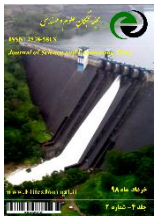
مجله نخبگان علوم و مهندسی

Journal of Science and Engineering Elites

جلد ۴- شماره ۲- سال ۱۳۹۸

www.ElitesJournal.ir



بررسی تاثیر پارامترهای مکان، اندازه، تعداد و نوع منبع تولید پراکنده جهت کاهش تلفات و بهبود پروفیل ولتاژ بر روی فیدر نمونه شبکه توزیع شهرستان دورود

علیرضا آقایی[۱]*، رضا کشوری[۲]، رضا ساکی[۳]

۱- دانشجوی کارشناسی، دانشگاه آیت ا... بروجردی، بروجرد، ایران

۲- دانشجوی کارشناسی، دانشگاه آیت ا... بروجردی، بروجرد، ایران

۳- عضو هیئت علمی، دانشگاه آزاد اسلامی، دورود، ایران

*Alirezaaghaei.pee@gmail.com

ارسال: خرداد ماه ۹۸ پذیرش: خرداد ماه ۹۸

چکیده

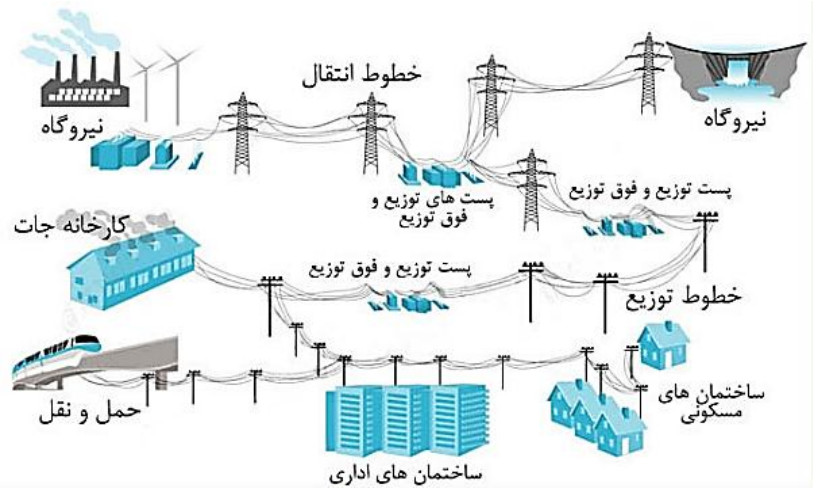
یک سیستم قدرت از سه بخش اساسی تولید، انتقال و توزیع تشکیل شده است. در این میان نقش سیستم توزیع و شرکت های توزیع در برق رسانی به مشترکین، بسیار کلیدی بوده و همگی آنها در صدد تحویل انرژی پایدار و مطمئن، به متقاضیان می باشند. مبحث تلفات انرژی و همچنین پروفیل ولتاژ، از مهم ترین چالش های این سیستم می باشد 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 کاهش تلفات و بهبود پروفیل ولتاژ بوده اند. مقاله حاضر نتایج بررسی تاثیر پارامترهای مختلف منابع تولید پراکنده در جهت بهبود دو مولفه بیان شده بر روی فیدر واقعی شبکه توزیع شهرستان دورود صورت گرفته است. این مطالعات با استفاده از نرم افزار Matlab مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفته است. نتایج مقاله نشان دهنده این موضوع است که قرار دادن منابع تولید پراکنده در مکان مناسب و با ظرفیت و تعداد مطلوب و همچنین انتخاب مناسب نوع آن، می تواند دو مولفه گفته شده را تا حد بسیار زیادی بهبود بخشیده و سبب کیفت و پایداری انرژی در شبکه شود.

کلمات کلیدی: پروفیل ولتاژ، تلفات، شبکه توزیع، منابع تولید پراکنده، شبکه توزیع دورود.

۱- مقدمه

صنعت برق یکی از حیاتی ترین صنایع یک کشور به حساب می آید. در این میان، شبکه های توزیع انرژی الکتریکی، محل تلاقی مشترکین و صنعت برق می باشد و نقش کلیدی را ایفا می کنند به طوری که ۳۵ درصد از سرمایه گذاری های صنعت برق، به بخش توزیع اختصاص داده می شود. توسعه روز افزون، عدم پیش بینی صحیح این روند، عقب ماندگی تکنولوژی، عدم طراحی صحیح، هدایت سیستم بدون برنامه ریزی و تعیین اهداف بدون کنترل پروژه ها، موجبات اعمال ضرر به سرمایه ملی، اتلاف انرژی و عدم رضایت مشترکین را به دنبال داشته است. در این میان بحث تلفات انرژی و همچنین پروفیل ولتاژ به عنوان مهمترین بحث این صنعت مطرح می باشد. زیرا

قدمت این دو مولفه، به اندازه قدمت صنعت برق بوده و یکی از مشکلات و معضلات قدیمی در این صنعت می باشند. بنابراین شناخت دقیق آنها و برنامه ریزی صحیح و دقیق، می تواند تا حد مطلوبی این دو مولفه را بهبود ببخشد [۱].



شکل ۱- نمونه بخش های مختلف سیستم قدرت

تولید انرژی الکتریکی با استفاده از انرژی های تجدید پذیربه سرعت در حال گسترش در سطوح مختلف شبکه های برق است. آلودگی هوا و گرم شدن جهانی از یکسو و محدود بودن منابع فسیلی از سوی دیگر سبب شده که شرکت های برق به فکر جایگزینی انرژی فسیلی با انرژی های تجدید پذیر برای تولید انرژی الکتریکی باشند. از آنجا که هدف اصلی سیستم های قدرت رساندن برق به مصرف کنندگان انرژی الکتریکی می باشد و بیشتر مصرف کنندگان در شبکه های توزیع قرار دارند، تولید انرژی الکتریکی در شبکه های توزیع با استفاده از انرژی های تجدیدپذیر، تلفات ناشی از انتقال توان از نیروگاه ها به شبکه توزیع را کاهش می دهد [۲].

بطور کلی تلفات در شبکه توزیع به دو دسته تلفات فنی و تلفات غیر فنی تقسیم می شوند. تلفات فنی تلفاتی است که به طور طبیعی بر اثر ماهیت اجزای سیستم قدرت رخ می دهد، اما تلفات غیر فنی شبکه ناشی از عواملی غیر از تلفات ذاتی شبکه می‌باشد که تنها راه حل محاسبه این بخش از تلفات، بدست آوردن اختلاف تلفات کل و تلفات فنی می باشد [۳].

کاهش تلفات انرژی در شبکه توزیع از نقطه نظر اقتصادی، سبب کاهش هزینه تامین تلفات انرژی، کاهش هزینه های عملیاتی و سرمایه ای شبکه توزیع، به تعویق انداختن زمان توسعه شبکه انتقال و کاهش هزینه های سرمایه ای و عملیاتی شبکه انتقال و فوق توزیع، به تعویق انداختن زمان احداث واحد های تولید و در نتیجه کاهش هزینه های سرمایه ای و عملیاتی بخش تولید می گردد [۴].

با توجه به اهمیت تلفات، تاکنون روش‌های گوناگونی جهت کاهش تلفات در شبکه توزیع ارائه شده است از جمله آنها می توان به هوشمند سازی شبکه توزیع [۵]، خازن گذاری[۶]، منابع تولید پراکنده [۷]، کاهش نامتعادلی شبکه توزیع [۸]، بازآرایی شبکه[۹] و استفاده از ترانسفورماتور های کم تلفات [۴]، اشاره نمود که با توجه به میزان سرمایه گذاری می توان از آنها جهت کاهش تلفات استفاده نمود. همانطور که اشاره شد، یکی از روش های کاهش تلفات و بهبود پروفیل ولتاژ، استفاده از منابع تولید پراکنده (DG) در شبکه توزیع می باشد که بسته به پارامتر های مختلف نظیر مکان، ظرفیت، تعداد، نوع و ... می تواند تاثیر بسزایی در تلفات و پروفیل ولتاژ داشته باشد.

DG های مورد استفاده در شبکه توزیع معمولا از سه نوع می باشند:

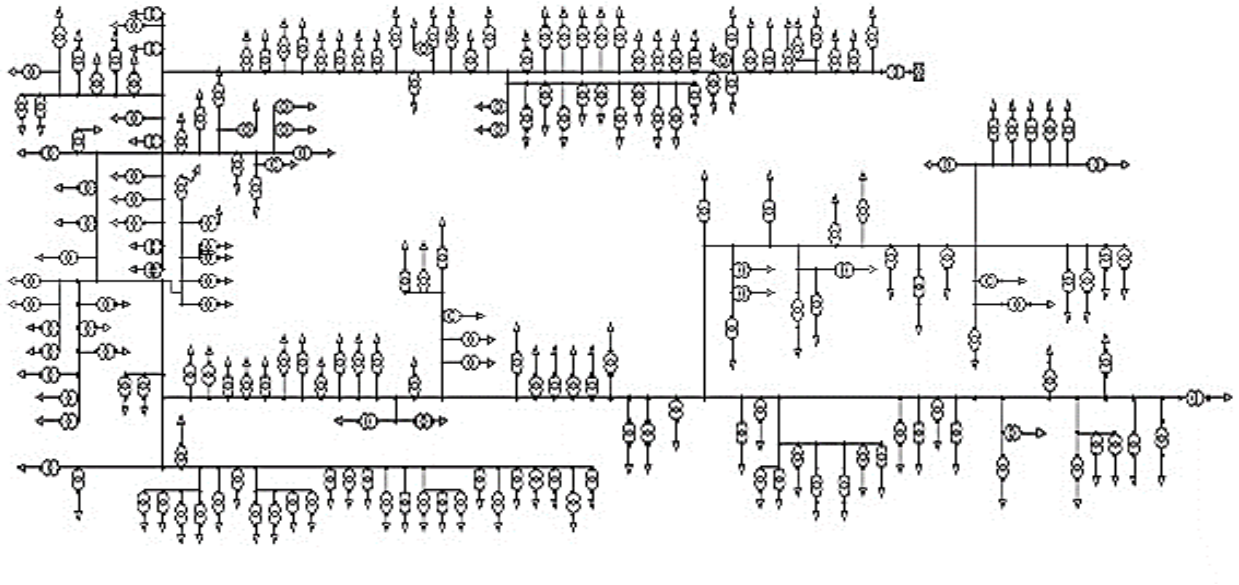
در نوع یک DG فقط قادر به تولید توان اکتیو می باشد در نوع دوم DG علاوه بر توان اکتیو، توان راکتیو نیز تولید می کند و در نوع سوم، فقط توان راکتیو تولید می کند[۱۰].

در مقاله حاضر قصد داریم تاثیر پارامترهای انتخاب DG، یعنی مکان، اندازه، تعداد و نوع آن را بر روی پارامتر های تلفات و ولتاژ در نرم افزار Matlab و با روش پخش بار مستقیم (Direct)، بر روی شبکه نمونه واقعی بررسی کرده و همچنین با استفاده از الگوریتم PSO نیز این پارامترها را آنالیز و سپس باهم مقایسه کنیم.

سایر بخش های مقاله به این این صورت می باشد که در بخش دوم و سوم به توصیف و معرفی شبکه نمونه مورد مطالعه و سناریو های مسئله خواهیم پرداخت. در بخش چهارم پارامترها را بدون استفاده از الگوریتم بررسی کرده و در بخش پنجم پارامترها را با استفاده از الگوریتم PSO مورد بررسی قرار خواهیم داد. همچنین در بخش ششم نتیجه گیری مقاله صورت گرفته و در بخش هفتم مراجع معرفی شده اند.

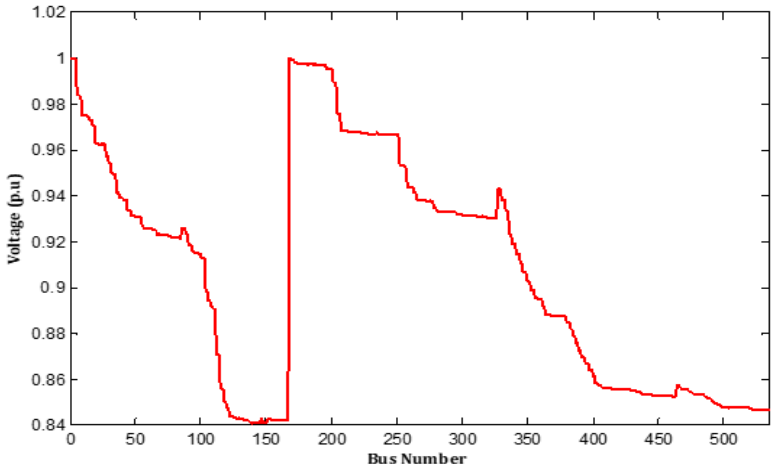
۲- توصیف شبکه

شبکه نمونه مورد مطالعه، یکی از فیدر های شبکه توزیع شهرستان دورود می باشد که دیاگرام تک خطی این شبکه در شکل ۱ آورده شده است.



شکل ۲- فیدر شعاعی نمونه شهرستان دورود

این فیدر شامل ۵۳۵ باس، ۲۰۷ ترانسفورماتور توزیع، یک ترانسفورماتور فوق توزیع و ۳۲۶ خط توزیع می باشد. نتایج اولیه این شبکه در شکل ۳ و جدول ۱ آورده شده است:



شکل ۳- پروفیل ولتاژ شبکه نمونه بدون در نظر گرفتن DG

جدول ۱- نتایج پخش بار شبکه نمونه بدون در نظر گرفتن DG در نرم افزار متلب

تلفات اکتیو شبکه (Kw)	۷۹۱/۶۴۸
تلفات راکتیو شبکه (Kvar)	۱۱۸۷/۹۷۰
کمترین ولتاژ شبکه (Pu)	۰/۸۴۰۹۸

همانطور که از نتایج مشاهده می شود و همچنین طبق گزارشات شرکت توزیع شهرستان دورود، فیدر نمونه وضعیت مطلوبی نداشته و پارامترهای شبکه ایده آل نیستند. بنابراین در این مقاله سعی می کنیم روش استفاده از منابع تولید پراکنده برای بهبود وضعیت فیدر را مختصرا مورد بررسی قرار دهیم.

۳- سناریوهای مسئله

در این مقاله همانطور که اشاره شد سعی داریم پارامترهای مکان، ظرفیت، تعداد و نوع DG را به دو صورت تجربی و فرمولی بررسی و مقایسه کنیم. بنابراین لازم است چند سناریو به صورت زیر تعریف کرده و بررسی های مورد نظر را انجام دهیم:

۱. بررسی پارامتر مکان DG
۲. بررسی پارامتر ظرفیت DG
۳. بررسی پارامتر تعداد DG
۴. بررسی پارامتر نوع DG
۵. بررسی پارامتر نوع DG با استفاده از الگوریتم
۶. بررسی پارامتر مکان DG با استفاده از الگوریتم
۷. بررسی پارامتر ظرفیت DG با استفاده از الگوریتم
۸. بررسی پارامتر تعداد DG با استفاده از الگوریتم.

۴- بررسی پارامترها بدون استفاده از الگوریتم

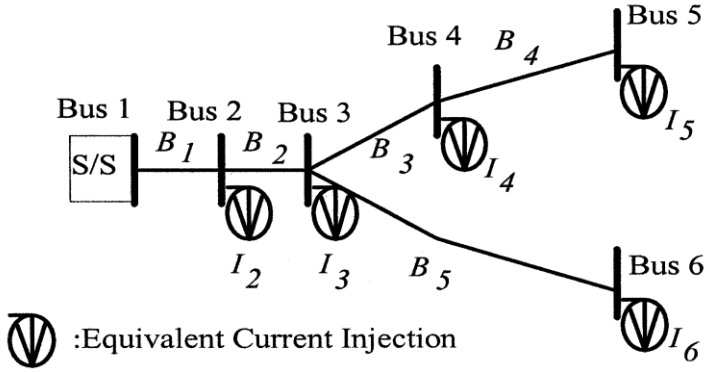
در ابتدا قصد داریم پارامترهای مکان، ظرفیت، تعداد و نوع DG را به بدون استفاده از الگوریتم بهینه سازی و به صورت تجربی با استفاده از روش پخش بار مستقیم (Direct) در متلب بررسی نماییم.

۴-۱- روش پخش بار مستقیم در شبکه توزیع

روش استفاده شده در این مقاله جهت پخش بار، روش مستقیم یا Direct می باشد. امروزه روش های متعددی جهت پخش بار در سیستم قدرت معرفی و استفاده شده اند. با توجه به ویژگی ها و خصوصیات شبکه های توزیع، این روش ها باید توانایی مدل کردن این مشخصات را داشته باشند. مهمترین مشخصات سیستم های توزیع عبارت اند از:

- ساختار شعاعی شبکه
- بارهای نامتعادل
- تولیدات پراکنده
- تعدد شاخه ها
- نسبت R به X متنوع و...

چنین مشخصاتی سبب شده تا روشهای پخش بار متداول مانند نیوتن رافسون و گوس سایدل پاسخگوی محاسبات مورد نیاز در سیستم های توزیع نباشند. بنابراین باید از الگوریتم هایی با این مشخصات استفاده نمود. یکی از این روش ها استفاده از الگوریتم و روش پخش بار مستقیم می باشد. این روش بر مبنای قوانین ولتاژ و جریان بوده و با استفاده از دو ماتریس BCBV و BIBC می باشد. برای تشریح این روش و استخراج ماتریس های مورد نظر، شبکه نمونه ۶ باسه زیر را در نظر می گیریم [۱۱]:



شکل ۴- سیستم توزیع شعاعی نمونه

در این شبکه، رابطه جریان تزریقی و جریان شاخه ها را با استفاده از قانون KCL بدست می آوریم. به عنوان مثال جریان شاخه های B_2، B_3 و B_4 بر حسب جریان تزریقی در زیر محاسبه شده اند.

$$B_2 = I_3 + I_4 + I_5 + I_6 \quad (۱)$$

$$B_3 = I_4 + I_5 \quad (۲)$$

$$B_4 = I_5 \quad (۳)$$

بنابراین رابطه بین جریان شاخه ها و جریان تزریقی به صورت زیر خواهد شد:

$$\begin{bmatrix}B_1\\B_2\\B_3\\B_4\\B_5\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}1&1&1&1&1\\0&1&1&1&1\\0&0&1&1&0\\0&0&0&1&0\\0&0&0&0&1\end{bmatrix}\begin{bmatrix}I_1\\I_2\\I_3\\I_4\\I_5\end{bmatrix} \quad (۴)$$

$$[B]=[BIBC][I] \quad (۵)$$

که در آن ماتریس BIBC یک ماتریس بالا مثلثی و فقط شامل عناصر 0 و 1 می باشد. حال برای ساخت ماتریس BCBV، رابطه بین ولتاژ باس ها و جریان شاخه ها را با استفاده از قانون KVL نوشته و ماتریس را تشکیل می دهیم. در این حالت ولتاژ شین ۱ به عنوان مرجع قرار داده و ثابت می باشد. **به** عنوان مثال ولتاژ شین های ۲، ۳ و ۴ به صورت زیر محاسبه می شود:

$$V_2=V_1-B_1Z_{12} \quad (۶)$$

$$V_3=V_2-B_2Z_{23} \quad (۷)$$

$$V_4=V_3-B_3Z_{34} \quad (۸)$$

$$\rightarrow V_4=V_1-B_1Z_{12}-B_2Z_{23}-B_3Z_{34} \quad (۹)$$

بنابراین ولتاژ شین ها به صورت تابعی از جریان شاخه بدست می آید:

$$\begin{bmatrix}V_1\\V_1\\V_1\\V_1\\V_1\end{bmatrix}-\begin{bmatrix}V_2\\V_3\\V_4\\V_5\\V_6\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}Z_{12}&0&0&0&0\\Z_{12}&Z_{23}&0&0&0\\Z_{12}&Z_{23}&Z_{34}&0&0\\Z_{12}&Z_{23}&Z_{34}&Z_{45}&0\\Z_{12}&Z_{23}&0&0&Z_{36}\end{bmatrix}\begin{bmatrix}B_1\\B_2\\B_3\\B_4\\B_5\end{bmatrix} \quad (۱۰)$$

$$[\Delta V]=[BCBV][B] \quad (۱۱)$$

پس از محاسبه ماتریس های BIBC و BCBV می توان رابطه بین ولتاژ و جریان شین ها را با استفاده از رابطه (۱۲) محاسبه نمود:

$$[\Delta V]=[BCBV][BIBC][I]=[DLF][I] \quad (۱۲)$$

جریان باس i ام در تکرار K ام با استفاده از رابطه (۱۳) محاسبه می گردد که با بدست آوردن جریان باس و جایگذاری در رابطه (۱۴)، ولتاژ باس i ام محاسبه می گردد سپس همین روند را تکرار نموده تا به جواب مورد نظر برسیم.

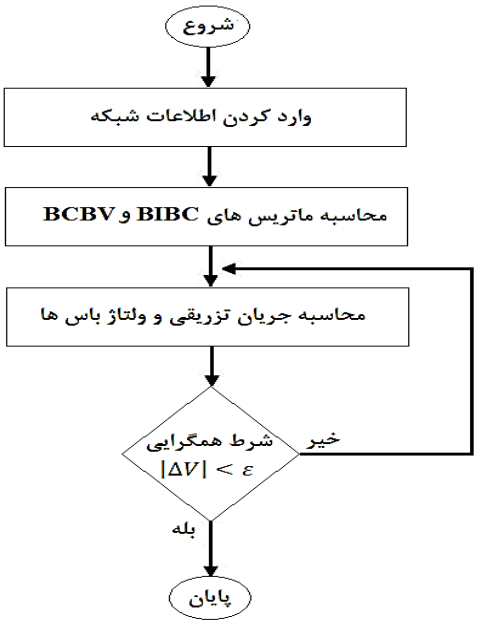
$$I_i^K=I_i^{Real}(V_i^K)+jI_i^{Image}(V_i^K)=(\frac{P_i+jQ_i}{V_i^K})^* \quad (۱۳)$$

$$[\Delta V^{K+1}]=[DLF][I^K] \quad (۱۴)$$

در این رابطه، I_i^K جریان تزریقی شین i ام در تکرار k ام، I_i^{Real} قسمت حقیقی جریان تزریقی شین i ام در تکرار k ام، V_i^K ولتاژ شین i ام در تکرار k ام، I_i^{Image} قسمت موهومی جریان تزریقی شین i ام در تکرار k ام، P_i توان اکتیو تزریقی شین i ام و Q_i توان راکتیو تزریقی شین i ام می باشد. در پایان ولتاژ شین ها را طبق رابطه (۱۵) اصلاح می کنیم.

$$[V^{K+1}]=[V^0]+[\Delta V^{K+1}] \quad (۱۵)$$

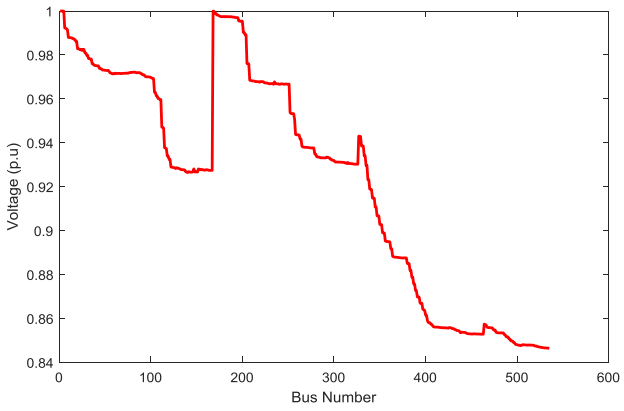
در شکل (۵)، فلوچارت مربوط به روش پخش بار مستقیم ارائه شده است.



شکل ۵- فلوچارت مربوط روش پخش بار مستقیم

۴-۲- سناریو اول: بررسی پارامتر مکان DG

برای بررسی این پارامتر در شبکه نمونه، سه پارامتر دیگر، یعنی ظرفیت، تعداد و نوع DG را ثابت در نظر گرفته و مکان DG را در سه حالت ابتدای شبکه، وسط شبکه و انتهای شبکه بررسی می کنیم. در این حالت با توجه به اطلاعات پخش بار شبکه، تعداد DG ها را ۵، نوع DG را PQ و ظرفیت DG را معادل ۲۰ درصد توان مصرفی بارها در نظر می گیریم. در این صورت توان اکتیو DG ها برابر ۳۲۵/۶ کیلووات و توان راکتیو تولیدی آنها برابر ۲۰۲ کیلووار می باشد. در حالت اول پنج DG بر روی باسبارهای شماره ۸۱، ۹۱، ۱۰۱، ۱۱۰ و ۱۲۰ قرار می دهیم.

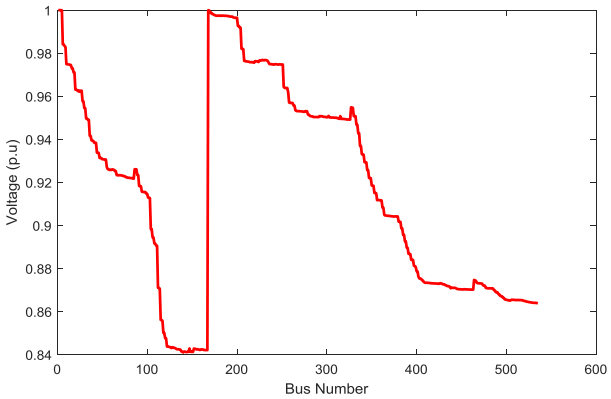


شکل ۶- پروفیل ولتاژ شبکه نمونه با قراردادن DG در ابتدای شبکه

جدول ۲- نتایج پخش بار شبکه با قرار دادن DG در ابتدای شبکه

تلفات اکتیو شبکه (Kw)	۵۰۸/۹۷
تلفات راکتیو شبکه (Kvar)	۱۰۲۸/۱۳
کمترین ولتاژ شبکه (Pu)	۰/۸۴۶۳۲

در حالت دوم DG ها را بر روی باسبارهای شماره ۲۰۸، ۲۲۸، ۲۵۷، ۳۰۲ و ۳۵۷ قرارداده و نتایج را ثبت می کنیم.

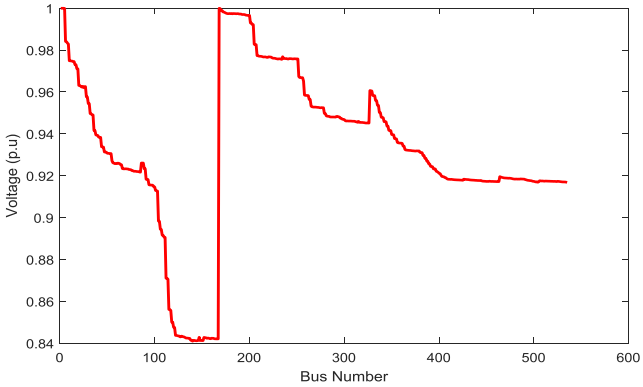


شکل ۷- پروفیل ولتاژ شبکه نمونه با قراردادن DG در وسط شبکه

جدول ۳- نتایج پخش بار شبکه با قرار دادن DG در وسط شبکه

تلفات اکتیو شبکه (Kw)	۶۲۴/۰۸
تلفات راکتیو شبکه (Kvar)	۱۰۱۲/۹۲
کمترین ولتاژ شبکه (Pu)	۰/۸۴۰۹۶

در نهایت در حالت سوم، DG ها را در انتهای شبکه و در باسبارهای شماره ۴۰۲، ۴۳۸، ۴۸۸، ۵۰۶ و ۵۲۵ قرار می دهیم.



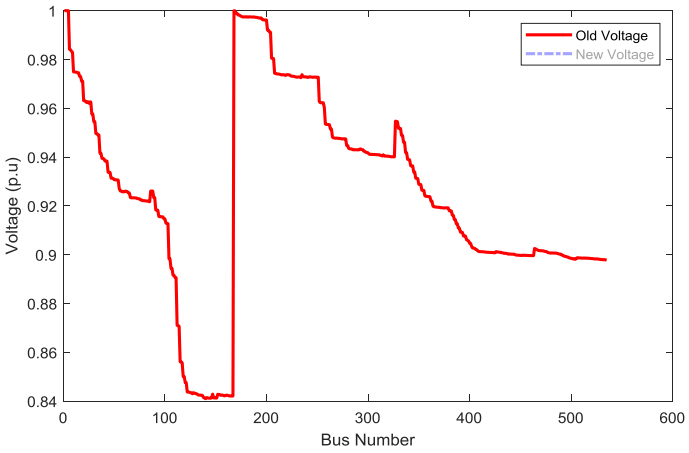
شکل ۸- پروفیل ولتاژ شبکه نمونه با قراردادن DG در انتهای شبکه

جدول ۴- نتایج پخش بار شبکه با قرار دادن DG در انتهای شبکه

تلفات اکتیو شبکه (Kw)	۵۷۴/۴۳
تلفات راکتیو شبکه (Kvar)	۵۱۴/۰۲
کمترین ولتاژ شبکه (Pu)	۰/۸۴۰۹۸

۴-۳- سناریو دوم: بررسی پارامتر ظرفیت DG

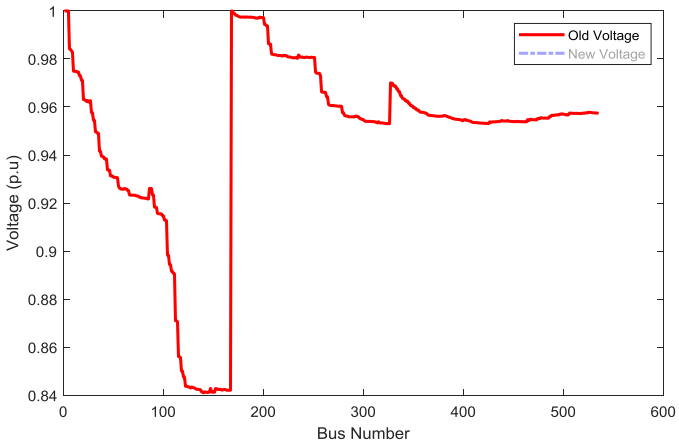
در این سناریو، مکان، تعداد و نوع DG را ثابت در نظر گرفته و ظرفیت آنها را تغییر می دهیم. در این حالت ۵ عدد DG از نوع PQ را در انتهای شبکه (همان شماره باسبارهای سناریو قبل) با ظرفیت های ۲۰۰ کیلووات و ۱۵۰ کیلووار، ۵۰۰ کیلووات و ۳۵۰ کیلووار و ۱۰۰۰ کیلووات و ۵۵۰ کیلووار قرار داده و نتایج را ثبت می کنیم.



شکل ۹- پروفیل ولتاژ شبکه نمونه با قراردادن DG در انتهای شبکه با ظرفیت 200KW و 150KVAR

جدول ۵- نتایج پخش بار شبکه با قرار دادن DG در انتهای شبکه با ظرفیت 200KW و 150KVAR

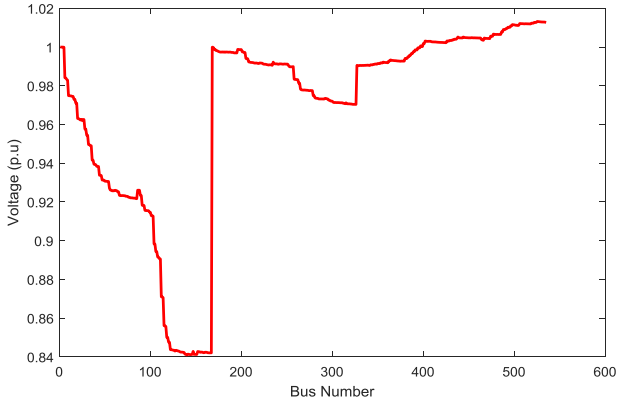
تلفات اکتیو شبکه (Kw)	۶۳۶/۹۶
تلفات راکتیو شبکه (Kvar)	۶۸۸/۱۳
کمترین ولتاژ شبکه (Pu)	۰/۸۴۰۹۸



شکل ۱۰- پروفیل ولتاژ شبکه نمونه با قراردادن DG در انتهای شبکه با ظرفیت 500KW و 350KVAR

جدول ۶- نتایج پخش بار شبکه با قرار دادن DG در انتهای شبکه با ظرفیت 500KW و 350KVAR.

تلفات اکتیو شبکه (Kw)	۴۹۳/۲۲
تلفات راکتیو شبکه (Kvar)	۳۳۲/۵۴
کمترین ولتاژ شبکه (Pu)	۰/۸۴۰۹۸



شکل ۸- پروفیل ولتاژ شبکه نمونه با قراردادن DG در انتهای شبکه با ظرفیت 1000KW و 550KVAR.

جدول ۷- نتایج پخش بار شبکه با قرار دادن DG در انتهای شبکه با ظرفیت 1000KW و 550KVAR.

تلفات اکتیو شبکه (Kw)	۳۹۵/۹۸
تلفات راکتیو شبکه (Kvar)	۳۳۸/۴۶
کمترین ولتاژ شبکه (Pu)	۰/۸۴۰۹۸

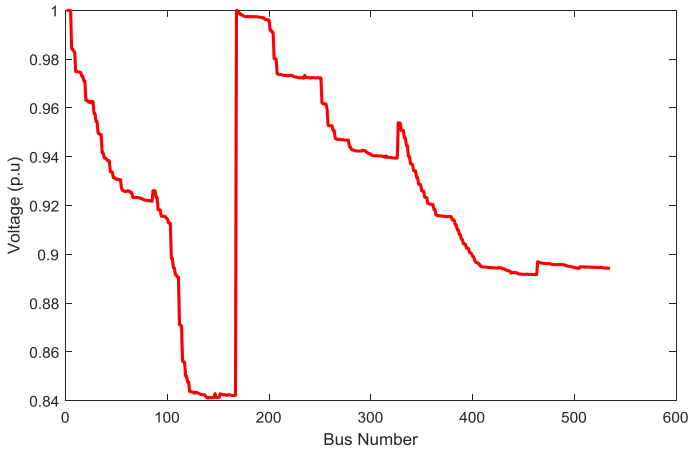
۴-۴- سناریو سوم: بررسی پارامتر تعداد DG

در این سناریو، قصد داریم پارامتر تعداد را در این شبکه بررسی کنیم. بنابراین تعداد ۳، ۵ و ۸ عدد DG از نوع PQ را در انتهای شبکه با ظرفیت ۳۲۵/۶ کیلووات و ۲۰۲ کیلووار قرار داده و نتایج را بررسی می کنیم.

حالت اول: ۳ عدد DG در باس های شماره ۵۲۵، ۵۰۶ و ۴۸۸ قرار می دهیم.

حالت دوم: ۵ عدد DG در باس های شماره ۴۰۲، ۴۳۸، ۴۸۸، ۵۰۶ و ۵۲۵ قرا می دهیم.

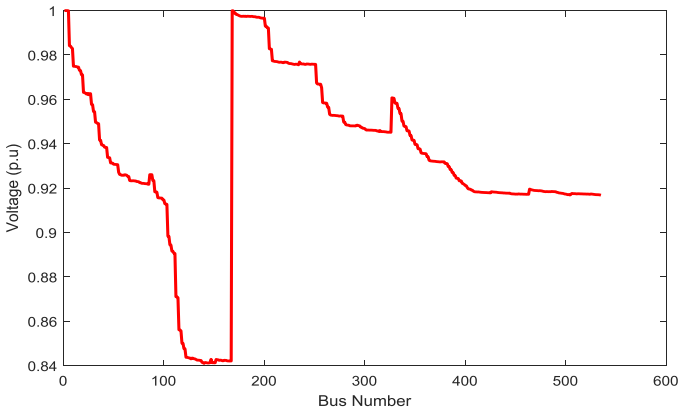
حالت سوم: ۸ عدد DG در باس های شماره ۴۰۲، ۴۳۸، ۴۸۸، ۵۰۶، ۵۲۵، ۵۳۴، ۵۱۷ و ۴۶۷ قرار می دهیم.



شکل ۱۱- پروفیل ولتاژ شبکه نمونه با قراردادن ۳ عدد DG در انتهای شبکه

جدول ۸- نتایج پخش بار شبکه با قرار دادن ۳ عدد DG در انتهای شبکه

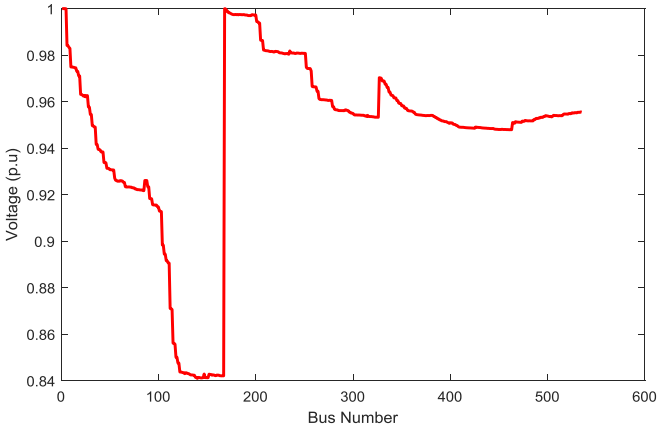
تلفات اکتیو شبکه (Kw)	۶۴۷/۱۹
تلفات راکتیو شبکه (Kvar)	۷۱۵/۷۴
کمترین ولتاژ شبکه (Pu)	۰/۸۴۰۹۸



شکل ۱۲- پروفیل ولتاژ شبکه نمونه با قراردادن ۵ عدد DG در انتهای شبکه

جدول ۹- نتایج پخش بار شبکه با قرار دادن ۵ عدد DG در انتهای شبکه

تلفات اکتیو شبکه (Kw)	۵۷۴/۴۳
تلفات راکتیو شبکه (Kvar)	۵۱۴/۰۲
کمترین ولتاژ شبکه (Pu)	۰/۸۴۰۹۸



شکل ۱۳- پروفیل ولتاژ شبکه نمونه با قراردادن ۸ عدد DG در انتهای شبکه

جدول ۱۰- نتایج پخش بار شبکه با قرار دادن ۸ عدد DG در انتهای شبکه

تلفات اکتیو شبکه (Kw)	۴۹۲/۱۱
تلفات راکتیو شبکه (Kvar)	۳۳۴/۱۹
کمترین ولتاژ شبکه (Pu)	۰/۸۴۰۹۸

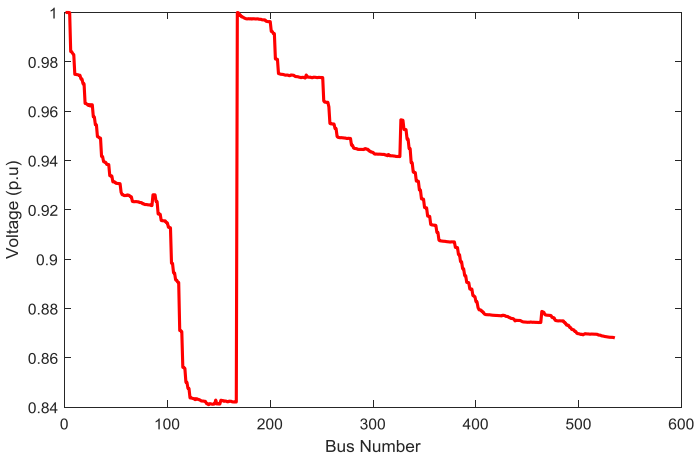
۴-۵- سناریو چهارم: بررسی پارامتر نوع DG

در سناریوی چهارم، قصد داریم انواع DG را برروی این شبکه بررسی کنیم برای این کار، ۵ عدد DG در انتهای شبکه بر روی باسبارهای قبلی به شرح زیر قرار می دهیم:

حالت اول: ۵ عدد DG از نوع PV با ظرفیت ۳۲۵/۶ مگاوات

حالت دوم: ۵ عدد DG از نوع PQ با ظرفیت ۳۲۵/۶ مگاوات و ۲۰۲ مگاوار

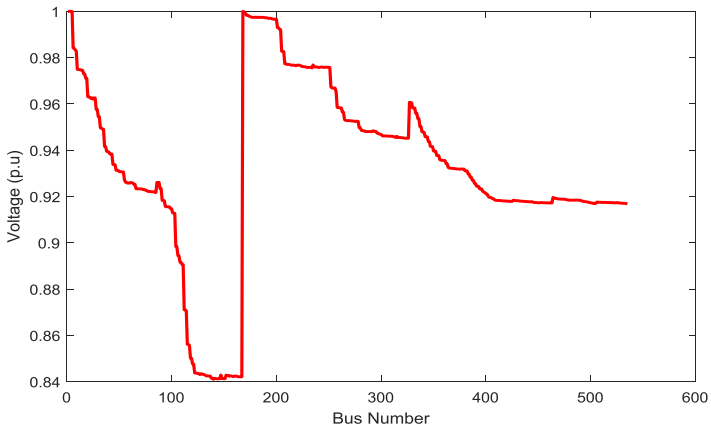
حالت سوم: ۵ عدد DG از نوع Q با ظرفیت ۲۰۲ مگاوار



شکل ۱۴- پروفیل ولتاژ شبکه نمونه با قراردادن ۵ عدد DG از نوه PV در انتهای شبکه

جدول ۱۱- نتایج پخش بار شبکه با قراردادن ۵ عدد DG از نوه PV در انتهای شبکه

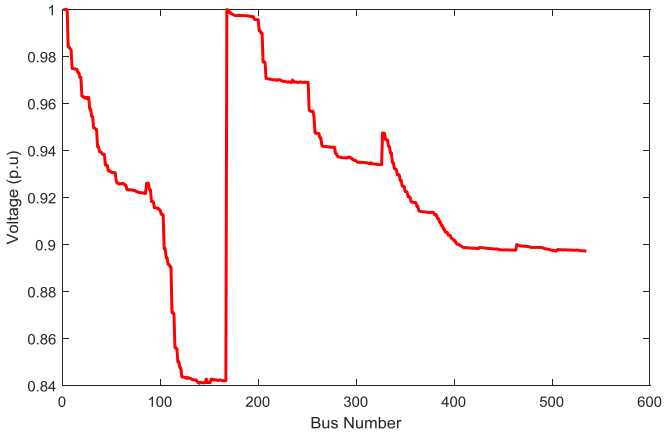
تلفات اکتیو شبکه (Kw)	۶۳۴/۷۳
تلفات راکتیو شبکه (Kvar)	۷۰۲/۲۰
کمترین ولتاژ شبکه (Pu)	۰/۸۴۰۹۸



شکل ۱۵- پروفیل ولتاژ شبکه نمونه با قراردادن ۵ عدد DG از نوع PQ در انتهای شبکه

جدول ۱۲- نتایج پخش بار شبکه با قرار دادن ۵ عدد DG از نوع PQ در انتهای شبکه

تلفات اکتیو شبکه (Kw)	۵۷۴/۴۳
تلفات راکتیو شبکه (Kvar)	۵۱۴/۰۲
کمترین ولتاژ شبکه (Pu)	۰/۸۴۰۹۸



شکل ۱۶- پروفیل ولتاژ شبکه نمونه با قراردادن ۵ عدد DG از نوع Q در انتهای شبکه

جدول ۱۳- نتایج پخش بار شبکه با قرار دادن ۵ عدد DG از نوع Q در انتهای شبکه

تلفات اکتیو شبکه (Kw)	۷۱۹/۰۴
تلفات راکتیو شبکه (Kvar)	۹۴۹/۲۲
کمترین ولتاژ شبکه (Pu)	۰/۸۴۰۹۸

۵- بررسی پارامترها با استفاده از الگوریتم PSO

در این قسمت قصد داریم با استفاده از الگوریتم بهینه سازی PSO پارامترهای DG را بررسی نموده و با قسمت قبل مقایسه کنیم. در این شبکه هدف ما از استفاده از منابع تولید پراکنده، این است که تلفات شبکه را به حداقل مقدار خود و پروفیل ولتاژ را نیز به بهترین شکل مطلوب برسانیم. با توجه به این موضوع لازم است که تلفات سیستم را به صورت تابعی از ظرفیت DG و همچنین ولتاژ سیستم بیان کنیم همچنین می دانیم که تلفات سیستم با توجه به اطلاعات ورودی، برابر با تلفات خطوط شبکه می باشد بنابراین داریم:

$$P_{loss} = \sum_{line(i.j)=1}^{m} P_{line(i.j)} \quad (۱۶)$$

$$P_{line(i.j)} = P_i - P_j \quad (۱۷)$$

$$P_i = DG(i.size) - P_{Di} = |v_i| \sum |v_k| [g_{ik}\, cos(\theta_i - \theta_k) + b_{ik}\, sin(\theta_i - \theta_k)] \quad (۱۸)$$

$$Q_i = -Q_{Di} = |v_i| \sum |v_k| [g_{ik}\, sin(\theta_i - \theta_k) + b_{ik}\, cos(\theta_i - \theta_k)] \quad (۱۹)$$

در روابط بالا که برای DG نوع یک نوشته شده است، m تعداد خطوط موجود در شبکه و i مکان DG می باشد که از ۱ تا n (تعداد باس ها) متغیر است.

θ_i و v_i و P_i و Q_i، همان معانی خود در مطالعات پخش بار را دارا می باشند. همچنین Q_{Di} و P_{Di}، بار موهومی و حقیقی متصل به باس i ام می باشد. روابط مربوط به DG های نوع دوم و سوم نیز مشابه با روابط بالا به صورت زیر می باشند که روابط (۲۰-۲۱) برای DG نوع دوم و روابط (۲۲-۲۳) برای DG نوع سوم بیان شده است[۱۲-۱۳].

$$P_i = DG(i.size) - P_{Di} = |v_i| \sum |v_k| [g_{ik}\, cos(\theta_i - \theta_k) + b_{ik}\, sin(\theta_i - \theta_k)] \quad (۲۰)$$

$$Q_i = DG(i.size) - Q_{Di} = |v_i| \sum |v_k| [g_{ik}\, sin(\theta_i - \theta_k) + b_{ik}\, cos(\theta_i - \theta_k)] \quad (۲۱)$$

$$P_i = -P_{Di} = |v_i| \sum |v_k| [g_{ik} cos(\theta_i - \theta_k) + b_{ik} sin(\theta_i - \theta_k)] \quad (۲۲)$$

$$Q_i = DG(i.size) - Q_{Di} = |v_i| \sum |v_k| [g_{ik} sin(\theta_i - \theta_k) + b_{ik} cos(\theta_i - \theta_k)] \quad (۲۳)$$

در طول اجرای الگوریتم مورد نظر، باید شرایطی برقرار باشد تا به اهداف مطلوب برسیم که این شرایط عبارتند از:

$$v_{i_{min}} \leq v_i \leq v_{i_{max}} \quad (۲۴)$$

$$P_{line(i.j)} \leq P_{line(i.j)_{max}} \quad (۲۵)$$

۵-۱- الگوریتم بهینه سازی ازدحام ذرات (PSO) و فرمولاسیون آن

الگوریتم PSO یکی از ساده ترین و در عین حال پرکاربرد ترین تکنیک های بهینه سازی می باشد که از روی چگونگی رفتار پرندگان یا ماهی ها، هنگام جستجوی غذا در یک منطقه خاص، الهام گرفته شده است. در این الگوریتم فرض بر این است که گروهی از پرندگان در منطقه خاصی در حال جستجوی غذا می باشند. غذا در نقطه ای از این منطقه قرار گرفته که پرندگان از آن محل آگاهی ندارند، ولی در هر لحظه از زمان، فاصله پرندگان از محل غذا در اختیار می باشد که این اطلاعات در طول زمان جستجو، بین پرندگان به اشتراک گذاشته می شود، یعنی درهرلحظه، هر پرنده از میزان فاصله خود و دیگر پرندگان از محل غذا، آگاهی دارد. بنابراین همواره پرندگان به دنبال پرنده ای حرکت می کنند که کمترین فاصله از محل غذا را داشته باشد. در ابتدای هر مرحله از الگوریتم، جهت و سرعت حرکت هر پرنده با توجه به اطلاعات شخصی (p_best)، و اطلاعات سایر پرنده ها (g_best)، به روز رسانی می شود. بردار سرعت بکار رفته در الگوریتم به صورت رابطه (۲۶) می باشد:

$$velocity(k+1) = w \cdot velocity(k) + c_1 r_1 \left(p_{best} - x(k)\right) + c_2 r_2 \left(g_{best} - x(k)\right) \quad (۲۶)$$

که در این رابطه، w ضریب وزنی می باشد که بین (۰/۴,۰/۹) است. همچنین c_1 و c_2، ضرایب یادگیری ذرات بوده که معمولا با هم برابر و بین بازه (۱,۲) می باشند. r_1 و r_2 نیز ضرایب تصادفی هستند که مقادیرشان بین بازه (۰,۱) در نظر گرفته می شوند.

بنابراین با داشتن بردار سرعت هر ذره، مکان جدید ذره به صورت رابطه (۲۷) به روز رسانی می شود:

$$x(k+1) = x(k) + velocity(k+1) \quad (۲۷)$$

همچنین برای واگرا نشدن و بدست آوردن بهترین جواب، لازم است که سرعت ذرات در هر مرحله در بازه مشخصی باشد که تعیین این بازه بسیار حائز اهمیت می باشد[۱۴]. حال برای بهینه سازی تلفات و پروفیل ولتاژ الگوریتم زیر را پیاده سازی می کنیم:

۱) در مرحله اول، باید تعداد جمعیت تعیین شود تا به تعداد آن، ظرفیت و مکان DG به طور تصادفی تولید شوند که مکان آن باید متعلق به اعداد طبیعی و از ۲ تا تعداد باسبار ها باشد.

۲) در این مرحله باید تعداد تکرار سیستم m و همچنین مشخصات خطوط و باسبار های سیستم را وارد کنیم تا در هر مرحله پخش بار صورت گرفته و میزان تلفات به دست آید.

۳) در مرحله سوم، مقادیر p_best، g_best، p_position و g_position برای هر تکرار تعیین می شود که p_position و g_position، به ترتیب میزان تابع برازندگی (میزان فاصله تا غذا) می باشند که در آخر g_position به عنوان بهترین جواب انتخاب می شود.

۴) در این مرحله بردار سرعت و موقیت هر ذره با استفاده از روابط (۱۱-۱۲) به روز شده و این مراحل تا m تکرار انجام می گیرند.

۵) در پایان نتایج خواسته شده نظیر مکان و ظرفیت DG و مقدار تلفات و پروفیل ولتاژ با در نظر گرفتن DG نمایش داده می شوند.

۵-۲- هزینه

بر اساس معادله ارائه شده در [۱۵]، هزینه سالانه تلفات انرژی (CASTEL) به صورت رابطه (۲۸) محاسبه می شود:

$$\text{CASTEL} = (\text{Total Real Power Loss}) \times (\text{KP} \times \text{KE} \times \text{Lsf} \times 8760) \quad (۲۸)$$

در این رابطه KP، هزینه آمادگی (دلار بر کیلو وات بر ساعت)، KE، قیمت انرژی (دلار بر کیلووات ساعت) و Lsf، ضریب تلفات می باشد که به صورت تابعی از ضریب بار (Lf) بیان می شود:

$$Lsf = Kc \times Lf + 1 - Kc \times Lf^2 \quad (۲۹)$$

پارامتر های موجود با توجه به [۱۵]، به صورت زیر تعریف می شوند:

$$Kc = 0.2\,;Lf = 0.47\,;\ KP = 57.6923\left(\frac{\$}{Kw}\right)$$
$$KE\ = 0.00961538\ \left(\frac{\$}{Kwh}\right) \quad (۳۰)$$

همچنین هزینه DG برای t ساعت:

$$\text{COSTDG} = a_w U_w + b_w P_{w.t} \quad (۳۱)$$

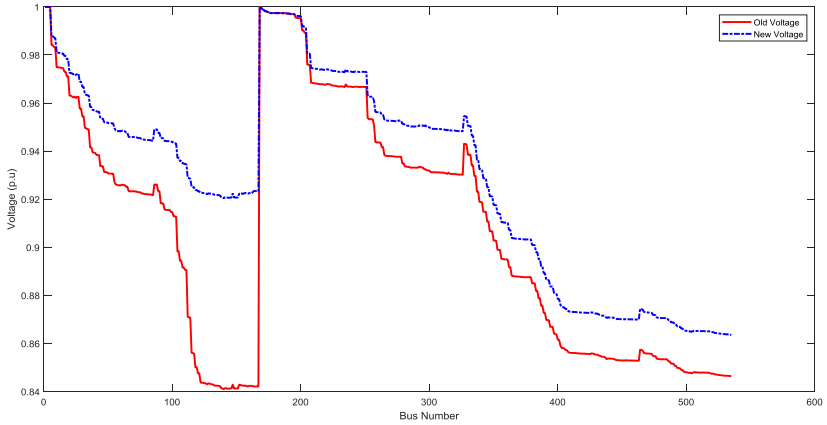
در این رابطه، a_w، هزینه ثابت DG (۱۲/۸ هزاردلار)، b_w: ضریب هزینه متغیر DG (۷۵ هزاردلار بر مگاوات ساعت)، U_w: ضریب نشانگر دسترسی عملیاتی DG (عدد ۱ نشانگر دسترسی و عدد ۰ نشانگر عدم دسترسی DG می باشد)، $P_{w.t}$: توان خروجی DG بر حسب Mw.

۵-۳- سناریو اول: بررسی پارامتر نوع DG

در این سناریو به بررسی تاثیر نوع DG برروی شبکه نمونه با استفاده از الگوریتم بهینه سازی PSO می پردازیم. بنابراین جایابی ۵ عدد DG به ترتیب از نوع PV، PQ و Q را انجام داده و نتایج را ثبت می کنیم. تعداد تکرار الگوریتم برابر با ۱۰۰ تکرار می باشد.

جدول ۱۴- نتایج حاصل از قرار دادن DG نوع PV

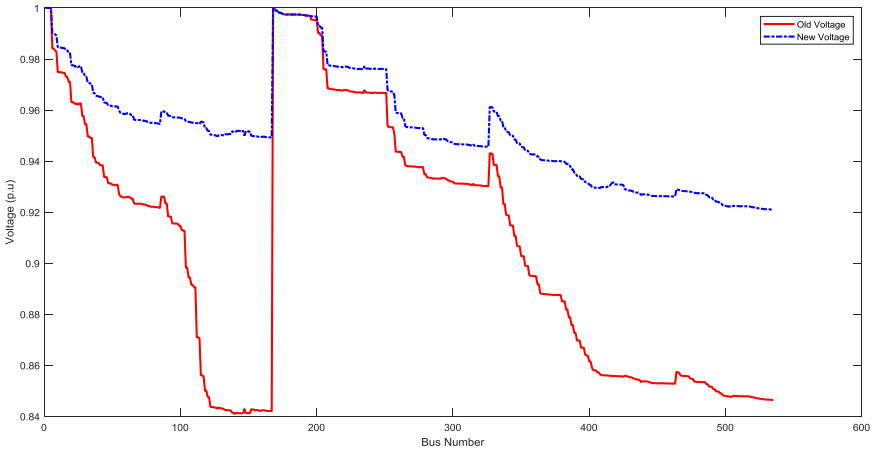
نوع DG	PV
باسبارهای پیشنهادی	۵۲۶ – ۴۵۴ – ۲۸۷ – ۱۶۶ – ۱۴۵
اندازه DG (Kw)	۴۸۸/۱۶ – ۵۰۳/۸۴ - ۵۰۳/۸۴ - ۵۰۳/۸۴ - ۵۰۳/۸۴
اندازه DG (Kvar)	۰ - ۰ – ۰ – ۰ – ۰
ولتاژ نقطه ژرف (Pu)	۰/۸۶۴۰
تلفات اکتیو جدید (درصد کاهش آن)	۴۴۴/۹۶ (٪ ۴۳/۷۹)
تلفات راکتیو جدید (درصد کاهش آن)	۷۱۸/۶۲ (٪ ۳۶/۵۱)
هزینه سالیانه DG (هزار دلار)	۲۱۱۶/۸۵۶۳



شکل ۱۷- پروفیل ولتاژ حاصل از قرار دادن DG نوع PV

جدول ۱۵- نتایج حاصل از قرار دادن DG نوع PQ

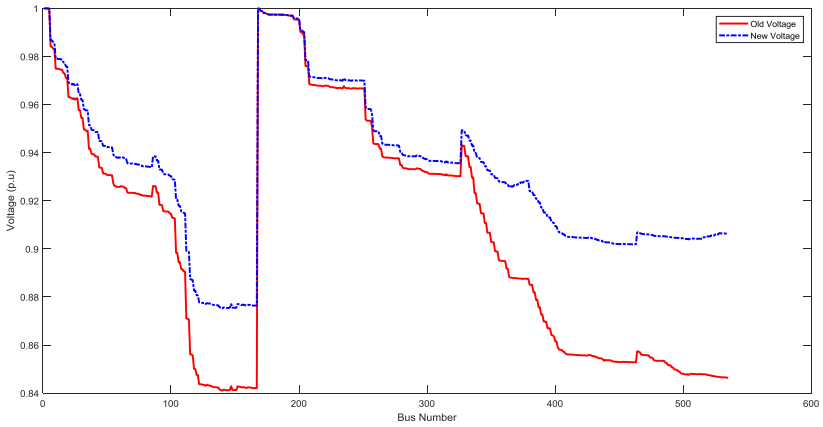
نوع DG	نوع PQ
باسبارهای پیشنهادی	۴۷۷ – ۴۱۷ – ۳۸۵ – ۱۴۲ – ۱۱۵
اندازه DG (Kw)	۵۰۳/۸۴ - ۵۰۳/۸۴ - ۴۸۶/۵۰ – ۵۰۳/۸۴ - ۵۰۳/۸۴
اندازه DG (Kvar)	۵۰۳/۸۴ - ۵۰۳/۸۴ – ۴۵۶/۶۶ – ۳۸۷/۳۲ – ۵۰۳/۸۴
ولتاژ نقطه ژرف (Pu)	۰/۹۲۰۹
تلفات اکتیو جدید (درصد کاهش آن)	۲۹۲/۷۲ (٪ ۶۳/۰۲)
تلفات اکتیو جدید (درصد کاهش آن)	۳۸۵/۳۲ (٪ ۶۷/۵۶)
هزینه سالیانه DG (هزار دلار)	۲۰۹۸/۳۲۵۳



شکل ۱۸- پروفیل ولتاژ حاصل از قرار دادن DG نوع PQ

شکل ۱۶- نتایج حاصل از قرار دادن DG نوع Q

نوع DG	نوع Q
باسبارهای پیشنهادی	۵۲۸ – ۳۸۷ – ۳۷۶ – ۱۴۷ – ۱۰۶
اندازه DG (Kw)	۰ – ۰ – ۰ – ۰ – ۰
اندازه DG (Kvar)	۵۰۱/۱۵ – ۵۰۳/۸۴ – ۵۰۳/۸۴ – ۵۰۳/۸۴ – ۵۰۳/۸۴
ولتاژ نقطه ژرف (Pu)	۰/۸۷۵۲
تلفات اکتیو جدید (درصد کاهش آن)	۵۹۶/۰۴ (٪ ۲۴/۷۱)
تلفات اکتیو جدید (درصد کاهش آن)	۸۳۱/۹۵ (٪ ۲۹/۹۷)
هزینه سالیانه DG (هزار دلار)	۲۱۴۷/۹۷۹

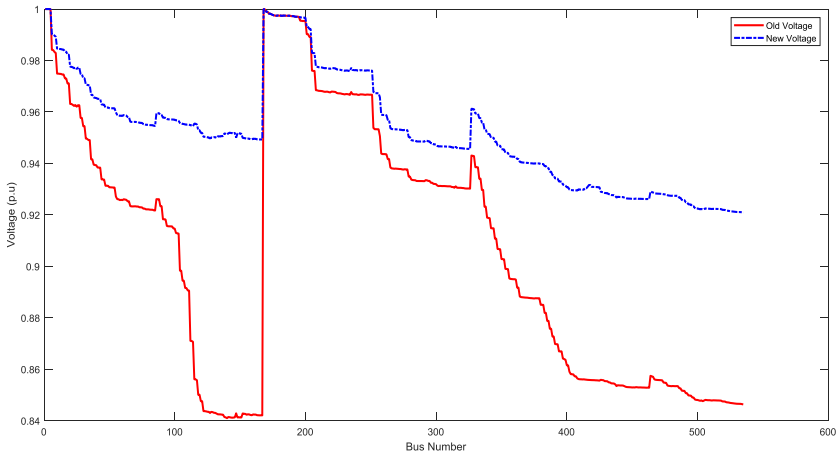


شکل ۱۹- پروفیل ولتاژ حاصل از قرار دادن DG نوع Q

۵-۴- سناریو دوم: بررسی پارامتر ظرفیت DG

در این سناریو، پارامتر ظرفیت را با استفاده از الگوریتم PSO مورد بررسی قرار می دهیم.

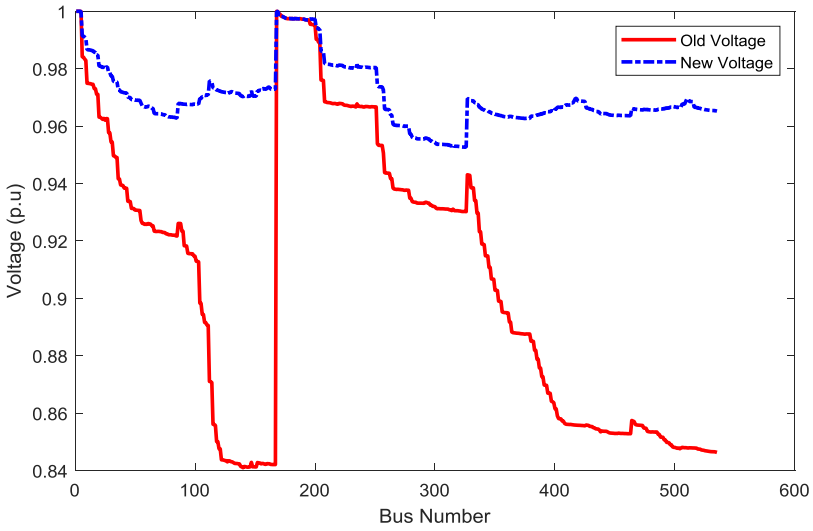
برای اینکار ابتدا ظرفیت ۵ عدد DG از نوع PQ را برابر ۲۰ درصد توان بارهای شبکه قرارداده و سپس آن را به ترتیب به ۳۰ و ۴۰ درصد تغییر داده و نتایج را ثبت می کنیم.



شکل ۲۰- پروفیل ولتاژ شبکه نمونه با قراردادن ۵ عدد DG با ظرفیت ۲۰ درصد توان بارها

جدول ۱۷- نتایج پخش بار شبکه با قراردادن ۵ عدد DG با ظرفیت ۲۰ درصد توان بارها

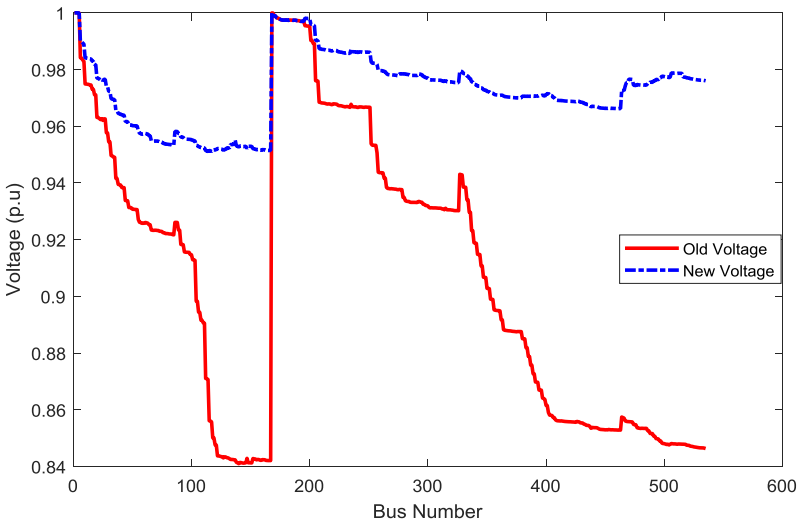
تلفات اکتیو شبکه (Kw)	۲۹۲/۷۲
تلفات راکتیو شبکه (Kvar)	۳۸۵/۳۲
کمترین ولتاژ شبکه (Pu)	۰/۹۲۰۹
هزینه (هزاردلار)	۲۰۹۸/۳۲۵۳



شکل ۲۱- پروفیل ولتاژ شبکه نمونه با قراردادن ۵ عدد DG با ظرفیت ۳۰ درصد توان بارها

جدول ۱۸- نتایج پخش بار شبکه با قراردادن ۵ عدد DG با ظرفیت ۳۰ درصد توان بارها

تلفات اکتیو شبکه (Kw)	۱۹۷/۵۰
تلفات راکتیو شبکه (Kvar)	۱۸۹/۹۹
کمترین ولتاژ شبکه (Pu)	۰/۹۵۲۶
هزینه (هزاردلار)	۲۳۱۰/۳۶



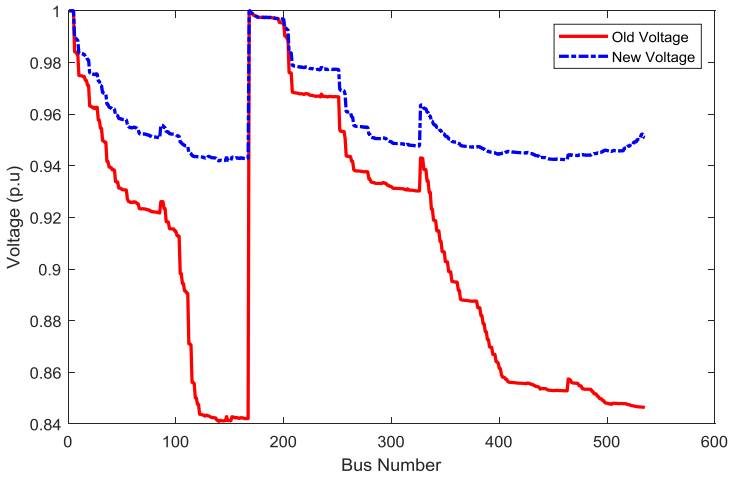
شکل ۲۲- پروفیل ولتاژ شبکه نمونه با قراردادن ۵ عدد DG با ظرفیت ۴۰ درصد توان بارها

جدول ۱۹- نتایج پخش بار شبکه با قراردادن ۵ عدد DG با ظرفیت ۴۰ درصد توان بارها

تلفات اکتیو شبکه (Kw)	۱۵۱/۷۱
تلفات راکتیو شبکه (Kvar)	۱۵۱/۳۱
کمترین ولتاژ شبکه (Pu)	۰/۹۵۱۰
هزینه (هزاردلار)	۳۱۵۰/۵۰

۵-۵- سناریو سوم: بررسی پارامتر تعداد DG

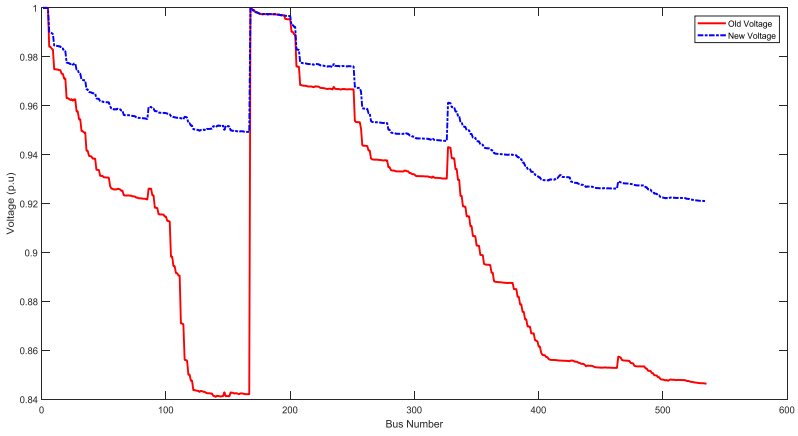
برای بررسی این سناریو، ظرفیت DG ها رو برابر ۲۰ درصد توان بارها و همچنین نوع DG را PQ در نظر می گیریم. سپس تعداد DG ها را به ترتیب ۳، ۵ و ۸ قرار داده و نتایج را ثبت می کنیم.



شکل ۲۳- پروفیل ولتاژ شبکه نمونه با جایابی ۳ عدد DG از نوع PQ و با ظرفیت ۲۰ درصد توان بارها

جدول ۲۰- نتایج پخش بار شبکه با جایابی ۳ عدد DG از نوع PQ با ظرفیت ۲۰ درصد توان بارها

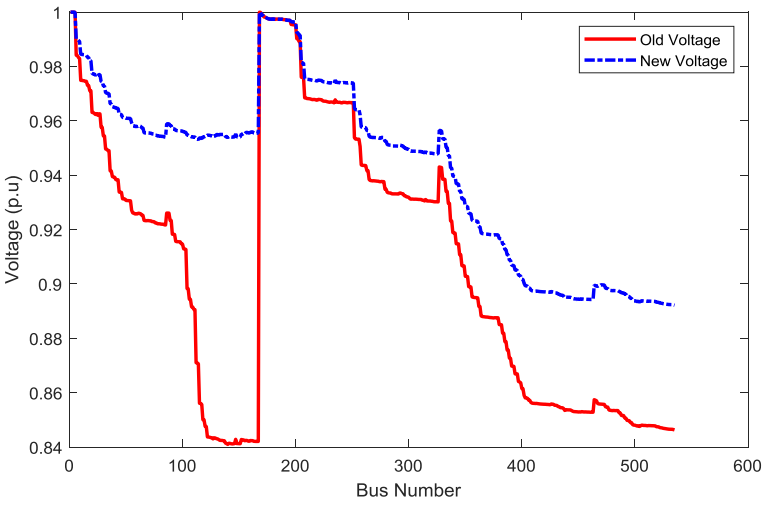
تلفات اکتیو شبکه (Kw)	۲۸۶/۱۵
تلفات راکتیو شبکه (Kvar)	۳۱۰/۶۱
کمترین ولتاژ شبکه (Pu)	۰/۹۴۱۷
هزینه (هزاردلار)	۱۷۵۳/۷۹



شکل ۲۴- پروفیل ولتاژ شبکه نمونه با قراردادن ۵ عدد DG از نوع PQ با ظرفیت ۲۰ درصد توان بارها

جدول ۲۱- نتایج پخش بار شبکه با قراردادن ۵ عدد DG از نوع PQ با ظرفیت ۲۰ درصد توان بارها

تلفات اکتیو شبکه (Kw)	۲۹۲/۷۲
تلفات راکتیو شبکه (Kvar)	۳۸۵/۳۲
کمترین ولتاژ شبکه (Pu)	۰/۹۲۰۹
هزینه (هزاردلار)	۲۰۹۸/۳۲۵۳



شکل ۲۵- پروفیل ولتاژ شبکه نمونه با قراردادن ۸ عدد DG از نوع PQ با ظرفیت ۲۰ درصد توان بارها

جدول ۲۲- نتایج پخش بار شبکه با قراردادن ۸ عدد DG از نوع PQ با ظرفیت ۲۰ درصد توان بارها

تلفات اکتیو شبکه (Kw)	۳۳۴/۸۷
تلفات راکتیو شبکه (Kvar)	۵۵۵/۰۵
کمترین ولتاژ شبکه (Pu)	۰/۸۹۲۱
هزینه (هزاردلار)	۲۵۶۸/۷۹

۵-۶- سناریو چهارم: بررسی پارامتر مکان DG

برای بررسی این سناریو، الگوریتم را برای ۵ عدد DG از نوع PQ و با ظرفیت ۲۰ درصد توان بارها، ۳ مرتبه اجرا کرده و مکان های پیشنهاد شده و نتایج آنها را ثبت می کنیم.

جدول ۲۳- نتایج اجرای اول الگوریتم

شماره باسبارهای پیشنهادی	۴۷۷ – ۴۱۷ – ۳۸۵ – ۱۴۲ – ۱۱۵
تلفات اکتیو شبکه (Kw)	۲۹۲/۷۲
تلفات راکتیو شبکه (Kvar)	۳۸۵/۳۲
کمترین ولتاژ شبکه (Pu)	۰/۹۲۰۹

جدول ۲۴- نتایج اجرای دوم الگوریتم

شماره باسبارهای پیشنهادی	۱۲۴ – ۱۵۷ – ۴۰۳ – ۴۱۶ – ۵۳۰
تلفات اکتیو شبکه (Kw)	۳۰۲/۷۷
تلفات راکتیو شبکه (Kvar)	۳۷۰/۲۵
کمترین ولتاژ شبکه (Pu)	۰/۹۲۳۰

جدول ۲۵- نتایج اجرای سوم الگوریتم

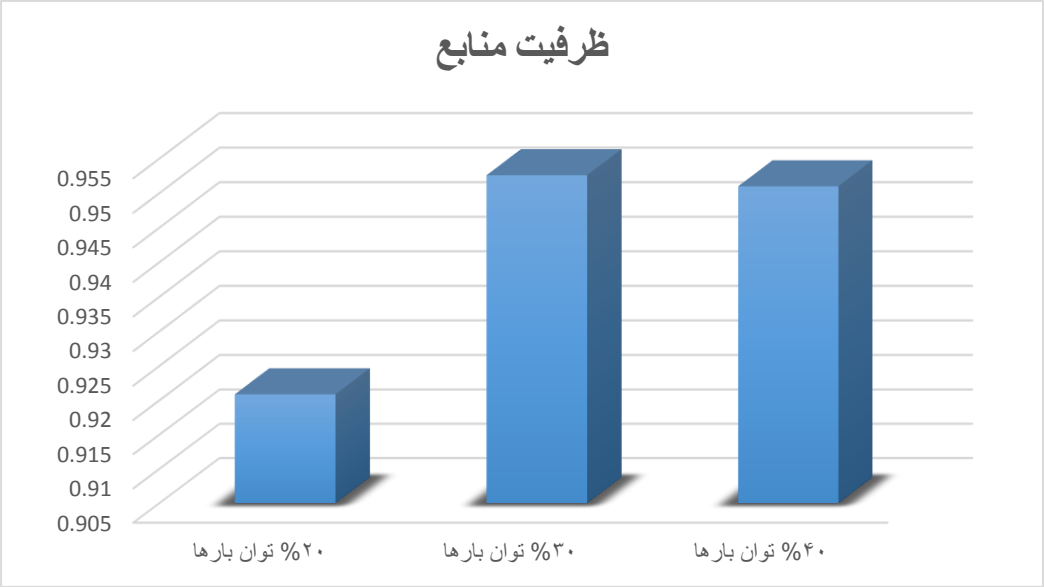
شماره باسبارهای پیشنهادی	۱۲۰ – ۱۲۵ – ۳۰۱ – ۴۰۵ – ۵۰۹
تلفات اکتیو شبکه (Kw)	۲۹۰/۳۶
تلفات راکتیو شبکه (Kvar)	۴۷۲/۹۳
کمترین ولتاژ شبکه (Pu)	۰/۹۱۱۴

۶- نتیجه گیری

جدول ۲۶- مقایسه سناریو ها

عنوان سناریو	حالات سناریو	تلفات اکتیو شبکه (KW)	تلفات راکتیو شبکه (KVAR)	ولتاژ نقطه ژرف (PU)	هزینه (هزاردلار)
بدون سناریو	-	۷۹۱/۶۴۸	۱۱۸۷/۹۷۰	۰/۸۴۰۹۸	-
سناریو مکان DG بدون الگوریتم	ابتدای شبکه	۵۰۸/۹۷	۱۰۲۸/۱۳	۰/۸۴۶۳۲	-
	وسط شبکه	۶۲۴/۰۸	۱۰۱۲/۹۲	۰/۸۴۰۹۶	-
	انتهای شبکه	۵۷۴/۴۳	۵۱۴/۰۲	۰/۸۴۰۹۸	-
سناریو ظرفیت DG بدون الگوریتم	$200 + 150j$	۶۳۶/۹۶	۶۸۸/۱۳	۰/۸۴۰۹۸	-
	$500 + 350j$	۴۹۳/۲۲	۳۳۲/۵۴	۰/۸۴۰۹۸	-
	$1000 + 550j$	۳۹۵/۹۸	۳۳۸/۴۶	۰/۸۴۰۹۸	-
سناریو تعداد DG بدون الگوریتم	۳ عدد	۶۴۷/۱۹	۷۱۵/۷۴	۰/۸۴۰۹۸	-
	۵ عدد	۵۷۴/۴۳	۵۱۴/۰۲	۰/۸۴۰۹۸	-
	۸ عدد	۴۹۲/۱۱	۳۳۴/۱۹	۰/۸۴۰۹۸	-
سناریو نوع DG بدون الگوریتم	PV	۶۳۴/۷۳	۷۰۲/۲۰	۰/۸۴۰۹۸	-
	PQ	۵۷۴/۴۳	۵۱۴/۰۲	۰/۸۴۰۹۸	-
	Q	۷۱۹/۰۴	۹۴۹/۲۲	۰/۸۴۰۹۸	-
سناریو نوع DG با الگوریتم	PV	۴۴۴/۹۶	۷۱۸/۶۲	۰/۸۶۴۰	۲۱۱۶/۸۵۶۳
	PQ	۲۹۲/۷۲	۳۸۵/۳۲	۰/۹۲۰۹	۲۰۹۸/۳۲۵۳
	Q	۵۹۶/۰۴	۸۳۱/۹۵	۰/۸۷۵۲	۲۱۴۷/۹۷۹
سناریو ظرفیت DG با الگوریتم	٪۲۰ توان بارها	۲۹۲/۷۲	۳۸۵/۳۲	۰/۹۲۰۹	۲۰۹۸/۳۲۵۳
	٪۳۰ توان بارها	۱۹۷/۵۰	۱۸۹/۹۹	۰/۹۵۲۶	۲۳۱۰/۳۶
	٪۴۰ توان بارها	۱۵۱/۷۱	۱۵۱/۳۱	۰/۹۵۱۰	۳۱۵۰/۵۰
سناریو تعداد DG با الگوریتم	۳ عدد	۲۸۶/۱۵	۳۱۰/۶۱	۰/۹۴۱۷	۱۷۵۳/۷۹
	۵ عدد	۲۹۲/۷۲	۳۸۵/۳۲	۰/۹۲۰۹	۲۰۹۸/۳۲۵۳
	۸ عدد	۳۳۴/۸۷	۵۵۵/۰۵	۰/۸۹۲۱	۲۵۶۸/۷۹
سناریو مکان DG با الگوریتم	اجرای اول	۲۹۲/۷۲	۳۸۵/۳۲	۰/۹۲۰۹	-
	اجرای دوم	۳۰۲/۷۷	۳۷۰/۲۵	۰/۹۲۳۰	-
	اجرای سوم	۲۹۰/۳۶	۴۷۲/۹۳	۰/۹۱۱۴	-

از مزایای بسیار مهم واحدهای تولید پراکنده، کاهش تلفات و بهبود پروفیل ولتاژ می باشد که دستیابی به این مزایا تنها زمانی میسر خواهد بود که تعداد، اندازه، ظرفیت و نوع DG، به درستی انتخاب شود. همانطور که از نتایج مشاهده می شود، اگر این پارامترها به درستی انتخاب نشود می تواند وضعیت شبکه را بدتر کرده و همچنین باعث هدر رفتن سرمایه شود. به عنوان مثال در شکل (۲۶) که مربوط به بررسی پارامتر ظرفیت با استفاده از الگوریتم می باشد، مشاهده می شودکه با وجود افزایش ظرفیت DGها به ۴۰ درصد بارها، پروفیل ولتاژ نسبت به حالت قبل (۳۰ درصد بارها) کاهش پیدا کرده است که این نتیجه بدین معنی می باشد که افزایش ظرفیت DGها همیشه باعث بهبود پروفیل ولتاژ و پارامترهای دیگر نخواهد شد. بنابراین انتخاب صحیح پارامترها از مهم ترین مسائل می باشد. نکته حائز اهمیت این است که علاوه بر پارامترهای ذکر شده، باید جنبه های اقتصادی را نیز در این زمینه در نظر گرفت. زیرا ممکن است روشی در حالی که نتایج مطلوبی را به همراه دارد، از نظر اقتصادی به صرفه نبوده و نتوان پروژه را عملی کرد.



شکل ۲۶- ولتاژ نقطه ژرف در حالات مختلف سناریو ظرفیت با استفاده از الگوریتم

۷- مراجع

۱. مسعود صادقی خمامی. (۱۳۸۷). مروری بر روشهای محاسبه ، ارزیابی و تخمین تلفات در شبکه های توزیع نیروی برق، شرکت توانیر، معاونت هماهنگی توزیع، دفتر نظارت بر توزیع.

2. Dall'Anese, Emiliano, Sairaj V. Dhople, and Georgios B. Giannakis. (Apr. 2014). Optimal dispatch of photovoltaic inverters in residential distribution systems, IEEE Transactions on Sustainable Energy, vol. 5, no. 2, pp. 487-497.

3. Zare, K., Roshan Milani, A., & Nojavan, S. (2014). Loss Component Analysis of Selected Feeders of Tabriz Electric Power Distribution Company, (In Persian).

۴. آرش خلیل پور. (۱۳۹۵). سند راهبردی و نقشه راه طراحی، ساخت و تدوین دانش فنی ترانسفورماتورهای با تلفات پایین، وزارت نیرو، پژوهشگاه نیرو.

5. Sen, G. and M. Baysal. (2018). Multi agent-based control techniques to reduce losses for smart grid connected microgrids. 6th International Istanbul Smart Grids and Cities Congress and Fair (ICSG).

6. Mendoza, G. E., et al. (2018). Optimal Capacitor Allocation and Sizing in Distribution Networks Using Particle Swarm Optimization Algorithm. 2018 Workshop on Communication Networks and Power Systems (WCNPS).

7. Ehsan, A. and Q. Yang. (2018). Optimal integration and planning of renewable distributed generation in the power distribution networks: A review of analytical techniques. Applied Energy 210: 44-59.

۸. شهاب الدین نیکوخصال (۱۳۹۷). کاهش نامتعادلی شبکه توزیع با جایابی خازن و *SVC* توسط الگوریتم بهینه سازی کنشگران نخبه جامعه، کنگره ملی سالانه ایده های نوین پژوهشی در علوم مهندسی و تکنولوژی، برق و کامپیوتر، ساری، موسسه آموزش عالی هدف ساری.

۹. علی رشیدی (۱۳۹۷). بازآرایی بهینه سیستمهای توزیع با استفاده از الگوریتم رقابت استعماری آشوبی به منظور کاهش تلفات و بهبود پروفیل ولتاژ با توجه به تغییرات بار، دومین کنفرانس زیرساخت های انرژی، مهندسی برق و نانو فناوری، تهران، انجمن انرژی ایران.

۱۰. روح ا... مالک انزابی (۱۳۹۵). مکانیابی بهینه انواع مختلف منابع تولید پراکنده در شبکه های توزیع با الگوریتم کرم شب تاب، دومین کنفرانس ملی فناوری، انرژی و داده با رویکرد مهندسی برق و کامپیوتر، کرمانشاه، انجمن *IEEE* شاخه دانشجویی کردستان.

11. Jen-Hao Teng. (July 2003). A Direct Approach for Distribution System Load Flow Solution, IEEE Trans. On Power Delivery, vol. 18, no. 3.

12. Nikmehr N, Najafi Ravadanegh S. (2015). Optimal power dispatch of multi-MGs at future smart sistribution grids. IEEE Trans Smart Grid 6:1648–57.

13. Moghaddam AA, Seifi A, Niknam T, Pahlavani MR. (2011). Multi-objective operation management of a renewable MG (micro-grid) with back-up micro-turbine/fuel cell/battery hybrid power source. Energy vol 36(11):6490–507.

14. Huynh DC, Ho LD. (2016). Optimal generation rescheduling of power systems with renewable energy sources using a dynamic PSO algorithm. Int Adv Res J Sci Eng Technol 3(1).

15. Murthy V. V. S. N., Kumar. A, (2014). Mesh distribution system analysis in presence of distributed generation with time varying load model. Int.Journal of Elect. Power Energy Syst. 62, pp.836-854.