

تولید پراکنده و نیروگاه‌های برق مجازی

علیرضا مهاجر^۱، پرویز محمدی^۲

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه برق، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات آذربایجان شرقی، تبریز
a.mohajer08@gmail.com

^۲ دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه برق، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات آذربایجان شرقی، تبریز
parvizmohammadi13@gmail.com

چکیده

این مقاله به توضیح مشخصه‌های اصلی تولید پراکنده (Distributed Generation) و نیروگاه‌های برق مجازی (Virtual Power Plants) می‌پردازد. تولید پراکنده به تولید برق در نزدیکی محل مصرف کننده با استفاده از واحدهای تولیدی با مقیاس کوچک اشاره می‌نماید. منابع انرژی پراکنده، انرژی‌های تجدیدپذیر و تولید ترکیبی (تولید همزمان برق و حرارت) می‌باشند. نیروگاه برق مجازی به مجموعه‌ای از تأسیسات تولید پراکنده نظیر توربین‌های بادی، نیروگاه‌های برق خورشیدی، نیروگاه‌های آبی کوچک و هرگونه منبع تولید برق که توانایی همکاری با یکدیگر را در یک منطقه محلی دارند و همگی توسط یک واحد کنترل مرکزی کنترل می‌شوند، اطلاق می‌گردد. نیروگاه برق مجازی تحت آزمون‌های مختلف اعتبارسنجی و اتصالات شبکه‌ای (متصل به شبکه و خارج از شبکه) قرار گرفته و از مرتبه اعتبار و شایستگی بالایی برخوردار می‌باشد.

کلمات کلیدی

تولید پراکنده، نیروگاه برق مجازی، منابع انرژی پراکنده، انرژی تجدید پذیر، مرتبه اعتبار

۱- مقدمه

بازدهی پخش بار و اهداف اقتصادی با در نظر گرفتن امنیت الکتریکی سیستم تکمیل کند. از طرفی گسترش انرژی‌های تجدیدپذیر در شبکه قدرت الزام ایجاد می‌کند که شبکه هوشمند این بخش را نیز حمایت کند. برای ارتباط بین شبکه الکتریکی هوشمند با انرژی‌های تجدیدپذیر نیروگاه مجازی به عنوان یک پل ارتباطی مطرح گردید. از طرفی نیروگاه مجازی به عنوان یکی از زیرساخت‌های شبکه هوشمند در نظر گرفته می‌شود که از طرفی به طور مستقیم به شبکه هوشمند متصل شده و از طرفی اجزاء یا گروهی از اجزاء (عمدتاً انرژی‌های تجدید پذیر) بکاررفته در شبکه هوشمند را مدیریت می‌کند. روش‌های مختلفی برای مدل نمودن این سیستم الکتریکی جدید در حال بررسی و توسعه می‌باشند که نمونه آنها شبکه توزیع فعال (ADN^۱)، ریز شبکه‌ها و نیروگاه‌های برق مجازی می‌باشد. تولید پراکنده به تولید برق در نزدیکی محل مصرف کننده مصرف کننده با استفاده از تجهیزات تولید ترکیبی یا منابع انرژی تجدید پذیر (RES^۲) اطلاق می‌گردد.

نیروگاه برق مجازی یک مفهوم جدید است که ایده آن چند سال قبل بوجود آمده است. مفهوم اصلی آن برپایه ژنراتورهای پراکنده‌ای می‌باشد که بهم متصل بوده و از طریق یک واحد کنترلی بهره‌گیرنده از ساختار تکنولوژی

افزایش گرایش به سمت انرژی‌های تجدیدپذیر و تولید برق و حرارت در نزدیکی بار، در کنار امکان ذخیره سازی و مدیریت تقاضا، به تغییرات قابل توجهی در عملکرد سیستم منتج شده است که در آن سهم قابل توجهی از برق بوسیله تکنولوژی‌های مرتبط با تولید پراکنده تولید می‌گردد. علی‌رغم مزایای آشکار پیوستن تجهیزات و تولید پراکنده به شبکه‌های توزیع، معمول سازی (آشناسازی) آنها با شبکه‌های توزیع سنتی، آنها را با چالش‌های جدیدی در عملکرد سیستم مواجه نموده است. تمامی این چالش‌ها می‌توانند بوسیله یک شبکه هوشمندتر نشان داده شود.

در تعریف شبکه هوشمند باید گفت که شبکه هوشمند مفهومی است برای تبدیل شبکه قدرت با استفاده از کنترل اتوماتیک و تکنولوژی ارتباطات و دیگر فرم‌های تکنولوژی اطلاعات که در هر سه بخش تولید، انتقال و توزیع ابزارهای خلاقانه و تکنولوژی‌های جدید را هم در خصوص مصرف کننده و تجهیزات ارائه می‌دهد. یک شبکه الکتریکی هوشمند می‌تواند اعمال همه مصرف کنندگان متصل به شبکه، تولیدکنندگان و یا هر دو را با هم به منظور

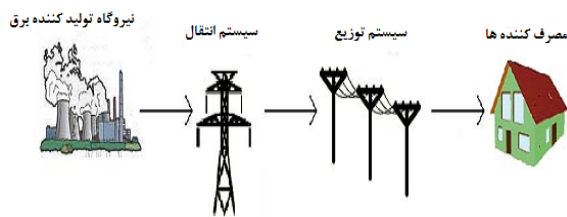
تولید پراکنده دارای برخی از ویژگی‌ها بوده که مشخصه آنها می‌باشد و در سیستم‌های متمرکز سنتی نمود پیدا نکرده است:

- میزان برق تولیدی آن نسبتاً کم بوده و بسته به موجود بودن و متغیر بودن منبع انرژی اولیه، تغییراتی دارد.
- جاری شدن توان در این سیستم در مقایسه با سیستم تولید مرکزی که یک طرفه می‌باشد، دو طرفه است.
- محل قرارگیری آن در طول شبکه به وجود منبع انرژی اولیه در آنجا بستگی دارد.

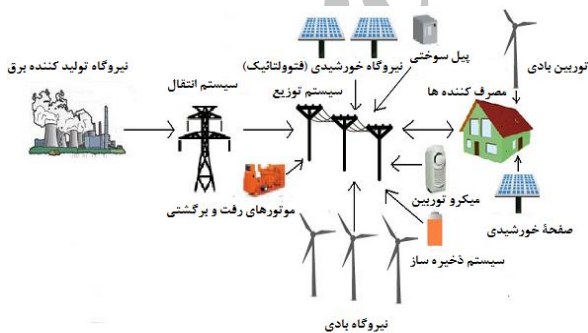
تولید پراکنده می‌تواند نقش مهمی را در امور زیر ایفا نماید:

- کاهش تلفات انتقال
- بهبود کیفیت توان
- بهبود قابلیت اطمینان شبکه
- پشتیبانی بهتر از نظر ولتاژی
- کاهش اثرات گلخانه‌ای

مانع اصلی برسر راه تولید پراکنده، هزینه بالای آنهاست؛ البته در طول سالین گذشته به میزان قابل توجهی از حجم این هزینه‌ها کاسته شده است. تولید پراکنده می‌تواند در یک مسیر مجزا (ایزوله شده) چه در حالت تأمین تقاضای مصرف کننده محلی، چه در حالت پیوستن به شبکه تأمین کننده انرژی برای سیستم‌های الکتریکی و چه در حالت ترکیبی این موارد، بکار گرفته شود. این واحدهای تولیدی عموماً به سیستم‌های قدرت در سطوح توزیع یا سطوح مصرفی متصل می‌باشند. سیستم تولید متمرکز در شکل ۱ و سیستم تولید پراکنده در شکل ۲ نشان داده است.



شکل ۱: یک سیستم تولید و انتقال برق متمرکز یک طرفه



شکل ۲: سیستم تولید پراکنده دوطرفه

تولید پراکنده کلید رویارویی با رشد تقاضا برای برق می‌باشد که فراهم آورنده مزایایی برای مصرف کننده از طریق بهبود کیفیت زندگی آنها می‌باشد و به سیستم متمرکز اجازه تغذیه بارهای اضافه‌تر را داده و نیز فرصتی را هم برای تجارت در زمینه برق در محیطی رقابتی ایجاد می‌نماید.

ارتباطی اطلاعاتی (ICT^۱) کنترل و نظارت می‌گردند. این مجموعه می‌تواند شامل هرگونه منبع الکتریکی که توانایی به هم پیوستن و همکاری بایکدیگر را در یک منطقه دارند، باشد که نظایر آنها سیستم‌های فتوولتائیک (PV^۲)، توربین‌های بادی (WT^۳) و ژنراتورهای ترکیبی برق و حرارت (CHP^۴) می‌باشند. این راه حل مناسبی برای مهار و کنترل انرژی‌های تجدیدپذیر، با در نظر گرفتن این واقعیت که این منابع مشکلاتی را در هنگام اتصال آنها به شبکه برق دارند، می‌باشد. این مشکلات ناشی از کمبود ظرفیت انتقال در شبکه برق و متغیر بودن خروجی بنا بر تغییرات در منبع انرژی اولیه آنها می‌باشند. تحقیقات پیرامون نیروگاه‌های برق مجازی، بر روی طراحی و توسعه آنها، کنترل و مدیریت آنها، یکپارچه سازی تولید پراکنده و منابع انرژی تجدیدپذیر در آنها، بهینه سازی و دیسپاچینگ آنها صورت گرفته است. در این مقاله مرتبه اعتبار یک نیروگاه برق مجازی که دارای منابع انرژی پراکنده (DER^۵) مختلف می‌باشد مورد بررسی قرار گرفته است.

نیروگاه‌های مجازی نوعی اینترنت انرژی ایجاد می‌کنند که شبکه‌های موجود را به تأمین کنندگان دلخواه برق و خدمات مشتریان تبدیل می‌نمایند. ارزش فزاینده نیروگاه‌های مجازی برای کاربران نهایی و خدمات دهندگان تأسیسات با استفاده از مجموعه‌ای از سیستم‌های دینامیک نرم افزار محور می‌باشد که مقادیر را بصورت همزمان محاسبه می‌کنند و به سرعت به شرایط باری مصرف کنندگان حتی در شرایط اوج بار واکنش نشان می‌دهند که این خود اعطاف‌پذیری و بدنبال آن بازده بالاتر سیستم را در پی خواهد داشت.

نیروگاه‌های برق مجازی می‌توانند بار قرار گرفته بر روی شبکه برق کاهش دهند که دلیل آن تولید و مصرف برق بصورت محلی بدون فرستادن آن از طریق خطوط انتقال برای مناطق دور دست می‌باشد که این منجر به کاهش یا حتی حذف فاکتور تلفات انرژی می‌گردد. همچنین در جهت کارکرد بهتر نیروگاه برق مجازی از سیستم ذخیره انرژی باید استفاده نمود.

حالت اوج میزان تقاضا برای برق نیز می‌تواند بوسیله اپراتورها (متصدیان) سیستم توزیع در حالت وجود یک نیروگاه برق مجازی بهینه سازی شود زیرا نیروگاه برق مجازی برق را بصورت محلی تولید نموده و در کنار آن سیستم تولید مرکزی نیز می‌تواند در حالت‌های پایدارتری فعالیت نماید.

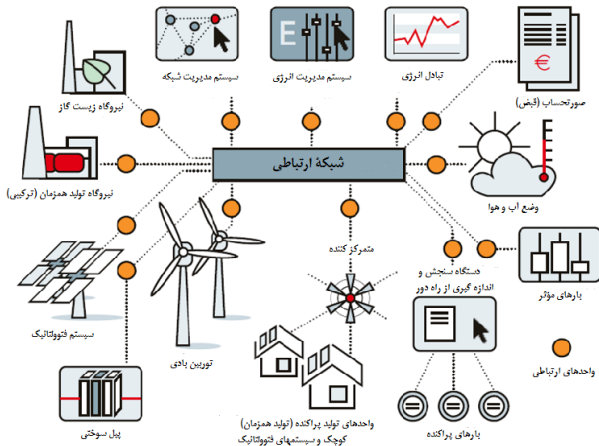
۲- تولید پراکنده

واژه تولید پراکنده به تولید برق در نزدیکی محل مصرف کننده اشاره می‌نماید. منابع تولید پراکنده، واحدهای تولید همزمان برق و حرارت و منابع انرژی تجدیدپذیر می‌باشند. انرژی تجدیدپذیر، انرژی حاصل از منابع طبیعی نظیر باد، نور خورشید، جزر و مد، امواج، گرمای زمین و زیست گاز می‌باشد. معمول‌ترین تکنولوژی‌های تولید پراکنده استفاده شده و مقیاس ظرفیتی نمونه آنها به شرح زیر می‌باشند:

- توربین بادی - از ۲۰۰ وات تا ۳ مگاوات
- آرایش‌های سلول خورشیدی (فتوولتائیک) - از ۲۰ وات تا ۱۰۰ کیلووات
- نیروگاه آبی کوچک - از یک مگاوات تا ۱۰۰ مگاوات
- نیروگاه آبی کوچک - از ۲۵ کیلووات تا ۱ مگاوات
- نیروگاه زمین گرمایی - از ۵ مگاوات تا ۱۰۰ مگاوات
- نیروگاه انرژی اقیانوسی - از ۱۰۰ کیلووات تا ۵ مگاوات
- نیروگاه زیست گازی - از ۱۰۰ کیلووات تا ۲۰ مگاوات
- باتری ذخیره کننده - از ۵۰۰ کیلووات تا ۵ مگاوات

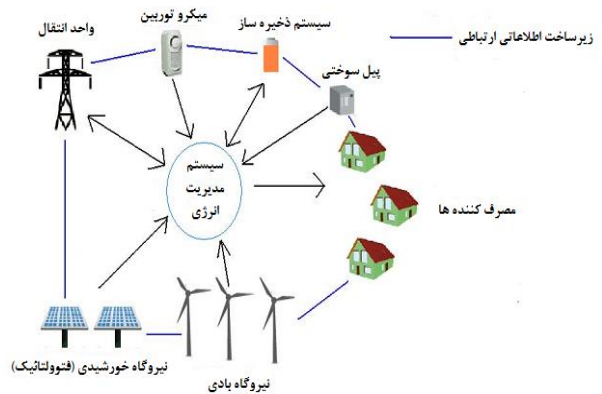
۳- نیروگاه برق مجازی

نیروگاه برق مجازی یک سیستم مکمل برای نیروگاه‌های برق متمرکز متداول می باشد که این عمل را با ایجاد تأمین کنندگان جدید در مقیاس کوچک بصورت سیستم‌های قدرت پراکنده متصل بهم در جهت تشکیل سیستم‌های ذخیره سازی اشتراکی انجام می دهد که می تواند از طریق یک ایستگاه کنترل مرکزی بکارگرفته شود. یک نیروگاه برق مجازی دربرگیرنده تعداد بسیار زیادی از تأسیسات تولید پراکنده (مانند توربین‌های بادی، نیروگاه آبی کوچک و ...) و هرگونه منبع قدرتی که توانایی همکاری با یکدیگر را در یک منطقه محلی داشته و توسط یک واحد کنترل مرکزی، کنترل می شوند، می باشد. شکل ۳ یک مدل نیروگاه مجازی را به تصویر کشیده است که در آن انرژی مورد نیاز مصرف کنندگان باید تأمین شود.



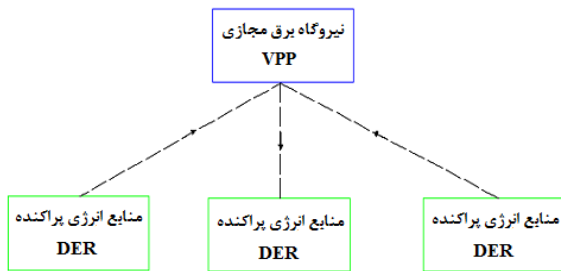
شکل ۵: کنترل متمرکز نیروگاه برق مجازی برپایه عوامل مختلف

سه رویکرد مختلف درباره نیروگاه‌های برق مجازی می تواند اعمال شود: نیروگاه برق مجازی با کنترل متمرکز (شکل ۶) که در آن منطق کنترلی پاسخگویی به نیروگاه برق مجازی و بازار (عرضه و تقاضا) می باشد که برنامه ریزی برای تولید جدا از منابع انرژی پراکنده می باشد. مزیت این سیستم استفاده از منابع انرژی پراکنده برای مواجه شدن با تقاضای بازار است.



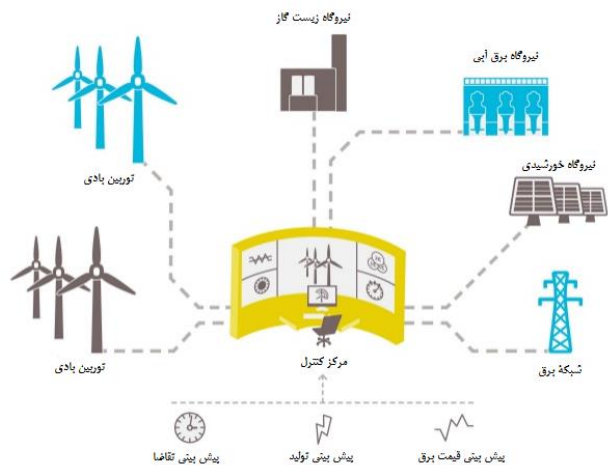
شکل ۳: یک مدل نیروگاه برق مجازی

شکل ۴ نمای از یک مدل کنترلی نیروگاه برق مجازی را نشان می دهد.

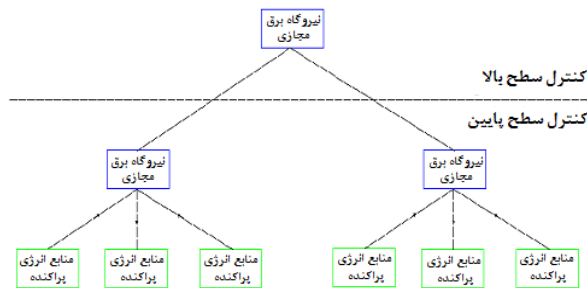


شکل ۶: طرح نیروگاه برق مجازی با کنترل متمرکز

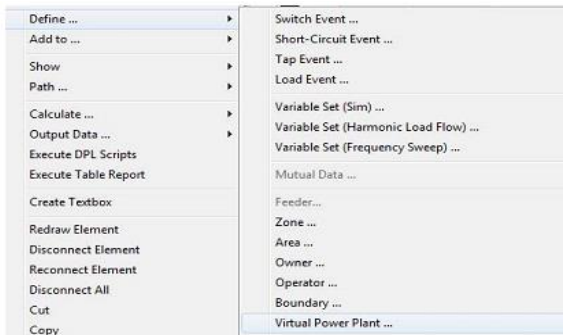
نیروگاه برق مجازی با کنترل نیمه پراکنده (شکل ۷) که در آن نیروگاه های برق مجازی سلسله مراتب متفاوتی داشته که با تعیین آنها در سطوح مختلف مدلسازی می گردند. در این حالت یک نیروگاه برق مجازی مسئولیت هماهنگی و نظارت بر تعداد محدودی از منابع انرژی پراکنده را برعهده دارد درحالیکه تصمیم ها در نیروگاه برق مجازی با سطوح بالاتر اتخاذ می گردند. مزیت این سیستم ساده سازی وظایف و ارتباطات داخلی نیروگاه های برق مجازی است.



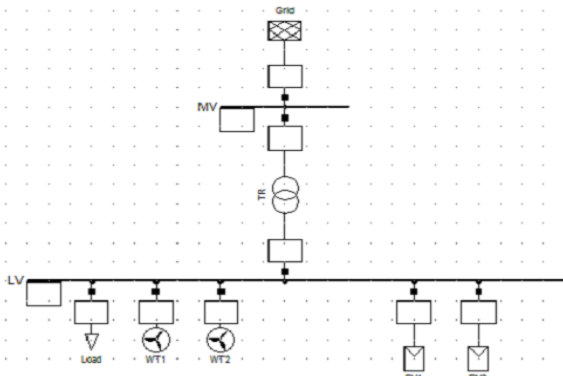
شکل ۴: نمای از یک طرح کنترلی نیروگاه برق مجازی



شکل ۷: طرح نیروگاه برق مجازی با کنترل نیمه پراکنده



شکل ۷: تعریف نیروگاه مجازی



شکل ۸: دیاگرام تک خطی سیستم مورد آزمایش

سیستم مورد آزمایش برای چهار تجهیز تولید پراکنده با مشخصات بیان شده در جدول ۱ می باشد. این سیستم دارای باری به اندازه ۰٫۵ مگاوات و یک فیدر برای تغذیه توان در صورت ناتوانی تجهیزات تولید پراکنده درپوشش کامل بار می باشد. این نیروگاه برق مجازی از نظر مقادیر مختلف مرتبه اعتبار و اتصالات شبکه ای (برروی شبکه و خارج از شبکه) مورد سنجش قرار گرفته تا شایستگی آن تأیید گردد. مرتبه اعتبار این سیستم در جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول ۱: مشخصات ژنراتورهای پراکنده

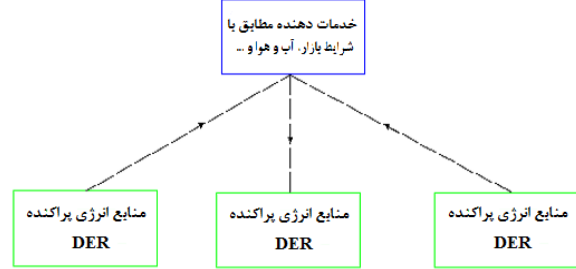
ژنراتور	نوع واحد تولید کننده	توان نصب شده مگاوات [MW]
۱	WT1	۰٫۲
۲	WT2	۰٫۳
۳	PV1	۰٫۱
۴	PV2	۰٫۱۵

جدول ۲: مرتبه اعتبار نیروگاه برق مجازی

ژنراتور	مرتبه اعتبار A	مرتبه اعتبار B
WT1	۱	۴
WT2	۲	۳
PV1	۳	۲
PV2	۴	۱

مرتبه اعتبار در دو دسته A و B تعریف شده است که در شکل ۹ و شکل ۱۰ نشان داده شده است.

- نیروگاه برق مجازی با کنترل کاملاً پراکنده (شکل ۸) که در آن هر منبع انرژی پراکنده در یک مسیر مستقل فعالیت نموده و به وضعیت های مختلف سیستم قدرت و بازار واکنش نشان داده و در آن شرکت می نماید.



شکل ۸: طرح نیروگاه برق مجازی با کنترل کاملاً پراکنده

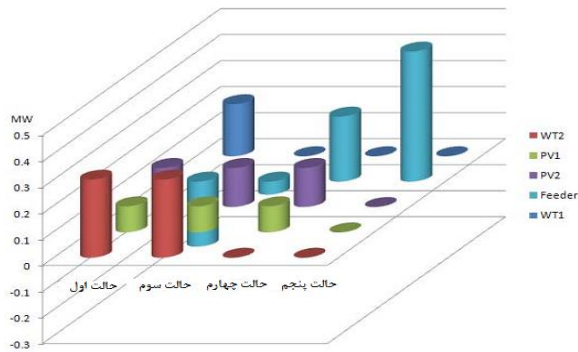
- نیروگاه برق مجازی می تواند نقش مهمی را در امور زیر ایفا نماید:
 - کاهش انتشار گاز CO₂ بدلیل خاصیت محیط زیست دوستانه منابع پراکنده
 - بهبود قابلیت اطمینان، امنیت تأمین توان و انعطاف پذیری در تأمین برق مورد نیاز بدلیل فراوانی بالای تأمین کنندگان و اتصالات متعدد شبکه در جهت ارائه خدمات به سیستم.
 - کاهش تلفات انتقال ناشی از نزدیکی منابع به مصرف کنندگان
 - تسهیل هرچه بیشتر درآشناسازی و یکپارچه سازی مطلوب تکنولوژی های انرژی تجدیدپذیر با مقیاس کوچک در زنجیره تأمین انرژی
 - عملکردی همانند نیروگاه برق متمرکز (البته بصورت پراکنده) که نه تنها برق مورد نیاز را به شبکه تزریق می نماید بلکه خدماتی نظیر فیلتراسیون فعال اختلالات برروی شبکه یا جبران سازی توان راکتیو را به سیستم ارائه می دهد.
 - به تأخیر انداختن سرمایه گذاری های مورد نیاز برای تقویت زیرساخت های شبکه برق
 - قادر ساختن شرکت های توزیع انرژی (EDC) به ارائه خدمات سفارشی در زمینه انرژی به مشتریان و بهبود همزمان تولید برق و توزیع آن با هزینه های بالقوه کمتر
 - فراهم آوردن انتخاب های آزادانه تر برای مصرف کننده نهایی در جهت مقرون به صرفه تر بودن و تأمین انرژی محیط زیست دوستانه با هزینه های بالقوه کمتر که خود محرک قوی برای نوآوری های تکنولوژیکی می باشد.

۴- مورد مطالعاتی

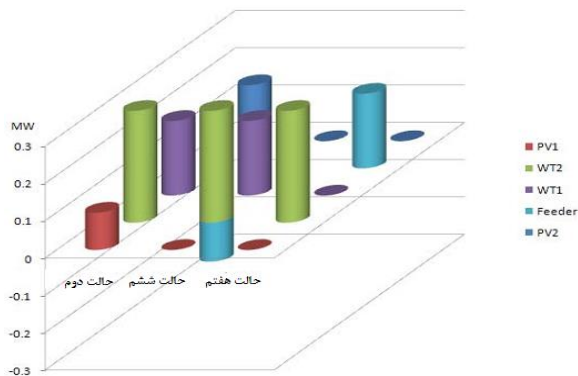
یک نیروگاه برق مجازی با استفاده از نرم افزار DIGSILENT Power Factory در شکل ۷ برای آزمایش سیستم نشان داده شده در شکل ۸ تعریف شده است.

در حالت ششم، مرتبه اعتبار B بوده و نیروگاه‌های خورشیدی (فتولتائیک) شماره ۱ و ۲ (PV1 و PV2) از شبکه خارج شده درحالیکه بقیه تجهیزات تولید پراکنده به شبکه متصل می‌باشند. در این حالت نیز اعتبار سیستم مورد تأیید بوده و بار بوسیله تجهیزات تولید پراکنده تأمین شده است.

در حالت هفتم، مرتبه اعتبار B بوده و نیروگاه‌های خورشیدی شماره ۱ و ۲ (PV1 و PV2) و توربین بادی شماره ۱ (WT1) از شبکه خارج شده و فقط توربین بادی شماره ۲ (WT2) بر روی شبکه قرار دارد. در این حالت اعتبار سیستم مورد تأیید بوده و توان ۰,۲ مگاوات از شبکه دریافت شده است.



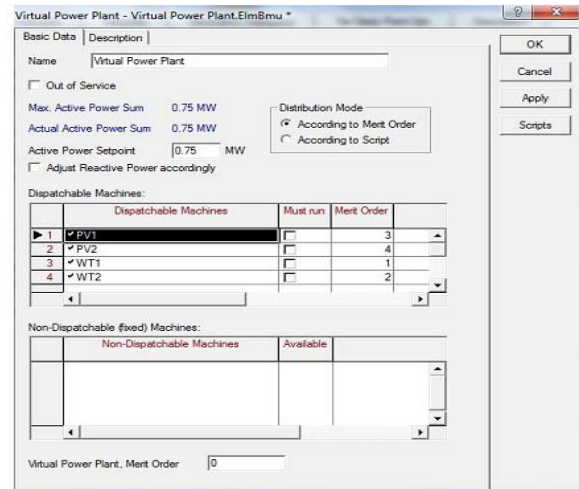
شکل ۱۱: نتایج در مرتبه اعتبار A



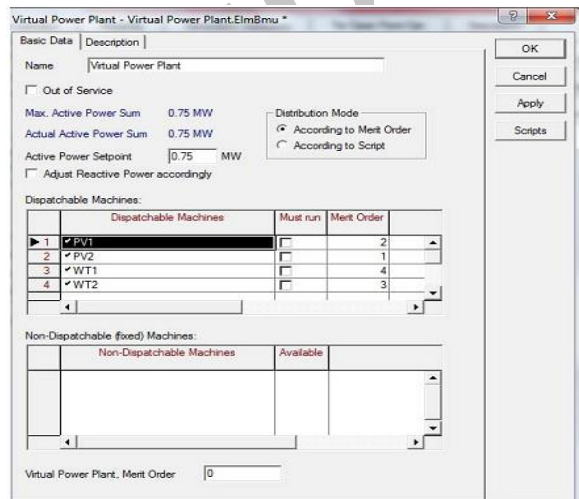
شکل ۱۲: نتایج در مرتبه اعتبار B

۵- نتیجه گیری

تولید پراکنده و نیروگاه‌های برق مجازی مفاهیم جدیدی هستند که بخشی از شبکه‌های هوشمند در کنار مدیریت عرضه و تقاضا و اندازه‌گیری هوشمند به شمار می‌روند. مفهوم اصلی نیروگاه‌های برق مجازی بر پایه ژنراتورهای پراکنده متصل بهم که توسط یک واحد کنترلی از طریق ساختار تکنولوژی ارتباطی اطلاعاتی، نظارت و کنترل می‌شوند استوار می‌باشد. یک نیروگاه برق مجازی را می‌توان بعنوان مجموعه‌ای منابع انرژی پراکنده در نظر گرفت که منافع و مزایای مشتری را ایجاد می‌نمایند و در صورت نزدیکی بار به آنها می‌توانند برق مورد نیاز آنها را تأمین نمایند که در مورد مطالعاتی شرح داده شده است. توان خروجی ژنراتورهای پراکنده می‌تواند بزرگتر از مقدار بار باشد که در این صورت توان اضافی به شبکه تزریق می‌گردد و جاری شدن توان در این حالت دوطرفه می‌باشد. همچنین نشان داده شده است که مرتبه اعتبار تعریف شده در دو دسته مورد تأیید بوده و نیروگاه برق مجازی مطابق این مرتبه اعتبار فعالیت می‌نماید.



شکل ۹: مرتبه اعتبار A



شکل ۱۰: مرتبه اعتبار B

در حالت اول، مرتبه اعتبار A بوده و تمامی تجهیزات تولید پراکنده بر روی شبکه قرار دارند. در این حالت اعتبار سیستم مورد تأیید بوده و توان اضافی ۰,۲۵ مگاوات نیز به شبکه تزریق شده است.

در حالت دوم، مرتبه اعتبار B بوده و تمامی تجهیزات تولید پراکنده بر روی شبکه قرار دارند. در این حالت نیز، اعتبار سیستم مورد تأیید بوده و توان اضافی ۰,۲۵ مگاوات به شبکه تزریق شده است.

در حالت سوم، مرتبه اعتبار A بوده و توربین بادی شماره ۱ (WT1) از شبکه خارج شده و بقیه تجهیزات تولید پراکنده بر روی شبکه قرار دارند. در این حالت، مرتبه اعتبار سیستم مورد تأیید بوده و توان اضافی ۰,۰۵ مگاوات نیز به شبکه تزریق شده است.

در حالت چهارم، مرتبه اعتبار A بوده و توربین های بادی شماره ۱ و ۲ (WT1 و WT2) از شبکه خارج شده‌اند درحالیکه بقیه تجهیزات تولید پراکنده به شبکه متصل می‌باشند. در این حالت، مرتبه اعتبار سیستم مورد تأیید بوده و توان ۰,۲۵ مگاوات از شبکه دریافت شده است.

در حالت پنجم، مرتبه اعتبار A بوده و تمامی تجهیزات تولید پراکنده از شبکه خارج شده‌اند؛ بدین ترتیب تمامی بار توسط شبکه مورد پوشش قرار گرفته و تأمین شده است.

نیروگاه برق مجازی می‌تواند درجهت ورود و دسترسی به بازار برق، با در نظر گرفتن ریسک بسیار بالای یک ژنراتور پراکنده، مورد قرار گیرد. برای سهیم شدن در بازار برق، یک توان نامی حداقل مورد نیاز است. مشکل بزرگ بر سر راه منابع تولید پراکنده، موجود بودن و متغیر بودن منابع انرژی اولیه آنهاست. یک راه حل ساده برای مشکل تولید برق وابسته به آب و هوا، استفاده از یک واحد ذخیره کننده است.

مراجع

- [1] K.El Bakari, J.M.A. Myrzik, W.L. Kling, "Prospects of a Virtual Power Plant to control a cluster of Distributed Generation and Renewable Energy Sources", Proceedings of the 44th International Universities Power Engineering Conference (UPEC), 2009, pp. 1-5
- [2] J.A. Barbosa, R.P.S. Leão, C.F.P. Lima, M.C. O. Rego and F.L.M. Antunes, "Decentralized Energy Management System to Virtual Power Plants", International Conference on Renewable Energies and Power Quality (ICREPQ'10), 2010
- [3] L.I. Dulău, M. Abrudean and D. Bică, "Effects of Distributed Generation on Electric Power Systems", The 7th International Conference Interdisciplinarity in Engineering (INTER-ENG 2013), Procedia Technology, Vol. 12, 2014, p. 681-686
- [4] S. Lukovic, I. Kaitovic, M. Mura, U. Bondi, "Virtual Power Plant as a bridge between Distributed Energy Resources and Smart Grid", Proceedings of the 43rd Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS), 2010. p.1-8
- [5] M. Peik-herfeh, H. Seifi, and M.K. Sheikh-El-Eslami, "Two-stage approach for optimal dispatch of distributed energy resources in distribution networks considering virtual power plant concept", International Transactions on Electrical Energy Systems, Published online 3 December 2012 in Wiley Online Library (wileyonlinelibrary.com) DOI: 10.1002/etep.16
- [6] M.Vasirani, R.Kota, R.L.G.Cavalcante, S. Ossowski, N.R.Jennings, "An Agent-Based Approach to Virtual Power Plants of Wind Power Generators and Electric Vehicles", IEEE Transactions on Smart Grid, Vol. 4, No. 3, 2013, p. 1314 - 1322

زیر نویس‌ها

-
- ¹ Active Distribution Network
 - ² Renewable Energy Source
 - ³ Information Communication Technology
 - ⁴ Photovoltaic
 - ⁵ Wind Turbine
 - ⁶ Combined Heat & Power Generator
 - ⁷ Distributed Energy Resource
 - ⁸ Energy Distribution Companies