تولید پراکنده و نیروگاههای برق مجازی

علیرضا مهاجر[1]، پرویز محمدی[2]

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

[2] 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، نیروگاه-های 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

افزایش گرایش به سمت انرژی‌های تجدیدپذیر و تولید برق و حرارت در نزدیکی بار، درکنار امکان ذخیره سازی و مدیریت تقاضا، به تغییرات قابل توجهی در عملکرد سیستم منتج شده است که درآن سهم قابل توجهی از برق بوسیله تکنولوژی‌های مرتبط با تولید پراکنده تولید می‌گردد. علی رغم 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 بوسیلهٔ یک شبکهٔ 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 مصرف‌کننده و تجهیزات ارائه می‌دهد. یک شبکه الکتریکی هوشمند می‌تواند اعمال همه مصرف‌کنندگان متصل به شبکه، تولیدکنندگان و یا هر دو را با هم به منظور 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 انرژی های تجدید پذیر) بکاررفته درشبکهٔ هوشمند را مدیریت می‌کند.

روش‌های مختلفی برای مدل نمودن این سیستم الکتریکی جدید در حال بررسی و توسعه می‌باشند که نمونهٔ آنها شبکه توزیع فعال (ADN[1])، 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[2]) اطلاق می‌گردد.

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

Archive of SID

www.SID.ir

ارتباطی اطلاعاتی(ICT [۳]) کنترل و نظارت می‌گردند. این مجموعه می‌تواند شامل هرگونه منبع الکتریکی که توانایی به‌هم پیوستن و همکاری بایکدیگر را دریک منطقه دارند، باشد که نظایر آنها سیستم‌های فتوولتائیک (PV [۴])، توربین‌های بادی (WT [۵]) و ژنراتورهای ترکیبی برق و حرارت (CHP [۶]) می‌باشند. این راه حل مناسبی برای مهار و کنترل انرژی‌های تجدیدپذیر، با در نظرگرفتن این واقعیت که این منابع مشکلاتی را در هنگام اتصال آنها به شبکهٔ برق دارند، می‌باشد. این مشکلات ناشی از کمبود ظرفیت انتقال در شبکهٔ برق و متغیر بودن خروجی بنابر تغییرات در منبع انرژی اولیهٔ آنها می‌باشند. تحقیقات پیرامون نیروگاه‌های برق مجازی، برروی طراحی و توسعهٔ 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 مرتبهٔ اعتبار یک نیروگاه برق مجازی که دارای منابع انرژی پراکنده (DER [۷]) مختلف می‌باشد مورد بررسی قرار گرفته است.

نیروگاه‌های مجازی نوعی اینترنت انرژی ایجاد می‌کنند که شبکه‌های موجود را به تأمین‌کنندگان دلخواه برق و خدمات مشتریان تبدیل می‌نمایند. ارزش فزایندهٔ نیروگاه‌های مجازی برای کاربران نهایی و خدمات‌دهندگان 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 مصرف‌کنندگان حتی در شرایط اوج بار واکنش نشان می‌دهند که این خود انعطاف‌پذیری و بدنبال آن بازده بالاتر سیستم را درپی خواهد داشت.

نیروگاه‌های برق مجازی می‌توانند بار قرار گرفته برروی شبکهٔ 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 درجهت کارکرد بهتر نیروگاه برق مجازی از سیستم ذخیرهٔ انرژی باید استفاده نمود.

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

۲- تولید پراکنده

واژهٔ 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، نورخورشید، 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– از۱۰۰کیلووات تا ۵ مگاوات
- نیروگاه زیست گازی– از ۱۰۰ کیلووات تا ۲۰ مگاوات
- باتری ذخیره کننده – از ۵۰۰کیلووات تا ۵ مگاوات

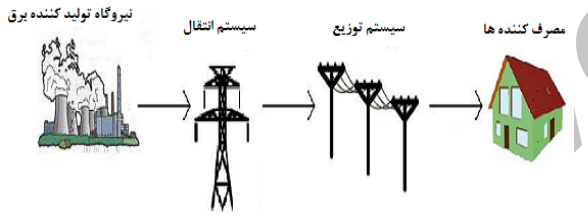
تولید پراکنده دارای برخی از ویژگی‌ها بوده که مشخصهٔ آنها می‌باشد و در سیستم‌های متمرکز سنتی نمود پیدا نکرده است:

- 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.

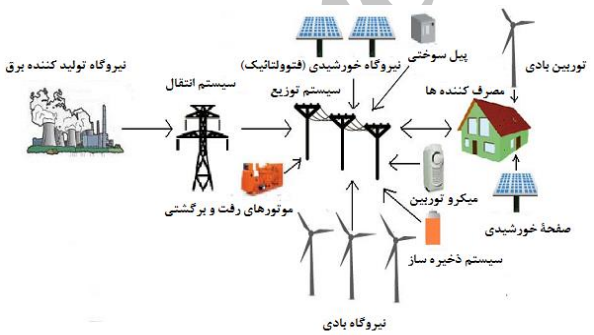
تولید پراکنده می‌تواند نقش مهمی را در امور زیر ایفا نماید:

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

مانع اصلی برسر راه تولید پراکنده، هزینهٔ بالای آنهاست؛ البته درطول سالیان گذشته به میزان قابل توجهی از حجم این هزینه ها کاسته شده است. تولید پراکنده می تواند در یک مسیر مجزا (ایزوله شده) چه درحالت تأمین تقاضای مصرف کنندهٔ محلی، چه درحالت پیوستن به شبکهٔ تأمین کنندهٔ انرژی برای سیستم‌های الکتریکی و چه درحالت 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 پراکندهٔ دوطرفه

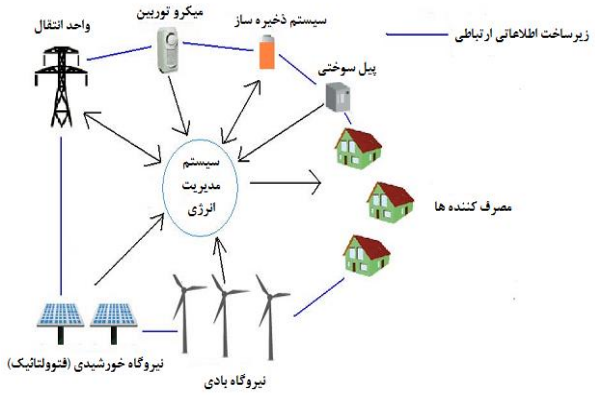
تولید پراکنده کلید رویارویی با رشد تقاضا برای برق می‌باشد که فراهم آورندهٔ مزایایی برای مصرف کننده از طریق بهبود کیفیت زندگی آنها می‌باشد و به سیستم متمرکز اجازهٔ تغذیه بارهای اضافه‌تر را داده و نیز فرصتی را هم برای تجارت در زمینهٔ برق در محیطی رقابتی ایجاد می‌نماید.

Archive of SID

www.SID.ir

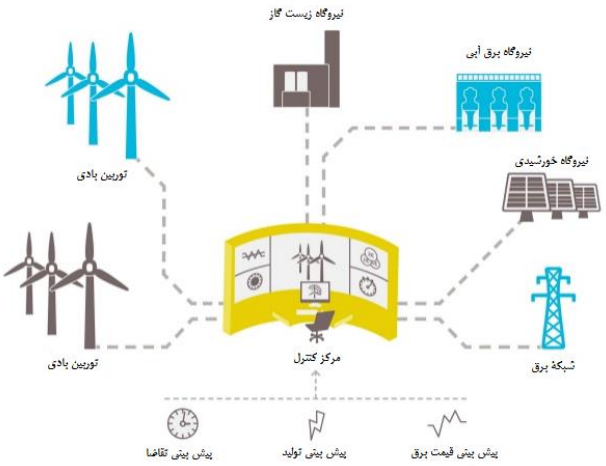
۳- نیروگاه برق مجازی

نیروگاه برق مجازی یک سیستم مکمل برای نیروگاه‌های برق متمرکز متداول می باشد که این عمل را با ایجاد تأمین کنندگان جدید درمقیاس کوچک بصورت سیستم‌های قدرت پراکنده متصل بهم درجهت تشکیل سیستم‌های ذخیره سازی اشتراکی انجام می‌دهد که می‌تواند از طریق یک ایستگاه کنترل مرکزی بکارگرفته شود. یک نیروگاه برق مجازی دربرگیرندهٔ 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 منطقهٔ محلی داشته و توسط یک واحد کنترل مرکزی، کنترل می‌شوند، می‌باشد. شکل ۳ یک مدل نیروگاه مجازی را به تصویر کشیده است که درآن انرژی مورد نیاز مصرف کنندگان باید تأمین شود.

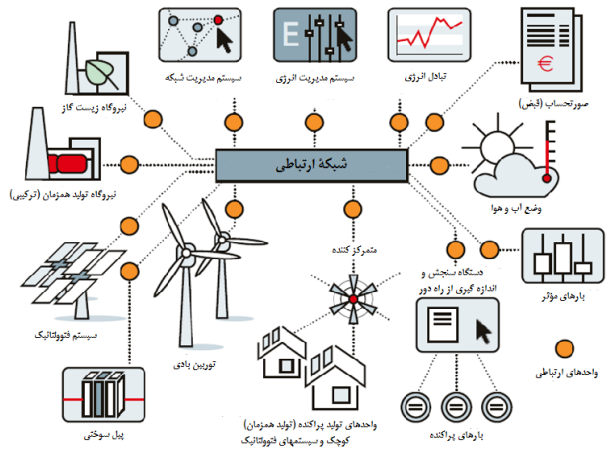


شکل ۳ : یک مدل نیروگاه برق مجازی

شکل ۴ نمایی از یک مدل کنترلی نیروگاه برق مجازی را نشان می‌دهد.



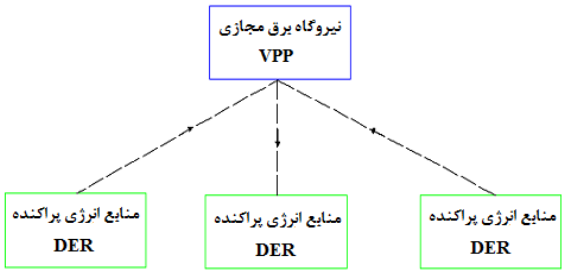
شکل ۴ : نمایی از یک طرح کنترلی نیروگاه برق مجازی



شکل ۵ : کنترل متمرکز نیروگاه برق مجازی برپایه عوامل مختلف

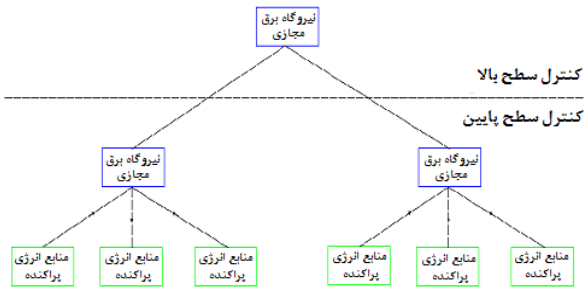
سه رویکرد مختلف دربارهٔ نیروگاههای برق مجازی می‌تواند اعمال شود:

- نیروگاه برق مجازی با کنترل متمرکز (شکل ۶) که درآن منطق کنترلی پاسخگویی به نیروگاه برق مجازی و بازار (عرضه و تقاضا) می‌باشد که برنامه ریزی برای تولید جدا از منابع انرژی پراکنده می‌باشد. مزیت این سیستم استفاده از منابع انرژی پراکنده برای مواجه شدن با تقاضای بازار است.



شکل ۶ : طرح نیروگاه برق مجازی با کنترل متمرکز

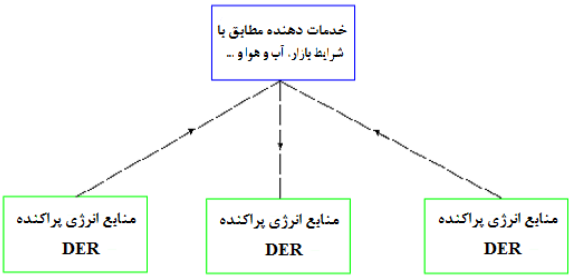
- نیروگاه برق مجازی با کنترل نیمه پراکنده (شکل ۷) که درآن نیروگاه-های برق مجازی سلسله مراتب متفاوتی داشته که با تعیین آنها درسطوح مختلف مدلسازی می‌گردند. دراین حالت یک نیروگاه برق مجازی مسئولیت هماهنگی و نظارت برتعداد محدودی از منابع انرژی پراکنده را برعهده دارد درحالیکه تصمیم‌ها درنیروگاه برق مجازی با سطوح بالاتر اتخاذ می‌گردند. مزیت این سیستم ساده سازی وظایف و ارتباطات داخلی نیروگاه‌های برق مجازی است.



شکل ۷ : طرح نیروگاه برق مجازی با کنترل نیمه پراکنده

Archive
www.SID.ir

- نیروگاه برق مجازی با کنترل کاملاً پراکنده (شکل ۸) که درآن هرمنبع انرژی پراکنده دریک مسیر مستقل فعالیت نموده و به وضعیت‌های مختلف سیستم قدرت و بازار واکنش نشان داده و درآن شرکت می‌نماید.



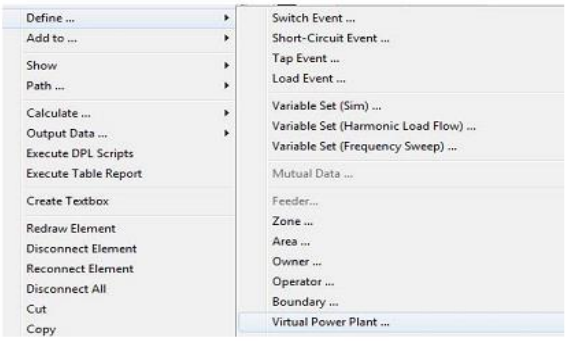
شکل ۸ : طرح نیروگاه برق مجازی با کنترل کاملا پراکنده

نیروگاه برق مجازی می تواند نقش مهمی را در امور زیر ایفا نماید :

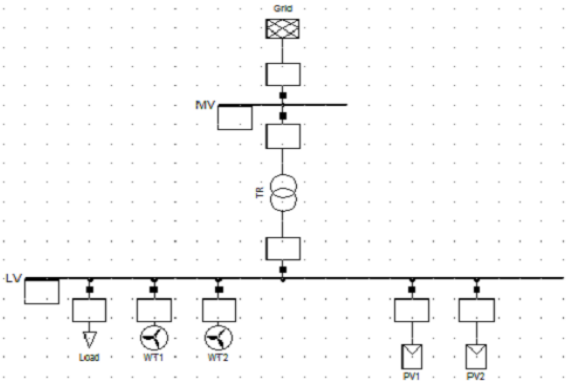
- کاهش انتشار گاز CO_2 بدلیل خاصیت محیط زیست دوستانهٔ منابع پراکنده
- بهبود قابلیت اطمینان، امنیت تأمین توان و انعطاف پذیری در تأمین برق مورد نیاز بدلیل فراوانی بالای تأمین کنندگان و اتصالات متعدد شبکه در جهت ارائه خدمات به سیستم.
- کاهش تلفات انتقال ناشی از نزدیکی منابع به مصرف کنندگان
- تسهیل هرچه بیشتر درآشناسازی و یکپارچه‌سازی مطلوب تکنولوژی-های انرژی تجدیدپذیر با مقیاس کوچک در زنجیرهٔ تأمین انرژی
- عملکردی همانند نیروگاه برق متمرکز (البته بصورت پراکنده) که نه تنها برق مورد نیاز را به شبکه تزریق می‌نماید بلکه خدماتی نظیر فیلتراسیون فعال اختلالات برروی شبکه یا جبران‌سازی توان راکتیو را به سیستم ارائه می‌دهد.
- به تأخیر انداختن سرمایه‌گذاری‌های مورد نیاز برای تقویت زیرساخت-های شبکهٔ برق
- قادرساختن شرکت‌های توزیع انرژی (EDC [۸]) به ارائه خدمات سفارشی در زمینه انرژی به مشتریان و بهبود همزمان تولید برق و توزیع آن با هزینه‌های بالقوه کمتر
- فراهم آوردن انتخاب‌های آزادانه‌تر برای مصرف کننده نهایی در جهت مقرون به صرفه‌تر بودن و تأمین انرژی محیطزیست دوستانه با هزینه‌های بالقوه کمتر که خود محرک قوی برای نوآوری‌های تکنولوژیکی می‌باشد.

۴- مورد مطالعاتی

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



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 درصورت ناتوانی تجهیزات تولید پراکنده درپوشش کامل بار می‌باشد. این نیروگاه برق مجازی از نظر مقادیر مختلف مرتبهٔ اعتبار و اتصالات شبکه‌ای (برروی شبکه و خارج از شبکه) مورد سنجش قرار گرفته تا شایستگی آن تأیید گردد. مرتبهٔ اعتبار این سیستم درجدول 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

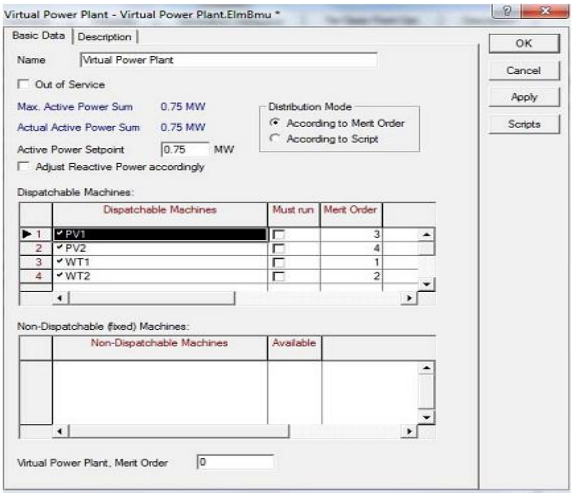
جدول ۲ : مرتبهٔ اعتبار نیروگاه برق مجازی

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

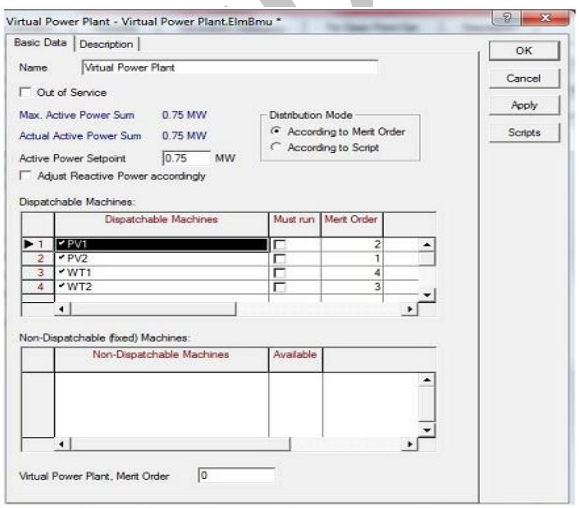
مرتبهٔ اعتبار در دو دسته A و B تعریف شده است که درشکل ۹ و شکل ۱۰ نشان داده شده است.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۹ : مرتبهٔ اعتبار A



شکل ۱۰ : مرتبهٔ اعتبار B

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

درحالت دوم، مرتبهٔ اعتبار B بوده و تمامی تجهیزات تولید پراکنده برروی شبکه قرار دارند. دراین حالت نیز، اعتبار سیستم مورد تأیید بوده و توان اضافی ۰٫۲۵ مگاوات به شبکه تزریق شده است.

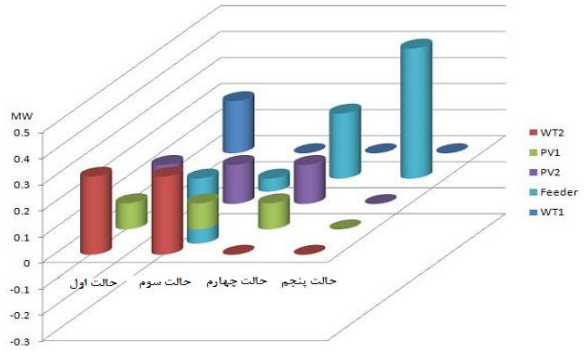
درحالت سوم، مرتبهٔ اعتبار A بوده و توربین بادی شمارهٔ ۱ (WT1) از شبکه خارج شده و بقیهٔ تجهیزات تولید پراکنده برروی شبکه قرار دارند. دراین حالت، مرتبهٔ اعتبار سیستم مورد تأیید بوده و توان اضافی ۰٫۰۵ مگاوات نیز به شبکه تزریق شده است.

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

درحالت پنجم، مرتبهٔ 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.

درحالت ششم، مرتبهٔ اعتبار B بوده و نیروگاه‌های خورشیدی (فتوولتائیک) شماره ۱ و ۲ (PV1 و PV2) از شبکه خارج شده درحالیکه بقیه تجهیزات تولید پراکنده به شبکه متصل می‌باشند. دراین حالت نیز اعتبار سیستم مورد تأیید بوده و بار بوسیلهٔ تجهیزات تولید پراکنده تأمین شده است.

درحالت هفتم، مرتبهٔ 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) برروی شبکه قرار دارد. دراین حالت اعتبار سیستم مورد تأیید بوده و توان ۰٫۲ مگاوات از شبکه دریافت شده است.



شکل ۱۱ : نتایج در مرتبهٔ اعتبار A

شکل ۱۲ : نتایج درمرتبهٔ اعتبار B

۵- نتیجه‌گیری

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 برپایه 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 درنظر گرفت که منافع و مزایای مشترکی را ایجاد می‌نمایند و درصورت نزدیکی بار به آنها می‌توانند برق مورد نیاز آنها را تأمین نمایند که درمورد مطالعاتی شرح داده شده است.

توان خروجی ژنراتورهای پراکنده می‌تواند بزرگتر از مقدار بار باشد که دراینصورت توان اضافی به شبکه تزریق می‌گردد و جاری شدن توان دراین حالت دوطرفه می‌باشد. همچنین نشان داده شده است که مرتبهٔ اعتبار تعریف شده در دو دسته مورد تأیید بوده و نیروگاه برق مجازی مطابق این مرتبه اعتبار فعالیت می‌نماید.

Archive of SID

www.SID.ir

نیروگاه برق مجازی می‌تواند درجهت ورود و دسترسی به بازار برق، با درنظرگرفتن ریسک بسیار بالای یک ژنراتور پراکنده، مورد قرار گیرد. برای سهیم شدن در بازار برق، یک توان نامی حداقل مورد نیاز است. مشکل بزرگ برسر 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

زیرنویس‌ها

[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

Archive of SID

www.SID.ir