jul 2008.

[2] F. Bignucolo, R. Caldon, and V. Prandoni, "The Voltage Control on MV Distribution Networks with Aggregated DG Units (VPP)", Proceedings of the 41st International, vol 1, pp. 187-192, Sep 2006.

[3] D. Pudjianto, C. Ramsay, and G. Strbac, "Virtual power plant and system integration of distributed energy resources", IET Renewable Power Generation, vol 1, issue 1, pp. 10 - 16, Mar 2007.

[4] H. Morais, M. Cardoso, L. Castanheira, Z. Vale, and I. Praca, "A decision-support simulation tool for virtual power producers", IEEE International Conference on Future Power Systems, Amsterdam (Netherlands), pp.1-6, Nov 2005.

[5] D. Pudjianto, C. Ramsay, G. Strbac: "The FENIX vision: The Virtual Power Plant and system integration of distributed energy resources", FENIX Deliverable 1.4.0, 21 Dec 2006.

[6] C. Ramsay, "The Virtual Power Plant: Enabling Integration of distributed generation and demand", FENIX Bulletin 2, Jan 2008.

[7] M. Braun, "Technological Control Capabilities of DER to Provide Future Ancillary Services", International Journal of Distributed Energy Resources, 2007.

[8] M. Braun, and P. Strauss: "A Review on Aggregation Approaches of Controllable Distributed Energy Units in Electrical Power Systems", International Journal of Distributed Energy Resources, vol 4, issue 4, 2008.

[9] M. Braun, "Virtual Power Plants in Real Applications", Online Available at: http://www.iset.uni-kassel.de/abt/FBA/publication/2009/2009_Braun_Etg_Fenix.pdf.

[10] <http://www.fenix-project.org>

[11] <http://www.encorp.com/content.asp?cmsID=41>