یازدهمین کنگره ملی سراسری
فناوریهای نوین در حوزه توسعه پایدار ایران
11th National Congress of
the New Technologies in Sustainable Development of Iran
senaconf.ir

کاهش تلفات سیستم های قدرت در حضور تولیدات پراکنده مبتنی بر روش تاگوچی

مجید نجارپور (نویسنده مسئول)[۱]، بهروز طوسی[۲]

[۱] دانشگاه ارومیه، ارومیه st_m.najjarpour@urmia.ac.ir

[۲] دانشگاه ارومیه، ارومیه b.tousi@urmia.ac.ir

چکیده

بحرانهای اقتصادی و مسایل زیست محیطی ضرورت توجه به مسائل طراحی و بهره برداری از سیستم قدرت را بیش از پیش دامن زده است .ضرورت پرداختن به بحث تلفات در سیستم های قدرت یک ضرورت انکار ناپذیر است، چون تبعات اقتصادی و هزینه های زیادی در بر داشته و به همین دلیل به عنوان موضوعی مهم در اکثر مطالعات مطرح می باشد. از سوی دیگر تولید انرژی الکتریکی با هزینه سنگین سرمایه گذاری در آن محدود می باشد، لذا بکار گیری روشهای کاهش تلفات مانند خازنگذاری، بازآرایی شبکه و استفاده از تولیدات پراکنده باعث افزایش میزان بهره وری از ظرفیت انرژی الکتریکی موجود شده و تأثیر بسیار مطلوبی در هزینه و سرمایه گذاری در بخش تولید، انتقال و توزیع انرژی الکتریکی را بدنبال خواهد داشت. امروزه با افزایش تقاضای برق و گسترش سیستم های توزیع، با توجه به محدودیتهای افت ولتاژ و ظرفیت جریان دهی فیدرها احداث پست های جدید و نیروگاه های متمرکز ضروری به نظر می رسد. همچنین افزایش قابل توجهی برای تولید برق با استفاده از منابع انرژی تجدید پذیر در سراسر جهان مشاهده شده است، تعدادی از مسائل استراتژیکی و اقتصادی ترکیب شده پاسخگوی این علاقمندی اند که عبارتند از :کاهش انتشار گاز های گلخانه ای، تنوع منابع انرژی، نیاز به گسترش تولید باتوجه به پیش بینی تقاضای روبه رشد. واحدهای تولید پراکنده در اندازه های فیزیکی کوچک می توانند در حل مشکل تلفات کمک کرده، و در مراکز بار قرار گیرند. به این ترتیب با کاهش جریان عبوری از برخی خطوط شاهد کاهش تلفات چشمگیری در شبکه توزیع و انتقال، همچنین هزینه های تولید خواهیم بود، به ویژه اگر از تولیدات پراکنده تجدیدپذیر استفاده کنیم، دراین حالت هزینه ای بعنوان سوخت مصرفی تولیدات پراکنده در سال های پس از نصب واحد تولید پراکنده نخواهیم داشت.

واژه‌های کلیدی

تلفات، تولید پراکنده، شبکه توزیع، منابع انرژی تجدید پذیر، تاگوچی

۱. مقدمه

طی سالهای اخیر، ساختار و مقررات حاکم بر صنعت برق بسیاری از کشورها در معرض تغییرات مهمی قرار گرفته است. ساختار سنتی متمرکز عمودی که سه حوزه عملیاتی اصلی تولید، انتقال و توزیع را در بر می گرفت به مراجع جداگانه و مختلفی تفکیک شده که هر کدام وظایف خاصی را در چارچوب کل سیستم عرضه انرژی الکتریکی عهده دار هستند. در بیشتر کشورها، هدف اصلی تجدید ساختار افزایش رقابت و تأمین برق با کیفیت و ارزان برای مصرف کنندگان اعلام شده است. شبکه توزیع رابط بین مصرف کننده وسیستم انتقال می باشد. سطح ولتاژ در شبکه های توزیع پایین است و در نتیجه دامنه جریان زیاد بوده، به همین دلیل تلفات اهمی درشبکه های توزیع به مراتب بیشتر از شبکه های انتقال می باشد. روشهای مختلفی برای کاهش تلفات درسیستمهای توزیع وجوددارد. ازمتداولترین روشها می توان به خازن گذاری، تغییر محل تغذیه سیستم، پیداکردن مکان بهینه واحدهای تولید پراکنده و بازآرایی شبکه موجود اشاره نمود. در مرجع [۱] پیکر بندی مجدد سیستم توزیع به منظور کاهش تلفات انرژی با توجه به تنوع بار و تولیدات پراکنده تجدید پذیر مورد مطالعه قرار گرفته است. در این مرجع تعداد بهینه DG ها، ظرفیت آنها از روش بهینه سازی ازدحام ذرات به دست آمده است. نویسندگان در [۲] به موضوع تلفات غیر فنی پرداخته اند، برخی از منابع تلفات غیر فنی شامل سرقت برق، عملکرد دستگاههای اندازه گیری الکتریکی و ...میباشند .نویسندگان در[۳] باا بالا بردن سطح ولتاژ در سیستم توزیع کاهش تلفات را بررسی کرده اند .مرجع [۴]به اختصاص خازن بهینه در سیستم های توزیع شعاعی برای کاهش تلفات طی یک روش دو مرحله ای بااستفاده از الگوریتم ژنتیک پرداخته است. مرجع [۵] براساس الگوریتم PSO برای تعیین اندازه و مکان بهینه تولیدات پراکنده به منظور کاهش تلفات توان اکتیو و بهبود قابلیت اطمینان سیستم ارائه شده است. امروزه دو مسئله ی اساسی در صنعت برق دنیا وجود دارد، به نظر کارشناسان یکی تولید پراکنده و همزمان برق و حرارت و دیگری شبکه های هوشمند است که مطالعات و اقدامات جهانی بسیاری در این حوزه ها صورت گرفته و همچنان ادامه دارد .در ادامه موضوع تولید پراکنده مورد بررسی قرار می گیرد. تعاریف متعددی معمولا براساس ظرفیت تولیدی ، قابیلت قابل دیسپاچ شدن،سطح ولتاژ و. ..در کشورهای مختلف ارائه شده است، بنابراین تعریف منحصر به فردی از تولید پراکنده وجود ندارد [۶] .در میان این تعاریف IEA ، واحدهای تولیدکننده توان در محل مصرف یا داخل شبکه توزیع که توان را به طور مستقیم به شبکه توزیع محلی تزریق میکنند را تولید پراکنده معرفی میکند IEEE .، تولید برق توسط وسایلی که به اندازه کافی از نیروگاههای مرکزی کوچکتر باشند و قادر به نصب در محل مصرف هستند را به عنوان تولید پراکنده تعریف کرده است، CIGRE تولید پراکنده را به عنوان مراکز تولید با حداکثر ظرفیت۵۱ MW و ۱۱۱ MW ، که معمولا به شبکه توزیع متصل اند و برنامه ریزی مرکزی ندارند و غیر قابل دیسپاچ هستند [۸و۷]را به عنوان تولید پراکنده معرفی میکند. آکرمن و همکارانش تعریف تازه ای از DG دارند DG "منبع تولید توان الکتریکی می باشد که به طور مستقیم به شبکه توزیع یا در طرف(کنتور)مشتری نصب شده است[۸]. خود کلمه تولید پراکنده با توجه به منطقه جغرافیایی مورد استفاده این کلمه دارای اسامی گوناگون است .به عنوان مثال، اصطلاح تولیدهای تعبیه شده در کشورهای انگلیسی امریکایی استفاده می شود، اصطلاح تولید گسترده در کشورهای آمریکای شمالی استفاده می شود و اصطلاح تولید غیر متمرکز در اروپا و بخشهایی از آسیا استفاده می .شود [۹] به طور کلی تولید پراکنده، به واحدهای تولیدی کوچک که در سیستم های توزیع یا زیر سیستم های انتقال و نزدیک به مراکز بار(ثقل)نصب می شوند اطلاق می شود. در حال حاضر، به دلیل تغییر ساختار سیستم قدرت به منظور تامین تقاضا، بهینه سازی و نوسازی سیستم قدرت، به ناچار منابع تولید پراکنده در برخی از کشورها اهمیت زیادی برای برنامه ریزان و طراحان شبکه پیدا کرده اند، زیرا با توجه به رشد روزافزون جمعیت و توسعه ی شهری برای تامین تقاضای رو به افزایش برق، باید نیروگاه های بزرگ ساخته شوند این در حالی است که برخی از موانع مانند پیدا کردن مکان مناسب برای ساخت نیروگاهها

و پستهای برق با توجه به محدودیتهایی جغرافیایی و گرانی زمین، هزینههای متحمل شده به دلیل ساخت و ساز نیروگاهها و پستها، انتقال برق به مکانهای دور از نیروگاهها بخاطر فاصله طولانی بین تولید و بهره برداری، زمانبر بودن ساخت و سازها و همچنین مسایل زیست محیطی وجود دارد [۱۱]. باید خاطر نشان کرد فن آوری های مختلفی از تولیدات پراکنده در سیستم های قدرت وجود دارند، این فن آوری ها به سه دسته عمومی تقسیم می شوند: الف)فن آوری های کار بر روی سوخت های فسیلی مانند موتورهای احتراقی ، میکرو توربین ها و... ب)فن آوری های کار بر روی منابع تجدید پذیر انرژی مانند توربین های بادی ، سلول های خورشیدی، انرژی امواج ، زمین گرمایی و زیست توده و... ج)فن آوری های کار بر روی ذخیره کننده انرژی مانند باتری،چرخ طیار ،ذخیره ساز مغناطیسی ابررسانا ، ذخیره ساز ابر خازن، ذخیره سازی هوای فشرده و پمپ های هیدرولیکی. تولید پراکنده می تواند مزایایی برای مصرف کننده و سیستم قدرت ، به خصوص در مکانهایی که ساخت نیروگاه های بزرگ غیر عملی می باشد و یا نقصی در سیستم انتقال(مناطق بکر مانند جنگل)وجود دارد، فراهم آورد .در یک دید کلی باید افزود نگرانی های زیست محیطی ، ملاحظات اقتصادی ، پیشرفت های تکنولوژیکی، تجدید ساختار و مقررات زدایی در صنعت برق به عنوان عوامل شتاب برای کاربرد DG شناخته شده اند[۱۱]. تولید پراکنده یک لیست بلند از منافع در سه دسته عمده مزایای اقتصادی ، فنی و زیست محیطی ارائه می دهد. مزایای اقتصادی شامل صرفه جویی در سوخت، صرفه جویی در هزینه های انتقال و توزیع، کاهش زمان ساخت و ساز و هزینه های سرمایه گذاری واحدهای تولیدی، کاهش هزینه های انتقال با در نظر گرفتن تولید نزدیک به بار می باشد .از سوی دیگر مزایای زیست محیطی شامل تولید در مناطق سازگار با محیط زیست حساس و بکر با داشتن بهره وری بالا و تولید گازهای گلخانه ای آلاینده نزدیک به صفر[۱۲]، سر و صدای کم و. ..است . مزایای فنی طیف گسترده ای از مسائل مانند صرفه جویی در اوج بار، پروفیل ولتاژ خوب، کاهش تلفات سیستم، بهبود قابلیت اطمینان، حذف برخی از مشکلات کیفیت توان و محدودیت های حرارتی و افت ولتاژ فیدرها می باشد [۱۳]

۲. تلفات سیستم توزیع

معمولا در کل سیستم های قدرت بالاترین سهم تلفات به سیستم توزیع اختصاص دارد که البته دلیل این امر را باید در گستردگی سطح و کثرت ادوات موجود در این سیستم، به همراه ویژگیهای دیگری از جمله بارهای مهمترین موارد تلفات انرژی الکتریکی در سیستم های توزیع مورد مطالعه قرار گرفته اند.

۳. تلفات ناشی از مقاومت خطوط

مقاومت هادی ها همانند آنچه که در بحث تلفات انتقال مطرح گردید، برجسته ترین عامل تلفات سیستم های توزیع می باشند .البته باید بخاطر داشت که در سیستم های توزیع مقاومت نسبی خطوط بالاتر است و بدلیل گستردگی و اتصالات متعدد، در صورت عدم رعایت صحت اتصالات، این مقاومت و در نتیجه تلفات افزایش بیشتری خواهد داشت.

۴. تلفات ناشی از عدم تقارن خطوط

عدم تقارن خطوط در سیستم توزیع (که البته نه به دلیل متفاوت بودن مشخصات هادی های فازها بلکه به دلیل عدم جابجایی فازها ایجاد می شود)منجر به عدم تعادل شبکه از دیدگاه بار می شود که به نوبه خود عدم تعادل جریان فازها و تلفات ناشی از آن را به دنبال خواهد داشت.

۵. تلفات ناشی از عدم تعادل فازها

بارهای تک فاز سیستم توزیع به همراه عدم تقارن فازها عدم تعادل جریان فازها را در پی داشته که این عدم تعادل منجر به عبور جریان از سیم نول می شود که در نتیجه تلفات انرژی در این سیم نیز به تلفات افزوده می گردد.

۶. تلفات ناشی از اتصال زمین نامناسب

سیستم زمین نامناسب و یا فرسوده، مقاومت الکتریکی زیادی پیدا می کند و این مساله در سیستم های نامتعادل منجر به عدم تعادل ولتاژ و تلفات انرژی ناشی از آن خواهد شد .بیشترین تلفات این بخش مربوط به استاندارد نبودن سیستم زمین ترانسفور ماتورهای توزیع میباشدکه بطور گسترده در سیستم توزیع بکار گرفته می شوند.

۷. تلفات عایقی تجهیزات

اگرچه سطح ولتاژ پایین در سیستم توزیع، تلفات عایقی تجهیزات را نسبت به سایر انواع تلفات کمرنگ می سازد، لیکن با توجه به گستردگی و کثرت تجهیزات دارای این تلفات، در مجموع، این نوع تلفات قابل ملاحظه خواهد بود.

۸. تلفات ناشی از اضافه بار تجهیزات

اضافه بار تجهیزات توزیع نیز همانند تجهیزات سیستم انتقال منجر به افزایش صعودی تلفات در آنها می گردد. همچنین ایجاد هارمونیک ها(بویژه هارمونیک های مضارب)۳بدلیل وارد شدن به ناحیه اشباع ترانسفورماتورها و تلفات مرتبط به آنها از تبعات این افزایش بار از مقادیر نامی خواهد بود.

۹. تلفات ناشی از ضریب بار پایین

ضریب بار عبارتست از نسبت انرژی مصرف شده در یک دوره زمانی معین به انرژی که می توانست مصرف شودحال هرقدر این ضریب به واحد نزدیک شود یعنی فاصله بین متوسط بار و حداکثر بار کمتر شده و این به معنی استفاده بهتر از تاسیسات موجود است و منحنی تغییرات بار به سمت یکنواخت تر شدن میل نموده است و توزیع بار در طول زمان بهتر شده است برای بهبود ضریب بار با توجه بهتعریف ارائه شده باید مخرج کسر کوچکتر یا صورت کسربزرگ گردد و در شبکه ایران بهترین راه کوچک شدن مخرج کسر یعنی کاهش اوج مصرف یا کاهش همزمانی مصرف و انتقال بار به ساعت های غیر اوج مصرف است که این عامل خود باعث کاهش در تلفات انرژی الکتریکی در سیستم توزیع میگردد

۱۰. تلفات ناشی از هارمونیک ها

همانطور که می دانیم، سیستم توزیع بعنوان جبهه سیستم قدرت بطور جدی از بارهای خود تاثیر می پذیرد. بسیاری از بارهای جدید سیستم قدرت دارای ماهیت غیر خطی می باشند .این بارها که بدلیل پیشرفت صنعتی و مزایای خود هر روزه در حال افزایش می باشند، عمدتاً از تجهیزات الکترونیک قدرت استفاده می کنند که جریان غیرسینوسی از شبکه می کشد .موارد عمده این تجهیزات عبارتند از لامپهای کم مصرف، UPS ها، کامپیوتر ها و ...از طرف دیگر همانگونه که قبلاً نیز اشاره شد بارهای الکتریکی دارای هسته آهنی اشباع پذیر، نظیر ترانسفورماتورها و موتورهای الکتریکی، در صورت اضافه بار شدن، با ورود به ناحیه غیر خطی منحنی مغناطیسی خود جریان مغناطیس کنندگی غیر خطی از شبکه می کشند که ایجاد هارمونیک(بویژه هارمونیک های مضارب)۳ از مضرات آن است.

۱۱. مکان یابی و تعیین ظرفیت تولیدات پراکنده

در بخش های قبلی به مزایای استفاده از تولیدات پراکنده پرداختیم اما این مزایا به عواملی مانند اندازه و ظرفیت تولید پراکنده، تعداد این واحدها ، مکان مناسب آن در سیستم های قدرت ، نوع اتصال به شبکه ، نوع واحد های تولیدی و فن آوری مورد استفاده در آنها و غیره بستگی دارد [۱۴]، در میان این عوامل،مشکل نصب و راه اندازی واحدهای تولید پراکنده در محل و اندازه مناسب از اهمیت زیادی برخوردار است .معمولا تعیین حداکثر ظرفیت و مکان مناسب تولیدات پراکنده به خاطر کاهش تلفات، بهبود پروفیل ولتاژ و افزایش قابلیت اطمینان و...صورت می گیرد .نصب و راه اندازی واحدهای تولید پراکنده در مکان

ها و با اندازه های نامناسب می تواند اثری نامطلوب با اهدافی که از نصب تولیدات پراکنده داریم داشته باشد [۱۵]. به همین دلیل از روش های جایابی و تعیین اندازه استفاده می شود که در ادامه به این مورد خواهیم پرداخت.

۱۲. تکنیک های بهینه سازی مکان یابی

برای به حداکثر رساندن منافع یا حتی در برخی موارد برای جلوگیری از مضرات استفاده از DG در شبکه توزیع می توان از روش های بهینه سازی به منظور مکانیابی و تعیین اندازه بهینه DG ها بهره یافت .تکنیکهای بهینه سازی مختلفی توسط محققان ارائه شده، که می توان آنها را به روشهای تحلیلی مانند قانون[۱۶] و روشهای ابتکاری طبقه بندی کرد .روشهای ابتکاری شامل الگوریتم ژنتیک، بهینه سازی اجتماع ذرات، بهینه سازی کلنی مورچهها، الگوریتم اصلاح شده جهش قورباغه و. ..می باشند .این روش ها می توانند بر اساس تعداد اهداف، یک و یا چند هدفه باشند.

۱۳. فرمولاسیون

پخش‌بار بهینه یک مسأله بهینه‌سازی غیرخطی است و مسأله بهینه سازی در واقع عبارت است از کمینه کردن یک تابع هدف معین با متغیرهای مشخص، در صورتی که جواب در حوزه تعریف شده مسأله باشد و قیود تعریف شده مسأله برقرار بمانند. بزرگترین موانع یک جستجوی بهینه موفق زمان محاسبات و دیگری عدم همگرایی به جواب بهینه مطلق می‌باشد. در این مقاله هدف از پخش‌بار بهینه تعیین مقدار بهینه واحدهای تولیدی شبکه با کمترین هزینه بهره‌برداری با توجه به قیود بهره‌برداری می‌باشد. رابطه (۱) تابع هدف است که در آن c_i, b_i, a_i ضرایب ثابت هزینه های سوخت در ژنراتور iاُم و p_{gi} توان تولیدی ژنراتور iاُم است. روابط (۲) و (۳) معرف قیود فنی و مساوی هستند که V_j, V_i, θ_{ij} به ترتیب زاویه ولتاژ بین باس های i , j و ولتاژ باس های i , j ، N^b و P_i^{net} ، Q_i^{net} به ترتیب معرف تعداد باس ها و توان اکتیو خالص باس i ام و توان راکتیو خالص باس i ام و روابط (۴-۶) قیود نامساوی را بیان می کنند به‌گونه‌ای که V_i^{max} و V_i^{min} حداکثر و حداقل ولتاژ باس i ام ، P_i^{max} و P_i^{min} حداکثر و حداقل توان اکتیو تولیدی ژنراتور i ام و Q_i^{max} و Q_i^{min} حداکثر و حداقل توان راکتیو تولیدی ژنراتور i ام است. در مسأله پخش بار بهینه متغیر های کنترلی عبارتند از : P_g ، V_g ، T ، Q_c که P_g توان تولیدی اکتیو در شین‌های PV غیر از باس اسلک، V_g دامنه ولتاژ در شین های PV، T تنظیم تپ ترانسفورماتورها، Q_c جبران ساز های توان راکتیو موازی می باشند و در مسأله پخش بار بهینه متغیرهای حالت عبارتند از : P_{g1} ، V_L ، Q_G ، S_l که P_{g1} توان اکتیو تولیدی در باس اسلک، V_L دامنه ولتاژ در شین های PQ، Q_G توان راکتیو خروجی واحدهای تولیدی و S_l بارگذاری توان در خطوط انتقال.

$$Min \sum_{i=1}^{ng} \left(a_i Pg_i^{\,2} + b_i Pg_i + c_i\right) \quad (۱)$$

$$P_i^{net} = |V_i| \sum_{j=1}^{N_b} |Y_{ij}||V_j| \cos\left(\delta_i - \delta_j - \theta_{ij}\right) \quad (۲)$$

$$Q_i^{net} = |V_i| \sum_{j=1}^{N_b} |Y_{ij}||V_j| \sin\left(\delta_i - \delta_j - \theta_{ij}\right) \quad (۳)$$

$$Q_i^{min} \le Q_i \le Q_i^{max} \quad (٤)$$

$$P_i^{min} \le P_i \le P_i^{max} \quad (٥)$$

$$V_i^{min} \le V_i \le V_i^{max} \quad (٦)$$

۱۴. مطالعه موردی

مکان یابی بهینه در این مقاله با هدف کاهش تلفات انرژی سالانه انجام می شود .این روش بر روی یک شبکهی ۳۸شینه که در شکل)۱(نشان داده شده، اجرا شده است. در این شکل تعداد ۶ باس کاندید برای نصب DG وجود دارد ژنراتورهای های مورد استفاده از نوع سنکرون بوده و باضریب توان واحد کار می کنند، همچنین گام تغییر ظرفیت آنها ۱۱۱ KW در نظر

گرفته شده است .قیود حاکم بر مسئله مکان یابی شامل حداکثر جریان عبوری از خطوط، محدودیت ولتاژ باسها و همچنین محدویت ضریب نفوذ واحدهای تولید پراکنده می باشند

۱۵. آرایه های متعامد

آرایه‌های متعامد نقش اصلی در روش تاگوچی ایفا می‌کنند، در ۱۹۴۰ معرفی گردید. این آرایه‌ها در طراحی آزمایش‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند و مقادیر بهینه متغیرهای سیستم با استفاده از تعداد کمی آزمایش، می‌یابند. مجموعه S را مجموعه‌ای از اعداد متفاوت در نظر بگیرید.ماتریس A دارای N ردیف و K ستون حاوی عناصر مجموعه S است یک آرایه متعامد با S سطح و توان t نامیده می‌شود[۱۴،۱۱].

۱۶. روش تاگوچی

روش تاگوچی یک روش آماری است که بر اساس آرایه‌های متعامد برای بهینه سازی سیستم‌ها بکار می‌رود. در این مقاله برای مدل‌سازی عدم‌قطعیت‌های بار و باد از روش تاگوچی استفاده می‌کنیم، در مسأله پخش‌بار بهینه احتمالاتی، هدف از فاکتورها همان متغیرهای تصادفی است، در این روش تعداد فاکتورها را با m و تعداد سطح از فاکتورها را با n نشان می‌دهند، و بعد از آن، به تعداد آزمایش انجام می‌شود. البته انجام همه آزمایش‌ها، اغلب دشوار و بسیار هزینه‌بر است. به کمک آرایه‌های متعامد، امکان انجام حداقل آزمایش‌ها وجود دارد. واژه (سطح) بیانگر مقداری از توزیع احتمالاتی است. گام اول در استفاده از روش تاگوچی، تعیین تعداد سطوح هر فاکتور است. روش تاگوچی با فاکتورهای دوسطحی به کمترین میزان محاسبات پخش‌بار نیاز دارد بنابراین تنها دو سطح از هر فاکتور در نظر می‌گیریم. همواره امکان تنظیم ۲ سطح از یک متغیر تصادفی با توزیع نرمال وجود دارد، زیرا این توزیع یک توزیع متقارن است. که این سطوح باید به صورت $\mu + \sigma$و$\mu - \sigma$ بیان شود μ و σ به ترتیب نشان دهنده‌ی میانگین و انحراف از معیار است.مدل بار ارائه شده دراین مقاله توزیع نرمال است. برای یک متغیر تصادفی با توزیع ویبول مانند نیروگاه بادی، نیز می‌توان سطوح را به صورت $\mu - \sigma$ و $\mu + \sigma$ در نظر گرفت.که $\mu - \sigma$به عنوان سطح ۱ و $\mu + \sigma$ به‌عنوان سطح ۲ معرفی می‌شوند.

۱۷. الگوریتم ژنتیک

در این مقاله برای تعیین بهینه مکان و ظرفیتDG الگوریتم ژنتیک استفاده شده ، روند کار الگوریتم ژنتیک به نحو زیر می باشد:

الف -ایجاد جمعیت اولیه تصادفی(با توجه به تعداد باس های کاندید)

ب -انتخاب عده ای از بهترین اعضای جمعیت به عنوان والدها و انجام عمل ترکیب(تقاطع)بر روی آنها به منظور ایجاد فرزندان.

ج -انتخاب عده ای از اعضای جمعیت به صورت تصادفی، انجام عمل جهش بر روی آنها و ایجاد جمعیتی از جهش یافتگان.

د -ادغام جمعیت اصلی، جمعیت فرزندان و جمعیت جهش یافتگان به منظور ایجاد جمعیت جدید.

و -ارزیابی و مرتب سازی جواب ها و حذف اعضای اضافی جمعیت.

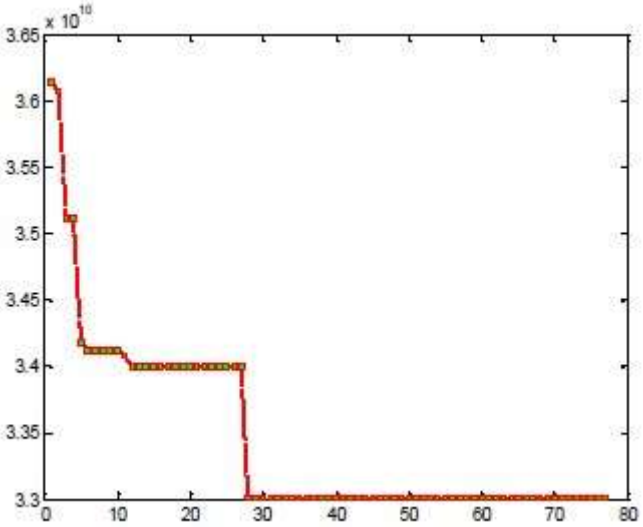
۱۸. شبیه سازی

شبیه سازی در نرم افزار Digsilentو Matlab انجام شده به این نحو که تولید جمعیت صورت گرفته، این اولیه تصادفی در محیط نرم افزار Matlab ارسال شده، در آن محیط با توجه به Digsilent جمعیت به ها DG ژن های هر کروموزوم، ظرفیت های تصادفی به اعمال شده و پخش بار صورت می گیرد، مقدار تابع هدف برای هر کروموزوم محاسبه شده و بعد از اتمام کروموزوم ها، مقادیر تابع هدف به متلب ارسال می شوند، در این مرحله جواب ها براساس حداقل مقدار مرتب شده و کمترین مقدار به عنوان بهترین نتیجه ذخیره می شود سپس جمعیت جدیدی با استفاده از بهترین جوابها، جهش یافتگان و ارسال می Digsilentتقاطع ساخته می شود و دوباره به در ۵۱ تکرار مشابه در GA شود، منحنی روند همگرایی شکل (۱)نشان داده شده، .

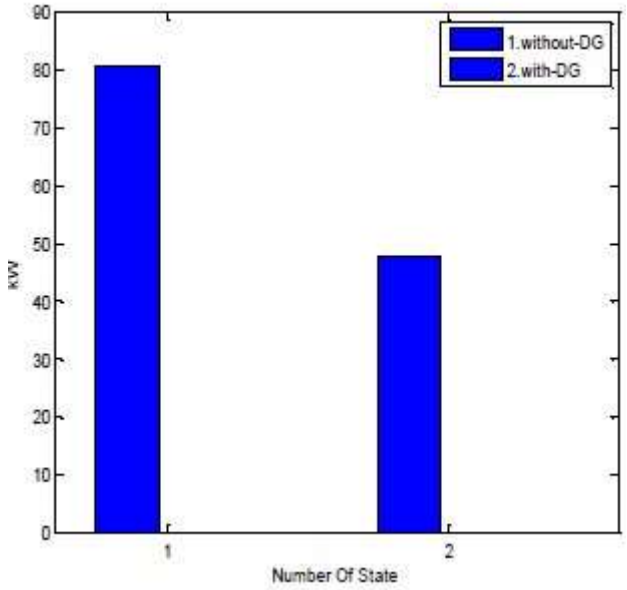
تعداد کروموزومهای مورد استفاده در این شبیه سازی ۱۱۱ عدد در نظر گرفته شده است .همچنین شماره باس و ظرفیت پیشنهادی برای نصب DG در جدول(۱) درج شده که در ادامه به شبکه تست اعمال شده و نتیجه کاهش تلفات به صورت گرافیکی در شکل (۲) و (۳) برای توانهای اکتیو و راکتیو در دو حالت قبل و بعد از نصبDG نشان داده شده است

جدول ۱ :نتایج مکان و ظرفیت نصب DGها

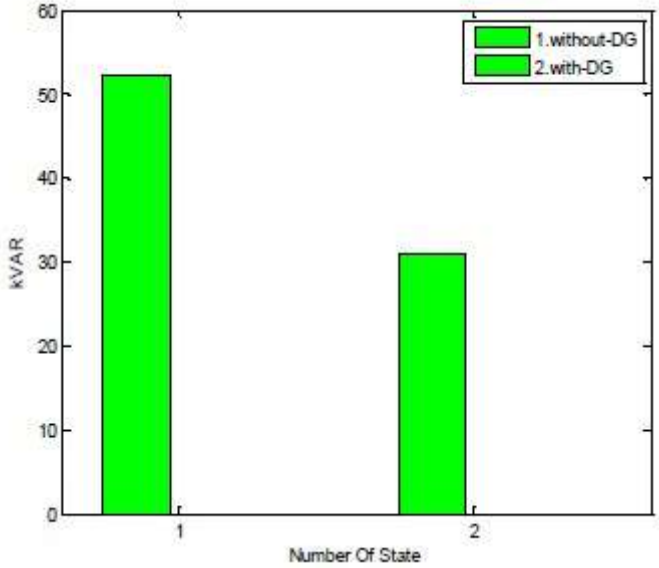
شماره باس نصب DG	ظرفیت پیشنهادی(MW)
۵	۱/۵
۳۷	۲



شکل ۱: روند همگرایی در ۵۰ تکرار مشابه



شکل ۲ : تلفات توان اکتیو قبل و بعد نصب DG



شکل ۳ : تلفات توان راکتیو قبل و بعد نصب DG

۱۹- جمع بندی

کاهش تلفات همواره موضوع مهمی در بررسی سیستمهای قدرت میباشد، گسترش شهرها و افزایش تراکم در برخی از نقاط شهرها باعث شده بدون تغییر سطح مقطع کابلها شبکه توزیع نیز گسترش یافته و در نتیجه اهمیت کاهش تلفات دو چندان شده است .روشهای مختلفی برای کاهش تلفات مانند خازنگذاری، تغییر سطح مقطع کابلها، بکارگیری تولیدات پراکنده و ... استفاده شده است .در این میان برنامههای تشویق سرمایهگذاری در نیروگاههای تولیدی مبتنی برانرژیهای تجدید پذیر، مانند

بادی، آبی کوچک، خورشیدی و زیست توده ضمن مزایایی که بر محیط زیست دارد با کاهش جریان عبوری از کابلها میتواند افزایش قابل توجهی در کاهش تلفات داشته باشد.

منابع

[۱] Saber, Ahmed Yousuf, and Ganesh Kumar Venayagamoorthy. "Plug-in vehicles and renewable energy sources for cost and emission reductions." IEEE Transactions on Industrial Electronics ۵۸،٤ (۲۰۱۱): ۱۲۲۹-۱۲۳۸.

[۲] Zhang, Ning, et al. "Unit commitment model in smart grid environment considering carbon emissions trading." IEEE Transactions on Smart Grid ۷،۱ (۲۰۱٦): ٤۲۰-٤۲۷.

[۳] Milligan, Michael, et al. "Alternatives No More: Wind and Solar Power Are Mainstays of a Clean, Reliable, Affordable Grid." IEEE Power and Energy Magazine ۱۳،٦ (۲۰۱۵): ۷۸-۸۷.

[٤] Wandhare, Rupesh G., and Vivek Agarwal. "Novel integration of a PV-wind energy system with enhanced efficiency." IEEE Transactions on Power Electronics ۳۰،۷ (۲۰۱۵): ۳٦۳۸-۳٦٤۹.

[۵] Liu, Cong, et al. "Fuzzy Energy and Reserve Co-optimization with High Penetration of Renewable Energy." IEEE Transactions on Sustainable Energy(۲۰۱٦).

[٦] Alipour, Manijeh, Behnam Mohammadi-Ivatloo, and Kazem Zare. "Stochastic risk-constrained short-term scheduling of industrial cogeneration systems in the presence of demand response programs." Applied Energy ۱۳٦ (۲۰۱٤): ۳۹۳-٤۰٤

[۷] Wood, Allen J., and Bruce F. Wollenberg. Power generation, operation, and control. John Wiley & Sons, ۲۰۱۲.

[۸] Algarni, Ayed AS, and Kankar Bhattacharya. "A generic operations framework for discos in retail electricity markets." IEEE Transactions on Power Systems۲٤،۱ (۲۰۰۹): ۳۵٦-۳٦۷.

[۹] Cecati, Carlo, et al. "Smart operation of wind turbines and diesel generators according to economic criteria." IEEE Transactions on Industrial Electronics۵۸،۱۰ (۲۰۱۱): ٤۵۱٤-٤۵۲۵.

[۱۰] Chakraborty, Shantanu, et al. "Intelligent economic operation of smart-grid facilitating fuzzy advanced quantum evolutionary method." IEEE Transactions on Sustainable Energy ٤،٤ (۲۰۱۳): ۹۰۵-۹۱٦.

[۱۱] Zakariazadeh, Alireza, Shahram Jadid, and Pierluigi Siano. "Stochastic operational scheduling of smart distribution system considering wind generation and demand response programs." International Journal of Electrical Power & Energy Systems ٦۳ (۲۰۱٤): ۲۱۸-۲۲۵.

[۱۲] Zakariazadeh, Alireza, Shahram Jadid, and Pierluigi Siano. "Stochastic operational scheduling of smart distribution system considering wind generation and demand response programs." International Journal of Electrical Power & Energy Systems ٦۳ (۲۰۱٤): ۲۱۸-۲۲۵.

[۱۳] Zakariazadeh, Alireza, Shahram Jadid, and Pierluigi Siano. "Economic-environmental energy and reserve scheduling of smart distribution systems: A multiobjective mathematical programming approach." Energy Conversion and Management ۷۸ (۲۰۱٤): ۱۵۱-۱٦٤.

[۱٤] Tan, Yi, et al. "A two-stage stochastic programming approach considering risk level for distribution networks operation with wind power." IEEE Systems Journal ۱۰،۱ (۲۰۱٦): ۱۱۷-۱۲٦.

[۱۵] Zakariazadeh, Alireza, Shahram Jadid, and Pierluigi Siano. "Stochastic multi-objective operational planning of smart distribution systems considering demand response programs." Electric Power Systems Research ۱۱۱ (۲۰۱٤): ۱۵٦-۱٦۸.

[۱٦] Mazidi, Mohammadreza, Hassan Monsef, and Pierluigi Siano. "Incorporating price-responsive customers in day-ahead scheduling of smart distribution networks." Energy Conversion and Management ۱۱۵ (۲۰۱٦): ۱۰۳-۱۱٦.

[۱۷] Mazidi, Mohammadreza, Hassan Monsef, and Pierluigi Siano. "Robust day-ahead scheduling of smart distribution networks considering demand response programs." Applied Energy ۱۷۸ (۲۰۱٦): ۹۲۹-۹٤۲.