

بررسی و ارتقای بارپذیری سیستم توزیع در حضور واحدهای تولید پراکنده با توجه به رفتار تصادفی بارها

^۱مصطفی علیمحمدی، ^۲علی اصغر قدیمی

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات اراک، mostafa.alimohamadi65@gmail.com

^۲ استادیار گروه مهندسی برق، دانشگاه اراک، a-ghadimi@araku.ac.ir

چکیده

با توجه به اینکه امروزه استقبال گسترده ای از واحدهای تولید پراکنده در سیستم های توزیع وجود دارد، بررسی مشکلات و مسائل احتمالی، امری ضروری می نماید. در این تحقیق مسئله اصلی بررسی تأثیر رفتار تصادفی بارهای سیستم توزیع بر بهبود بارپذیری سیستم توسط DG است. این تحقیق نشان می دهد که تغییر تصادفی بارها چگونه و تا چه حد بر بارپذیری بهبود یافته سیستم تأثیر می گذارد. برای انجام این بررسی ها ابتدا در شرایط استاندارد با استفاده از روش الگوریتم ژنتیک مکان بهینه برای نصب DG یا DGها مشخص گردیده است. پس از آن بارها به صورت تصادفی در نظر گرفته شده و نتایج برای این حالت نیز به دست آمده و مورد بررسی قرار گرفته است. علاوه بر این، در هر حالت تأثیر تعداد DGها و نوع آنها از نظر قابلیت تولید توان حقیقی و راکتیو مورد بررسی قرار گرفته و بهترین حالت آن مشخص شده است.

واژه های کلیدی: سیستم توزیع، تولید پراکنده، بارپذیری، رفتار تصادفی بارها.

۱- مقدمه

توزیع اضافه کند، اگر به طور مناسب قرار گیرد و به شایستگی سازه شود. این تحقیق مطالعاتی برای قرار دادن تولیدات پراکنده با نگاهی به افزایش بارپذیری سیستم توزیع و رفتار تصادفی بارها را ارائه می دهد.

در مرجع [۱] روشی برای قرار دادن تولید پراکنده با نگاهی به افزایش بارپذیری و پایداری ولتاژ سیستم توزیع بیان شده است. در این مقاله ابتدا به طور کلی تولید پراکنده و مزایای آن شرح داده شده است. سپس تکنیک جایابی شامل جزئیات رویکرد پیشنهادی مورد بحث قرار گرفته است. چگونگی تأثیرات DG با ملاحظه مزایای فنی گوناگون به طور خلاصه بحث شده است.

تولید پراکنده (DG) می تواند برای یافتن افزایش در تقاضای بار با سیستم های توزیع درآمیزد، در حالیکه گسترش و تقویت این سیستم ها با مشکلات زیست محیطی و اقتصادی مواجه اند. در مرجع [۲] یک روش شناسی کارآمد برای آمیزش قدرت DG در سیستم های توزیع را بیان می کند، در راستای بارپذیری حد ولتاژ (حداکثر بارگیری که می تواند توسط سیستم توزیع قدرت تأمین شده باشد در حالیکه ولتاژها در همه نقاط درون محدوده ها نگه داشته شده اند).

در مرجع [۳] روشی برای تخصیص بهینه تولید پراکنده و تعیین سازه آن در سیستم توزیع در راستای کاهش تلفات الکتریکی شبکه و تضمین سطح قابلیت اطمینان قابل قبول و پروفایل ولتاژ بیان شده است. فرآیند بهینه سازی توسط ترکیب تکنیک های الگوریتم ژنتیک

به طور کلی به سبب گسترش سیستم های قدرت، روش هایی برای تحویل انرژی الکتریکی به مصرف کننده ها، به دلیل تغییرات ولتاژ یک مسئله بسیار مهم است، که نیروگاه ها این ضوابط و معیارها را دنبال می کنند. یک راه حل خوب برای انتقال بهبود یافته و توزیع توان الکتریکی که غالب مصرف کنندگان آن را ترجیح می دهند، استفاده از انرژی در نزدیکی بارهاست. واحد های بسیار کوچک که به سیستم توزیع متصل می شوند، تولید غیر متمرکز یا تولید پراکنده نامیده می شود. تجدید ساختار در صنعت برق و توسعه انرژی های نو مهمترین فاکتورها در توسعه این نوع از تولید الکتریسیته هستند. امروزه DG یک نقش کلیدی در سیستم های توزیع الکتریکی دارد. برای مثال ما می توانیم بهبود شاخص های قابلیت اطمینان، بهبود در پایداری و کاهش تلفات در سیستم قدرت را ذکر کنیم. یکی از مسائل کلیدی در استفاده از DGها، جایابی این منابع در شبکه های توزیع می باشد. بارپذیری در سیستم توزیع و بهبود آن یک نقش موثر در بهره برداری از سیستم های قدرت را دارا می باشد.

در سال های اخیر یک تمایل گسترده برای درآمیختن واحدهای تولید پراکنده (DG) در سطح توزیع به وجود آمده است. مزایای فنی DGها می تواند از کاهش تلفات تا کاهش در بارگیری فیدر متغیر باشد. بالا بردن بارپذیری مزیت دیگری است که DG می تواند به سیستم

مکان یابی بهینه تولید کننده ها را بیان کرده است. یک تکنیک جستجوی تکراری مرسوم همراه با روش نیوتن رافسون اجرا شده است.

در مرجع [۹] از روش برنامه نویسی عددی برای قرار دادن بهینه تنظیم کننده زاویه فاز ترستور کنترل شده برای ارتقای بارپذیری استفاده شده است. مکان ها و ظرفیت های منابع DG تأثیر عمیقی بر تلفات سیستم در شبکه توزیع دارد. در مرجع [۱۰] یک ترکیب جدید الگوریتم ژنتیک/ بهینه سازی PSO برای مکان و سایز بهینه DG در سیستم های توزیع بیان شده است. هدف حداقل سازی تلفات، تنظیم ولتاژ بهتر، بهبود پایداری ولتاژ در سیستم های توزیع است. مرجع [۱۱] بردارهای تناژات را برای رتبه بندی شین ها استفاده می کند و بهترین مکان را تنها برای یک نوع DG مثلاً ژنراتور سنکرون با ثابت نگه داشتن سایز آن انتخاب می کند.

اگرچه تاکنون به نصب منابع تولید پراکنده در راستای بهبود شاخص بارپذیری سیستم توزیع کمتر توجه شده است، در این تحقیق ما نشان می دهیم که قراردادن DG و جایابی بهینه آن، بارپذیری سیستم قدرت را به شکل قابل توجهی افزایش می دهد. همچنین تاکنون در کارهای انجام شده بار به طور ثابت فرض شده است، اما در این تحقیق رفتار تصادفی بار نیز در نظر گرفته خواهد شد و تأثیر آن مورد بررسی قرار میگیرد.

۲- تأثیر تکنولوژی های مختلف DG

۲-۱ DG با ژنراتور سنکرون

ژنراتورهای سنکرون مرسوم قادرند توان راکتیو را هم تولید کنند و هم جذب کنند. تولید محلی توان راکتیو، ورود آن از فیدر را کاهش میدهد، بنابراین تلفات ناشی از آن را نیز کاهش میدهد، و منحنی ولتاژ را بهبود میدهد. بعنوان یک نتیجه منطقی، امنیت ولتاژ نیز بهبود میابد. بکار بردن مبدل های خود هدایتگر بعنوان واسطه بین واحدهای DG با شبکه، کنترل سریع و دقیق اندازه و فاز ولتاژ خروجی را میسر میسازد. از اینرو، توان راکتیو میتواند بسته به مود کنترل تولید شود یا جذب شود. نظر به اینکه بطور معمول ضریب توان چنین مبدل هایی نزدیک به واحد است، هیچ توان راکتیوی به شبکه تزریق نمیشود، هرچند تأثیر کلی تولید پراکنده بر پایداری ولتاژ مثبت است. این به سبب منحنی ولتاژ بهبود یافته و نیز تلفات توان راکتیو کاهش یافته است، همانطور که رابطه زیر پیشنهاد میکند:

$$Q_{loss} = \frac{(P_{loss} - P_{DG})^2 + (Q_{loss} - Q_{DG})^2}{V^2} X_{line} \quad (1)$$

جایی که P_{DG} ، Q_{DG} ، P_{load} ، Q_{load} به ترتیب توان حقیقی و راکتیو بار و DG هستند و X_{line} مجموع راکتانس خط ارتباطی بار به پست تغذیه کننده است. [۱۳]

(GA) با روش هایی برای ارزیابی اثر DG در قابلیت اطمینان سیستم، تلفات و پروفایل ولتاژ حل شده است. تابع ارزیابی مناسب که GA را به جواب می رساند، ارتباط بین مزیت به دست آمده توسط نصب واحدهای DG و سرمایه گذاری و هزینه های عملیاتی به وجود آمده در نصبشان است. در مرجع [۴] هدف اصلی بررسی تأثیر DG بر بارپذیری شبکه های توزیع ولتاژ متوسط می باشد. بارپذیری در دو حالت ارزیابی شده است، بارگیری حداکثر برحسب حدود ولتاژ (VL) و بارگیری حداکثر بر حسب حدود پایداری ولتاژ (VSL). همچنین تأثیر تزریق توان راکتیو از DG روی تلفات سیستم بررسی شده است. روش پخش بار ادامه دار (CPF) بارپذیری را با توجه به دو حالت گفته شده ارزیابی کرده است.

مرجع [۵] یک روش برای دو نوع اصلی واحدهای DG - ماشین سنکرون و ماشین القایی - با هدف ارتقای بارپذیری سیستم توزیع را پیشنهاد می کند. روش پیشنهاد شده براساس مفهوم حاشیه توان راکتیو است. شین ها براساس حاشیه توان راکتیو رتبه بندی شده و با عنوان شین های قوی و شین های ضعیف برای یافتن مکان مناسب واحدهای DG گروه بندی شده اند. مرجع [۶] روشی برای جایابی بهینه واحدهای DG در شبکه های توزیع برای تضمین افزایش پروفایل ولتاژ، حداکثر کردن بارپذیری و کاهش تلفات سیستم توزیع را بیان می کند. اهداف این روش پیدا کردن پیکربندی، دربین یک مجموعه از اجزاء سیستم، با در نظر گرفتن بیان علت حدود پایداری است. نتایج نشان داده شده در مقاله حاکی از این است که فرمولاسیون پیشنهادی می تواند بهترین شین ها را که با اضافه کردن واحدهای تولید پراکنده کوچک می توان به خوبی پایداری ولتاژ کل سیستم را افزایش داد و ظرفیت انتقال قدرت را توسط کاهش تلفات توان سیستم بهبود بخشید تعیین کند

مرجع [۷] یک طرح ریزی ریز شبکه (MG) چند هدفه دو مرحله ای را در یک سیستم توزیع اولیه پیشنهاد می کند. در مرحله نخست، ناحیه بهینه برای ریز شبکه توسط ضریب حساسیت تلفات شناسایی شده است. در مرحله دوم یک الگوریتم ژنتیک رقم بندی (NSGA-II) برای تعیین محل ها و سایزهای یک تعداد مشخص از واحد های تولید پراکنده پیشنهاد شده است. یک تحلیل کننده تصمیم گیری فازی برای دست یابی به جواب بهینه نهایی استفاده شده است. نتایج آزمایش نشان می دهد که NSGA-II یک ابزار برنامه ریزی با دوام برای سیستم ریز شبکه کاربردی و همکاری مفید MG در بهبود کارایی سیستم توزیع است. با هر افزایش تقاضای مصرف برق و افزایش دسترسی آزاد به ویژه در محیط تجدید ساختار شده، ازدحام خط انتقال کاملاً مکرر است. برای حداکثر فایده و سبک کردن ازدحام، اندازه و موقعیت مناسب تولید کننده های پراکنده شدیداً لازم است. مرجع [۸] یک روش ساده اندازه و

۲-۲ DG با ژنراتور آسنکرون

یک ژنراتور آسنکرون دارای خصوصیات است که آنرا برای استفاده در DG بسیار مناسب می سازد. برخی از این خصوصیات عبارتند از: هزینه نسبتاً ارزان، نیاز به تعمیر و نگهداری ناچیز، بعلاوه این موتورهای قوی و نیرومند هستند. از طرف دیگر، وقتی مستقیماً به شبکه متصل شوند، این نوع DG همیشه توان راکتیو مصرف خواهد کرد بنابراین مسئله پایداری ولتاژ را حادث می کند. مصرف توان راکتیو ژنراتورهای آسنکرون توسط بانک خازنی موازی جبران می شوند؛ که به هر حال یک راه حل جزئی برای مسئله پایداری ولتاژ است، از اینرو که کاهش ولتاژ مقدار توان راکتیو تولیدی توسط بانک خازنی را کاهش خواهد داد، در هنگامی که مصرف توان راکتیو ژنراتور آسنکرون افزایش میابد. بنابراین، این خطر وجود دارد که به جای پشتیبانی شبکه در شرایط افت ولتاژ، ژنراتور آسنکرون ولتاژ شبکه را بیشتر تخریب کند. [۱۳]

۳- معرفی و بررسی شاخص های پیشنهادی

در راستای ارزیابی و بیان چگونگی مزایای تولید پراکنده، باید مدل های ریاضیاتی مناسب همراه با مدل های سیستم توزیع و محاسبات پخش بار برای رسیدن به شاخص های مزایا به کار گرفته شود. از میان مزایای بسیار، سه مزیت مهم تر در نظر گرفته شده است.

۱-۳ شاخص کاهش تلفات شبکه

یکی از فوایدی که از نصب DG به دست می آید کاهش در تلفات الکتریکی خط است. با نصب کردن DG، جریان های خط میتواند کاهش پیدا کند، بنابراین به کاهش تلفات الکتریکی خط کمک مینماید. تلفات توان حقیقی در یک سیستم به صورت زیر است که به طور عمومی بعنوان معادله تلفات دقیق نام برده شده است. [۱۲]

$$P_L = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n [\alpha_{ij}(P_i P_j + Q_i Q_j) + \beta_{ij}(Q_i P_j - P_i Q_j)] \quad (2)$$

$$\beta_{ij} = \frac{r_{ij}}{v_i v_j} \sin(\delta_i - \delta_j), \quad \alpha_{ij} = \frac{r_{ij}}{v_i v_j} \cos(\delta_i - \delta_j)$$

و $\mathbf{r}_{ij} + j\mathbf{x}_{ij} = \mathbf{Z}_{ij}$ همان های ماتریس Z_{bus} هستند.

شاخص کاهش تلفات شبکه پیشنهادی به صورت زیر تعریف میشود:

$$NLRI = \frac{NL_{W DG}}{NL_{W_0 DG}} \quad (3)$$

که $NL_{W DG}$ تلفات کل شبکه با بکارگیری DG است و $NL_{W_0 DG}$ تلفات کل شبکه بدون استفاده از DG میباشد که میتواند به صورت زیر بیان شود:

$$NL_{W DG} = 3 \sum_{i=1}^M I_i^2 R_i D_i \quad (4)$$

که I_i جریان پریونیت خط در خط توزیع i با بکارگیری DG میباشد، R_i مقاومت خط (pu/km)، D_i طول خط توزیع (km)، و M تعداد خطوط در سیستم میباشد. به طور مشابه $NL_{W_0 DG}$ به صورت زیر بیان میشود:

$$NL_{W_0 DG} = 3 \sum_{i=1}^M I_i^2 R_i D_i \quad (5)$$

این شاخص میتواند برای مشخص کردن بهترین مکان جهت نصب DG در راستای حداکثر سازی کاهش تلفات خط استفاده شود. مقدار کمینه NLRI دلالت بر بهترین مکان DG از نظر کاهش تلفات خط دارد.

۲-۳ شاخص بهبود منحنی ولتاژ

با توجه به مسائل گفته شده، استفاده از DG، ولتاژ بهبود یافته در شین های گوناگون را نتیجه میدهد. همانطور که قبلاً نیز اشاره شده است، یکی از مشکلات قابل توجه در شبکه های توزیع مسئله نامناسب بودن پروفیل ولتاژ میباشد. تأثیر واحدهای تولید پراکنده بر روی تنظیم ولتاژ میتواند مثبت و یا منفی باشد و این امر بستگی به سیستم توزیع، مشخصات واحدهای تولید پراکنده و نیز مکان نصب آنها دارد. از آنجایی که ولتاژ یکی از مهمترین معیارها از نقطه نظر کیفیت توان در ارائه خدمات توسط شرکت های برق میباشد، بنابراین در سالهای اخیر، با حضور واحدهای تولید پراکنده در شبکه های توزیع، توجه زیادی به بررسی اثر این واحدها بر روی ولتاژ صورت گرفته است. [۱۵، ۱۴]

شاخص ارتقای منحنی ولتاژ (VPEI) چگونگی بهبود در منحنی ولتاژ (VP) با وجود DG را مشخص میکند. [۱۶] که به این صورت بیان میشود:

$$VPEI = \frac{VP_{W DG}}{VP_{W_0 DG}} \quad (6)$$

بر اساس این تعریف، این جنبه ها وجود دارند: اگر $VPEI < 1$ ، هیچ منفعتی ندارد، اگر $VPEI = 1$ ، هیچ اثری بر منحنی ولتاژ سیستم ندارد، اگر $VPEI > 1$ ، DG منحنی ولتاژ سیستم را بهبود داده است. بیان عمومی برای VP به صورت زیر است:

$$VP = \sum_{i=1}^N V_i L_i K_i \quad (7)$$

جاییکه $\sum_{i=1}^N K_i = 1$ ، V_i اندازه ولتاژ در شین i برحسب پریونیت است، L_i بار بیان شده به صورت توان مختلط شین در شین i برحسب پریونیت است، K_i ضریب وزن برای شین i است، و N تعداد کل شین

$$BW_{VPE} + BW_{NLR} + BW_{LTAP} = 1 \quad (11)$$

که BW_{VPE} ، BW_{NLR} و BW_{LTAP} به ترتیب ضرایب وزن شاخص بهبود منحنی ولتاژ، شاخص کاهش تلفات خط و شاخص افزایش ظرفیت خط هستند. در راستای اعمال الگوریتم ژنتیک در تخصیص واحدهای توان محلی، اشاره به چند نکته در تابع هدف ضروری است: تلفات شبکه باید کاهش یابد و ولتاژ شین های شبکه باید بهبود یابد. P_{LOSS} بدین صورت محاسبه میگردد:

$$P_{LOSS} = \sum_{i=1}^n P_{Gi} - \sum_{i=1}^n P_{Ci} \quad (12)$$

که n تعداد شین های شبکه، P_{Gi} توان تولیدی در شین i ، P_{Ci} توان مصرفی در شین i ، و P_{LOSS} تلفات اکتیو شبکه میباشد.

۲-۴ قیود مسئله

۱-۲-۴ محدوده ولتاژ شین

چنانچه ولتاژ شین از یک حد بیشتر یا کمتر باشد کیفیت توان کاهش میابد و ممکن است به مصرف کننده ها صدماتی وارد آید. از اینرو ولتاژ شین های مختلف شبکه باید در بازه نرمال باشند.

$$V_{imin} < V_i < V_{imax}$$

۲-۲-۴ محدوده تولید توان حقیقی و راکتیو

یکی دیگر از قیودی که باید مدنظر قرار گیرد توان اکتیو و راکتیو تولیدی در نیروگاه است، که به صورت زیر بیان میگردد:

$$PG_{i \max} < PG_i < PG_{i \min}$$

$$QG_{i \max} < QG_i < QG_{i \min}$$

۳-۲-۴ محدوده جریان عبوری از خطوط

در طراحی سیستم توزیع خطوط بین شین ها دارای ظرفیت مشخصی هستند. S_{ij} نشان دهنده توان عبوری خط بین شین i و شین j میباشد. که نباید از حداکثر توان قابل عبور تجاوز کند.

$$S_{Gij} < S_{ij \max}$$

۳-۴ مکانیابی DG با استفاده از GA

روش جستجوی الگوریتم ژنتیک براساس انتخاب طبیعی و مکانیزم ژنتیک است. الگوریتم ژنتیک در موارد مختلف نسبت به روش های مرسوم بهینه سازی همچون روش های گرادیان، و برنامه نویسی خطی متفاوت است.

با مجموعه ای از پارامترهای رمز شده کار میکند.

شروع آن از یک مجموعه موازی نقاط به جای یک نقطه است و احتمال رسیدن به نقطه بهینه اشتباه، کم است.

ها در سیستم توزیع است. ضرایب وزن بر اساس اهمیت و بحرانی بودن بارهای مختلف انتخاب میشوند.

۳-۳ شاخص بهبود بارپذیری شبکه

مزیت دیگر DG کاهش انتقال توان های اکتیو و راکتیو، افزایش ظرفیت خطوط، و جلوگیری از ساخت و گسترش خطوط و امکانات دیگر از قبیل پست های توزیع و انتقال است که هزینه ها را کاهش می دهد، شاخص بهبود توان ظاهری انتقالی خط یا همان شاخص بهبود بارپذیری به صورت زیر بیان می شود:

$$LTAPII = \frac{LTAP_{W DG}}{LTAP_{W no DG}} \quad (8)$$

بر اساس این تعریف، این جنبه ها وجود دارند:

اگر $LTAPII > 1$ ، DG هیچ مزیتی ندارد،

اگر $LTAPII = 1$ ، DG هیچ اثری بر توان های اکتیو و راکتیو انتقالی سیستم ندارد،

اگر $LTAPII < 1$ ، DG مؤثر بوده است.

در جایکه $LTAP_{W DG}$ و $LTAP_{W no DG}$ به ترتیب توان کل انتقالی خط بدون DG و با DG است.

$$LTAP = \sum_{i=1}^n I_i \cdot V_i \quad (9)$$

V_i اندازه ولتاژ در شین i برحسب پرینیت، I_i جریان خط پرینیت در خط توزیع i با بکارگیری DG و بدون DG میباشد.

۴- روش پیشنهادی: استفاده از نصب DG برای ارتقای

بارپذیری

همانطور که اشاره گردید، نصب DG میتواند پارامترهای مختلف خط را بهبود دهد که یکی از مهمترین آنها بهبود بارپذیری است، برای این منظور محل نصب DG باید در بهترین شین باشد. در این تحقیق برای مکانیابی DG از یک روش الگوریتم ژنتیک استفاده شده است.

۱-۴ انتخاب تابع هدف

روش پیشنهادی معطوف به حداقل سازی تابع هدفی ترکیبی است که برای کاهش تلفات توان، بهبود منحنی ولتاژ و نیز افزایش کارایی بارپذیری سیستم با جایابی بهینه تولیدات پراکنده طراحی شده است. تابع هدف اصلی به صورت زیر تعریف میشود:

$$(10)$$

$$BI = - \left((BW_{VPE}) \cdot (VPEI) + \left(\frac{BW_{NLR}}{NLR} \right) + (BW_{LTAP}) \cdot (LTAPII) \right)$$

BI یک شاخص مختلط، در راستای بیان چگونگی برخی از مزایای DG است.

در ادامه ترکیب جواب‌ها بررسی خواهد شد. تعداد تکرار در هر مرحله در راستای نمایش این که ما به جواب‌های مشابه رسیده ایم یا نه بررسی شده است، اگر به جواب مناسب دست نیافتیم الگوریتم به مرحله دوم برمیگردد، در غیر این صورت الگوریتم پایان می‌یابد. [۱۷]

۵- مدل‌سازی رفتار تصادفی بار

افزایش کاربرد منابع انرژی تجدید پذیر، همچنین دسته بندی نکردن خدمات ترکیب شده پیشین چالش‌های جدیدی را برای بهره برداری شبکه مطرح میکند. درعین حال همانطور که الگوهای پخش بار غیرقابل پیش بینی تر میشوند، ضرورت بهره برداری از شبکه، نزدیک تر به محدوده هایش، ما را به سمت نیاز به رویکردهای مناسب تر برای مواجهه با نا معینی‌ها در استفاده از شبکه هدایت میکند. روش‌های محاسبه پخش بار قطعی (DLF) گذشته قادر نیستند از عهده نامعینی‌ها برآیند و فقط میتوانند برای حدود بسیار نزدیک به کار روند.

برای شبکه‌هایی با ساختار و پارامترهای خط ثابت و مجموعه‌ای از مقادیر احتمالی بارهای نقاط، مسئله یافتن مجموعه‌ای از مقادیر متناظر جریان‌های شاخه‌هاست. لزوم مواجهه با چنین مسائلی از نامعینی در داده‌های بار نشأت میگیرد. نامعینی میتواند به عنوان مثال به دلایل زیر باشد:

خطا در اندازه‌گیری یا عدم دقت در پیش‌بینی، بارها در محدوده‌های معین شناخته شده یا در نظر گرفته شده باشند، قطع برق برنامه‌ریزی نشده.

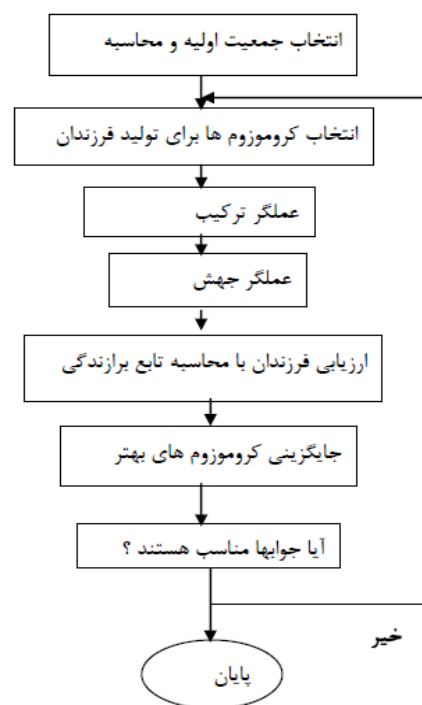
به عنوان یک واکنش به این کاستی، حوزه پخش بار احتمالی (PLF) رشد و نمو کرده است. هدف اصلی PLF محاسبه احتمال حالات عملیاتی شبکه از احتمال یک منحنی معین مورد استفاده شبکه میباشد. به طور کلی دو نوع اصلی از الگوریتم‌های PLF میتوانند مشخص شوند. نوع نخست استفاده از محاسبه پخش بار سنتی برای یک مجموعه منتخب از منحنی‌های معمول شبکه را ایجاد میکند. حالت محاسبه شده شبکه همراه با احتمال سرتاسر منحنی معمول شبکه استفاده شده است. به دلیل پیچیدگی‌های محاسباتی، روش‌های مونت-کارلو برای پیدا کردن یک نتیجه تقریبی برای احتمالات پخش بار در یک حجم زمانی معقول مورد استفاده قرار میگیرد. نوع دوم براساس یک تحلیل شبکه اصولی است که در راستای پیدا کردن یک مدل به استفاده از تکنیک‌های حلقه‌ای اجازه میدهد. بیشتر این روش‌ها از یک خطی سازی معادله پخش بار در یک نقطه گسترش معین استفاده میکنند. [۱۸]

یک راه عملی برای غلبه بر مشکلات، انتخاب یک تعداد محدود از تغییرات بارهاست. اغلب این به صورت دلخواه انجام میشود. نتایج بر اساس اطلاعات جزئی و ناتمام هستند و به دیگر سخن، آنها غیر دقیق

از داده‌های اصلی تابع هدف استفاده میکند.

استفاده از GA برای قراردادن DG که فلوچارت آن در شکل ۱ نشان داده شده است نیازمند تعیین ۶ مرحله است، به صورتی که در زیر گفته میشود:

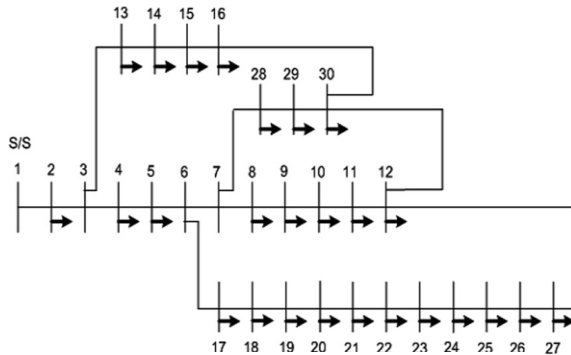
- برای نصب DG، جمعیت ابتدایی، مکان‌های پیشنهادی اولیه هستند.
- در مرحله انتخاب، نیمی از کروموزوم‌ها که هزینه‌های پایین‌تری دارند (کروموزوم‌های بهتر) باید برای تولید نسل خود انتخاب بشوند.
- در مرحله آمیزش، ترکیب والدین برای ایجاد فرزندان انجام شده است. در این مرحله، برای هر دو والد منتخب ما دو فرزند خواهیم داشت.
- در مرحله جهش جمعیت ساخته شده جدید که شامل والدین و فرزندان است، جهش یافته‌اند.
- در این مرحله ممکن است طراحی‌هایی که هزینه پایین‌تری در مقایسه با کروموزوم‌های اولیه دارند ایجاد شده باشد.
- در مرحله جایجایی، کروموزوم‌های با پایین‌ترین هزینه به عنوان بهترین کروموزوم انتخاب شده‌اند.



شکل ۱: فلوچارت الگوریتم ژنتیک مورد استفاده

گرفته در نقطه ۱ تغذیه میشوند. بارهای متعلق به یک قسمت در انتهای هر قسمت جای گرفته اند. این سیستم دارای ۳۰ بار با مجموع ۴.۴۳ مگاوات توان اکتیو و ۲.۷۲ مگاوار توان راکتیو است. [۱۱]

Vbase= 6.5KV , Sbase = 10MVA



شکل ۳: سیستم توزیع ۳۰ شینه IEEE [۱۱]

۲-۶ شبیه سازی

با توجه به بخش ۳-۴ تعداد جمعیت اولیه، نرخ جهش و تعداد تکرار در الگوریتم ژنتیک به ترتیب ۲۰، ۰.۱ و ۱۰۰ در نظر گرفته شده است. در شبیه سازی مشاهده گردید که مقادیر مذکور مناسب هستند. برای تحلیل و بررسی رویکرد پیشنهادی بر بارپذیری دو سناریو در نظر گرفته شده است، و با استفاده از نرم افزار متلب انجام شده است. در سناریوی اول بار شین ها ثابت و بدون تغییر است و در سه حالت نتایج بررسی شده است:

۱- استفاده از یک DG از نوع IG (تنها توان اکتیو تزریق میکند)

۲- استفاده از یک DG از نوع SG (هم توان اکتیو و هم توان راکتیو تزریق میکند)

۳- استفاده از سه DG از نوع SG.

در سناریوی دوم حجم بار مصرفی شبکه در طول ساعات مختلف، تغییر میکند و نیز بار شین های شبکه به صورت تصادفی تغییر میکند. و بارپذیری در شرایط گفته شده در بالا مورد بررسی قرار گرفته است و دو حالت وجود دارد:

۱- استفاده از یک DG از نوع SG.

۲- استفاده از سه DG از نوع SG.

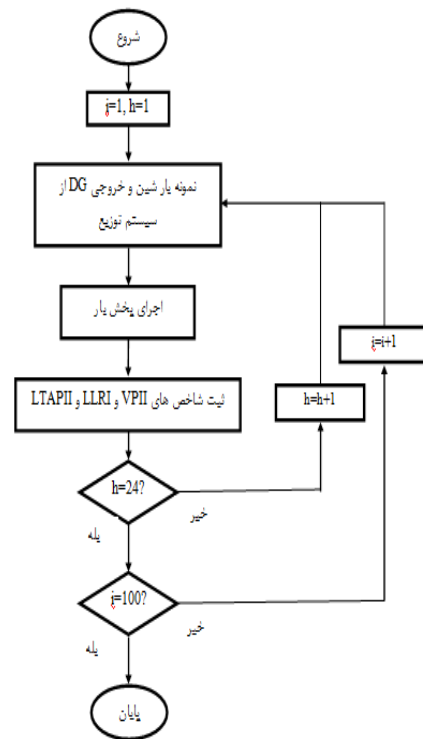
۳-۶ تحلیل نتایج

در ابتدا نتایج مربوط به حالت بار ثابت را بررسی میکنیم. در این حالت، ظرفیت IG ۳ مگاوات، ظرفیت SG ۳ مگاوات و ۱.۵ مگاوار است، و هنگامی که از سه SG استفاده شده، ظرفیت هر SG ۱.۲۵ مگاوات و ۰.۷۵ مگاوار بوده است. محل نصب DG شین شماره ۲۱ است، و

هستند و شامل اندازه گیری های احتمالی نیستند. ممکن است جواب دست بالا یا دست پایین گرفته شود و به سمت تصمیم گیری اشتباه هدایت کند. [۱۹]

در روش ارائه شده، تأثیر تغییرات بارهای شین در طول زمان توسط استفاده از یک رویکرد شبیه سازی تصادفی شامل گردیده است. انواع مختلف توزیع میتواند انتخاب شود. نامعینی بارهای شین به صورت ساعتی میتواند توسط پخش های نرمال و با توجه به انحراف میانگین و استاندارد برای مشخص کردن سطح تغییرات مدل شود. [۲۰]

شکل ۲ فرآیند شبیه سازی احتمالی پیشنهادی را نشان میدهد. برای هر وضعیت فیدر، داده های مورد نیاز تزریقی شین برای تعداد یکصد شبیه سازی پخش بار ($i=1\sim 100$) به طور تصادفی از توزیع های مربوط به خودشان برای هر شین و هر ساعت ($h=1\sim 24$) انتخاب شده اند. تعداد شرایط عملیاتی شبیه سازی شده (i) میتواند برای پوشش شرایط عملیاتی بیشتر افزوده شود.



شکل ۲: فلوجارت پخش بار تصادفی

۶-۱ شبیه سازی و تحلیل نتایج

۱-۶ سیستم توزیع

سیستم توزیع مورد استفاده در این تحقیق در شکل ۳ نشان داده شده است. که یک سیستم متقارن سه فاز است و از ۳۰ نقطه و ۳۲ قسمت تشکیل شده است. فرض شده است که همه بارها از پست قرار

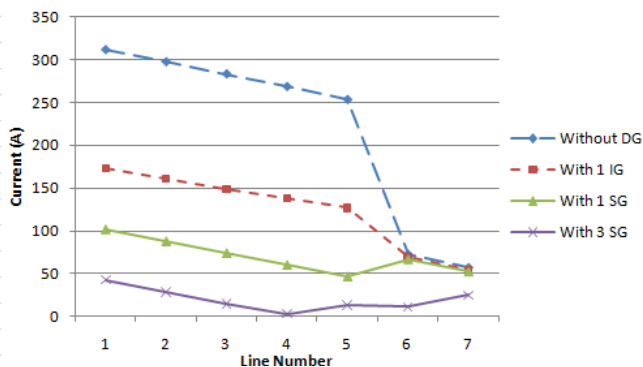
هنگامی که از سه DG استفاده شده، شین های ۸، ۱۹ و ۲۴ به دست آمده است.

همانطور که در شکل های ۴ و ۵ نمایش داده شده است، مشاهده میشود که هنگامی که از DG در شبکه توزیع استفاده شده است، به نتایج خوبی دست یافته ایم. شکل ۵ مقایسه جریان خطوط در حالت های مختلف استفاده از DG و عدم استفاده از DG را نشان میدهد. با توجه به این شکل در زمانی که از DG استفاده شده است، جریان خطوط بسیار کاهش یافته است، و نیز تأثیر SG از IG بیشتر میباشد. واضح است که هرگاه از سه SG استفاده شده است، این اثر بیشتر بوده است.

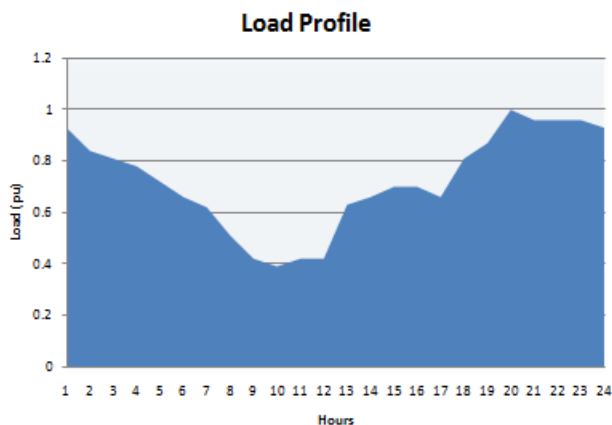
شکل ۴ پروفیل ولتاژ را در حالات مختلف استفاده از DG نمایش میدهد. که بهبود پروفیل ولتاژ شبکه را شاهد هستیم. همچنین جدول ۱ مقادیر مورد مطالعه که به ترتیب تلفات توان های اکتیو و راکتیو، شاخص بارپذیری (LTAPI) و تنظیم ولتاژ را نشان میدهد. همانطور که مشخص است تمام پارامترها هنگامی که از سه SG استفاده شده است، بهبود بیشتری پیدا کرده اند.

جدول ۱: مقادیر مورد مطالعه شبکه در حالت بار ثابت

مورد مطالعه	محل نصب DG	تلفات اکتیو (KW)	تلفات راکتیو (KVAR)	LTAPI	%VR
بدون DG	-	۱۷۰.۹	۲۴۷.۳	۱	۲۵.۹۳
یک DG با تزریق توان حقیقی	۲۱	۶۲	۷۶.۳	۰.۵۳۹۳	۱۱.۲۱
یک DG با تزریق توان حقیقی و راکتیو	۲۱	۲۷.۸	۱۷.۵	۰.۲۵۶۴	۴.۸
سه DG	۸-۱۹-۲۴	۵.۱	۱.۶	۰.۰۸۷۴	۲.۰۲

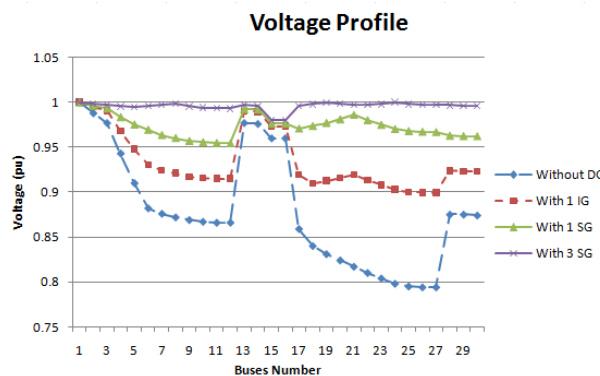


شکل ۵: نمودار جریان خطوط ۱ تا ۷ در حالت بار ثابت

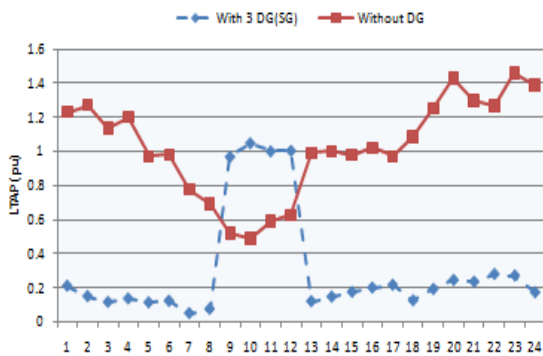


شکل ۶: منحنی بار ساعتی شبکه

همانطور که در بخش ۵ گفته شد، در شرایط بار تصادفی، علاوه بر اینکه بار شین ها به طور تصادفی تغییر میکنند، بار مصرفی شبکه نیز در طول زمان تغییر میکند. که در شکل ۶ نشان داده شده است. شکل های ۷ الی ۹ به ترتیب توان ظاهری انتقالی، تنظیم ولتاژ و مقدار کاهش تلفات در زمانی که از یک DG استفاده شده است را نشان میدهد، و شکل های ۱۰ الی ۱۲ مربوط به زمانی است که سه DG به شبکه متصل است و تماماً در شرایط بار تصادفی اند. همانطور که در این اشکال مشاهده میشود، در تمام ساعات تنظیم ولتاژ بهبود یافته است، در مورد توان ظاهری انتقالی خط و کاهش تلفات اکتیو و راکتیو، به جز ساعاتی که توان مصرفی شبکه خیلی کم است، در ساعات دیگر همچون شرایط بار ثابت، نتایج بهبود پیدا کرده اند. یعنی تأثیر DG بر بارپذیری و دیگر پارامترهای مورد مطالعه مثبت بوده است، مگر در ساعات اندکی که بار شبکه کم است و تلفات افزایش یافته است. دلیل برای تلفات بیشتر میتواند به این صورت بیان شود که سیستم توزیع در ابتدا به

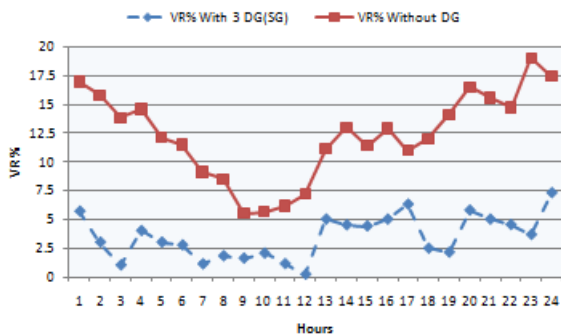


شکل ۴: بهبود منحنی ولتاژ شبکه در حالت بار ثابت



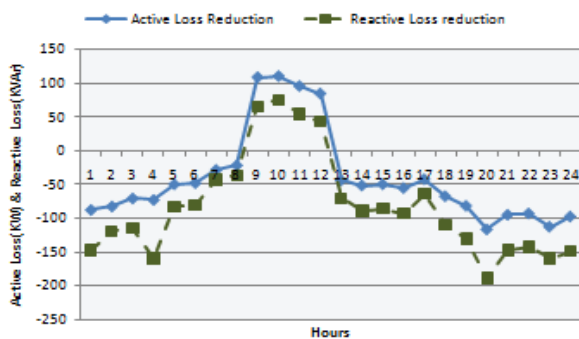
شکل ۱۰: توان ظاهری انتقالی خط در شرایط بار تصادفی و استفاده از سه DG

Voltage Regulation Improvement



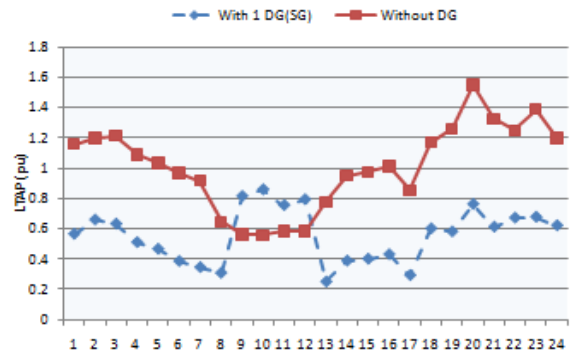
شکل ۱۱: تنظیم ولتاژ در شرایط بار تصادفی و استفاده از یک DG

Losses Reduction



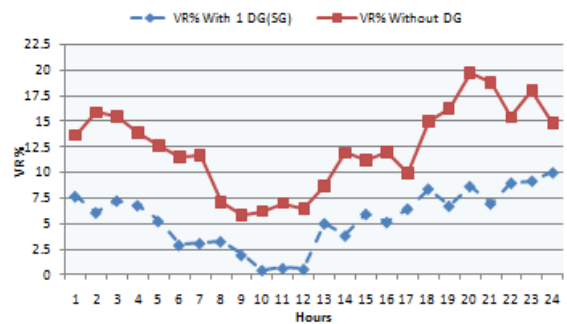
شکل ۱۲: حجم کاهش تلفات در شرایط بار تصادفی و استفاده از یک DG

شکلی طراحی شده است که توان از سمت فرستنده به سمت بار جاری شود، سائز هادی ها از پست توزیع تا نقطه مصرف به تدریج کاهش یافته اند. بنابراین بدون تقویت سیستم، استفاده از DG با ظرفیت بالا ما را به سمت جاری شدن توان بیش از اندازه از طریق هادی های سائز پایین هدایت خواهد کرد و از اینرو تلفات بیشتر را نتیجه میدهد.



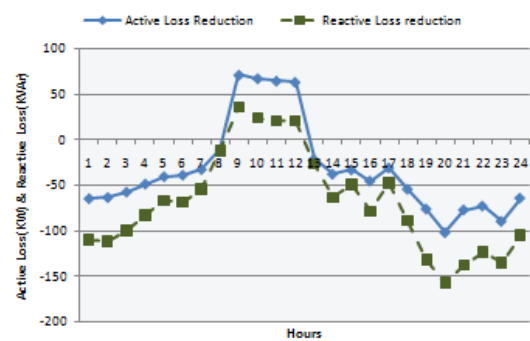
شکل ۷: توان ظاهری انتقالی خط در شرایط بار تصادفی و استفاده از یک DG

Voltage Regulation Improvement



شکل ۸: تنظیم ولتاژ در شرایط بار تصادفی و استفاده از یک DG

Losses Reduction



شکل ۹: حجم کاهش تلفات در شرایط بار تصادفی و استفاده از یک DG

- by Optimal Placement of Distribution Generator”, Distributed Generation & Alternative Energy Journal, Vol 27, 2012
- [7] K. Buayai, W. Ongsakul, N. Mithulananthan, “Multi-objective micro-grid planning by NSGA-II in primary distribution system”, European Transactions On Electrical Power, pp. 170-187, 2011
- [8] Sudipta Ghosh, S.P. Ghoshal, Saradindu Ghosh “Optimal sizing and placement of distributed generation in a network system”, Electrical Power and Energy Systems, 2010
- [9] Kumar, A, Parida, S., Srivastava, S.c., and Singh, S.N., “Enhancement of Power System Loadability with Optimal Location of TCPAR in Competitive Electricity Market Using MILP”, International Conference on Power System, Kathmandu, Nepal, pp. 705-710, 2004.
- [10] M.H. Moradi, M. Abedini, “A combination of genetic algorithm and particle swarm optimization for optimal DG location and sizing in distribution systems”, Electrical Power and Energy Systems, pp. 66- 74, 2012
- [11] N. Mithulananthan and T. Oo, "Distributed Generator Placement to Maximize the Loadability of Distribution System " IJEEE vol. 43, pp. 107-118, April 2006.
- [12] N. Acharya, P. Mahat, and N. Mithulananthan, "An analytical approach for DG allocation in primary distribution network," International Journal of Electrical Power & Energy Systems, vol. 28, pp. 669-678, 2006.
- [13] H.Hedayati, S.A.Nabaviniaki and A.Akbarimajd, “A Method for Placement of DG Units in Distribution Networks”, Power Delivery IEEE Transactions on, Vol. 23, pp. 1620-1628, 2008.
- [14] Kojovic, “Impact of DG on Voltage Regulation”, Proc. 2002 IEEE/PES Summer Meeting Chicago, IL, July 21-25, 2002.
- [15] P.P.Barker and R.W.de ello, “Determining the Impact of Distributed Generation on Power System: Part 1-Radial Distribution System”, Proc, 2000 IEEE/PES Summer Meeting, Vancouver, BC, July 15-19,2001.
- [16] Thomas Ackermann, Goran Andersson and Lennart Soder, “Distributed Generation: a Definition”, Electric Power System Research 57, pp. 195-204, 2001
- [17] Mohammad javadi, 2008, Genetic Algorithm, MS thesis, Imam Hossein University, Tehran, Iran.
- [18] J.Schwippe, O.Krause, C.Rehtanz, “Probabilistic Load Flow Calculation Based on an Enhanced Convolution Technique” , IEEE Bucharest Power Tech Conference, 2009.
- [19] Barbara Borkowska, “Probabilistic Load Flow”, Power Apparatus and Systems, IEEE Transactions on, Vol. 93, pp. 752-759, 1974.
- [20] Sheng-Yi Su, Chan-Nan Lu, Rung-Fang Chang and Guillermo Gutierrez, “Distributed Generation Interconnection Planning: A Wind Power Case Study”, IEEE Transactions on Smart Grid, Vol. 2, No.1, March 2011.

۷- نتیجه گیری

- نتایج شبیه سازی برای شرایط بار ثابت نشان داد که نصب DG تأثیر مثبت بر بهبود بارپذیری سیستم توزیع خواهد داشت. همچنین در شرایط بار تصادفی نیز اثرات مثبت و قابل قبولی داشت.
- دیگر نتایجی که از شبیه سازی ها به دست آمده اند، عبارتند از:
- ۱- بکارگیری DG در سیستم توزیع باعث کاهش توان انتقالی در خطوط توزیع میگردد.
 - ۲- DG می تواند منحنی ولتاژ را بهبود، تلفات الکتریکی خطوط را کاهش و در نتیجه بارپذیری را افزایش دهد.
 - ۳- به منظور استفاده بهینه از منابع DG ضروری است که دو عامل اندازه و مکان DG به دقت در نظر گرفته شود.
 - ۴- با توجه به نتایج، استفاده از DG در مکان های مختلف نسبت به یک مکان نتایج بهتری را بر روی بارپذیری نشان میدهد.
 - ۵- با توجه به نتایج، استفاده از DG با توانایی تولید هر دو نوع توان (SG) نسبت به استفاده از DG با توانایی تولید توان اکتیو (IG) تأثیر بیشتری بر بهبود بارپذیری دارد.
 - ۶- در حالت بار تصادفی و استفاده از روش پیشنهادی، اگر تعداد DGهای نصب شده بیشتر از یک DG باشد، نتیجه مطلوب تری به دست میاید.

۸- مراجع

- [1] Lomi, Nguyen Cong Hien, Mithulananthan N. “Application of Distributed Generation to Enhance Loadability of Distribution System, A Case Study” [Sustainable Alternative Energy \(SAE\), 2009 IEEE PES/IAS Conference on](#), pp.1-7, 2009
- [2] Nasser G.A. Hemdan , Michael Kurrat “Efficient integration of distributed generation for meeting the increased load demand” Elsevier, Electrical Power and Energy Systems, Vol 33, pp. 1572–1583, 2011
- [3] Carmen L.T. Borges, Djalma M. Falcao “Optimal distributed generation allocation for reliability, losses, and voltage improvement” Elsevier, Electrical Power and Energy Systems, Vol 28, pp. 413–420, 2006
- [4] Nasser G. A. Hemdan, Michael Kurrat, “Loadability Aspects For Medium Voltage Distribution Networks With Integration Of Decentralized Generation” International Journal of Distributed Energy Resources, Vol 5 Number 3, pp. 187 – 200, 2009
- [5] Tareq Aziz, T. K. Saha, N. Mithulananthan, “Distributed Generators Placement for Loadability Enhancement based on Reactive Power Margin” 9th International Power and Energy Conference, IPEC 2010, pp. 740 – 745, 2010
- [6] K. Nagaraju, S. Sivanagaraju, T. Ramana, V. Ganesh, “Enhancement of Voltage Stability in Distribution Systems