

تولید پراکنده در شبکه های توزیع با هدف بهبود پروفیل ولتاژ

حسین علی کاظمی پور^۱، محمد هادی یداللهی^۲، یحیی عرب عامری^۳ حسین صفار تلوری^۴

^۱ شرکت برق منطقه ای مازندران و گلستان Kazemipoor129@gmail.com

^۲ شرکت مادر تخصصی تولید نیروی برق حرارتی Htipdc@gmail.com

^۳ شرکت برق منطقه ای مازندران و گلستان arabameri2016@gmail.com

^۴ شرکت برق منطقه ای مازندران و گلستان yadollahi372@gmail.com

چکیده

یک سیستم قدرت از سه بخش اساسی تولید، انتقال و توزیع تشکیل شده است. در این میان نقش سیستم توزیع و شرکت های توزیع در برق رسانی به مشترکین، بسیار کلیدی بوده و همگی آنها در صدد تحویل انرژی پایدار و مطمئن، به متقاضیان می باشند. مبحث تلفات انرژی و همچنین پروفیل ولتاژ، از مهم ترین چالش های این سیستم می باشد که باید در سطحی قابل قبول قرار گیرند. با توجه به اهمیت این مولفه ها در شبکه توزیع، مطالعات زیادی جهت بهبود آنها صورت گرفته که همگی درصدد بهبود پروفیل ولتاژ بوده‌اند. با توجه به روند رو به رشد استفاده از منابع تولید پراکنده، تعیین مکان و ظرفیت بهینه این واحدها در شبکه توزیع لازم و ضروری است. استفاده از این مولدها، منافی را برای جامعه به همراه دارد. کاهش تلفات خطوط، بهبود پروفیل ولتاژ، کاهش انتشار گازهای آلاینده، آزادسازی ظرفیت سیستم های توزیع و انتقال، به تعویق افتادن سرمایه گذاری برای توسعه شبکه، ارتقاء بهره وری و افزایش امنیت برای بارهای حساس و پر اهمیت شبکه های توزیع از نتایج مثبت بکارگیری تولیدات پراکنده برای تولید کنندگان و مصرف کنندگان انرژی در شبکه است [۵]. منابع تولید پراکنده استحکام و قابلیت اطمینان [۴] شبکه را فراهم می کنند. در این مقاله مکان DG با هدف کاهش انرژی مورد انتظار تامین نشده و بهبود شاخص پروفیل ولتاژ با در نظر گرفتن قیود فنی شبکه بررسی شده است. به منظور شبیه سازی و ارائه نتایج از شبکه تست توزیع ۳۴ باس استفاده شده است در این مقاله مکانیابی بهینه برای گونه های مختلف منابع تولید پراکنده به منظور بهبود پروفیل ولتاژ ارائه شده است. بهینه سازی در این مقاله به عنوان مساله ای غیر خطی با فضای جستجوی بزرگ بوده که جهت انجام آن از الگوریتم گرگ خاکستری استفاده شده است. منابع تولید پراکنده به چهار دسته تقسیم شده است. گونه اول منابع تولید پراکنده ای هستند که تنها توان اکتیو تولید می کنند، دسته دوم منابعی هستند که تنها توان راکتیو تولید می کنند و دسته سوم توانایی تولید توان اکتیو و راکتیو را دارند. گونه چهارم منابع تولید پراکنده ای هستند که توان راکتیو مصرف می کنند. تابع هدف مساله با بهره گیری بصورت جداگانه و ترکیبی از گونه های مختلف منابع تولید پراکنده در شبکه ۳۳ و ۶۹ شینه IEEE با دو سطح بار پیک و بار سه سطحی توسط نرم افزار MATLAB مورد ارزیابی قرار گرفته است. نتایج نشان می دهد که تعیین آرایش، ظرفیت و ضریب توان بهینه در کاهش تلفات بسیار موثرتر بوده است. همچنین استفاده از گونه های مختلف DG و ترکیب آنها در کاهش تلفات تاثیر بسزایی دارد. نتایج بدست آمده با الگوریتم PSO مقایسه شده و نشان از برتری روش بهینه سازی گرگ خاکستری دارد.

کلمات کلیدی: منابع تولید پراکنده، مکانیابی، شبکه توزیع، الگوریتم گرگ خاکستری

مقدمه

استفاده از منابع تولید پراکنده م می تواند یکی از راهکارهای مؤثر برای رهایی از برخی مشکلات مانند تلفات بالا، کیفیت توان پایین و افت ولتاژ در سیستم های توزیع و انتقال باشد. افزون بر این، ظرفیت کوچک منابع تولید پراکنده، طراحی و نصب این واحدها را در مقایسه با استفاده از واحدهای بزرگ و متمرکز در یک چهارچوب زمانی کوتاه تر، آسان می کند. در شبکه های شعاعی توزیع به علت پسیو بودن ساختار شبکه، تلفات توان و افت ولتاژ در انتهای شبکه چشمگیر بوده و کیفیت توان تحویلی به مصرف کنند ه های انتهای خط نامناسب است. همچنین با توجه به رشد روزافزون بار، احداث منابع تولید پراکنده می تواند جایگزین مناسبی برای احداث خطوط و پست های

جدید در یک دوره زمانی کوتاه مدت باشد. با توجه به موارد یاد شده و مزایای دیگر، به منابع تولید پراکنده و استفاده از آنها توجه جدی شده است. بنابراین، جایابی و تعیین ظرفیت بهین می‌تواند باعث بهبود پروفیل ولتاژ شود. مطالعات نشان می‌دهد که انتخاب نامناسب محل و ظرفیت DG می‌تواند باعث بروز تلفات بی‌شتری در شبکه نسبت به حالت قبل از نصب DG شود. با توجه به موارد یاد شده و مزایای دیگر، به منابع تولید پراکنده و استفاده از آنها توجه جدی شده است. بنابراین، جایابی و تعیین ظرفیت بهینه می‌تواند باعث کاهش تلفات و بهبود پروفیل ولتاژ شود. مطالعات نشان می‌دهد که انتخاب نامناسب محل و ظرفیت DG می‌تواند باعث بروز تلفات بیشتری در شبکه نسبت به حالت قبل از نصب DG شود. جایابی بهینه و تعیین ظرفیت مناسب منابع تولید پراکنده می‌تواند باعث آزادسازی ظرفیت انتقال و توزیع شود. از این رو هزینه‌های سرمایه‌گذاری جدید را که هم سنگین تر و هم دارای دوره‌ی طولانی‌تری نسبت به نصب DG هستند به تعویق می‌اندازد با توجه به موارد بالا بررسی تأثیر تغییرات بار و تولید بر تلفات بسیار ضروری است و به عنوان معیار واقعی توسط شرکت توزیع مدنظر قرار می‌گیرد. مکان یابی با هدف کاهش هزینه‌های احداث و بهره‌برداری از منابع تولیدات پراکنده و همچنین کاهش هزینه‌ی تلفات با در نظر گرفتن محدودیت‌های خط، مانند محدودیت اضافه بار و محدودیت ولتاژ شین انجام شده است.

۱- اهداف استفاده از تولید پراکنده

اهداف استفاده از تولیدات پراکنده از دید شرکت توزیع و از دید مشترک متفاوت است. در واقع اگر مالک DG شرکت توزیع باشد، اهداف مورد نظر می‌تواند آزادسازی ظرفیت شبکه توزیع، بهبود قابلیت اطمینان سیستم، تولید همزمان برق و حرارت (CHP)، بهبود کیفیت توان، پروفیل ولتاژ و کاهش تلفات باشد. اگر مالکیت DG در اختیار مشترک باشد، این اهداف می‌تواند فروش برق و شرکت در بازار انرژی، بهبود قابلیت اطمینان خود و یا تشویق‌های دریافتی از شرکت توزیع و فروش برق به عنوان سرویس جانبی باشد. متأسفانه چون مالکیت بیشتر تولیدات پراکنده در اختیار مشترکین می‌باشد، لذا شرکت‌های توزیع کنترل کمتری روی اندازه و محل نصب تولیدات پراکنده دارند. در نتیجه برای جلوگیری از تأثیرگذاری منفی تولیدات پراکنده بر پارامترهای مختلف سیستم، باید یک استاندارد کلی و جامع برای کنترل، نصب و جایابی این تولیدات وجود داشته باشد [۱۰]. بطور کلی هدف استفاده از منابع تولید پراکنده در شبکه‌های توزیع، تأمین تمام یا قسمتی از توان مصرفی شبکه بصورت تمام وقت یا پاره وقت می‌باشد که در این میان هدف اصلی تولید توان اکتیو است [۹].

۲- علل رویکرد به منابع تولید پراکنده

در ساختار قدیم صنعت برق در کشورهای پیشرفته و وضعیت موجود بسیاری از کشورها، وظایف تولید، انتقال و توزیع توان بر عهده شرکت‌های برق مجتمع بود. افزایش میزان تقاضای توان در چند سال اخیر، در بسیاری از کشورها موجب شد که این شرکت‌ها نتوانند به صورت موثر جوابگوی این میزان تقاضای زیاد باشند. در نتیجه خاموشی قطع برق و معیوب شدن تجهیزات و غیره در بسیاری از کشورها به ویژه ایالات متحده صورت گرفت و به تبع آن قیمت‌ها در دوره‌های پیک به شدت بالا رفت. این در حالی بود که همراه با ریداکتصادی کشورها که منجر به افزایش میزان انرژی مورد نیاز آنها بود، مساله کیفیت توان و قابلیت اطمینان آن نیز اهمیت پیدا نمود [۱۱، ۱۲، ۱۳]. علاوه بر این بحث نفت در سال ۱۹۷۳ موجب شد که بسیاری از کشورهایی که در صنعت خود به سوخت‌های فسیلی وابسته بودند در پی یافتن جایگزینی مناسب برای این سوخت‌ها باشند. همچنین با افزایش آگاهی عمومی در مورد مسایل زیست محیطی یافتن جایگزینی مناسب برای سوخت‌های فسیلی اهمیت بیشتری پیدا کرد. مطالعات انجام شده نشان می‌دهد که انرژی‌های تجدید پذیر شامل انرژی خورشیدی، باد، آب، بیوماس، زمین گرمایی و غیره که از نظر زیست محیطی تمیز بوده، می‌توانند جایگزین مناسبی برای سوخت‌های فسیلی باشند. بدین ترتیب عواملی مانند تجدید ساختار صنعت برق نیاز به افزایش ظرفیت سیستم و پیشرفت تکنولوژی‌ها به طور همزمان پایه و اساس معرفی تکنولوژی‌های تولید پراکنده می‌باشند.

عوامل محرک فراوانی باعث افزایش تمایل به بکارگیری سیستم‌های تولید پراکنده شده‌است که به طور کلی این عوامل را می‌توان در پنج گروه به شرح زیر تقسیم بندی نمود:

- ۱- پیشرفت‌های صنعتی چشمگیر در ساخت و به کارگیری تکنولوژی‌های مرتبط
- ۲- محدودیت‌های موجود در حداث خطوط انتقال نیرو
- ۳- ورود بحث بازار بر روی مسائل مرتبط با آن در سیستم قدرت
- ۴- افزایش تقاضای مشترکین برای سرویس با قابلیت اطمینان بالا
- ۵- حساسیت بالا در خصوص آلودگی‌های محیط زیست

۳- مزایای استفاده از تولیدات پراکنده

(۱) تامین توان

شرکت‌های برق تامین توان پیک را در شرایط معمولی کار شبکه تضمین می‌نمایند که تحت عنوان تامین توان معمولی بررسی می‌شود، حفظ مقادیر نامی توان شبکه با کاهش مقدار بار دیده شده از دید تولید کننده از جمله مزایای تولید پراکنده در ارتقاء این سرویس شبکه می‌باشد. به عبارتی دیگر تولید برق در ساعات پیک مصرف توسط DG ها در کشورهایی که از سیاست چند نرخ در شبکه برق خود بهره می‌برند برای مصرف کنندگان مقرون به صرفه است که این مسئله باعث کاهش بار شبکه در ساعات اوج مصرف می‌شود که علاوه بر صاحبان DG ها برای مصرف کنندگان شبکه که از تولید پراکنده استفاده نمی‌کنند نیز مفید می‌باشد [۱۴].

(۲) توان اضطراری

مشابه تامین ظرفیت معمولی است با این تفاوت که در این مورد تولید پراکنده برای تامین توان اضطراری شبکه در مواقعی که یکی از بخش‌های شبکه دچار مشکل شده است به کار می‌رود، به عبارتی دیگر توان DG قادر خواهد بود تعداد مصرف کننده‌هایی که در حالت قطعی و اختلال در شبکه از مدار خارج می‌شوند را کاهش دهد. معمولاً مقادیر اضطراری شبکه بر مبنای محدودیت‌های حرارتی اجزای سیستم قدرت محاسبه شده اند و فقط برای مدت زمان‌های مشخص قابل تعریف هستند [۱۴].

(۳) توزیع متعادل بار

استفاده از DG باعث بهبود توزیع بار در شبکه می‌شود. تحقیقات نشان می‌دهد که اجرای منطقی نصب واحدهای تولید پراکنده جهت جریان را عوض کرده و نامتعادلی پخش بار را بهبود می‌بخشد [۱۴].

(۴) بهبود کیفیت توان و قابلیت اطمینان

DG کیفیت توان را بهبود می‌بخشد و قابلیت اطمینان را افزایش می‌دهد. IEA^۱ تهیه توان قابل اطمینان را به عنوان مهمترین چهره آینده بازار برق برای مولدهای تولید پراکنده نام برده است. چنانچه این واحدها مستقیماً به مشترک وصل شده باشند، در صورت قطع برق شبکه توزیع نیز می‌توانند برق مشترک را به صورت جزیره ای تامین نماید و در حالت اتصال به شبکه می‌توان با شرکت برق بر مبنای نرخ مصوب تبادل انرژی داشت [۱۴].

¹ International Energy Agency.

(۵) افزایش طول عمر تجهیزات

یکی از مزایای تولید پراکنده کاهش مقادیر پیک بار در شبکه می‌باشد. تجهیزات مورد استفاده در صنعت برق همگی دارای محدودیت کاربردی حرارتی و محدوده مجاز جریان یا ولتاژ می‌باشند به عبارت دیگر عملکرد اجزاء قدرت در حالت‌های اضافه بار که مشکلات حرارتی را نیز به همراه خواهد داشت باعث پیری و فرسودگی زودرس آنها خواهد شد [۱۴].

(۶) بهبود پروفیل ولتاژ

در اتصال DG به شبکه‌های توزیع اگر جایابی بهینه صورت گیرد موجب بهبود پروفیل ولتاژ شبکه خواهد شد، این موضوع مخصوصاً در فیدهایی با طول زیاد که افت ولتاژ محسوس است از اهمیت زیادی برخوردار است.

(۷) کاهش تلفات

استفاده از DG در پست‌های توزیع باعث کمتر شدن میزان جریان جاری در خطوط از تولید کننده‌های بزرگ به سوی ترانس‌های توزیع می‌گردد. تلفات در خطوط و سایر المان‌های شبکه به نسبت مجذور جریان است و در نتیجه جبران بار توسط منبع تولید پراکنده تلفات را کاهش خواهد داد، این تاثیر خصوصاً در مواقع پیک بار مشهود است، مسلماً این کاهش تلفات، مزایای دیگری را نیز به همراه خواهد داشت که در خدمات فرعی و هزینه‌های شبکه موثر خواهد بود.

۳- نتایج شبیه‌سازی

در فصل دوم در خصوص منابع تولید پراکنده، مزایا و معایب آنها و نحوه اتصال به شبکه توضیح داده شد. با توجه به مطالب بیان شده در این پایان‌نامه بر اساس روابط ریاضی ارائه شده در فصل قبل برنامه‌ای با استفاده از نرم افزار MATLAB تهیه و تدوین شده‌است. در این فصل جهت نشان دادن قابلیت‌های برنامه تهیه شده، دو شبکه به عنوان شبکه آزمایشی مورد استفاده قرار می‌گیرند. ترکیبی از مدل‌های متفاوت منابع تولید پراکنده به عنوان سناریوهای مختلف ارائه می‌شود. این سناریوها شامل استفاده از سه ترکیب متفاوت از DG و اثر آن بر تلفات شبکه و بهبود پروفیل ولتاژ آن می‌باشد. نتایج این شبیه‌سازی در پایان این فصل ارائه خواهد شد.

۱-۱- شبکه‌های تست مورد مطالعه

۱-۱-۱- شبکه توزیع شعاعی ۳۳ شین IEEE

این شبکه، یک شبکه توزیع شعاعی ۳۳ شین مطابق با استاندارد IEEE می‌باشد که در پایان نامه مورد آزمایش و تست قرار می‌گیرد. روش پیشنهادی توسط الگوریتم گرگ خاکستری بر این شبکه اجرا می‌گردد. این شبکه دارای ۳۳ بار نقطه‌ای بوده که توسط یک فیدر بالادست تغذیه می‌گردند. شبکه دارای بار ۳/۷۲ مگا وات و ۲/۳ مگاوار می‌باشد. دیاگرام تک خطی شبکه ۳۳ شین در شکل ۵-۱ نشان داده شده‌است [۶۲].

۲-۱- مفروضات مساله

در این تحقیق بارهای مورد استفاده ابتدا کامل فرض شده و برای بارها هیچ ضریبی در نظر گرفته نمی‌شود. سپس یک بار سه سطحی در شبیه‌سازی مورد استفاده قرار می‌گیرد [۶۴] و نتایج با بار پیک مقایسه می‌گردد.

منابع تولید پراکنده‌ای که در این تحقیق مورد استفاده قرار می‌گیرند چهار نوع می‌باشند که عبارتند از:

۱. نوع اول: این منابع تنها توان اکتیو تولید می‌کنند.

۲. نوع دوم: توان تولیدی این گونه از منابع مورد استفاده تنها از نوع راکتیو می‌باشد.

۳. نوع سوم: توان تولیدی آنها هم از نوع اول و هم از نوع دوم بوده یعنی این منابع هم توان اکتیو و هم توان راکتیو تولید می‌کنند.

۴. نوع چهارم: توان اکتیو تولید کرده و توان راکتیو مصرف می‌کنند.

تغییرات ولتاژ شین‌ها بین ۰/۹ و ۱/۰۵ پریونیت در نظر گرفته شده است.

۳-۱- سناریوهای مساله

سناریو اول: در این سناریو تنها از منابع تولید پراکنده نوع اول استفاده می‌شود. مکان و اندازه بهینه منابع تولید پراکنده در این سناریو توسط الگوریتم گرگ خاکستری تعیین می‌گردد. در دو شبکه ۳۳ شینه و ۶۹ شینه مورد نظر ابتدا از یک منبع تولید پراکنده استفاده شده و سپس با دو و سه منبع تلفات و پروفیل ولتاژ شبکه مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.

سناریو دوم: در این سناریو از منابع تولید پراکنده نوع دوم که تنها توان راکتیو تولید می‌نمایند استفاده می‌گردد. منابع تولید پراکنده ابتدا از یک منبع آغاز شده و مکان و اندازه بهینه آنها تعیین می‌شود سپس منابع تا سه افزایش می‌یابد. این سناریو برای هر دو شبکه ۳۳ و ۶۹ شین انجام شده و تلفات شبکه در حالت‌های مختلف با یکدیگر مقایسه می‌شود.

سناریو سوم: در این سناریو از هر دو منبع تولید پراکنده نوع اول و دوم در دو شبکه ۳۳ و ۶۹ شینه استفاده می‌گردد و تعداد منابع از یک آغاز و به سه ختم می‌شود. مکان و اندازه بهینه این منابع توسط الگوریتم گرگ خاکستری مشخص شده و نتایج با یکدیگر مقایسه می‌گردند.

سناریو چهارم: در این سناریو از منابع تولید پراکنده نوع چهارم استفاده می‌شود و دو شبکه ۳ و ۶۹ شینه مورد ارزیابی قرار می‌گیرند. منابع تولید پراکنده از یک آغاز و به سه ختم می‌گردد. کلیه سناریوها در حالتی که بارهای شبکه یک و سه سطحی می‌باشند انجام شده و دو حالت بار در هر دو سناریو با یکدیگر مقایسه می‌شوند.

۴-۱- شبکه ۳۳ شینه

۱-۴-۱- سناریو اول

در این سناریو حداکثر از سه منبع تولید پراکنده استفاده می‌شود. ضریب توان در این سناریو برای داشتن این گونه از DG، یک در نظر گرفته شده است. این سناریو برای بار پیک و بار سه سطحی مورد ارزیابی قرار گرفته است و نتایج با مرجع [۶۵] نیز مقایسه می‌گردد.

جدول ۱- نتایج سناریو اول در شبکه ۳۳ شین

تعداد DG	نوع بار	مکان قرار گرفتن DG	ظرفیت DG MW	تلفات توان KW	کاهش تلفات %
بدون DG	پیک	۶	۲/۵۷۵۲	۲۱۱	۰
بدون DG	سه سطحی	۷	۱/۳۱۵۴	۸۴/۶۸	۰
یک DG	پیک	۶	۲/۵۷۵۲	۱۰۳/۹۶	۵۰/۷
یک DG	سه سطحی	۷	۱/۳۱۵۴	۴۸/۰۱۹	۴۳/۲۹

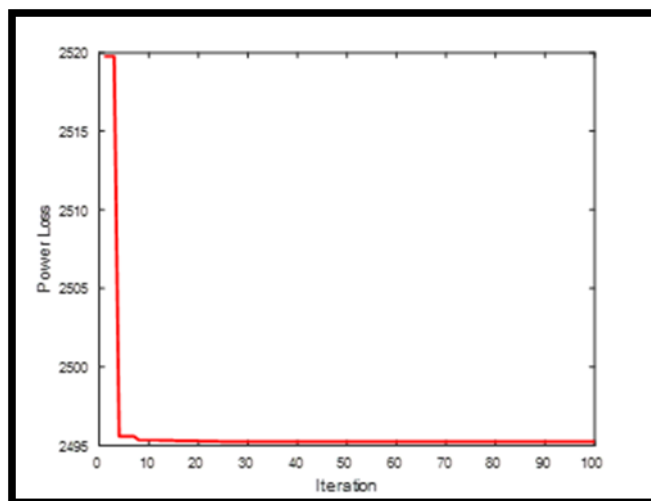
ششمین همایش بین‌المللی افق‌های نوین در مهندسی برق، کامپیوتر و مکانیک

6th International Conference on the New Horizons in Electrical Engineering, Computer and Mechanical

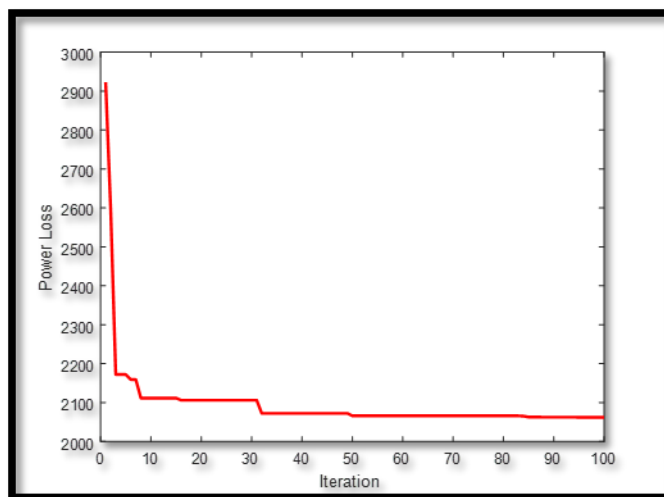
www.mhconf.ir

۴۷/۳۸	۱۱۱/۱۷	۲/۵۹	۲/۵۹	۳۰	۱۳	شین ظرفیت	مرجع [۶۵]	
۵۹/۲۸	۸۵/۹۱	۲/۰۰۲۹	۰/۸۴۶۷	۱/۱۵۶۲	۳۰	شین ظرفیت	پیک	
۵۴/۸۹	۳۸/۱۹۴	۱/۲۰۹۲	۰/۵۱۰۹	۰/۶۹۸۳	۳۰	شین ظرفیت	سه سطحی	DG دو
۵۸/۶۹	۸۷/۱۷	۲/۰۱	۰/۸۵	۱/۱۶	۳۰	شین ظرفیت	مرجع [۶۵]	
۶۶/۱۴	۷۱/۴۶۵	۲/۹۳۸۸	۱/۰۸۵۳	۱/۰۹۶۶	۱۴	شین ظرفیت	پیک	
۵۴/۹۱	۳۸/۱۸	۱/۲۰۸۷	۰/۶۹۶۰	۰/۰۰۳۱	۱۳	شین ظرفیت	سه سطحی	DG سه
۶۵/۵۰	۷۲/۷۹	۲/۹۳	۱/۰۷	۱/۰۹	۱۴	شین ظرفیت	مرجع [۶۵]	

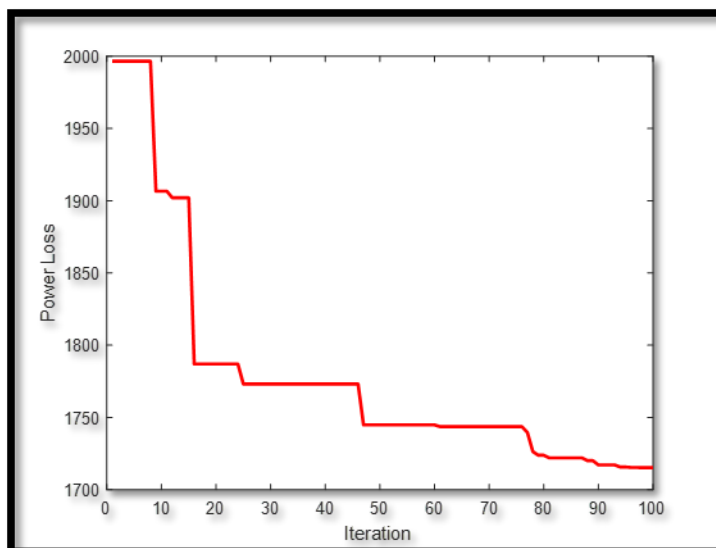
با توجه به جدول (۵-۱) که تنها از منبع تولید پراکنده نوع اول استفاده شده‌است، در هنگامی که یک DG در شبکه قرار دارد و بار شبکه در حالت کامل می‌باشد تلفات توان از ۲۱۱ به ۱۰۳/۹۶ کاهش یافته که نسبت به مرجع [۶۵] که تلفات در آن توسط الگوریتم PSO کاهش می‌یابد و به ۱۱۱/۱۷ رسیده است کاهش بیشتری یافته‌است. در روش پیشنهادی در این تحقیق که الگوریتم گرگ خاکستری است تلفات توان اکتیو در این حالت ۵۰/۷ درصد و در مرجع [۶۵] ۴۷/۳۸ درصد کاهش می‌یابد. تلفات توان در زمانی که از بار سه سطحی استفاده می‌شود برابر با ۴۸/۰۱۹ بوده که نسبت به مقدار اولیه آن در حالت بدون DG ۴۳/۲۹ درصد کاهش یافته‌است. پروفیل ولتاژ نیز با افزایش DG در هر دو حالت بار بهبود یافته‌است. نمودار کاهش تلفات و پروفیل ولتاژ در دو حالت بار با افزایش یک DG ارائه شده است.



شکل ۱- نمودار تلفات توان با یک DG از نوع اول در بار پیک در شبکه ۳۳ شینه

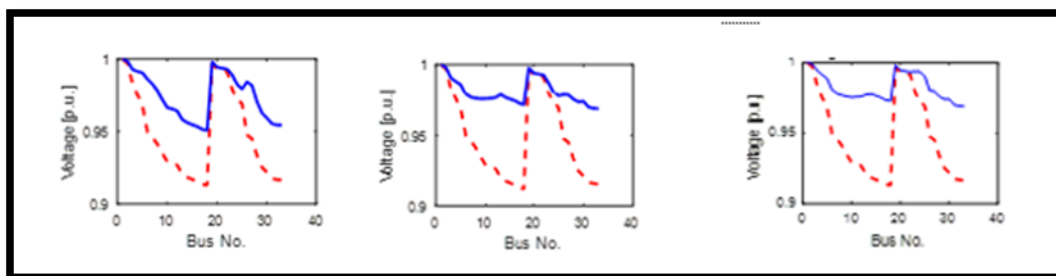


شکل. Error! No text of specified style in document. نمودار تلفات توان با دو DG از نوع اول در بار پیک در شبکه ۳۳ شینه



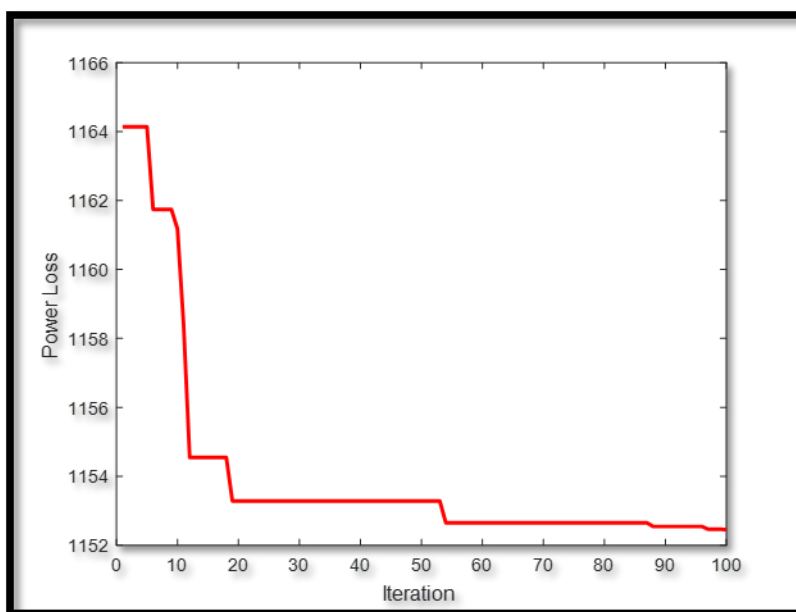
شکل. Error! No text of specified style in document. نمودار تلفات توان با سه DG از نوع اول در بار پیک در شبکه ۳۳ شین

شکل‌های (۳-۵)، (۴-۵) و (۵-۵) به ترتیب تلفات توان را در بار پیک در شبکه ۳۳ شینه با قرار دادن یک، دو و سه DG از نوع اول نشان می‌دهد. از اشکال مشخص می‌شود که با قرار دادن DG های بیشتر تلفات کاهش بیشتری می‌یابند و حضور DG ها موثر واقع می‌شود. توجه به اینکه در این سه شکل بار کامل است. در همه ساعات‌ها تغییرات بار نداشته و از این رو تلفات بیشتری نسبت به زمانی که بار شبکه دارای سطوح مختلفی می‌باشد، داریم. پروفیل ولتاژ در هر سه حالت بالا که به ترتیب تعداد DG ها افزایش می‌یابد، در شکل‌های (۵-۶) ارائه می‌گردد.

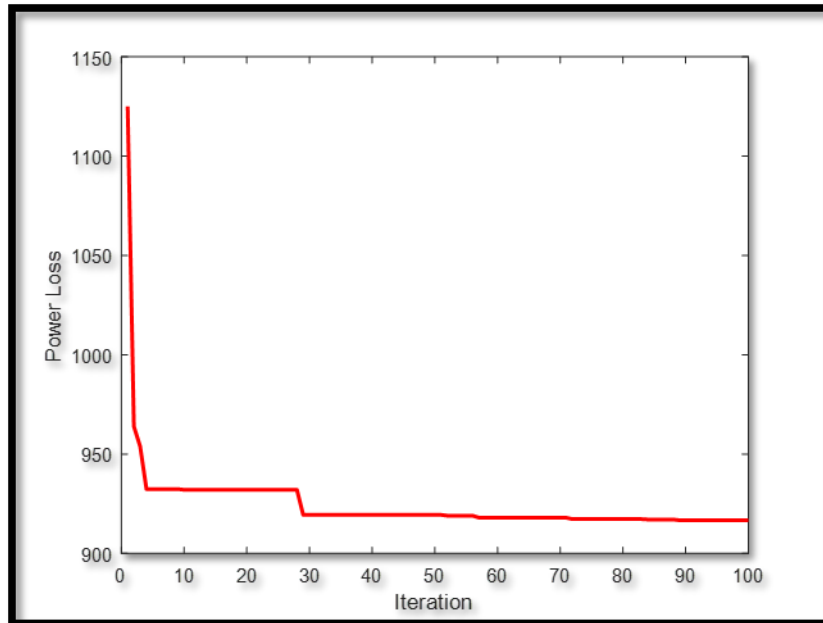


شکل ۶-Error! No text of specified style in document. پروفیل ولتاژ در شبکه ۳۳ شینه از سمت چپ به ترتیب با یک، دو و سه DG از نوع اول

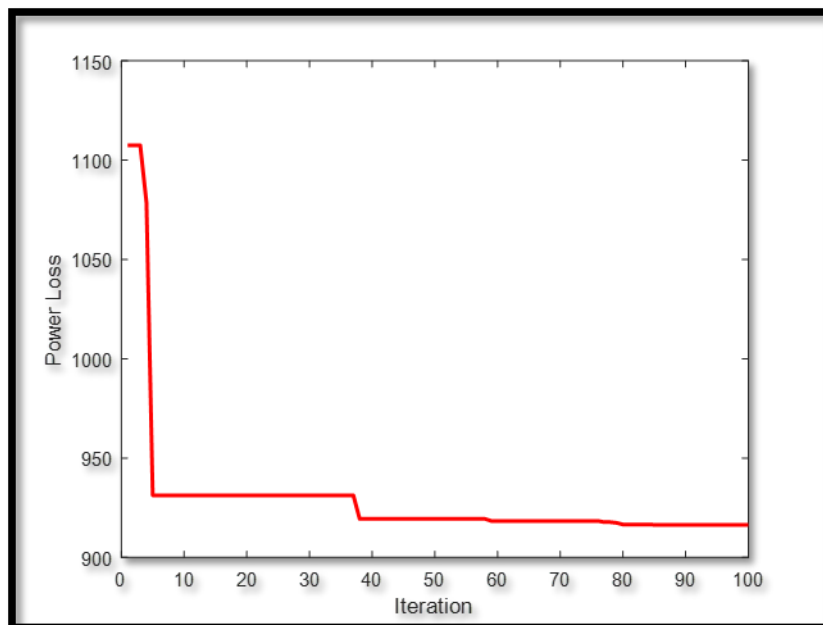
در شکل (۶-۵) مشخص است که با افزایش تعداد DG پروفیل ولتاژ نیز بهبود پیدا کرده‌است. این افزایش بخصوص بین یک و دو DG، نمایانگر است. با قرار دادن DG سوم ولتاژ در ساعت ۲۰ بهبود قابل ملاحظه‌ای داشته‌است.



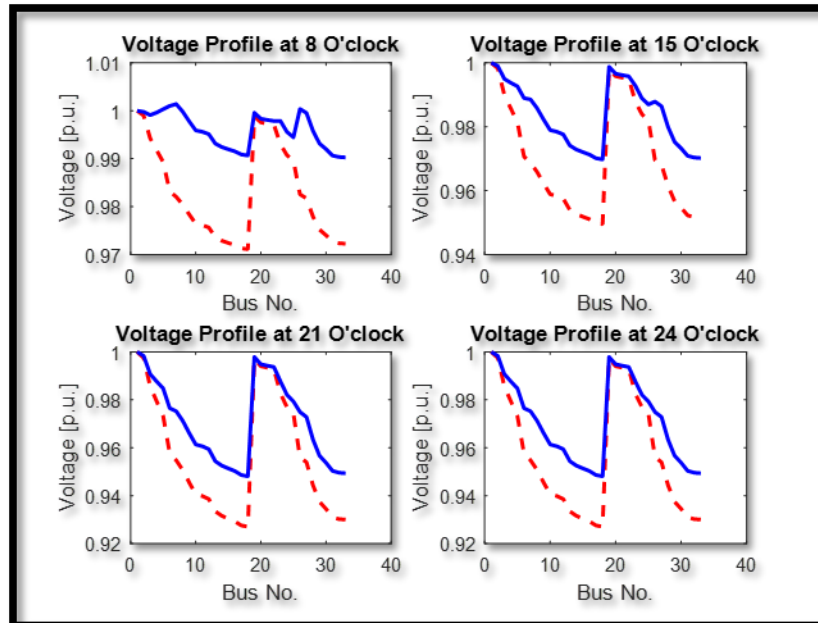
شکل ۷-Error! No text of specified style in document. نمودار تلفات توان با یک DG از نوع اول در بار سه سطحی



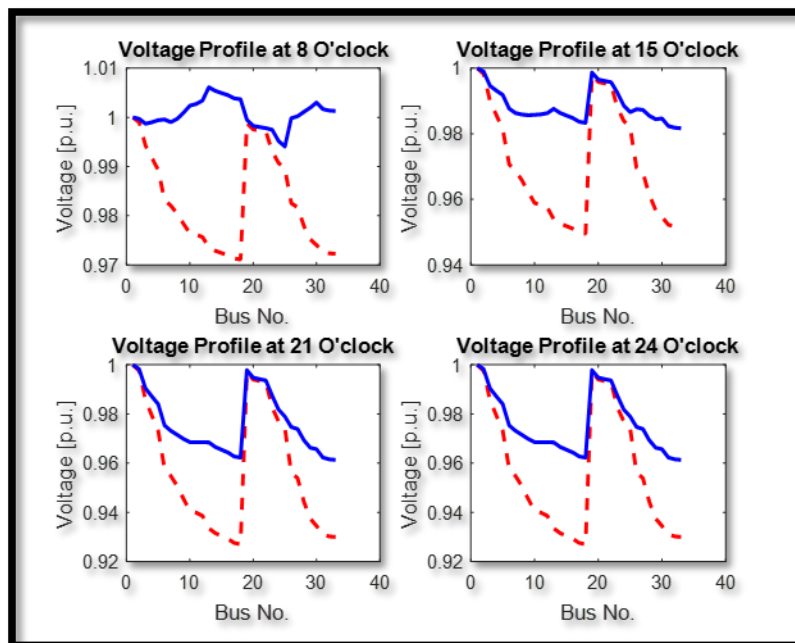
شکل ۸-Error! No text of specified style in document. نمودار تلفات توان با دو DG از نوع اول در بار سه سطحی



شکل ۹-Error! No text of specified style in document. نمودار تلفات توان با سه DG از نوع اول در بار سه سطحی

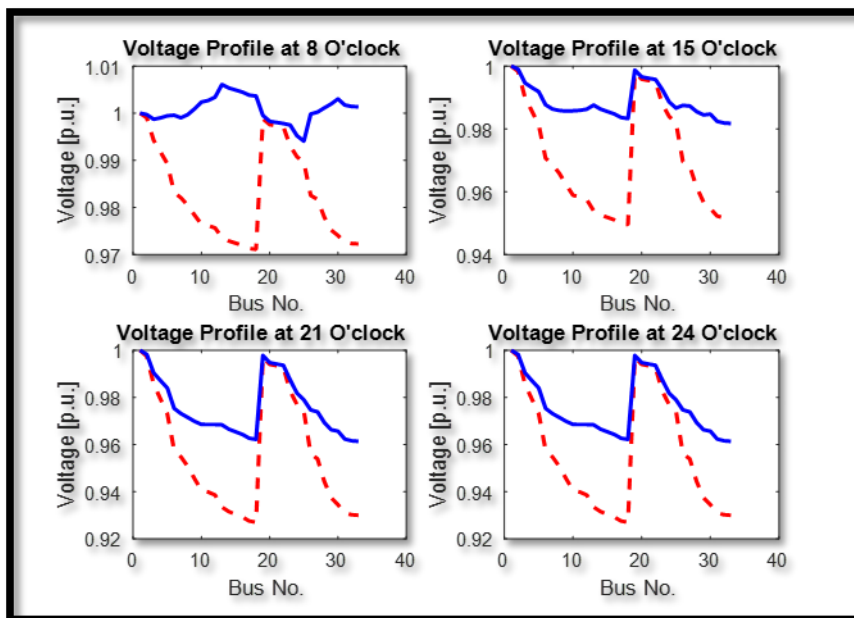


شکل ۱۰-Error! No text of specified style in document. پروفیل ولتاژ شبکه ۳۳ شین با یک DG از نوع اول در بار سه سطحی



شکل ۱۱-Error! No text of specified style in document. پروفیل ولتاژ شبکه ۳۳ شین با دو DG از نوع اول در بار سه سطحی

چنانچه از شکل‌های (۱۰-۵)، (۱۱-۵) و (۱۲-۵) مشهود است، ولتاژ با افزایش تعداد منابع تولید پراکنده از نوع اول بهبود پیدا می‌کند. در ساعات کم باری، که در نمودار، ساعت ۸ شامل آن می‌گردد با افزایش DG ولتاژ از یک نیز بالاتر می‌رود و در ساعات پر باری که ساعت ۲۰ و ۲۴ شامل آن می‌گردد، بهبود پروفیل ولتاژ را شاهد هستیم.



شکل ۱۲-Error! No text of specified style in document. پروفیل ولتاژ شبکه ۳۳ شین با سه DG از نوع اول در بار سه سطحی

۱-۴-۲- سناریو دوم

در این سناریو از منبع تولید پراکنده نوع دوم در شبکه ۳۳ شینه استفاده می‌شود. تعداد DG ها از یک تا سه افزایش یافته و تلفات توان در شبکه مورد مطالعه قرار می‌گیرد. بار شبکه در دو حالت پیک و بار با سه سطح مختلف مورد آزمایش و بررسی قرار می‌گیرد. در جدول (۲-۵)، هنگامی که بار پیک در شبکه لحاظ می‌گردد، با قرار دادن یک DG در شبکه مکان آن در شین ۳۰ قرار گرفته که باعث کاهش ۲۲/۷۴ درصدی تلفات شده که معادل ۱۶۳ کیلووات می‌گردد. در صورتی که تعداد DG ها به دو برسد این کاهش به ۳۳/۵۳ درصد و با افزایش DG به سه عدد به ۳۴/۳۸ درصد ارتقا پیدا می‌کند. زمانی که بار شبکه از پیک به سه سطح تغییر می‌یابد با قرار دادن DG ها و افزایش آن‌ها تلفات توان به ترتیب به ۲۷/۱۲، ۳۲/۳۵ و ۳۳/۶ درصد کاهش می‌یابد و از ۸۶/۶۴ در نهایت به ۵۶/۲۳ کیلو وات می‌رسد.

جدول ۱-Error! No text of specified style in document. نتایج سناریو دوم در شبکه ۳۳ شین

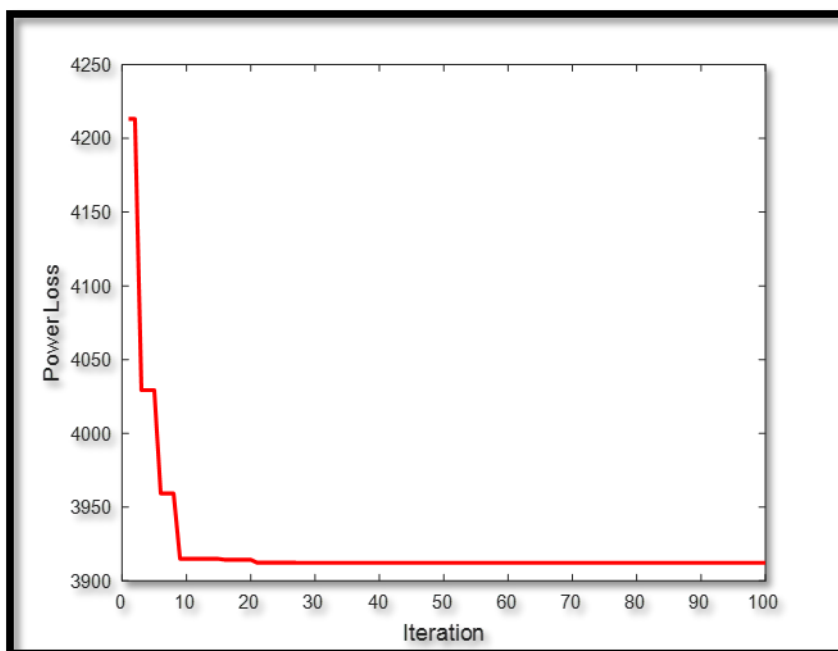
تعداد DG	نوع بار	مکان قرار گرفتن DG	ظرفیت DG MW	تلفات توان KW	کاهش تلفات %
بدون DG	پیک			۲۱۱	۰
بدون DG	سه سطحی			۸۴/۶۸	۰

ششمین همایش بین‌المللی افق های نوین در مهندسی برق، کامپیوتر و مکانیک

6th International Conference on the New Horizons in Electrical Engineering, Computer and Mechanical

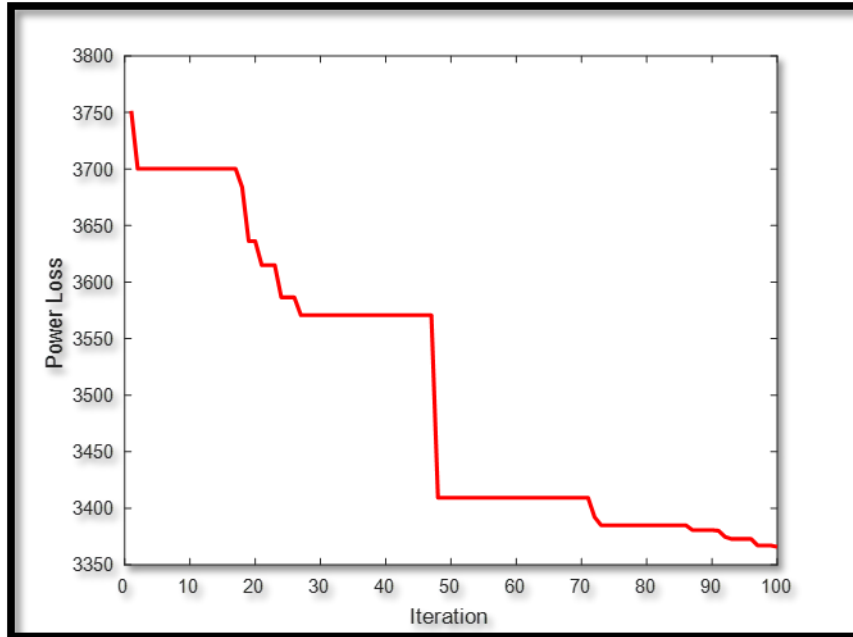
www.mhconf.ir

۲۲/۷۴	۱۶۳	۱/۲۵۲۷	۱/۲۵۲۷	۳۰	شین	پیک	DG یک
				ظرفیت			
۲۷/۱۲	۶۱/۷۱	۰/۷۵۳	۰/۷۵۳	۳۰	شین	سه سطحی	
				ظرفیت			
۳۳/۵۳	۱۴۰/۲۴	۱/۷۱۷۵	۰/۵۵۷۷	۱۶	شین	پیک	DG دو
				ظرفیت			
۳۲/۳۵	۵۷/۲۹	۱/۰۱۸۹	۰/۳۰۰۷	۱۷	شین	سه سطحی	
				ظرفیت			
۳۴/۳۸	۱۳۸/۴۷	۱/۸۳۴۶	۰/۶۵۲۴	۷	شین	پیک	سه DG
				ظرفیت			
۳۳/۶	۵۶/۲۳	۱/۲۶۵۴	۰/۴۴۵۰	۱۶	شین	سه سطحی	
				ظرفیت			

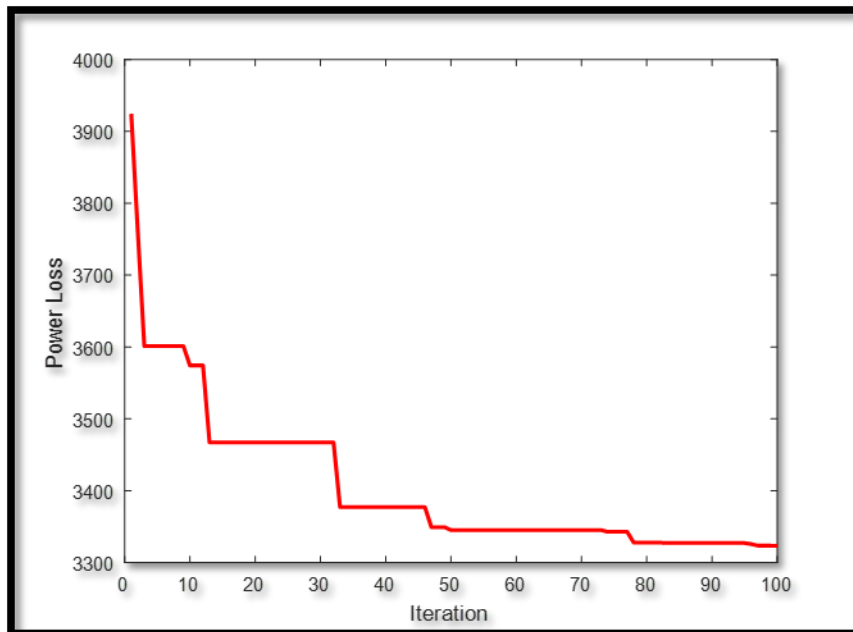


شکل. Error! No text of specified style in document. ۱۳- نمودار تلفات توان در شبکه ۳۳ شین با یک DG از

نوع دوم در بار پیک

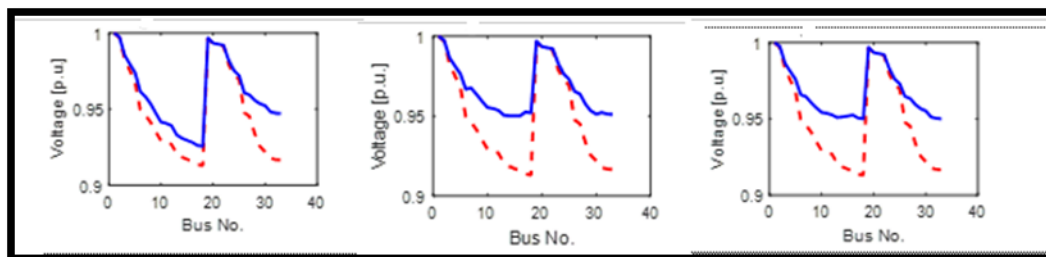


شکل. Error! No text of specified style in document. نمودار تلفات توان در شبکه ۳۳ شین با دو DG از نوع دوم در بار پیک



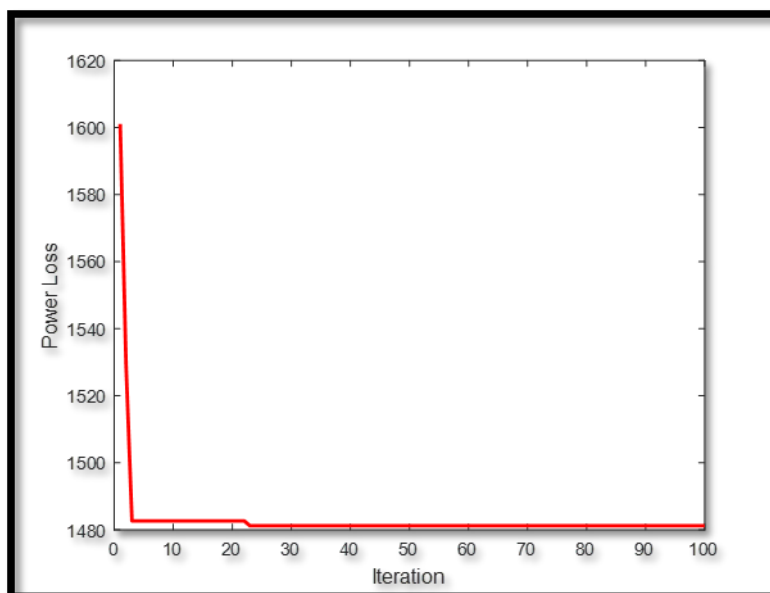
شکل. Error! No text of specified style in document. نمودار تلفات توان در شبکه ۳۳ شین با سه DG از نوع دوم در بار پیک

سه شکل (۱۳-۵)، (۱۴-۵) و (۱۵-۵) نمودار تلفات توان اکتیو شبکه ۳۳ شین را در حالتی که از DG نوع دوم استفاده می‌شود را نشان می‌دهد. افزایش روند کاهش تلفات با اضافه نمودن DG ها در اشکال کاملاً مشهود بوده و نشان از تاثیر DG در روند کاهش تلفات دارد. اما این کاهش در مقایسه با کاهش تلفات در حضور منابع تولید پراکنده نوع اول کمتر بوده و تاثیر کمتری داشته‌است.



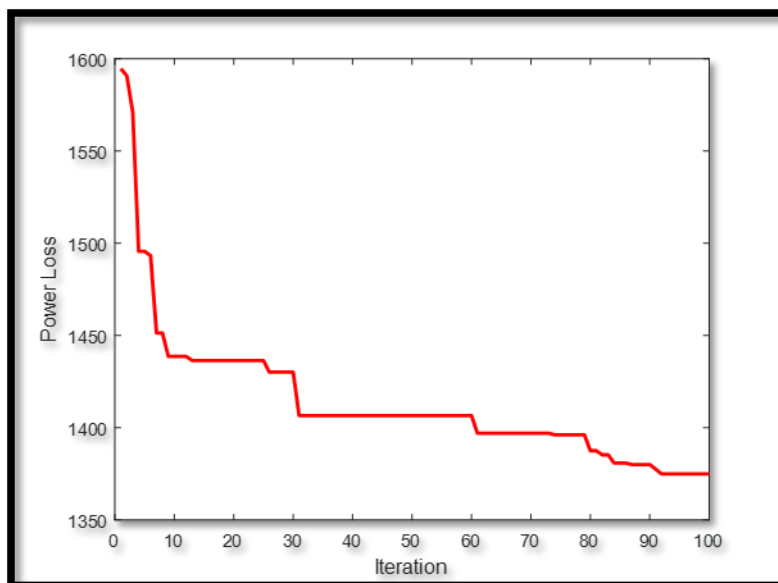
شکل **Error! No text of specified style in document.** ۱۶- پروفیل ولتاژ شبکه ۳۳ شین با DG نوع دو در بار پیک به ترتیب از چپ با یک، دو و سه DG

در شکل (۱۶-۵) بهبود پروفیل ولتاژ شبکه ۳۳ شین با افزایش DG ها مشهود است. این افزایش با قرار دادن دو و سه DG دارای تغییر کمتری می‌باشد.

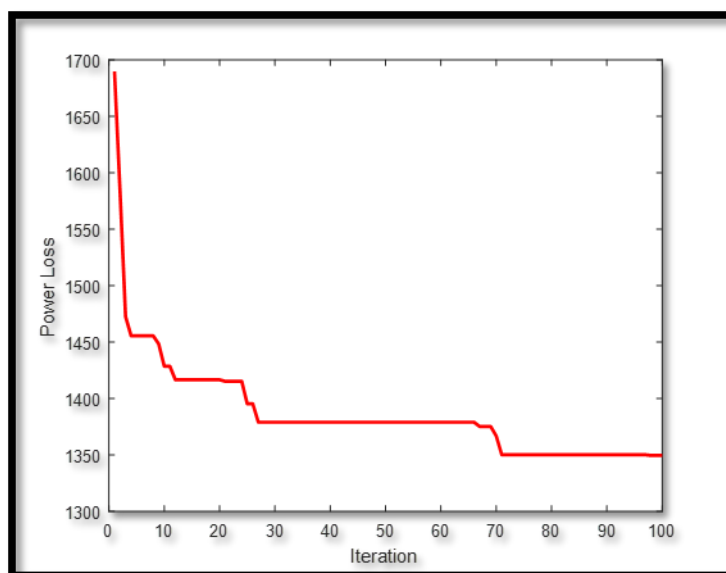


شکل **Error! No text of specified style in document.** ۱۷- تلفات توان شبکه ۳۳ شین با یک DG از نوع دوم در بار سه سطحی

شکل‌های (۱۷-۵)، (۱۸-۵) و (۱۹-۵) تلفات توان اکتیو را در شبکه ۳۳ شین با منابع تولید پراکنده نوع دوم در حضور بار سه سطحی، نشان می‌دهد. میزان کاهش تلفات با افزایش تعداد DG بیشتر شده ولی همانطور که شکل‌های (۱۸-۵) و (۱۹-۵) نشان می‌دهند این کاهش با تغییر تعداد DG از دو به سه تغییرات زیادی نمی‌نماید. در این حالت تلفات توان از ۵۷/۲۹ به ۵۶/۲۳ می‌رسد که ناچیز بوده-است.

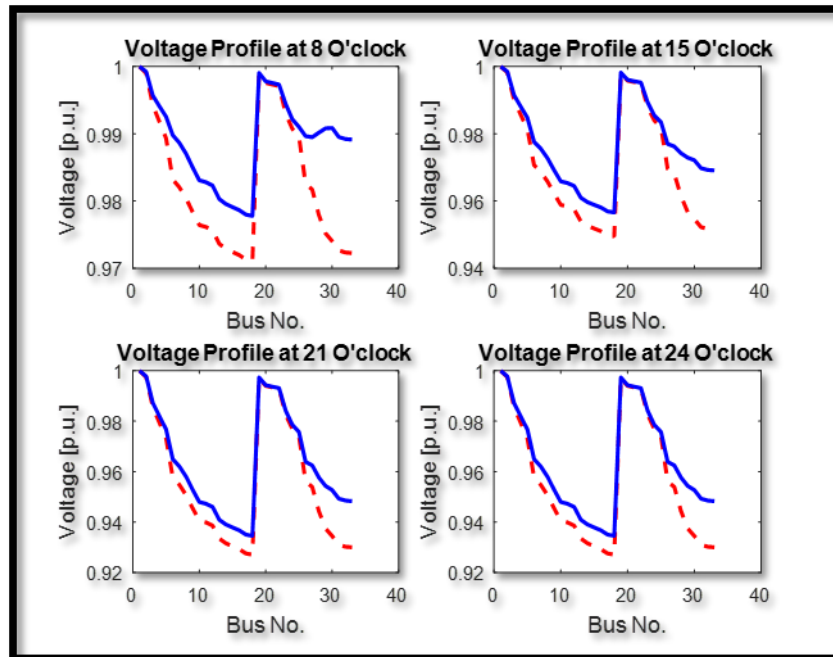


شکل. Error! No text of specified style in document. تلفات توان شبکه ۳۳ شین با دو DG از نوع دوم در بار سه سطحی

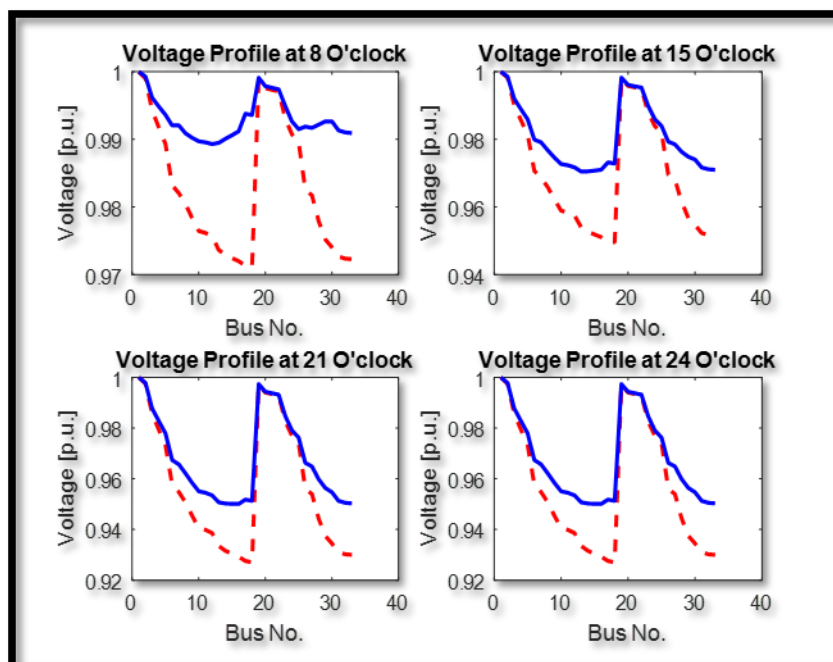


شکل. Error! No text of specified style in document. تلفات توان شبکه ۳۳ شین با سه DG از نوع دوم در بار سه سطحی

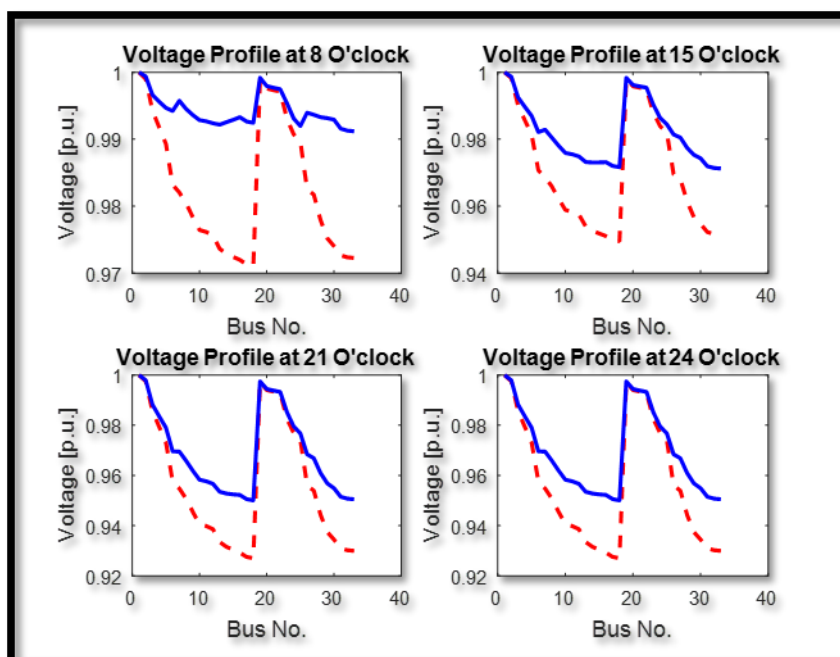
شکل‌های (۲۰-۵)، (۲۱-۵) و (۲۲-۵) پروفیل ولتاژ در شبکه ۳۳ شین را در حالتی که سه سطح بار اعمال شده‌است را نشان می‌دهند. در هر سه شکل بهبود پروفیل ولتاژ در زمانی که بار شبکه کمتر است بیشتر اتفاق می‌افتد. اما با افزایش تعداد منبع تولید پراکنده این روند، بیشتر شده و زمانی که تعداد DG به سه می‌رسد در زمان پرباری قابل ملاحظه است.



شکل ۲۰-Error! No text of specified style in document. پروفیل ولتاژ شبکه ۳۳ شین با یک DG از نوع دوم در بار سه سطحی



شکل ۲۱-Error! No text of specified style in document. پروفیل ولتاژ شبکه ۳۳ شین با دو DG از نوع دوم در بار سه سطحی



شکل ۳-۴-۱- سناریو سوم
Error! No text of specified style in document. ۲۲- پروفیل ولتاژ شبکه ۳۳ شین با سه DG از نوع دوم در
بار سه سطحی

۳-۴-۱- سناریو سوم

در این سناریو از منبع تولید پراکنده نوع سوم در شبکه ۳۳ شین استفاده می‌کنیم. در این نوع منبع هم توان اکتیو و هم توان راکتیو تولید می‌شود. بار مورد استفاده، بار پیک و بار سه سطحی می‌باشد. در این حالت مکان و اندازه منابع تولید پراکنده برای حالت بهینه محاسبه شده و علاوه بر آن بهترین ضریب توان برای منابع تولید پراکنده نیز توسط الگوریتم گرگ خاکستری محاسبه می‌شود. تعداد منابع تولید پراکنده از یک تا سه افزایش می‌یابد. جدول (۳-۵) مقادیر محاسبه شده را نشان می‌دهد.

جدول ۳-۵ نتایج سناریو سوم در شبکه ۳۳ شین

تعداد DG	نوع بار	مکان قرار گرفتن DG	ظرفیت DG MVA	ضریب توان بهینه	توان تلفات	کاهش تلفات %
بدون DG	پیک				۲۱۱	۰
بدون DG	سه سطحی				۸۴/۶۸	۰
یک DG	پیک	شین ۶	۳	۰/۸۲۴	۶۱/۴۷	۸۷/۷۰

ششمین همایش بین‌المللی افق‌های نوین در مهندسی برق، کامپیوتر و مکانیک

6th International Conference on the New Horizons in Electrical Engineering, Computer and Mechanical

www.mhconf.ir

۶۴/۱۶	۳۰/۳۵	۰/۷۹۵	۱/۶۵۱۷	۱/۶۵۱۷	۲۶	شین	سه سطحی		
						ظرفیت			
۶۷/۸۲	۶۷/۹	۰/۸۲	۳/۰۳۵	۳/۰۳۵	۶	شین	مرجع [۶۵]		
						ظرفیت			
					۱۴	۳۰	شین		
۸۶/۴۱	۲۸/۶۶	۱/۸۹۷	۰/۷۳۹	۲/۴۶۱۷	۰/۸۹۶	۱/۵۶۵۵	ظرفیت	پیک	
		.							
					۱۴	۳۰	شین		
۱/۲۴	۱۷/۵۸	۱/۹۰۵	۰/۲۷۸	۱/۴۹۶	۰/۵۳۶	۰/۹۶	ظرفیت	سه سطحی	
۷۹		.						دو DG	
					۳۰	۱۳	شین		
۸۶/۴	۲۸/۶	۰/۷۳	۰/۹۱	۲/۴۴۹	۱/۵۳۵	۰/۹۱۴	ظرفیت	مرجع [۶۵]	
					۱				
					۲۵	۱۲	۳۰	شین	
۹۳/۶۰	۱۳/۳۱	۰/۸۹۱	۱/۸۸۸	۰/۶۸۵	۳/۳۹	۰/۹۵	۱/۰۵	ظرفیت	پیک
		.							
					۱۴	۳۰	۲۵	شین	
۱/۷۷	۱۴/۵۸	۰/۸۹۶	۱/۷۵۷	۰/۴۱	۱/۸۴۱	۰/۵۶۶	۰/۸۱	ظرفیت	سه سطحی
۸۲		.							دو DG
					۳۰	۲۴	۱۳	شین	
۱/۴۱	۱۱/۸	۰/۷۱	۰/۹	۰/۹۱	۳/۴۸۲	۱/۴۳۱	۱/۱۸۸	ظرفیت	مرجع [۶۵]
۹۴							۰/۸۶۳		
							۱		

همانطور که مشاهده می‌شود، زمانی که تنها یک منبع تولید پراکنده در شبکه قرار دارد و بار شبکه کامل می‌باشد، ضریب توان ۰/۸۲ و تلفات به ۶۱/۴۷ کیلو وات می‌رسد که معادل ۷۰/۸۷ درصد کاهش است. در مرجع [۶۵] با فاصله کم تلفات به ۶۷/۹ رسیده که معادل ۶۷/۸۲ درصد کاهش است. در حاتی که بار با سه سطح اعمال می‌شود ضریب توان بهینه برابر ۰/۷۹۵ تعیین شده و تلفات به ۳۰/۳۵ کیلو وات رسیده و معادل ۶۲/۱۶ درصد کاهش می‌یابد. با اضافه نمودن DG دوم برای بار کامل مقدار ضریب توان برای هر دو منبع تولید پراکنده محاسبه شده و روی ۰/۷۴ و ۰/۸۹ قرار می‌گیرد که سبب کاهش تلفات به میزان ۷۹/۲۴ درصد معادل ۲۸/۶۶ کیلو وات می‌گردد. که این میزان با مرجع [۶۵] برابر است. در بار سه سطحی این کاهش تلفات به ۱۷/۵۸ کیلو وات و معادل ۷۹/۲۴ درصد می‌رسد. با افزایش DG سوم در بار کامل تلفات برابر ۱۳/۳۱ کیلو وات شده که بسیار قابل توجه می‌باشد و در بار سه سطحی تلفات به ۱۴/۵۸ کیلو وات کاهش پیدا می‌کند.

جدول ۴-۵ تفکیک ظرفیت DG های سناریو سوم در شبکه ۳۳ شین

ظرفیت DG سوم		ظرفیت DG دوم		ظرفیت DG اول		نوع بار	تعداد DG
MVAR	MW	MVAR	MW	MVAR	MW		
				۱/۷	۲/۴۷۲	پیک	یک DG
				۱/۰۰۲	۱/۳۱۲۸	سه سطحی	

ششمین همایش بین‌المللی افق‌های نوین در مهندسی برق، کامپیوتر و مکانیک

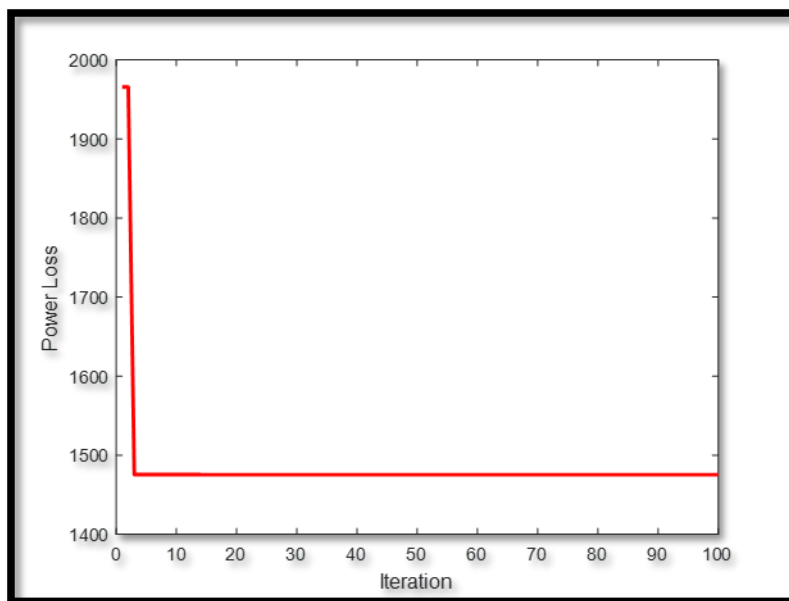
6th International Conference on the New Horizons in Electrical Engineering, Computer and Mechanical

www.mhconf.ir

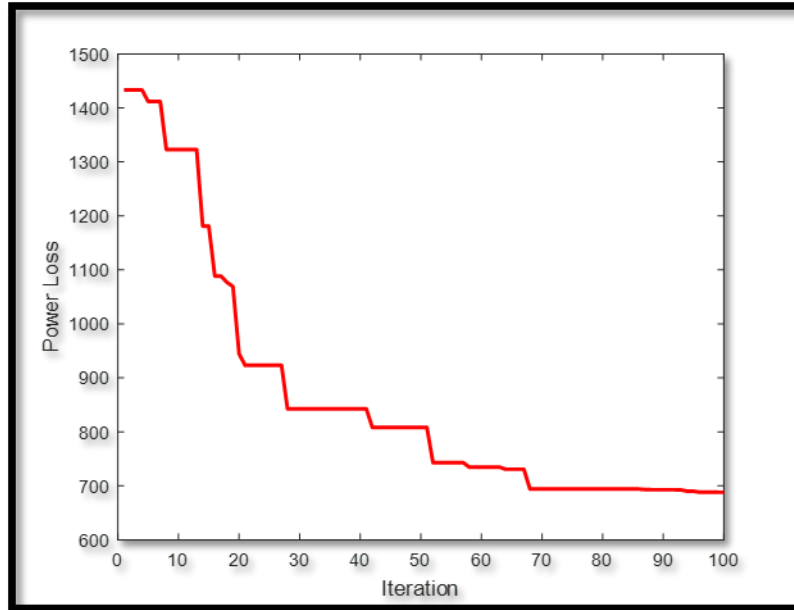
				۱/۱۵۷	۱/۰۵۴	۰/۸۰۴۲	۰/۳۹۶	پیک	DG دو
			۰/۲۶۷	۰/۹۲۲	۰/۴۸۶	۰/۲۲۷۸	۰/۲۲۷۸	سه سطحی	
			۰/۹۵۶	۱/۰۱۷۵	۰/۹۳۶۶	۰/۴۹۹	۰/۴۳۳	پیک	DG سه
			۰/۱۹۰۶	۰/۴۲۴۲	۰/۶۲۹	۰/۵۱۱	۰/۲۵۱۳	سه سطحی	

جدول ۴-۵ تفکیک ظرفیت منابع تولید پراکنده مورد استفاده در سناریو سوم را نشان می‌دهد. میزان ظرفیت توان اکتیو و توان راکتیو برای هر DG که در جدول ۳-۵ ارائه شده‌است مشخص شده‌است. شکل‌های (۲۳-۵)، (۲۴-۵) و (۲۵-۵) نمودار تلفات را در شبکه ۳۳ شین با بار کامل نشان می‌دهد. با افزایش منابع تولید پراکنده نوع سوم تلفات شبکه کاهش یافته و این روند به دلیل تعیین ضریب توان بهینه در کنار مکانیابی و تعیین ظرفیت بهینه DG ها بسیار قابل ملاحظه می‌باشد.

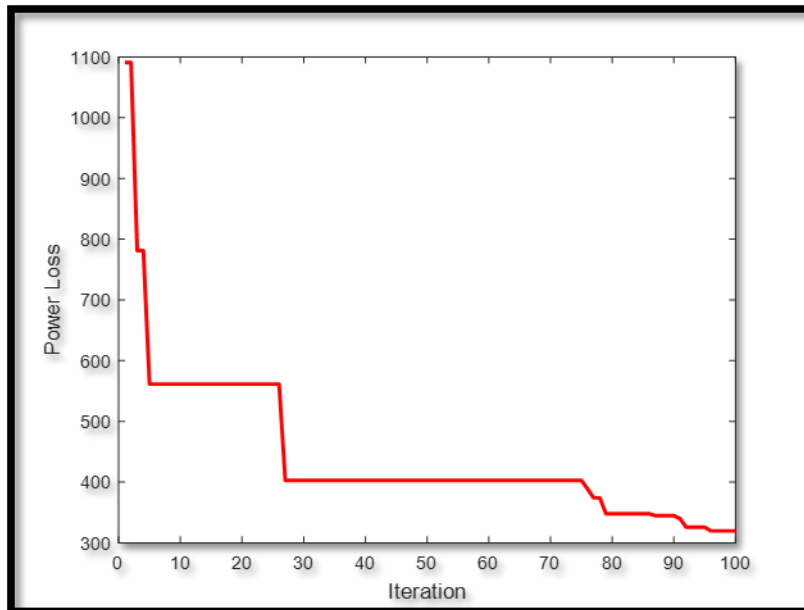
شکل (۲۶-۵) پروفیل ولتاژ را در سه حالت نام برده در بار کامل نشان می‌دهد. در شکل‌ها از چپ به راست با افزایش DG و تعیین ضریب توان بهینه، پروفیل ولتاژ بهبود می‌یابد.



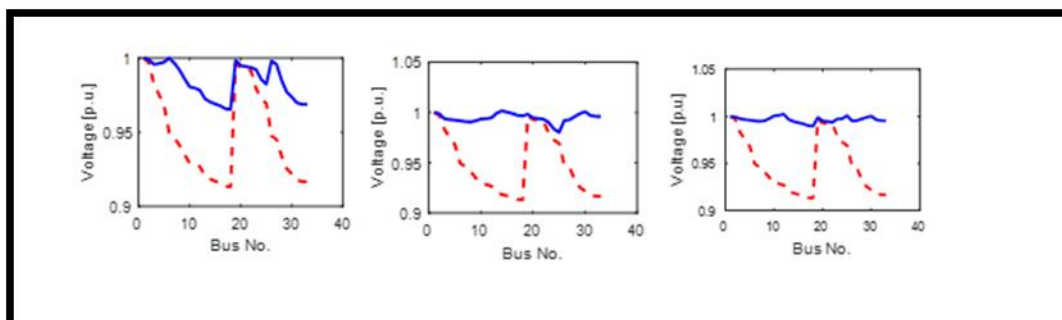
شکل ۲۳-Error! No text of specified style in document. نمودار تلفات توان با یک DG از نوع سوم در بار پیک در شبکه ۳۳ شین



شکل. Error! No text of specified style in document. ۲۴- نمودار تلفات توان با دو DG از نوع سوم در بار پیک در شبکه ۳۳ شین

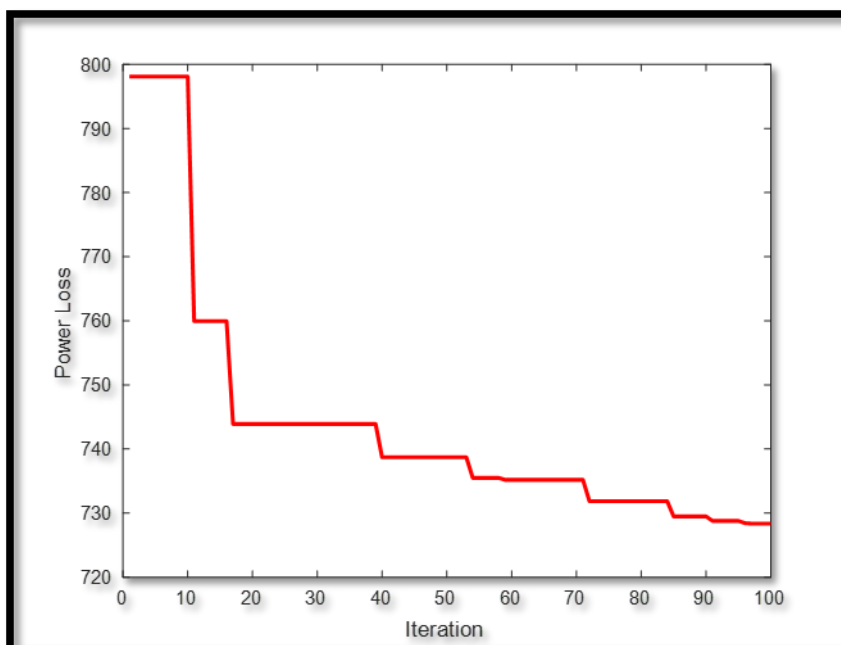


شکل. Error! No text of specified style in document. ۲۵- نمودار تلفات توان با سه DG از نوع سوم در بار پیک در شبکه ۳۳ شین

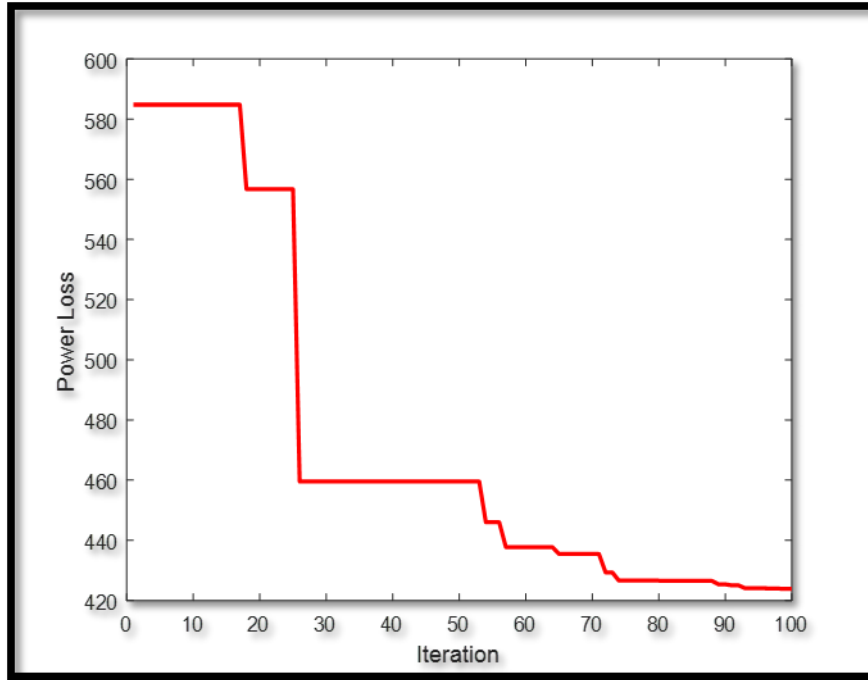


شکل ۲۶-Error! No text of specified style in document. پروفیل ولتاژ شبکه ۳۳ شین با بار کامل از چپ به راست به ترتیب با یک، دو و سه DG

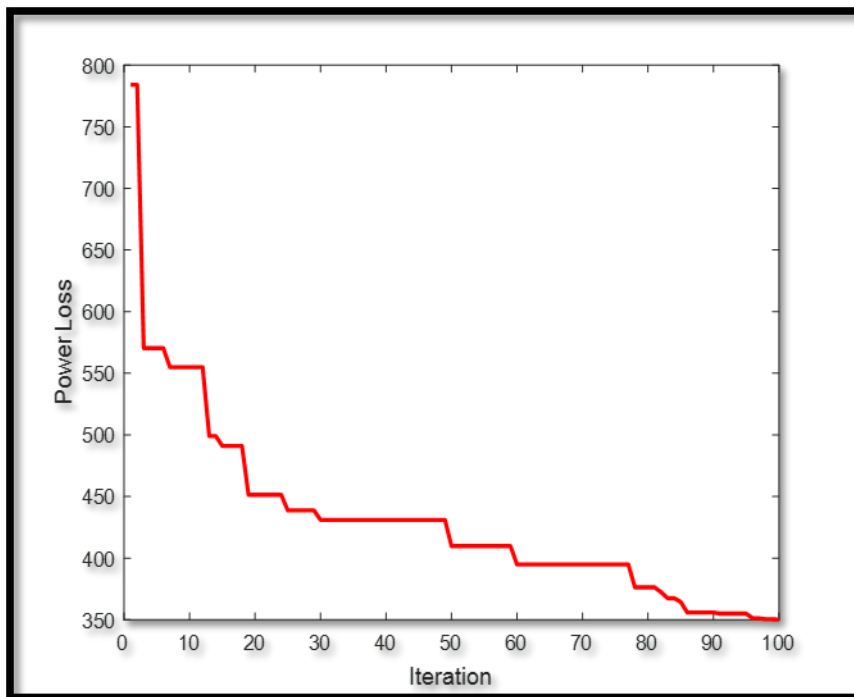
شکل‌های (۲۷-۵)، (۲۸-۵) و (۲۹-۵) نمودار تلفات را در شبکه ۳۳ شین با بار سه سطحی نشان می‌دهد. افزایش تعداد DG به همراه تعیین بهینه مکان، ظرفیت و ضریب توان آنها سبب کاهش هرچه بیشتر تلفات در شبکه می‌گردد. پروفیل ولتاژ در شکل‌های (۳۰-۵)، (۳۱-۵) و (۳۲-۵) در شبکه ۳۳ شین و با بار سه سطحی ارائه شده‌است. پروفیل ولتاژ در چهار ساعت شبانه روز در هر شکل مشخص شده که دو ساعت از آنها در پیک بار هستند. زمانی که تعداد DG ها به دو می‌رسد، پروفیل ولتاژ در ساعات پر باری بهبود قابل ملاحظه‌ای می‌نماید. از این روی استفاده از این نوع منبع تولید پراکنده می‌تواند بسیار موثر باشد.



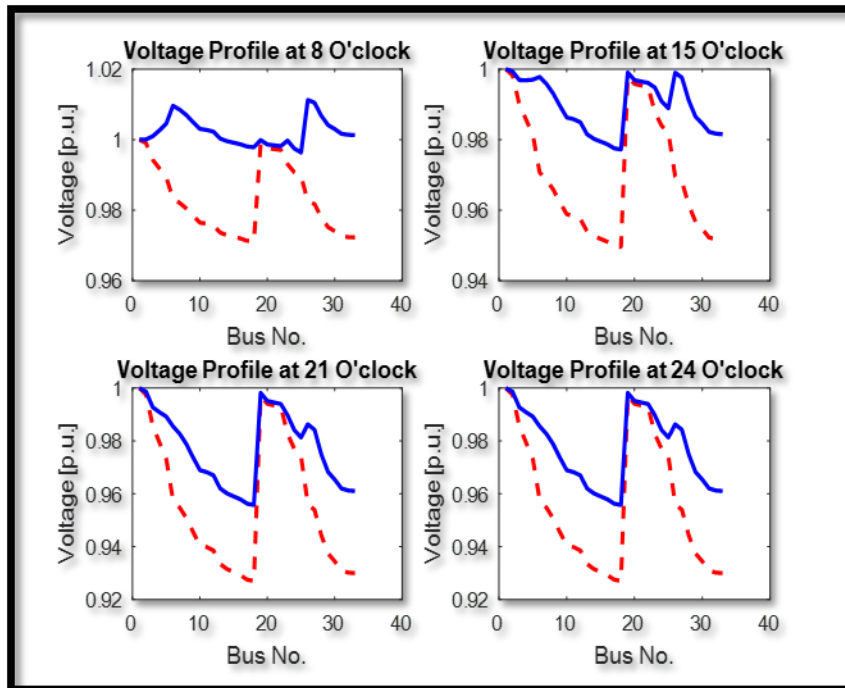
شکل ۲۷-Error! No text of specified style in document. نمودار تلفات توان با یک DG از نوع سوم در بار سه سطحی در شبکه ۳۳ شین



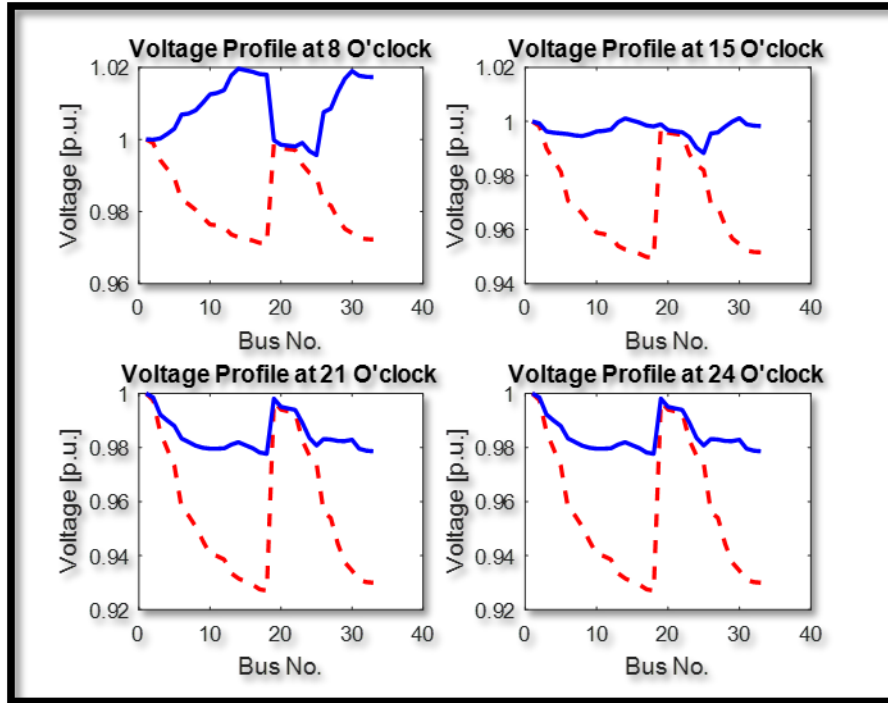
شکل. Error! No text of specified style in document. نمودار تلفات توان با دو DG از نوع سوم در بار سه سطحی در شبکه ۳۳ شین



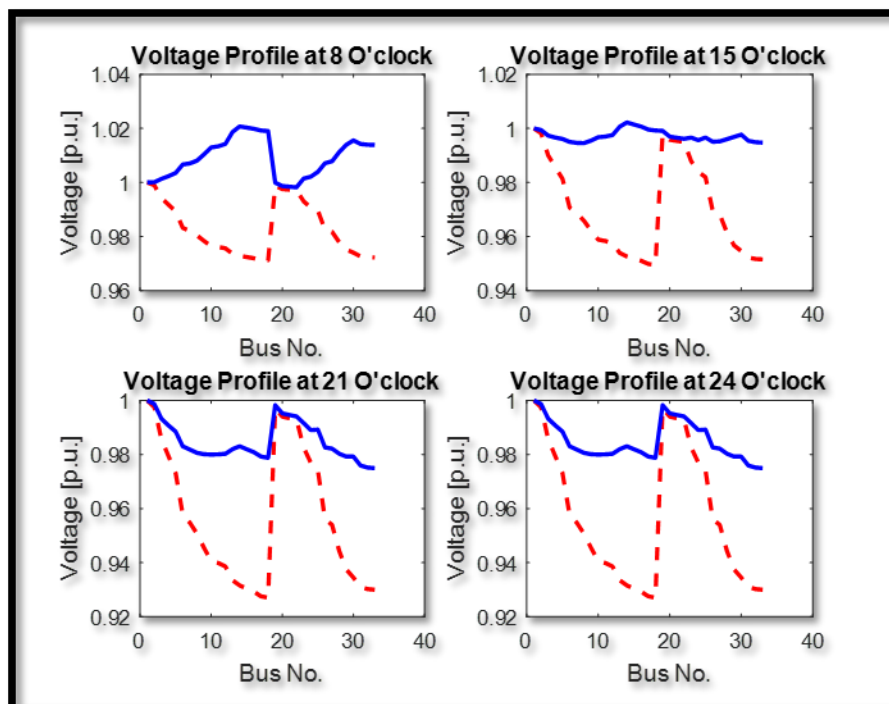
شکل. Error! No text of specified style in document. نمودار تلفات توان با سه DG از نوع سوم در بار سه سطحی در شبکه ۳۳ شین



شکل ۳۰-Error! No text of specified style in document. پروفیل ولتاژ شبکه ۳۳ شین با یک DG از نوع سوم در بار سه سطحی



شکل. Error! No text of specified style in document. ۳۱- پروفیل ولتاژ شبکه ۳۳ شین با دو DG از نوع سوم در
بار سه سطحی



شکل. Error! No text of specified style in document. ۳۲- پروفیل ولتاژ شبکه ۳۳ شین با سه DG از نوع سوم در بار سه سطحی

نتیجه‌گیری

روند رو به رشد مصرف انرژی الکتریکی که عمدتاً توسط سوزاندن سوخت فسیلی تولید می‌شود منجر به مسائل مختلفی چون مسائل زیست‌محیطی و مالی می‌شود. از سوی دیگر، نزدیک به ۱۵٪ توان اکتیوی که در نیروگاه‌های بزرگ برق تولید می‌شود از طریق دستگاه‌های مختلف بویژه در شبکه‌های توزیع تلف می‌شود. چون کاهش تلفات انرژی می‌تواند منجر به کاهش این مسائل شود، کاهش تلفات توان یکی از جالب توجه‌ترین مسائل مطالعات سیستم قدرت است. روش‌های مختلفی برای حداقل‌سازی تلفات در سیستم‌های قدرت شامل بازآرایی شبکه توزیع، جاگذاری بانک‌های خازنی در شبکه توزیع، جاگذاری ادوات فکتس و بکارگیری تولید پراکنده ارائه شده است. از میان روش‌های بیان شده بکارگیری تولیدات پراکنده یکی از روش‌های مناسب می‌باشد که دارای مزایایی همچون بهبود قابلیت اطمینان، بهبود پروفیل ولتاژ و فروش توان اکتیو در شبکه می‌باشد. از طرفی بکارگیری و برنامه ریزی نادرست این نوع منابع در شبکه منجر به عملکرد نامناسب و مخرب گردد. در این پایان‌نامه، مکانیابی و تعیین اندازه بهینه منابع تولید پراکنده در شبکه توزیع به منظور کاهش تلفات و افزایش پروفیل ولتاژ انجام می‌شود. تفاوت در انواع منابع تولید پراکنده اثرات متفاوتی در شبکه توزیع دارد. در این پایان‌نامه از منبع تولید پراکنده‌ای، که تنها توان اکتیو، منبعی که تنها توان راکتیو و منبعی که هم توان اکتیو و هم توان راکتیو تولید می‌کند. در عین حال از منبع تولید پراکنده‌ای نیز استفاده می‌شود که توان راکتیو مصرف کرده و کاهش تلفات در دو شبکه ۳۳ و ۶۹ شین با اعمال دو بار کامل و بار سه سطحی بررسی و ارزیابی می‌شود. نتایج حاکی از آن است که هر چهار نوع از منابع تولید پراکنده سبب

کاهش تلفات در شبکه می‌گردد اما نوع سوم که توان اکتیو و توان راکتیو تولید می‌کنند در کاهش توان اکتیو شبکه موثرتر عمل می‌کنند در این سناریو تعیین ضریب توان بهینه به همراه مکانیابی و تعیین ظرفیت منابع تولید پراکنده در کاهش تلفات شبکه بسیار اثر بخش می‌باشد. در سناریو چهارم که از منابع تولید پراکنده با مصرف توان راکتیو استفاده می‌شود افزایش تعداد و ظرفیت منابع تولید پراکنده تا زمان استفاده از DG دوم باعث کاهش تلفات شده اما پس از ورود منبع تولید پراکنده سوم به شبکه برگشت توان اتفاق افتاده و تلفات توان افزایش می‌یابد. نتایج حاکی از آنست که افزایش تعداد منابع تولید پراکنده در شبکه‌های توزیع تلفات را کاهش و پروفیل ولتاژ را بهبود می‌بخشد.

1-5- پیشنهادات

- استفاده از شبکه هوشمند به منظور کاهش تلفات انرژی و بهبود پروفیل ولتاژ
- ترکیب برنامه مورد مطالعه و بازآرایی به منظور بهبود در خدمات رسانی به مشترکین و تامین بار
- در نظر گرفتن انواع تولیدهای پراکنده تجدید پذیر همچون بادی و خورشیدی و منابع تولید پراکنده با هزینه پایین.
- ترکیب الگوریتم جستجوی گرگ خاکستری با دیگر الگوریتم‌های هوشمند به منظور بهبود نتایج آن
- پیاده‌سازی برنامه بر روی شبکه واقعی توزیع

منابع:

- [1] Willis, H. L. (Ed.). (2000). Distributed power generation: planning and evaluation. Crc Press.
- [2] García, J. A. M., & Mena, A. J. G. (2013). Optimal distributed generation location and size using a modified teaching–learning based optimization algorithm. International journal of electrical power & energy systems, 50, 65-75.
- [3] Hong, T., & Burke, J. J. (2010, April). Calculating line losses in smart grid: A new rule of thumb. In Transmission and Distribution Conference and Exposition, 2010 IEEE PES (pp. 1-5). IEEE.
- [4] Kalambe, S., & Agnihotri, G. (2014). Loss minimization techniques used in distribution network: bibliographical survey. renewable and sustainable energy reviews, 29, 184-200.
- [5] Acharya, N., Mahat, P., & Mithulananthan, N. (2006). An analytical approach for DG allocation in primary distribution network. International Journal of Electrical Power & Energy Systems, 28(10), 669-678.

- [6] Rahiminejad, A., Vahidi, B., Hejazi, M. A., & Shahrooyan, S. (2016). Optimal scheduling of dispatchable distributed generation in smart environment with the aim of energy loss minimization. *Energy*, 116, 190-201.
- [7] Griffin, T., Tomsovic, K., Secret, D., & Law, A. (2000, January). Placement of dispersed generation systems for reduced losses. In *System Sciences, 2000. Proceedings of the 33rd Annual Hawaii International Conference on* (pp. 9-pp). IEEE
- [8] وحید فراهانی، حسن عسگریان ایبانه، کاظم مظلومی، عباس سبزواری، نادری، مهدوی نیا، یاور طلب، کاربرد تخمین بار در تعیین سهم مولفه‌های تلفات در شبکه‌های ۲۰ کیلوولت " بیست و چهارمین کنفرانس بین‌المللی برق
- [9] Ackermann, T., Andersson, G., & Söder, L. (2001). Distributed generation: a definition. *Electric power systems research*, 57(3), 195-204.
- [۱۴] تورج امرایی، محمود فتوحی فیروزآباد، علی محمد رنجبر، بابک مظفری، "تعیین اندازه و محل بهینه تولیدات پراکنده به منظور افزایش بارگذاری سیستم"، نوزدهمین کنفرانس بین‌المللی برق، تهران، ایران.
- [۱۵] سید حسین حسینیان آهنگری، سید محمد تقی بطحائی، "انتخاب بهینه نیروگاههای تولید پراکنده در مناطق مختلف جغرافیایی ایران"، بیست و یکمین کنفرانس بین‌المللی برق صفحات ۱۷۸۹-۱۸۰۸ تهران، ایران.
- [16] El-Khattam, W., & Salama, M. M. (2004). Distributed generation technologies, definitions and benefits. *Electric power systems research*, 71(2), 119-128.
- [۱۷] سیدشکرالله سیدقاسمی، "مکان‌یابی و اندازه‌یابی برای بهبود پروفیل ولتاژ و کاهش تلفات با نصب تولید پراکنده (DG)"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علی‌آبادکتول، سال ۱۳۹۲.
- [18] Maribu, K. M. (2002). Distributed generation in liberalised electricity markets. A Summary of PhD Projects 2002.
- [19] Zareipour, H., Bhattacharya, K., & Canizares, C. A. (2004, August). Distributed generation: current status and challenges. In *Annual North American Power Symposium (NAPS)* (pp. 1-8).
- [۲۰] داریوش آرم و مهرداد عادل " جایگاه انرژی‌های تجدید پذیر در ساختار انرژی ایران و جهان " نشریه علمی برق شماره ۳۱ بهار ۱۳۸۰.
- [۲۱] گروه مولفین سازمان انرژی‌های نو(سانا) گزارش سازمان انرژی‌های نو WWW.SUNA.ORG.IR
- [22] Ramakumar, R. (1983). Renewable energy sources and developing countries. *IEEE Power Engineering Review*, (2), 39-40.
- [۲۳] شفیع، "بررسی فیزیک، طراحی و روش‌های ساخت سلول‌های خورشیدی و سیستم‌های فتوولتاییک و کاربرد آنها"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده صنعتی خواجه نصیر طوسی تهران، ایران، ۱۳۷۳.

- [24] Ramakumar, R., & Bigger, J. E. (1993). Photovoltaic systems. Proceedings of the IEEE, 81(3), 365-377.
- Bacon, 1982 [25] S.W.Angrist, "Direct Energy Conversion", 4th ed, Boston, Mass: Allyn and
- [26] Kreider, J. F., & Kreith, F. (1981). Solar energy handbook
- [۲۰] چهاردولی، "جایابی بهینه تولید پراکنده به منظور کاهش تلفات در شبکه توزیع"، پایان نامه کارشناسی، استاد راهنما: دکتر بطحایی.
- [28] Harrison, G. P., & Wallace, A. R. (2005). Optimal power flow evaluation of distribution network capacity for the connection of distributed generation. IEE Proceedings-Generation, Transmission and Distribution, 152(1), 115-122.
- [29] García, J. A. M., & Mena, A. J. G. (2013). Optimal distributed generation location and size using a modified teaching–learning based optimization algorithm. International journal of electrical power & energy systems, 50, 65-75.
- [30] Sortomme, E., Hindi, M. M., MacPherson, S. J., & Venkata, S. S. (2011). Coordinated charging of plug-in hybrid electric vehicles to minimize distribution system losses. IEEE transactions on smart grid, 2(1), 198-205.
- [31] Moradijoz, M., Ghazanfarimeymand, A., Moghaddam, M. P., & Haghifam, M. R. (2012, May). Optimum placement of distributed generation and parking lots for loss reduction in distribution networks. In Electrical Power Distribution Networks (EPDC), 2012 Proceedings of 17th Conference on (pp. 1-5). IEEE.
- [32] Nadhir, K., Chabane, D., & Tarek, B. (2013, April). Firefly algorithm based energy loss minimization approach for optimal sizing & placement of distributed generation. In Modeling, Simulation and Applied Optimization (ICMSAO), 2013 5th International Conference on (pp. 1-5). IEEE.
- [33] Wang, C., & Nehrir, M. H. (2004). Analytical approaches for optimal placement of distributed generation sources in power systems. IEEE Transactions on Power systems, 19(4), 2068-2076
- [34] Aman, M. M., Jasmon, G. B., Mokhlis, H., & Bakar, A. H. A. (2012). Optimal placement and sizing of a DG based on a new power stability index and line losses. International Journal of Electrical Power & Energy Systems, 43(1), 1296-1304

- [35] Gözel, T., & Hocaoglu, M. H. (2009). An analytical method for the sizing and siting of distributed generators in radial systems. *Electric Power Systems Research*, 79(6), 912-918.
- [36] Hedayati, H., Nabaviniaki, S. A., & Akbarimajd, A. (2008). A method for placement of DG units in distribution networks. *IEEE transactions on power delivery*, 23(3), 1620-1628.
- [37] Kayal, P., & Chanda, C. K. (2013). Placement of wind and solar based DGs in distribution system for power loss minimization and voltage stability improvement. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 53, 795-809.
- [38] Talaat, H. E., & Al-Ammar, E. (2011, October). Optimal allocation and sizing of Distributed Generation in distribution networks using Genetic Algorithms. In *Electrical Power Quality and Utilisation (EPQU), 2011 11th International Conference on* (pp. 1-6). IEEE.
- [39] Bhumkittipich, K., & Phuangpornpitak, W. (2013). Optimal placement and sizing of distributed generation for power loss reduction using particle swarm optimization. *Energy Procedia*, 34, 307-317.
- [40] Acharya, N., Mahat, P., & Mithulanathan, N. (2006). An analytical approach for DG allocation in primary distribution network. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 28(10), 669-678.
- [41] Hung, D. Q., Mithulanathan, N., & Bansal, R. C. (2010). Analytical expressions for DG allocation in primary distribution networks. *IEEE Transactions on energy conversion*, 25(3), 814-820.
- [42] Talaat, H. E., & Al-Ammar, E. (2011, October). Optimal allocation and sizing of Distributed Generation in distribution networks using Genetic Algorithms. In *Electrical Power Quality and Utilisation (EPQU), 2011 11th International Conference on* (pp. 1-6). IEEE.
- [43] Abu-Mouti, F. S., & El-Hawary, M. E. (2011). Optimal distributed generation allocation and sizing in distribution systems via artificial bee colony algorithm. *IEEE transactions on power delivery*, 26(4), 2090-2101.
- [44] Gözel, T., & Hocaoglu, M. H. (2009). An analytical method for the sizing and siting of distributed generators in radial systems. *Electric Power Systems Research*, 79(6), 912-918.
- [45] Kumar, V., Gupta, I., & Gupta, H. O. (2010). DG integrated approach for service restoration under cold load pickup. *IEEE Transactions on power delivery*, 25(1), 398-406

- [46] López, P. R., Jurado, F., Reyes, N. R., Galán, S. G., & Gómez, M. (2008). Particle swarm optimization for biomass-fuelled systems with technical constraints. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 21(8), 1389-1396.
- [47] El-Khattam, W., Hegazy, Y. G., & Salama, M. M. A. (2005). An integrated distributed generation optimization model for distribution system planning. *IEEE Transactions on Power Systems*, 20(2), 1158-1165
- [48] Kansal, S., Kumar, V., & Tyagi, B. (2016). Hybrid approach for optimal placement of multiple DGs of multiple types in distribution networks. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 75, 226-235.
- [49] Sedighizadeh, M., Fallahnejad, M., Alemi, M. R., Omidvaran, M., & Arzaghi-Haris, D. (2010, November). Optimal placement of distributed generation using combination of PSO and clonal algorithm. In *Power and Energy (PECon), 2010 IEEE International Conference on* (pp. 1-6). IEEE.
- [50] Yammani, C., Maheswarapu, S., & Matam, S. (2012). Multiobjective optimization for optimal placement and size of dg using shuffled frog leaping algorithm. *Energy Procedia*, 14, 990-995.
- [51] Borges, C. L., & Falcao, D. M. (2006). Optimal distributed generation allocation for reliability, losses, and voltage improvement. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 28(6), 413-420.
- [52] Ardakani, A. J., Kavyani, A. K., Pourmousavi, S. A., Hosseinian, S. H., & Abedi, M. (2007). Siting and sizing of distributed generation for loss reduction. *International Carnivorous Plant Society*, 1-6.
- [53] Devi, S., & Geethanjali, M. (2014). Application of modified bacterial foraging optimization algorithm for optimal placement and sizing of distributed generation. *Expert Systems with Applications*, 41(6), 2772-2781.
- [54] García, J. A. M., & Mena, A. J. G. (2013). Optimal distributed generation location and size using a modified teaching-learning based optimization algorithm. *International journal of electrical power & energy systems*, 50, 65-75.
- [55] Kayal, P., & Chanda, C. K. (2013). Placement of wind and solar based DGs in distribution system for power loss minimization and voltage stability improvement. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 53, 795-809.
- [56] Naik, S. G., Khatod, D. K., & Sharma, M. P. (2013). Optimal allocation of combined DG and capacitor for real power loss minimization in distribution networks. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 53, 967-973.
- [57] Khatod, D. K., Pant, V., & Sharma, J. (2013). Evolutionary programming based optimal placement of renewable distributed generators. *IEEE Transactions on Power Systems*, 28(2), 683-695.

- [58] Nadhir, K., Chabane, D., & Tarek, B. (2013, April). Firefly algorithm based energy loss minimization approach for optimal sizing & placement of distributed generation. In Modeling, Simulation and Applied Optimization (ICMSAO), 2013 5th International Conference on (pp. 1-5). IEEE.
- [59] Rajaram, R., Kumar, K. S., & Rajasekar, N. (2015). Power system reconfiguration in a radial distribution network for reducing losses and to improve voltage profile using modified plant growth simulation algorithm with Distributed Generation (DG). Energy Reports, 1, 116-122.
- [60] Nguyen, T. T., Truong, A. V., & Phung, T. A. (2016). A novel method based on adaptive cuckoo search for optimal network reconfiguration and distributed generation allocation in distribution network. International Journal of Electrical Power & Energy Systems, 78, 801-815.
- [61] Mirjalili, S., Mirjalili, S. M., & Lewis, A. (2014). Grey wolf optimizer. Advances in engineering software, 69, 46-61.
- [62] Kashem, M. A., Ganapathy, V., Jasmon, G. B., & Buhari, M. I. (2000). A novel method for loss minimization in distribution networks. In Electric Utility Deregulation and Restructuring and Power Technologies, 2000. Proceedings. DRPT 2000. International Conference on (pp. 251-256). IEEE.
- [63] Baran, M. E., & Wu, F. F. (1989). Network reconfiguration in distribution systems for loss reduction and load balancing. IEEE Transactions on Power delivery, 4(2), 1401-1407.
- [64] Rahiminejad, A., Vahidi, B., Hejazi, M. A., & Shahrooyan, S. (2016). Optimal scheduling of dispatchable distributed generation in smart environment with the aim of energy loss minimization. Energy, 116, 190-201.
- [65] Kansal, S., Kumar, V., & Tyagi, B. (2016). Hybrid approach for optimal placement of multiple DGs of multiple types in distribution networks. International Journal of Electrical Power & Energy Systems, 75, 226-235.

Review:

In this research, optimal location for different types of distributed generation sources is presented in order to minimize losses and improve the voltage profile. Also, along with the location, determining the capacity and optimal power factor as the factors affecting the loss of distribution network network has its own effective values. Optimization in this research is a non-linear problem with large search space, which is used for the gray wolf algorithm. Distributed sources of production are divided into four categories. The first is the dispersed generation of resources that produce only active power, the second generation of resources that produce only reactive power, and the third group is capable of producing active and reactive power. The fourth species is a scattered generation resource that consumes reactive power. The objective function of the problem is evaluated by using MATLAB software

separately and combining various types of distributed generation sources in IEEE 33 and 69 bus with two peak load levels and three-level load. The results show that determination of makeup, capacity and optimal power factor in loss reduction is much more effective. Also, the use of different species of DG and their combination in reducing the losses has a significant impact. The results are compared with the PSO algorithm and show the superiority of the gray wolf optimization method.

Keywords: distributed sources, location, distribution network, gray wolf algorithm