ارایه شاخص جدید جایابی بهینه تولیدات پراکنده در سیستمهای قدرت

[۱] محمد حسن توصیفیان، [۲] محمد هادی ورهرام

Htosif@iau-saveh.ac.ir،varahram@sharif.edu

[۱] دانشگاه آزاد اسلامی واحد ساوه، [۲] دانشگاه صنعتی شریف

کلمات کلیدی: تولید پراکنده (DG)، انرژی تجدید پذیر، DG گذاری، محل DG

چکیده

تغییر چهره شبکه های الکتریکی در قرن بیست و یکم زمینه رقابت و ارائه تکنولوژی ها ی گوناگون را ایجا نموده است. در این مقاله در ابتدا به عواملی که در سالهای اخیر منجر به افزایش علاقه مندی به تولید پراکنده (Distributed Generation) شده؛ پرداخته و سپس تکنولوژی های موثر DG را بررسی نموده و نقش انرژی های تجدید پذیر را بیان میکنیم. سیستم های انرژی تجدیدپذیر شامل سیستم های تبدیل باد به الکتریسته(WECS[1])؛ فتو ولتائیک(PV[2]) ؛ زیست توده(Biomass) و پیل سوختی می باشند. منافع کلی استفاده از DG بصورت خلاصه بیان شده ودر ادامه بعضی فواید DG را برای یک شبکه نمونه ارزیابی می نمائیم و از این نتایج به منظور تعیین مقدار و محل DG در شبکه استفاده می نمائیم.

۱) مقدمه

تغییر ساختار شبکه های الکتریکی سر آغازی برای رقابت در بازار تولید و توزیع انرژی الکتریکی می باشد. شبکه های الکتریکی در جستجوی تکنولوژی های جدیدی می باشند که قادر به ایجاد کیفیت توان و قابلیت اعتماد قابل قبول برای مشتریان باشد. به همین دلیل تولیدات غیر متمرکز کوچک، چون دارای بازده بالاتر، اثرات نامطلوب محیطی کمتر و امکان نصب سریعتر می باشند؛ به سرعت مورد توجه قرار گرفته اند.

تحولات گوناگون اخیر ؛ فضای جدیدی برای زیر بنای انرژی الکتریکی ایجاد نموده که عبارتنداز:

الف- تغییر در صنعت برق و در ادامه قطع ساختار متمرکز شبکه الکتریکی

ب- مخالفت عمومی برای ساخت خطوط انتقال جدید به دلیل اثرات بد زیست محیطی بر زمین ها

پ-اطلاع و آگاهی عمومی از اثرات بد زیست محیطی تولید انرژی الکتریکی

ت- افزایش سریع تقاضا انرژی الکتریکی در نواحی معینی از یک کشور

ث-پیشرفتهای مهم در تکنولوژ ی های مختلف تولید مانند میکرو توربین ها، پیل های سوختی، سلول های خورشیدی و ... که درمقایسه با نیروگاههای معمول زغال سنگی، نفتی و گازی سازگاری بیشتری با محیط زیست دارند.

ج- افزایش درخواست عمومی به منظور توسعه تکنولوژیهای " سبز" که بر اساس منابع انرژی تجدید پذیر می باشند

[1] Wind electric conversion system

[2] Photovoltaic system

تعاریف گوناگونی برای DG در ارائه شده است[۱و۲و۳]. DG یعنی تولید انرژی الکتریکی که به شبکه توزیع ویا خطوط انتقال فرعی(انتقال در سطح توزیع) که معمولا در نزدیکی محل مصرف می باشند، وصل شده باشد."

DG بطور نمونه دارای اندازه کمتر از کیلووات تا ده ها مگاوات می باشد. در DG از منابع انرژی متعارف و هم تجدیدپذیر استفاده می نماید. تکنولوژیهایی که از منابع معمول انرژی استفاده می نمایند شامل توربین های گازی ؛ میکروتوربین ها و موتورهای احتراق داخلی (IC^3) میباشند.

تغییرات آب و هوا در جهان ؛ اثر گلخانه ای و کیفیت محیط زیست علاقه مندی به سیستم های انرژی تجدیدپذیر را برای DG بوجود آورده است. پیشرفتهای اخیر بعضی ازتکنولوژیها، انرژی های تجدیدپذیر را در موقعیت قیمت رقابتی در مقایسه با تکنولوژی های معمول قرار داده است.

تکنولوژی های تجدیدپذیری که در DG مورد استفاده قرار میگیرند شامل سیستم های تبدیل باد به الکتریسته(WECS) ؛ زمین گرمایی ؛ خورشید گرمایی؛ فتوولتائیک (PV) و پیل های سوختی میباشند.

۲- مزایای DG

مزایای طراحی شبکه با وجود DG را می توان به سه دسته تقسیم نمود. این مزایا به تفکیک در این بخش مورد بررسی قرار گرفته است[۱،۴].

۲-۱-مزایای محل DG

۱-از نقطه نظر طراحی شبکه های توزیع(DSP^4) بهترین محل پستهای جدید در مراکز بار می باشد. این محل ها اغلب بدلیل محدودیتهای جغرافیایی و مشکلات مربوط به دسترسی زمین قابل استفاده در همه موارد نخواهد بود. اما DG ها با اندازه های فیزیکی کوچک می تواند در حل این مشکل کمک کند و در مراکز بار قرار گیرد.

۲-محل نصب DG (با توجه به ابعاد کوچک و طبیعت خصوصی بودن آن) در اختیار نهاد دولت نمی باشد و محل های مورد نصب براحتی می تواند توسط مشتری به تنهایی در نظر گرفته شود.

۲-۲- مزایای اقتصادی DG

۱-نصب DG ها در مراکز بار نیاز به موارد زیر را مرتفع می کند:

۱-۱- اضافه کردن فیدرهای طولانی جهت تامین بار مصرف کننده.

۱-۲- توسعه خطوط انتقال نیروی جدید جهت برقرار نمودن پستهای جدید.

۲- DG توانایی برطرف کردن قسمتی یا همه نیاز توان لازم را در شبکه بدون افزایش در توان تولیدی معمول شبکه یا تجهیزات انتقال و توزیع دارد.

۳- DGمی تواند میزان ارتقاء ضروری وضعیت شبکه را کاهش یا حتی منتفی نماید.

۴- DG باعث بهبود وضعیت ولتاژ شبکه و بنابراین کاهش تعداد تنظیم کننده های ولتاژ، خازنها و مقادیر ظرفیت نامی و هزینه های تعمیرات آنها می شود

۵- DG باعث کاهش تلفات فیدر و بنابراین حداقل شدن هزینه تلفات.

۶- DG می تواند از نصب فیدرهای اضطراری در مراکز بار جلوگیری نماید.

۷- DG اضافه بار را در تجهیزات موجود کاهش می دهد و بنابراین هزینه تعمیرات آنها را کم و طول عمر تجهیزات را افزایش می دهد.

۸- در برنامه ریزی شبکه توزیع، DG یک روش سرمایه گذاری کوتاه مدت شناخته می شود.

جدول ۱ صرفه جویی های مربوط به عوامل مختلف هزینه را با بکارگیری DG نشان می دهد[۵].

۲-۳ مزایای بهره برداری DG

۱- DG الکتریسیته را مطمئن، تمیز، بدون آلودگی و یا با میزان کم، قابل اطمینان با هزینه پایین، با تلفات کم و با بازده بیشتر در

[3] Internal combustion engine

[4] Distribution system planning

مقایسه با نیروگاههای متمرکز انرژی تولید می کند.

۲- DG با تزریق مستقیم توان به برخی بارها به کاهش عدم تعادل بار در برخی فیدرها کمک می کند.

۳- کنترل دوره ای بهره برداری DG نسبت به دنبال کردن میزان تقاضای بار مفیدتر است و بنابراین هزینه های مدیریت بار کاهش می یابد.

۴- بکارگیری DG در DSP تعداد عناصر شبکه توزیع (پستها، ترانسفورمرها، فیدرها، خازنها، تنظیم کننده ها، وسایل حفاظتی و مدارات کنترلی) را کاهش می دهد. این کاهش خود به حداقل کردن تعداد و احتمال خروج و قطعی در شبکه منتهی می گردد.

۵- بدلیل تحویل مستقیم بار توسط DG به بار نیازی به افزایش ظرفیت فیدرها نمی باشد.

۶- DG بهمراه اتصال به ادوات الکترونیک قدرت می تواند در شبکه به رسیدن به کیفیت توان، قابلیت اطمینان و پروفیل ولتاژ کمک نماید.

۷- تولید همزمان توان و گرما(CHP[5]) با اصلاح بار ماکزیمم شبکه و بنابراین کمینه کردن توان رزرو شبکه.

۸- تولید اضطراری در شرایط بروز خطا در تجهیزات.

۹- سیستم پایدار و قابل اطمینان.

۱۰- DG ها می توانند به مشتریها در فراهم نمودن قسمتی از بار ماکزیمم مصرفی خودشان کمک کند. این مشتریها می توانند در سایر شرایط مقداری توان به شبکه تحویل دهند. این امر قسمتی از هزینه ها را به مشتری برمی گرداند.

۳- تکنولوژی های متعارف برای DG

انواع رایج این تکنولوژی ها که بطور اقتصادی در دسترس می باشند شامل موتورهای احتراق داخلی (IC)، توربین ها ومیکرو توربین ها میباشند[۳].

۳-۱ موتورهای احتراق داخلی(IC)

اندازه ژنراتورهای با موتور احتراق داخلی که در مصارف توان های پراکنده مورد استفاده قرار می گیرند را Genset می گویند، که آنها از ۵ کیلو وات تا بیش از ۷ مگاوات می باشد.

Genset ها غالبا بصورت تغذیه پشتیبان در مناطق مسکونی، اقتصادی و صنعتی بکار می روند. در زمانیکه از این ژنراتور بصورت ترکیبی با یک منبع تغذیه غیر قابل قطع (UPS) ۱ الی ۵ دقیقه ای استفاده می شود این سیستم قادر به تغذیه بدون وقفه در زمان خروج شبکه اصلی خواهد بود.

علاوه بر این ژنراتورهای بزرگ با موتور احتراق داخلی(IC) به عنوان تغذیه کننده بار پایه (base load)، پشتیبان شبکه و یا بعنوان تجهیزات پیک سایی (peak-shaving) مورد استفاده قرار می گیرند.

۳-۲ توربین های احتراقی

توربین های احتراقی یا توربین های گازی در اندازه های ۰/۵ الی ۲۵ مگاوات در تولید پراکنده و تقریبا در اندازه ۱۹۰ مگاوات به بالا برای نیروگا ههای تولید متمرکز مورد استفاده قرار میگیرند. این توربین ها توسط گاز طبیعی، نفت و یا ترکیبی از سوختها تغذیه می شوند.

توربین های احتراقی مدرن دارای بازده ۲۰ الی ۴۵ درصد می باشند. توربین های گازی در مقایسه با انواع دیگرتکنولوژی های تولید پراکنده نسبتا ارزانتر می باشند. توربین های احتراقی دارای قیمت سرمایه گذاری ۳۰۰ الی ۱۰۰۰ دلار بر کیلووات می باشند.

۳-۳- میکرو توربین ها

میکرو توربین ها موتورهای احتراقی کوچکی هستند که قادر به تولید ۲۵ الی ۵۰۰ کیلووات می باشند.میکروتوربینها با استفاده از تکنولوژی توربو در کامیون های بزرگ و توربین های ایرکرافت بوجود آمده اند.بیشتر میکروتوربینها یک مرحله و جر یان شعاعی بوده، و دارای سرعت چرخش ۹۰۰۰۰ الی ۱۲۰۰۰۰ دور ودر دقیقه میباشند. میکرو توربین های اقتصادی قادر به تولید حرارت و الکتریسته در مقیاس کوچک می باشند. در تولید همزمان حرارت و الکتریسته راندمان تا مقدار ۸۵ درصد قابل افزایش بوده، درحالیکه درمیکروتوربین فقط با تولید الکتریسته این مقدار به ۱۵ درصد می رسد. هزینه سرمایه گذاری میکرو توربین از ۷۰۰ الی ۱۰۰۰

[5] Cogeneration of heat and power

دلار به ازاء یک کیلووات میباشد.

جدول ۱- میزان کاهش برخی هزینه ها با بکارگیری DG

ردیف هزینه کاهش یافته	میزان هزینه کاهش یافته
پستهای انتقال	60/27 -1/60 $/MWh
تلفات سیستم انتقال	3/14 -2/34 $/MWh
فیدرهای توزیع	1/72 -0/67 $/MWh
هزینه های انتشار SO_2	4/50 -1/50 $/MWh
هزینه های انتشار NOx	1/15-28/40 $/MWh
هزینه انتشار CO_2	0/00-15/00 $/MWh

۴- تکنولوژی های تجدیدپذیر برای DG

تکنولوژی های مختلف DG در مراحل گوناگون توسعه می باشند که شامل سیستم های تبدیل انرژی باد به الکتریسته(WECS) ؛ فتو ولتائیک (PV) ؛ زیست توده ای (Biomass) و پیل سوختی می باشند[۳،۶].

۴-۱- سیستم های تبدیل با د به الکتریسته (WECS)

باد یک منبع اترژی تمیز، رایگان و بی پایان می باشد. باد فراوان ولی دارای توزیع یکنواختی نیست (۱۶۷۰ تریلیون KWH/year در روی زمین). WECS تولید انرژی الکتریکی را بوسیله تبدیل انرژی حرکتی هوا(باد) بصورت انرژی مکانیکی و سپس تبدیل آن به انرژی الکتریکی AC، انجام میدهد.

WECS، شبکه را در خطوط انتقال فرعی و یا شبکه توزیع تغذیه می نماید. بسته به نوع تکنولوژی بکار رفته در WECS، توربین های بادی در سه حالت (مد) کار می کنند که عبارتنداز: سرعت ثابت با کنترل زاویه پروانه، سرعت تقریبا ثابت وسرعت متغیر.معمولا حالت سرعت تقریبا ثابت به دلیل سادگی آن مورد استفاده قرار می گیرد. توربین بادی در اندازه های حدود چند کیلو وات تا بیشتر از ۵ مگاوات میباشد. عمر معمول توربین های بادی حدود ۲۰ سال بوده ودر هر ۶ ماه نیاز به سرویس و نگهداری دارد.

۴-۲- سیستم های فتو ولتائیک (PV)

انرژی خورشیدی تجدیدپذیر و پاک میباشد. تجهیزات فتو ولتائیک (PV) تشعشات خورشیدی برخوردی به آن (تابش شده) را مستقیما به انرژی الکتریکی تبدیل می نماید. واکنش هسته ای انجام شده در خورشید مقدار زیادی انرژی تولید می نماید (تقریبا $389*10^{24}w$) که از این انرژی عظیم ارسالی فقط کسر کوچکی از آن در سطح زمین جذب می شود(بطور متوسط ۱۳۷۰ وات بر متر مربع).

یک سلول خورشیدی ترکیبی از لایه ها ی مختلف می باشد.لایه بالایی یک پوشش شیشه ای یا هر محفظه ای که سلول را از شرایط آب و هوایی محافظت می نماید، زیر این لایه محافظ یک لایه ضد انعکاس به منظور جلوگیری از انعکاس نور توسط سلول قرار دارد. خروجی یک سیستم PV قویا به عوامل خارجی نظیر پوشش ابر، موقعیت، مقدار تابش خورشید، درجه حرارت عملکردی و فصل بستگی دارد. از آنجائیکه خروجی هر سلول PV خیلی کوچک میباشد بنابراین ناچارا تعدادی از سلولها بصورت سری- موازی به یکدیگر متصل شده تا بتوان ولتاژ و توان خروجی مورد نیاز را بدست آ ورد. یک مبدل الکترونیک قدرت به منظور تبدیل ولتاژ خروجی DC به AC مورد نیاز میباشد.دو نوع اصلی سیستم های PV از نوع صفحه تخت و تمرکز یافته می باشند.

ساده ترین سیستم های صفحه تخت، بصورت ساکن با یک شیب ثابت می باشند.

در این حالت به منظور جذب بیشتر انرژی، شیب صفحات را بصورت دوره ای تغییر می دهند. سیستم های تمرکزی بصورت تمرکز روی یک نقطه و روی یک خط مورد استفاده قرار می گیرند.در سیستم تمرکزی روی یک نقطه، حرکت در دو

محوربوده، در حالیکه سیستم های تمرکزی روی خط در یک محور حرکت می کنند.سیستم های تمرکزی برای نواحی که در طول سال دارای آسمانی صاف می باشند مناسب و ایده آل می باشند.سیستم های خورشیدی کوچک(کمتر از ۱۰ کیلووات) را در سقف اماکن مسکونی نصب می نمایند. سیستم های با سایز متوسط (۱۰ الی ۱۰۰ کیلو وات) و بزرگ (بالا ی ۱۰۰ کیلووات) را به شبکه توزیع وصل مینمایند.

۳-۴- سیستم های زیست توده (Biomass)

به عنوان یک منبع انرژی، زیست توده در اشکال مختلف و به روش های گوناگون قابل استفاده و در دسترس می باشد.زیست توده نتیجه جمع آوری، تبدیل و ذخیرهسازی انرژی خورشید توسط گیاهان میباشد. بازده این فرآیند خیلی پایین می باشد. در هر صورت پیشرفتهای اخیر بیو تکنولوژی باعث سرعت بخشی به رشد گیاهان و در نتیجه کاهش دوره برداشت جنگلها گردیدهاست.

میزان حرارت به ازاء واحد وزن نوعی چوب بادوام تقریبا ۵۸٪ مقدار زغال سنگ می باشد. به هر حال در مقایسه با زغال سنگ با وزن یکسان دارای ۶۳٪ کربن بوده که آن را از دی اکسید کربن موجود در هوا بدست می آورد. به منظور تبدیل زیست توده به حرارت در نیروگاههای حرارتی تکنولوژی های مختلفی توسعه یافته اند.راندمان این تکنولوژی ها بطور نمونه بین ۳۶ الی ۴۷ درصد تغییر می نماید. بطور نمونه تکنولوژی بیوگاز(Biogas)دارای کاربردهای زیادی می باشد که بطور مثال از بیوگاز در متورهای احتراق داخلی ونیز با تبدیل آن به ئیدروژن در پیل های سوختی استفاده می نمایند.

۴-۴- سیستم های پیل سوختی

پیل سوختی یک وسیله ساکن ساده بوده که انرژی شیمیایی در سوخت را بصورت مستقیم و هم دما (Isothermal) به انرژی الکتریکی تبدیل می نماید. پیل سوختی مانند باتری بوده و تا زمانیکه سوخت و اکسیژن به آن تغذیه شود، تولید انرژی الکتریکی می نماید.

پیل سوختی قادر به استفاده از انواع سوختها نظیرگاز طبیعی، متان و غیرو می باشد. بطور کلی پیل سوختی از دو الکترود متخلخل آند و کاتد می باشد که توسط یک فضای الکترولیتی از یکدیگر جدا شده اند. سوخت ورودی طی فرایند شیمیایی به ئیدروژن و گاز غنی شده با ئیدروژن تبدیل می شود. اکسیژن و ئیدروژن با واکنش با یکدیگر تولید انرژی و آب می نمایند که این اساس کلیه سیستم های پیل سوختی می باشد.در یک پیل سوختی سوخت و هوا بطور پیوسته به ترتیب به آند وکاتد تغذیه می شوند.

پیل های سوختی که در نیروگاه پیل سوختی در DG مورد استفاده قرار می گیرند عبارتنداز: پیل های سوختی اسید فسفریک (6PAFC)، اکسید جامد(7SOFC)، غشاء تبادل پروتون (8PEMFC) .

۵- روش ارزیابی کمی فواید فنی استفاده ار DG

فواید تکنیکی استفاده از DG در یکی از دو گروه زیر قرار می گیرد:

الف- بهبود یک پارامتر نظیر پروفیل ولتاژ، قابلیت اعتماد، کیفیت توان، ظرفیت انتقال خطوط انتقال و غیرو.

ب- کاهش یک پارامتر نظیر تلفات خط، میزان آلاینده ها، توان انتقالی خطوط وغیرو.

با مقایسه یک پارامتر و بدست آوردن نسبت آن در حالت با و بدون DG (در یک با ر مشابه)، یک شاخص متناظر حاصل می شود، که اگر DG با فایده باشد، شاخص متناظر با پارامتر های گروه الف از واحد بزرگتر و در گروه ب از واحد کوچکتر می باشند. با نمایش شاخص های مر بوط به گروه های الف و ب به ترتیب با IIi و RIj، شاخص کلی فایده ، یعنی BI بصورت زیر فرمول بندی می شود[۷].

$$BI = \sum_i BWi \cdot IIi + \sum_j BWj \cdot \frac{1}{RIj} \qquad (۱)$$

که در آن BWi و BWj را ضرایب وزنی فواید میگویندو

[6] Phosphoric acid fuel cells

[7] Solid oxide fuel cells

[8] Proton exchange membrane fuel cells

$$\sum_i BWi + \sum_j BWj = 1 \qquad (۲)$$

استفاده از ضرایب وزنی امکان تاکید بیشتر روی پارامترهای بحرانی که وابسته به موقعیت DG و نوع بار می باشند را امکان پذیر می نماید.با این فرمول بندی، طراح می تواند موقعیت و میزان توان DG را بگونه ای انتخاب نماید که بیشترین مقدار مزیت از DG بدست آید.

۶-ارزیابی کمی فواید

یک مجموعه از شاخص ها به منظور ارزیابی کمی بعضی فواید تکنیکی DG پیشنهاد شده اند که از آن جمله VPII [9]، LLRI [10]، EIRI [11] و BI [12] میباشند[۶،۷]. در این مقاله علاوه بر شاخص های فوق یک شاخص جدید LTAPII [13] نیز ارائه شده است. شاخص EIRI مربوط به اثرات زیست محیطی بوده که از آن چشم پوشی می نمائیم. در ادامه شاخص های VPII، LLRI،LTPAII و BI را معرفی و در یک شبکه نمونه مورد استفاده قرار می دهیم.

الف-VPII

یکی از فواید استفاده از DG بهبود پروفیل ولتاژ و حفظ ولتاژ در محدوده قابل قبول آن در ترمینال مصرف کننده می باشد.با استفاده از DG، پروفیل ولتاژ بدلیل اینکه مقداری از توان الکتیو و راکتیو بار توسط آن تامین می گردد، موجب کاهش جریان در خط انتقال و در نتیجه تقویت دامنه ولتاژ مصرف کننده میگردد[۶،۷]. VPII بهبود در پروفیل ولتاژ (VP) را به روش ساده ای بصورت کمی با در نظر گرفتن DG ارائه می دهد که از نسبت شاخص پروفیل ولتاژ قبل و بعد از DG گذاری بدست می آید و بصورت زیر بیان می شود.

$$VPII = \frac{VPw/DG}{VPwo/DG} \qquad (۳)$$

که در آن VPw/DG و $VPwo/DG$ به ترتیب پروفیل ولتاژ سیستم با و بدون DG با بارهای یکسان در شین ها می باشند. بیان کلی برای آن بصورت زیر می باشد.

$$VP = \sum_{i=1}^{N} Vi.Li.Ki \qquad (۴)$$

با

$$\sum_{i=1}^{N} Ki \qquad (۵)$$

که در آن Vi دامنه ولتاژ شین، Li مقدار بارو Ki ضریب وزنی برای شین i ام و N تعداد کل بارها در سیستم توزیع می باشد.

ب-LLRI

یکی از فواید مهم دیگر استفاده از DG کاهش تلفات در خطوط انتقال می باشد.تلفات خطوط در شرایط بارهای سنگین خیلی مهم بوده، بطوریکه هزینه آن بصور ت انرژی با قیمت بالاتر به مصرف کننده تحمیل می گردد. واضح است که تلفات خط در اثر انتقال توان در خطوط انتقال می باشد.بنابراین با استفاده از DG می توان مقدار انتقال توان در خطوط را کاهش و در نتیجه تلفات مربوطبه آن نیز کا هش می یابد. در هر صورت بسته به قدرت و موقعیت DG امکان افزایش تلفات خطوط نیز وجود دارد.

شاخص کاهش تلفات خطوط LLRI بصورت کل تلفات خطوط با و بدون DG تعریف می شود که بصورت (۶) بیان می شود.

[9] Voltage profile improvement index

[10] Line-loss reduction index

[11] Environmental impact reduction index

[12] Benefit index

[13] Line transmission aparant power improvement index

$$LLRI = \frac{LLw/DG}{LLwo/DG} \qquad (۶)$$

که در آن LL کل تلفات خطوط انتقال بصورت

$$LL = \sum_{i=1}^{M} I_{Li}.R_i.D_i \qquad (۷)$$

می باشد.که در آن I_{Li} اندازه پریونیتی جریان خط انتقال، Ri مقدار مقاومت خط انتقال بر حسب (P.U/Km)و Di طول خط انتقال i ام بر حسب کیلومتر و M تعداد کل خطوط در سیستم توزیع می باشند.

پ-LPTAPII

یکی دیگر از مزیت های استفاده از DG کاهش توان های اکتیو و راکتیو انتقالی (بطور کلی توان ظاهری) از خطوط انتقال می باشد. این امر باعث افزایش ظرفیت خطوط انتقال و در نتیجه از احداث و توسعه خطوط جدید و تاسیسات دیگر نظیر پستها انتقال و توزیع جلوگیری می نماید و در نتیجه هزینه های مربوطه را کاهش می دهد. شاخص بهبود توان ظاهری خطوط انتقال LTAPII بصورت نسبت کل توان ظاهری انتقالی از خطوط انتقال بدون و با DG تعریف می شود که بصورت رابطه (۸) تعریف می شود.

$$LTAPII = \frac{LTAPwo/DG}{LTAPw/DG} \qquad (۸)$$

که در آن LTAP کل توان ظاهری پریونیتی خطوط بوده،و بصورت

$$LTAP = \sum_{i=1}^{M} Ii.Vj \qquad (۹)$$

که در آن Vj ولتاژ پریونیتی شین jام در خط i ام و Ii جریان پریونیتی خط i ام می باشند.

ت-BI

BI یک شاخص ترکیبی به منظور ارزیابی کمی کلی بعضی از مزایای DG می باشد.بنابراین BI در (۱) را می توان بصورت زیر فرمول بندی نمود.

$$BI = (BW_{VPI}).(VPII) + (\frac{BW_{LLR}}{LLRI}) + (BW_{LTAP}).(LTAPII) \qquad (۱۰)$$

با

$$BW_{VPI} + BW_{LLR} + BW_{LTAP} = 1 \qquad (۱۱)$$

که در آن BW_{VPI} ، BW_{LLR} و BW_{LTAP} به ترتیب ضرایب وزنی شاخص های بهبود ولتاژ، کاهش تلفات خط و افزایش ظرفیت انتقال خطوط می باشند.

۷- شبکه مورد آزمایش

یک شبکه ۱۲ شینه مطابق آنچه که در [۷] بکار رفته، به منظور بررسی روش ارزیابی و شاخص های ارزیابی مطابق شکل (۱) مورد استفاده قرار می گیرد.تمامی مقادیر پریونیتی مورد استفا ده بر مبنای ۴۰۰ مگاولت آمپر می باشند. این سیستم دارای سه ژنراتور متعارف در شین های ۱،۵ و ۱۲ با مقادیر نامی ۱، ۰/۷۵ و۰/۶۲۵ پریونیت می باشند.بارهای این سیستم مطابق جدول(۲) می باشد.مقاومت و راکتانس تمامی خطوط انتقال به ترتیب ۰/۰۰۰۶۲۵ و ۰/۰۰۳۷۵ (p.u/km) می باشند.طول کلیه خطوط انتقال مطابق جدول (۳) می باشد.

۸- شبیه سازی و نتایج بدست آمده در حالتهای مورد مطالعه

در این مقاله با استفاده از برنامه پخش بار و جستجو که با نرم افزار MATLAB نوشته شده، دو حالت را به منظور تعیین موقعیت و توان DG به منظور ایجاد حداکثر مزایا مورد بررسی قرار دادیم.در هر دو حالت مقدار توان DG را از ۰/۱ الی ۰/۳ پریونیت تغییر داده شده است .حالتهای مورد بررسی عبارتنداز:

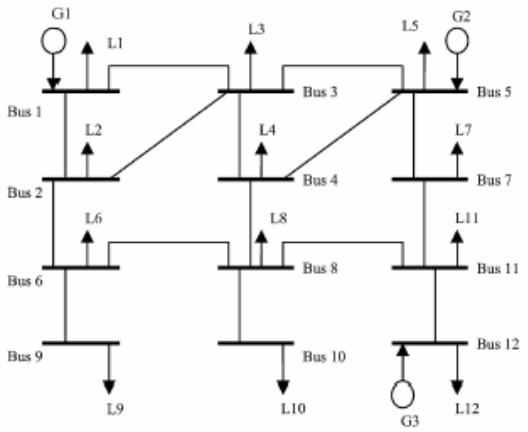
الف-قرار دادن DG در هریک ازشین ها و تغییر مقدار توان آن از ۰/۱ الی ۰/۳ p.u

ب- قرار دادن DG در دو شین به مقدار ۵۰٪ کل توان در هر شین و تغییر کل توان از ۰/۱ الی ۰/۳ p.u

در هر دو حالت فوق، ضرایب وزنی برای کلیه پارامترها یکسان میباشند.بعد از شبیه سازی در حالت (الف) با یک DG به مقدار ۰/۳ p.u و ضریب قدرت ۰/۸ پس فاز در شین ۸ مقدار حداکثر BI=۱,۴۵۹۴ را بدست میدهد(شکل(۲))، در این حالت

مقدار کاهش تلفات به مقدار ۴۹,۹٪، افزایش پروفیل ولتاژ به مقدار ۰/۴٪ و نیز افزایش ظرفیت خطوط به مقار ۳۸,۹٪ می باشد.

در حالت (ب) با یک DG به مقدارکل ۰/۳ (۱۵/. P.u در هرشین) پریونیت و ضریب قدرت ۰/۸ پس فاز در شین های ۴و ۱۰ مقدار حداکثر BI=۱,۵۵۱۰ بدست میآید(شکل(۳)). در این حالت مقدار کاهش تلفات به مقدار ۵۳,۳٪، افزایش پروفیل ولتاژ به مقدار ۰/۴۳٪ و افزایش ظرفیت انتقال خطوط به مقدار ۵۱,۲٪ می باشد.



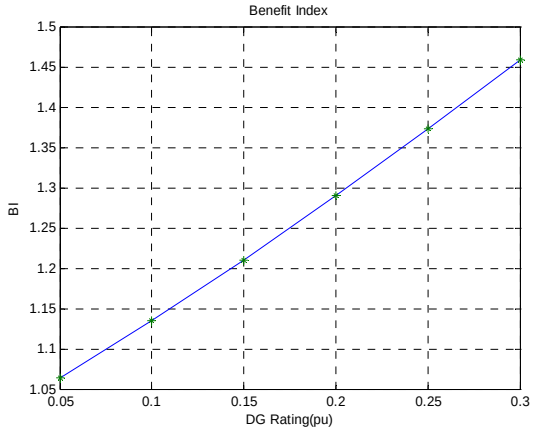
شکل(۱)- دیاگرام تک خطی سیستم مورد مطالعه

Load Point	Load (pu)	Power Factor (lag)
L1	0.425	0.96
L2	0.125	0.98
L3	0.250	0.96
L4	0.200	0.95
L5	0.175	0.96
L6	0.050	0.97
L7	0.175	0.94
L8	0.050	0.97
L9	0.113	0.97
L10	0.150	0.97
L11	0.075	0.95
L12	0.225	0.93

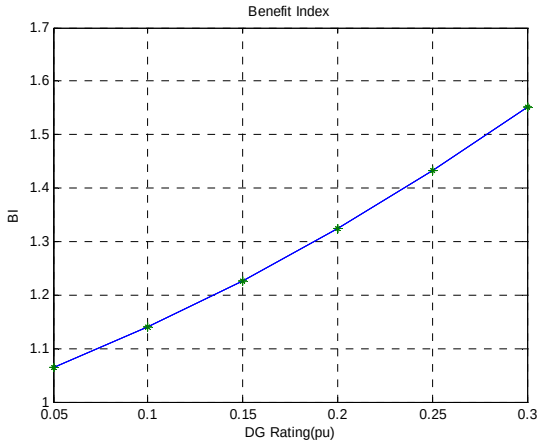
جدول(۲)- اطلاعات مربوط به سیستم مورد مطالعه

From Bus	To Bus	Length (km)
1	2	30
1	3	50
2	3	40
2	6	10
3	4	20
3	5	30
4	5	40
4	8	30
5	7	30
6	8	20
6	9	10
7	11	20
8	10	10
8	11	30
11	12	20

جدول(۳)- اطلاعات مربوط به طول خطوط انتقال



شکل(۲)- شاخص BI برای حالت (الف) که در شین ۸ در مقدار توان DG برابر p.u ۰/۳ در میان ۹ حالت ممکن دارای حداکثر ۱,۴۵۹۴ مباشد.



شکل(۳)- شاخص BI برای حالت (ب) که در شین های ۴ و ۱۰ در مقدارتوان کل DG برابر ۰/۳ p.u درمیان ۳۶ حالت ممکن داری حداکثر ۱,۵۵۱ میباشد.

۹- نتیجه گیری

بکارگیری DG در سیستم های توزیع مزایای زیادی برای شبکه، مصرف کننده و بطور کلی جامعه ایجاد می نماید. استفاده از DG باعث کاهش تلفات خطوط و ترانسفورمر، کاهش تجهیزات رزرو در نیروگاههای متمرکز، بهبود پروفیل ولتاژ، افزایش قابلیت اعتمادو کیفیت توان، پیک سایی، کاهش اثرات زیست محیطی و افزایش ظرفیت آزاد در خطوط انتقال انرژی و غیره می شود. با توجه به نتایج بدست آمده در بخش ۸، در شبکه نمونه شکل ۱ مشاهده میشود که حداکثر مقدار BI در ماکزیمم رنج مقدار DG در در شین های ۴ و ۱۰ بدست می آید. بطور کلی بررسی نتایج بدست آمده، نشان می دهد که استفاده از دو DG در شین شرایط بهتری را برای شبکه بوجود می آورد. واضح است که انتخاب یکی از حالتهای فوق با بهینه سازی یک تابع هزینه برای هردو حالت امکان پذیر می باشد.

مراجع

[1]. Ackermann, T, Andersson, G, Soder, L, 2001, ”Distributed generation: a definition”, Electric Power System Research, vol.57, pp. 195-204.

[2]. Gas Research Institute, 1998, “Distributed Power Generation: A Strategy for a Competitive Energy Industry”, Gas Research Institute, Chicago, USA.

[3]. California Energy Commission, "Distributed Generation Strategic Plan" June 2002,.

[4]. CIGRE, 1998, “Impact of Increasing Contribution of Dispersed Generation on the Power Systems” CIGRE Study Committee no 37, Final Report.

[5]. Donald, P., Haederli, C., 2002, “Network integration of distributed generation”, Journal of Power Sources, vol. 106, no. 1, pp. 1-9.

[6].R.Ramalumar, P.Chiradeja., paper presented at IEEE IECEC 2002 "Disributed Generation and Renewable Energy System"

[7].Pathomtha Chirade ja, R.Ramakumar, "An approach to Quantify the Technical Benefits of Distributed Generation, "IEEE Transaction on Energy Conversion, vol.19, No.4, December 2004