Vol. 3, No. 9, Jan-Mar 2024,(53-74)
Journal of New Achievements in Electrical, Computer and Technology (JNAECT)
مجله دستاوردهای نوین در برق،کامپیوتر و فناوری
دوره ۳، شماره ۹، زمستان ۱۴۰۲ (۷۴-۵۳)
journal homepage: https://jnaect.ir

جایابی بهینه منابع پراکنده با هدف کاهش تلفات توان در شبکه قدرت

سید اسماعیل زارع [1] ، مریم کازرونی [2]

[1] دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی واحد زرقان،فارس،ایران
[2] استادیاردانشگاه آزاداسلامی واحد زرقان،فارس،ایران(kazeroonimaryam@yahoo.com)

چکیده

برای نصب منابع پراکنده در یک شبکه باید عوامل و پارامترهای مختلفی را در نظر گرفته شود. یکی از پارامترهای مهم در نصب منابع پراکنده، کاهش تلفات توان در شبکه است. به عبارت دیگر باید این نیروگاه‌ها به گونه‌ای نصب شوند که ضمن تامین انرژی مورد نیاز شبکه، تلفات در شبکه نیز کاهش یابد. در این تحقیق یک مسئله دو هدفه تعریف می‌شود که هدف اول آن کاهش تلفات شبکه و هدف دوم آن بهبود قابلیت اطمینان شبکه است. معیارهای مختلفی برای تعریف قابلیت اطمینان در شبکه تعریف شده است که در این تحقیق، از معیار LOLP استفاده خواهد شد. نوآوری دیگری که در این تحقیق در نظر گرفته شده است، استفاده از منابع ذخیره ساز انرژی است. در این تحقیق از داده های مربوط به شهرک اکباتان تهران به جای استفاده از داده‌های شبکه‌های تست IEEE استفاده می‌شود. نتیجه نشان می دهد که با تخصیص تعداد DG و باتری در شبکه برق و استفاده از برنامه پاسخگویی به تقاضا، می توانیم تلفات برق را مدیریت کنیم و قابلیت اطمینان شبکه برق را بهبود بخشیم.

واژه‌های کلیدی: منابع پراکنده، شبکه قدرت، منابع ذخیره ساز انرژی، تلفات توان

.

1. مقدمه

شبکه‌های توزیعی دارای تعداد بسیار زیادی مصرف کننده هستند که این مصرف کننده‌ها در فواصل دور از هم قرار گرفته‌اند. در شبکه‌های قدرت متعارف، انرژی الکتریکی مورد نیاز این مصرف کننده‌ها توسط یک یا چند نیروگاه بزرگ تامین می‌شود که فاصله‌ی این نیروگاه‌ها از مصرف کنندگان زیاد است. این فاصله‌ی زیاد سبب می‌شود که بخش زیادی از انرژی در حین انتقال تلف شود. اگرچه یکی از روش‌ها برای بهبوده کارایی شبکه استفاده از کابل‌های انتقال با کیفیت بالاست اما همچنان تلفات شبکه اجتناب ناپذیر است. از این رو در سال‌های اخیر استفاده از نیروگاه‌های کوچک در شبکه مورد توجه محققان قرار گرفته است. این نیروگاه‌های کوچک نیروگاه‌هایی هستند که در شبکه پخش یا پراکنده شده اند به همین دلیل به آنها منابع پراکنده گفته می‌شود. منابع پراکنده نیروگاه‌های کوچکی هستند که در نزدیکی بارهای و باسهای مختلف در شبکه نصب می‌شود. منابع پراکنده دارای انواع مختلفی هستند. برخی از این منابع پراکنده شامل نیروگاه‌های تجدیدپذیر مانند نیروگاه‌های بادی و خورشیدی هستند و برخی دیگر نیز شامل نیروگاه‌های فسیلی مانند دیزل ژنراتورها می‌باشند [1].

انتخاب نوع منابع پراکنده به عوامل مختلفی مانند شرایط محیطی، نوع بار و غیره بستگی دارد. در منابع تجدیدپذیر، انرژی تولیدی در نیروگاه تنها در ساعات مختلفی از شبانه روز قابل دستیابی است و معمولا نیز انرژی تولیدی آن ثابت نیست. به طور مثال در یک نیروگاه خورشیدی انرژی تولیدی تابعی از شدت تابش خورشید و دمای محیط است. نیروگاه‌های فسیلی این مزیت را دارند که انرژی ثابت در شبانه روز تامین می‌کنند اما به دلیل هزینه‌ی انرژی‌های فسیلی و چالش های زیست محیطی، استفاده از آن در حال کاهش می‌باشد. صرف نظر از نوع نیروگاه، انتخاب مکان بهینه‌ی آن در شبکه از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است [2].

برای نصب منابع پراکنده در یک شبکه باید عوامل و پارامترهای مختلفی را در نظر گرفته شود. یکی از پارامترهای مهم در نصب منابع پراکنده، کاهش تلفات توان در شبکه است. به عبارت دیگر باید این نیروگاه‌ها به گونه‌ای نصب شوند که ضمن تامین انرژی مورد نیاز شبکه، تلفات در شبکه نیز کاهش یابد. از این رو نیاز است که مسئله‌ی بهینه‌سازی تعریف شود که هدف آن به حداقل رساندن تلفات شبکه باشد و متغیر این مسئله‌ی بهینه‌سازی نیز محل نصب بهینه نیروگاه می‌باشد. همچنین باید مسئله به گونه‌ای تعریف شود که ظرفیت نیروگاه نیز توسط مسئله مشخص گردد. به عبارت دیگر، کاهش تلفات با مسئله‌ی بهینه‌سازی شامل تعریف اندازه و مکان نصب منابع پراکنده در شبکه می‌باشد [2].

اگرچه هدف ما کاهش تلفات توان در شبکه است، اما در طراحی نیروگاه باید به مسائل قابلیت اطمینان نیز توجه شود. به عبارت دیگر نصب منابع پراکنده با هر ظرفیت دلخواه و در هر باسی ممکن است سبب کاهش تلفات در شبکه شود اما قابلیت اطمینان نیز به طور مجزا تعریف شود. بنابراین نیاز است تا مسئله‌ی بهینه‌سازی به دنبال حداکثر کردن قابلیت اطمینان در شبکه نیز باشد. از این رو ما یک مسئله‌ی بهینه‌سازی چند هدف با هدف

مینیمم کردن تلفات توان و حداکثر کردن قابلیت اطمینان در شبکه تعریف خواهیم کرد. این مسئله‌ی پیشنهادی با الهام از مقالات و مطالعات گوناگون ارائه می‌شود.

پس از تعریف مسئله‌ی پیشنهادی باید از الگوریتم‌های بهینه‌سازی برای حل آن استفاده شود. الگوریتم‌های بهینه‌سازی مختلفی توسط محققان توسعه داده شده‌اند. یکی از الگوریتم‌های کارآمد الگوریتم ازدحام ذرات معلق است که در کارایی آن در مسائل فنی اثبات شده است. بنابراین استفاده از این مسئله این مزیت را دارد که از یک الگوریتم کارآمد و موثر برای حل مسئله‌ی بهینه سازی چند هدف استفاده می‌شود. با این وجود در سال‌های اخیر راهکارهایی برای بهبود عملکرد الگوریتم ازدحام ذرات معلق معرفی شده است و نمونه‌های مختلفی از آن در مقالات وجود دارد. در این تحقیق ما از نمونه‌ی بهبود یافته‌ی الگوریتم ازدحام ذرات معلق برای حل مسئله‌ی پیشنهادی استفاده می‌کنیم و سپس روش پیشنهادی خود را در محیط نرم افزار متلب پیاده سازی و کارایی آن را بر روی شبکه‌های تست استاندارد ارزیابی خواهیم کرد. لازم به ذکر است که مسئله‌ی پیشنهادی ما شامل جایابی هر دو نوع منبع پراکنده یعنی نیروگاه‌های تجدیدپذیر و تجدید ناپذیر می‌باشد. فرض می‌شود که نیروگاه تجدیدپذیری که در این تحقیق استفاده شده است. یک نیروگاه خورشیدی از نوع فتوولتائیک است. نیروگاه تجدیدناپذیر نیز یک دیزل ژنراتور می‌باشد. مزیت نیروگاه‌های فتوولتاییک این است که فضای کمی اشغال می‌کند و می‌توان آن را در محیط‌ها و مکان‌های مختلف نصب کرد. همچنین با توجه به اینکه در ایران میزان تابش خورشید بالا است استفاده از این نیروگاه‌ها در ایران دارای توجیه اقتصادی می‌باشد.

در شبکه های توزیع شعاعی، قرارگیری مناسب واحدهای تولید پراکنده با اندازه مناسب می تواند عملکرد سیستم را به میزان قابل توجهی بهبود بخشد. بزرگترین مزایای فنی-اقتصادی را می توان با کاهش تلفات اقتصادی سالانه به دست آورد که شامل هزینه های استقرار، بهره برداری و نگهداری همراه با تغییرات ولتاژ و تلفات برق در باس ها می شود. مشکل فعلی در پرتو چارچوب‌های چند هدفه مختلف و همچنین راه‌حل مصالحه بهینه که راه‌حل بهینه پارتو نامیده می‌شود، بررسی می‌شود. هنگام برخورد با یک مسئله بهینه‌سازی چند هدفه، محدودیت‌های خاصی در برابری و نابرابری نیز بررسی می‌شوند. تمرکز این مقاله بر روی یک الگوریتم منحصر به فرد بهینه‌سازی نهنگ چند هدفه برای حل مسئله چند هدفه است. برای آزمایش اثربخشی، روش پیشنهادی بر روی سیستم های توزیع باس شعاعی IEEE-33 و IEEE-69 پیاده سازی شده است. این مقاله همچنین شامل مقایسه با سایر الگوریتم‌های چندهدفه اخیر مانند تکامل دیفرانسیل آشفته مبتنی بر مخالفت، الگوریتم گله کریل و ضریب حساسیت اتلاف توان و بازپخت شبیه‌سازی شده است. کشف شده است که روش پیشنهادی ممکن است تلفات توان، کاهش تلفات اقتصادی سالانه و بهبود پروفیل ولتاژ را بهبود بخشد [3].

اکثر خطاهای سیستم قدرت در سمت توزیع رخ می دهد و از این رو مطالعات قابلیت اطمینان شبکه توزیع در دهه های اخیر شتاب بیشتری به دست آورده است. افزایش نفوذ منابع تولید پراکنده مبتنی بر انرژی های تجدیدپذیر ابهامات زیادی را در برنامه ریزی و بهره برداری از شبکه توزیع ایجاد می کند. این می تواند تأثیر

مخربی بـر قابلیـت اطمینـان داشـته باشـد و از ایـن رو بایـد اقـدامات مناسـبی بـرای حفـظ پارامترهـای قابلیـت اطمینـان در محـدوده هـای مشـخص شـده انجـام شـود. ایـن مقالـه مـروری مختصـر در مـورد تـأثیرات مختلـف یکپارچه‌سـازی تولیـد پراکنـده تجدیدپـذیر بـر قابلیـت اطمینـان و روش‌هـای مـورد اسـتفاده بـرای مدل‌سـازی تولیـد پراکنـده می‌دهـد. تکنیک‌هـای مختلـف ارزیـابی قابلیـت اطمینـان شـبکه توزیـع یعنـی روش‌هـای تحلیلـی، شبیه‌سـازی و ترکیبـی موجـود در ادبیات نیـز مـورد بحـث و مقایسـه قـرار گرفته‌انـد. تکنیک‌هـای مختلـف بهبـود قابلیـت اطمینـان ماننـد قرارگیـری سـوئیچ / بـازگیر بهینـه، تخصـیص و انـدازه بهینـه تولیـد پراکنـده ، پیکربنـدی مجـدد شـبکه‌های توزیـع و غیـره نیـز مـورد بررسـی قـرار می‌گیرنـد. تعـداد کمـی از حوزه‌هـای تحقیقـاتی در زمینـه قابلیـت اطمینـان شـبکه توزیـع ماننـد رسـیدگی بـه عـدم قطعیت در طـول تجزیـه و تحلیـل قابلیـت اطمینـان، رابطـه بـین قابلیـت اطمینـان و اقتصـاد و تـأثیر دسـتگاه‌های حفـاظتی بـر قابلیـت اطمینـان نیـز بررسـی شـده‌اند. ایـن مقالـه مـروری سـریع در مـورد اثـرات، روش‌هـای ارزیـابی و تکنیک‌هـای بهبود از منظر قابلیت اطمینان زمانی که DG[1]های تجدیدپذیر در شبکه توزیع ادغام می‌شوند، ارائه می‌کند [4].

همانطور که بـار در یـک سیسـتم توزیـع (DS) بـه طـور پیوسـته افـزایش مـی یابـد، تولیـد بـرق بهبـود مـی یابـد. قـرار دادن واحد تولید پراکنده مزایـایی ماننـد افـزایش مشخصـات ولتـاژ و کـاهش تلفـات بـرق دارد. در ترکیـب بـا انـدازه بهینـه، مـی تـوان ایـن مزایـا را بـرای تزریـق تولیـد پراکنـده در محـل بهینـه بـه دسـت آورد. پیکربنـدی مجـدد چـارچوب دیگـری برای بهینه سازی مشخصـات ولتـاژ و کـاهش اتـلاف انـرژی اسـت. عـلاوه بـر ایـن، پیکربنـدی مجـدد شـبکه توزیـع و نصـب تولیـد پراکنـده در نهایـت کـارایی سیسـتم را بهبـود مـی بخشـد، کـه بـدون شـک یـک کـار چـالش برانگیـز اسـت. در ایـن مقاله، بهینه‌ساز تعادل برای یـافتن نحـوه پیکربنـدی مجـدد شـبکه توزیـع و نحـوه قرارگیـری بهتـرین تولیـد پراکنـده مـورد بررسـی قـرار می‌گیـرد. بـرای بـاس IEEE-33. تجزیـه و تحلیـل قابلیـت اطمینـان نیـز انجـام مـی شـود. روش پیشـنهادی در نرم افـزار پلـت فـرم MATLAB R2020A پیـاده سـازی شـده اسـت. نتـایج تکنیـک پیشـنهادی بـر اسـاس پایـداری با تکنیک های موجـود مقایسـه مـی شـود. بهبـود قابـل تـوجهی در مشخصـات ولتـاژ عـلاوه بـر کـاهش شـاخص هـای افـت توان و قابلیت اطمینان) برای موارد مختلف سیستم با قرارگیری تولید پراکنده و سیستم وجود دارد[5].

در میـان بسـیاری از مطالعـات پیشـنهاد شـده بـرای حـل مشـکل قـرار دادن تولیـد پراکنـده، تنهـا چنـد مقالـه بـه ایـن موضـوع از دیـدگاه صـاحبان تولیـد پراکنـده پرداختـه انـد، کـه هـیچ یـک نقـش مهـم هزینـه هـای انتقـال اختصـاص داده شده به تولید پراکنده ها را در نظـر نگرفتـه اسـت. در ایـن مقالـه، قـرار دادن بهینـه واحـدهای تولیـد پراکنـده در یـک بـازار عمده‌فروشی برق مبتنی بر جریـان قـدرت بهینـه بـا هـدف بـه حـداکثر رسـاندن منـافع اقتصـادی صـاحبان تولیـد پراکنـده، با توجه خاص بـه هزینـه‌های انتقـال تخصـیص یافتـه بـه تولیـد پراکنـده انجـام می‌شـود. رویکـرد پیشـنهادی هـر دو مؤلفـه هزینـه تولیـد و انتقـال را در فرآینـد قـرار دادن تولیـد پراکنـده در نظـر می‌گیـرد، بـه طـوری کـه بـرای دسـتیابی بـه بهینـه‌ترین انـدازه و مکـان تولیـد پراکنـده از دیـدگاه صـاحبان آنهـا، مسـئله مکان‌یـابی بهینـه بـرای بـه حـداکثر رسـاندن

[1] distributed generation

درآمد صاحبان تولید پراکنده در حالی که هزینه های تخصیص یافته آنها به حداقل می رسد (هزینه تولید و انتقال به طور یکسان). فاکتورهای توزیع بار تعمیم یافته برای تعیین سهم تولید پراکنده از جریان توان استفاده می شود[6].

در سال های اخیر علاقه زیادی به ادغام واحدهای تولید پراکنده در سطح توزیع وجود داشته است. تولید پراکنده ها می توانند مقرون به صرفه، سازگار با محیط زیست، با کیفیت توان بالاتر و راه حل های انرژی قابل اطمینان تری نسبت به تولید معمولی ارائه دهند. برای حداکثر کاهش تلفات توان، اندازه و موقعیت مناسب ژنراتورهای توزیع شده به شدت ضروری است. این مقاله روشی ساده برای بهینه‌سازی هزینه و مکان‌یابی بهینه ژنراتورها ارائه می‌کند. یک تکنیک جریان بار مبتنی بر برداری ساده بر روی 38 سیستم توزیع باس اجرا شده است. این مقاله یک روش جدید با استفاده از یک رویکرد متا اکتشافی مبتنی بر جمعیت جدید به نام الگوریتم جهش قورباغه مختلط برای قرار دادن ژنراتورهای توزیع شده در سیستم‌های توزیع شعاعی برای کاهش تلفات توان واقعی و هزینه تولید پراکنده ارائه می‌کند. این مقاله همچنین بر بهینه سازی ضریب وزنی تمرکز می کند که هزینه و عوامل زیان را متعادل می کند و به ایجاد اهداف مورد نظر با حداکثر سود بالقوه کمک می کند. روش پیشنهادی از نظر کیفیت حل و کارایی محاسباتی از روش های دیگر بهتر عمل کرده است[7].

یک برنامه جدید از نرم افزار سیستم مدلسازی جبری عمومی در این مقاله برای تعیین راه حل جریان بار برای شبکه توزیع شعاعی و مش ارائه شده است. با نرم افزار MATLAB، نشست و اندازه بهینه ژنراتور توزیع شده در سیستم های توزیع شعاعی/ مشبک به منظور کاهش تلفات برق و بهبود پروفیل ولتاژ در سیستم های توزیع به نحو احسن انجام می شود. سهم اصلی مقاله به شرح زیر است: راه حل جریان بار توسط نرم افزاربرای شبکه های توزیع شعاعی و مش. برنامه ریزی نشست و اندازه بهینه تولید پراکنده در دو مرحله انجام شده است. در فاز اول، مکان‌های بهینه تولید پراکنده بر اساس حساسیت اتلاف توان و در فاز دوم، اندازه بهینه تولید پراکنده توسط حل‌کننده CONOPT GAMS، حل برنامه‌نویسی غیرخطی تعیین شده است. دو نوع تولید پراکنده برای تجزیه و تحلیل در نظر گرفته شده است، یعنی نوع 1 (تولید پراکنده با ضریب توان واحد عمل می کند) و نوع 3 (تولید پراکنده که با ضریب توان عقب مانده عمل می کند)[8].

الگوریتم ها برای بهینه سازی محدودیت های سیستم تک هدفه و چند هدفه استفاده می شوند. این تحقیق با هدف شناسایی مکان و اندازه بهینه تولید پراکنده ها انجام شد که می تواند به طور قابل توجهی تلفات توان را به حداقل برساند و پایداری ولتاژ را بهبود بخشد. این تحقیق از الگوریتم‌های بهینه‌سازی ازدحام ذرات باینری و جهش قورباغه درهم ریخته برای شبیه‌سازی و آزمایش یک جریان توان بهینه روی سیستم توزیع شعاعی باس ۳۳ و ۶۹ استفاده می‌کند. نتیجه نشان می‌دهد که الگوریتم‌ها تخصیص تولید پراکنده بهتری را ارائه می‌دهند و تلفات توان را به حداقل می‌رسانند اما در مرحله نوپای پیشرفت. تلفات برق مرتبط با سیستم به طور قابل توجهی تا 31.8244 کیلووات با استفاده از پیکربندی مجدد چند تولید پراکنده کاهش یافته است. نتایج برای تأیید قدرت

الگوریتم توصیه شده برای به حداقل رساندن تلفات، بهبود کلی در پروفیل‌های ولتاژ و صرفه‌جویی در هزینه برای سیستم‌های توزیع مختلف ایجاد شده‌اند. با این حال، روش پیشنهادی می تواند به عنوان یک روش قابل اعتماد در تنظیمات تولید پراکنده و اندازه در سیستم شبکه توزیع استفاده شود که خروجی های بهتری را به جای بهینه سازی گرگ خاکستری ترکیبی و بیگ بنگ هیبریدی ایجاد می کند[9].

بررسی سیستم های توزیع نیروی برق یک زمینه جذاب در تحلیل سیستم های قدرت است. مکان و اندازه تولید پراکنده مهم است و یک انتخاب غیرقابل کنترل ممکن است بر رفتار سیستم تأثیر منفی بگذارد. این مقاله یک رویکرد بهبود یافته برای قرار دادن و اندازه گیری همزمان تولید پراکنده برای کاهش تلفات برق و بهبود مشخصات ولتاژ و پایداری شبکه های توزیع ارائه می دهد. روش‌های متعددی برای حل این مشکل ترکیبی دشوار مانند الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات مورد استفاده در این کار استفاده شده است. روش پیشنهادی MOPSO همراه با جعبه ابزار MATPOWER بر روی سناریوهای مختلف پرتاب شبکه های توزیع شعاعی 33 IEEE باس و 69 IEEE شینه آزمایش شد. سهم عمده این مقاله این بود که این روش در شبکه توزیع برق تونس (ASHTART) از SEREPT (انجمن تحقیقات و بهره برداری از نفت) برای اثبات کارایی استفاده از این روش در سیستم های دنیای واقعی اعمال شد[10].

در این مقاله مکان‌یابی بهینه و اندازه بهینه تولید پراکنده به منظور کاهش تلفات برق و بهبود پروفیل ولتاژ در شبکه‌های توزیع مورد بررسی قرار گرفته است. الگوریتم بهینه سازی ازدحام ذرات برای یافتن بهترین مکان و اندازه بهینه تولید پراکنده استفاده می شود. تجزیه و تحلیل کامل بر روی سیستم های توزیع شعاعی 33 IEEE باس و 69 IEEE باس انجام شده است. هر سیستم برای دو حالت مختلف در نظر گرفته می‌شود و نتایج مقایسه‌ای به‌دست‌آمده، اثربخشی روش پیشنهادی را تا آنجا که مربوط به قرارگیری، اندازه‌گیری تولید پراکنده و به حداقل رساندن تلفات توان است نشان می‌دهد[11].

2-تعریف مسئله

این تحقیق که یک مسئله دو هدفه تعریف می‌شود که هدف اول آن کاهش تلفات شبکه و هدف دوم آن بهبود قابلیت اطمینان شبکه است. معیارهای مختلفی برای تعریف قابلیت اطمینان در شبکه تعریف شده است که در این تحقیق، از معیار LOLP[2] استفاده خواهد شد.

برای یک شبکه، تابع تلفات به صورت زیر تعریف می‌شود .

$$F1: \min \left(\sum_{i=1}^{N_{bus}} P_i^{loss,bus} \right) \quad (1)$$

[2] Loss of Load Probability

رابطه فوق، تلفات ایجاد شده در باس ها را در نظر می‌گیرد. تلفات در خطوط انتقال، تابعی از توان در سمت اولیه خط، ولتاژ شبکه و مقاومت کابل است. با توجه به ثابت بودن ولتاژ و مقاومت کابل، با مشخص بودن توان سر اولیه کابل، می‌توان تلفات کابل را نیز در محاسبه کرد. با این وجود، این پارامتر، یک مولفه مجزا نیست و در فرمول نویسی از آن صرفنظر می‌شود.

نوآوری اصلی که در این تحقیق در نظر گرفته شده است، استفاده از منابع ذخیره ساز انرژی است. منابع ذخیره ساز انرژی مانند باتری، می توانند انرژی را در برخی از ساعات شبانه روز، ذخیره کنند و در ساعات دیگر، به شبکه تزریق کنند. استفاده از منابع ذخیره ساز انرژی سبب می‌شود که بتوان مدیریت انرژی را به خوبی در شبکه انجام داد. در این رابطه، $P^{loss,bus}_i$، توان تلف شده در باس iام است. برای هرباس، توان تلف شده از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$P_i^{loss,bus} = P_i^G \pm P_i^{bat} - P_i^{load} \quad (2)$$

اندیس i در متغیرهای فوق، نشان دهنده شماره باس است. این رابطه برای تمام باس‌ها باید معتبر باشد. متغیر P_i^G نشان دهنده توان ژنراتور در باس است. هم‌چنین P^{bat} نشان دهنده توان باتری و P^{load} نیز نشان دهنده توان مصرفی است. علامت ± نشان دهنده آن است که باتری می‌تواند در حالت شارژ یا دشارژ باشد. در حالت شارژ، باتری به عنوان مصرف کننده عمل می کند و علامت آن منفی است و در هنگام دشارژ، باتری، تولید کننده انرژی است و علامت آن مثبت خواهد بود. دومین تابع هدفی که در این تحقیق مورد توجه قرار می‌گیرد بهبود قابلیت اطمینان در شبکه است. قابلیت اطمینان درصد موفقیت در یک فرآیند زمان‌بندی یا درصدی از سیستمی است که بدون شکست در یک برنامه زمان‌بندی انتخاب شده و در یک برنامه زمان‌بندی انتخاب شده و تحت شرایط عملیاتی یکسان کار می‌کند.همانطور که تقاضا در طول زمان رشد می کند، واحدهای مولد اضافی به گونه ای محصور می شوند که LOLP از معیار مورد نظر تجاوز نمی کند. LOLP معمولاً با تغییرات بار به طور تصاعدی تغییر می کند. در حالی که تاثیر قطعی های تصادفی به صورت احتمالی ارزیابی می شود، خاموشی های منظم به صورت قطعی ارزیابی می شوند. معیارهای ریسک قابل مقایسه با ذخیره نسبت و از دست دادن واحد هدف به طور سیستماتیک ریسک حقیقت را در سیستم تعریف نمی کنند. این معیار به صورت زیر تعریف می‌شود

.

$$F2:\ \min\ \{LOLP = \varpi \times p_s\}, \quad (3)$$

که در آن داریم:

$$\varpi = \begin{cases} 0, & \Upsilon \geq 0 \\ 1, & \Upsilon < 0 \end{cases} \quad (4)$$

$$\Upsilon = \sum_{i=1}^{N_{bus}} \left(P_i^G \pm P_i^{bat} - P_i^{load} - P_i^{loss,bus} \right) \quad (5)$$

عملکرد یک سیستم قدرت با استفاده از قیدهای آن می‌توان محدود شود. قیدهای یک مسئله می‌تواند به دلایل فنی و عملیاتی یا اقتصادی تعریف شود. برای این منظور، هر کدان از پارامترهای مسئله بهینه سازی باید در محدوده یک قید تعریف شود. قیدهای مسئله پیشنهادی به شرح زیر هستند:

$$P_i^{G,\min} \le P_i^G \le P_i^{G,\max} \quad (6)$$

$$P_i^{bat,\min} \le P_i^{bat} \le P_i^{bat,\max} \quad (7)$$

$$P_i^{load,\min} \le P_i^{load} \le P_i^{load,\max} \quad (8)$$

قید اول بیان می‌کند که توان تولیدی توسط DG، می‌تواند در یک محدوده مشخص تغییر می کند و از مقدار مشخصی نمی‌تواند بیشتر یا کمتر شود. قید دوم بیان می‌کند که توان تولیدی توسط باتری، می‌تواند در یک محدوده مشخص تغییر می‌کند کند و از مقدار مشخصی نمی‌تواند بیشتر یا کمتر شود. قید سوم بیان می‌کند که توان مصرفی باس‌ها نیز، در یک محدوده مشخص تغییر و از مقدار مشخصی نمی‌تواند بیشتر یا کمتر شود. بنابراین تمام پارامترها و متغیرهای مسئله، دارای یک محدوده مشخص تغییر هستند.روش های مختلفی برای محاسبه مسائل چند هدفه آنها توسعه داده شده است. هر یک از این روش ها دارای محدودیت ها و مزیت هایی هستند. یکی از این روش ها تبدیل الگوریتم بهینه سازی چند هدفه به یک الگوریتم بهینه سازی تک هدفه است. مزیت اصلی این روش این است که با استفاده از این تبدیل می توانیم از الگوریتم بهینه سازی مرسوم استفاده کنیم.برای بهینه سازی با استفاده از الگوریتم بهینه سازی، مسئله چند هدفه به این مسئله تک هدفه تبدیل می شود، بنابراین با استفاده از معادله زیر، هر دو مسئله بهینه سازی با یکدیگر جمع می شوند و الگوریتم بهینه سازی دو هدف به الگوریتم بهینه سازی تک تبدیل می شود. الگوریتم بهینه سازی تلاش می کند تا معادله 9 را به حداقل برساند. ضریب w اهمیت اهداف را تعیین می کند. در این تحقیق مقدار w برابر با 0.5 است و به این معنی است که هر دو هدف برای ما اهمیت یکسانی دارند.

$$F = w_1 F_1 + w_2 F_2 \quad (9)$$

که در آن داریم:

$$w_1 + w_2 = 1 \quad (10)$$

بنابراین خواهیم داشت:

$$w_1 = w_2 = 0.5 \quad (11)$$

3-الگوریتم ازدحام ذرات معلق

الگوریتم ازدحام ذرات معلق (PSO[3])یک تکنیک جستجوی چند عاملی است. ذرات موجودیت تصادفی دارند که از میان فضای جستجوی چند بعدی پرواز می‌کنند. بردار وضعیت ذره نسبت به مبدأ اصلی از فضای جستجو، یک

[3] Particle swarm optimization

حل آزمایشی از مسئله جستجو را نشان می‌دهد. در ابتدا، جمعیتی از ذرات توسط موقعیت‌های تصادفی مقدار دهی اولیه می‌شوند که با بردارهای $\vec{x}_i$ و سرعت‌های تصادفی $\vec{v}_i$ نشان داده می‌شود. جمعیت چنین ذراتی، دسته S نامیده می‌شود. یک رابطه همسایگی N در دسته تعریف می‌شود. پارامتر N برای هر دو ذره P_i و P_j تعیین می‌کند که آیا با هم همسایه (مجاور) هستند یا نه. بنابراین برای هر ذره P، یک همسایه می‌تواند به صورت N(P)، تعیین شود که شامل همه همسایه های آن ذره است. پیکربندی‌های همسایگی مختلف و تأثیر آن‌ها بر عملکرد ذره بعداً شرح داده می‌شود. هر چند یکی از عمومی‌ترین نوع PSO از N=S برای هر ذره استفاده می‌کند. در چنین وضعیتی سایر ذرات دیگر را در همسایگی خود دارد.هر ذره P دو متغیر حالت مختصر دارد، موقعیت جاری $\vec{x}(t)$ و سرعت جاری $\vec{v}(t)$. ذره‌ای که تاکنون منجر به بیشترین مقدار تابع برازش شده یافت می‌شود. $\vec{p}(t)$ یعنی بهترین تجربه شخصی و بهترین $\vec{p}(t)$ از کل $P\epsilon N(P)$ عبارتست از: $\vec{g}(t)$ یعنی بهترین وضعیتی که تاکنون در همسایگی ذره یافت شده است. زمانی که N(P)=S تنظیم شود، $\vec{g}(t)$ نمایانگر بهترین ذره سراسری در گروه کامل است. برنامه PSO پارامترهای الگوریتمی زیر را شامل می‌شود:

1- V_{max} یا حداکثر سرعتی که $\vec{V}_i(t)$ را در فاصله $[-V_{max},V_{max}]$ محدود می‌کند.

2- یک ضریب وزنی ω.

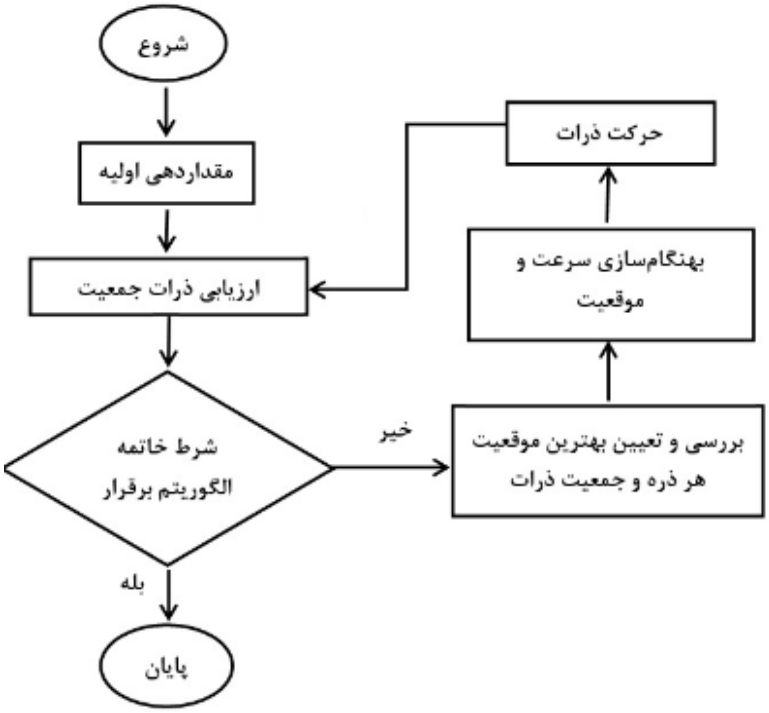
3- دو عدد φ_1 و φ_2 که به صورت یکنواخت و تصادفی توزیع شده، میزان تأثیر از $\vec{p}(t)$ و $\vec{g}(t)$ در به هنگام کردن سرعت ذره را مشخص می‌کند.

4- دو ترم ثابت ضرب شونده c_1 و c_2 که به ترتیب به عنوان "اطمینان خودی"[4] و "اطمینان گروه"[5] نامیده می‌شوند.

در ابتدا تنظیم $\vec{p}(t)$ و $\vec{g}(t)$ برای همه ذرات $\vec{p}(0)=\vec{g}(0)=\vec{x}(0)$ است. شکل 1 فلوچارت الگوریتم PSO را نشان می‌دهد .

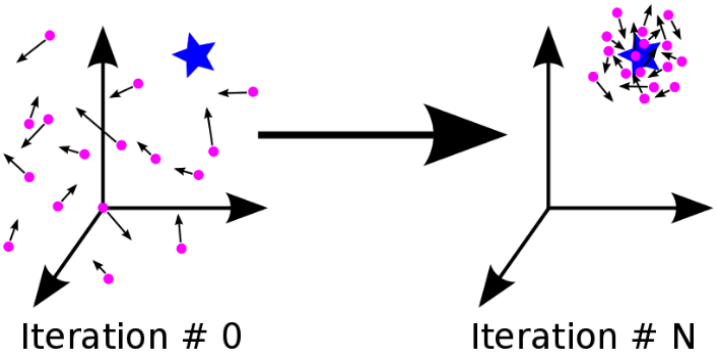
[4] “self-confidence”

[5] “swarm confidence”



شکل 1 -فلوچارت PSO [12]

شکل 2 نحوه عملکرد الگوریتم PSO را در تکرارهای مختلف نشان می‌دهد. مشاهده می شود که با تکرار الگوریتم، ذرات متمرکزتر می‌شوند و به سمت بهینه بودن حرکت می‌کنند. علامت ستاره نشان داده شده در این شکل، نقطه هدف ما است. ما می‌خواهیم که ذرات به سمت نقطه هدف حرکت کنند.



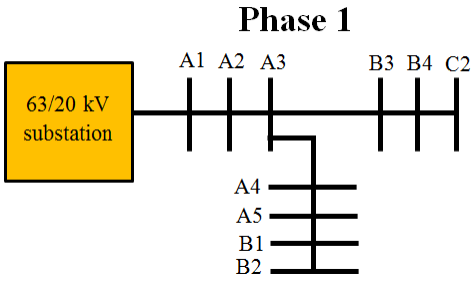
شکل 2- تکرار الگوریتم PSO [12]

در این بخش الگوریتم پیشنهادی مورد بررسی گرفت. الگوریتم پیشنهادی یک مسئله چند هدفه است که هدف آن به حداقل رساندن تلفات برق در شبکه برق و به حداقل رساندن LOLP است. تلفات توان به عنوان مجموع تلفات توان در باس ها و LOLP به عنوان متریک برای بررسی قابلیت اطمینان شبکه تعریف می شود. محدودیت های تابع هدف نیز در این بخش معرفی شده است. این محدودیت ها حداقل و حداکثر مقادیر قابل تخصیص را برای متغیرها و پارامترها تعیین می کند. سپس مسئله چند هدفه به مسئله تک هدفه تبدیل می شود و در نهایت با استفاده از الگوریتم بهینه سازی ازدحام ذرات مسئله هدف حل می شود.

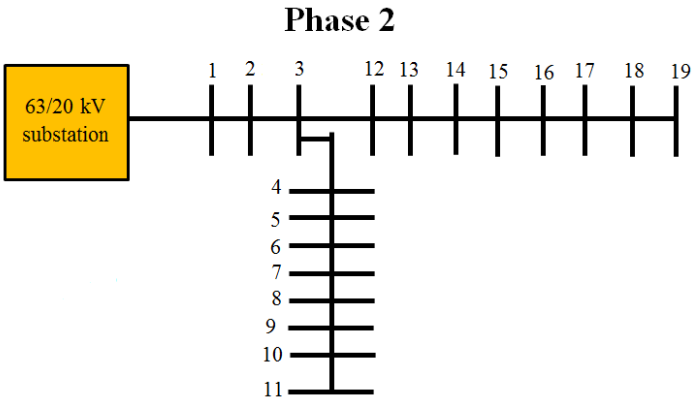
4-شبکه مورد بررسی

در این تحقیق از داده های مربوط به شهرک اکباتان تهران به جای استفاده از داده‌های شبکه‌های تستس IEEE استفاده می‌شود. شهرک اکباتان از بزرگ‌ترین شهرک‌های خاورمیانه است که در غرب تهران، پایتخت ایران و ناحیه ۶ منطقه ۵ شهرداری تهران جای دارد. این شهرک برنامه‌ریزی‌شده ۵,۹۴ کیلومتر مربع وسعت و ۴۴,۹۸۱ تن جمعیت دارد. عملکرد الگوریتم پیشنهادی با تخصیص مکان و اندازه بهینه واحدهای تولید پراکنده و باتری‌ها در مجتمع اکباتان، تهران، ایران ارزیابی می‌شود. مجموعه اکباتان دارای مجموعه های مجزای متفاوتی از ساختمان ها به نام فاز می باشد. این فازها با استفاده از پست 20/63 کیلوولت به واحد حرارتی متصل شده و هیچ گونه اتصال الکتریکی بین آنها وجود ندارد. هر باس شامل برخی ساختمان ها مانند خانه ها یا مراکز خرید است[13].

هدف از این شبیه سازی ها تخصیص مکان و اندازه بهینه واحدهای تولید پراکنده و دستگاه های باتری برای فازهای 1 و 2 مجتمع اکباتان است. حداکثر توان بار برای ساختمان 5 کیلو وات و ضریب همزمانی 0.32 در نظر گرفته شده است. ابتدا برای روزهای مختلف سال، تقاضای برق روزانه تهران را استخراج و سپس بر اساس پیک تقاضای برق سالانه نرمال می‌شود .سپس با توجه به تعداد ساختمان ها، حداکثر توان مصرفی هر ساختمان و ضریب تصادف می توان برق مورد نیاز روزانه برای هر باس را محاسبه کرد. شبیه سازی ها در نرم افزار MATLAB 2018 انجام شده است. در شکل 1 و 2 نیز شبکه توزیع در فازهای 1 و 2 مجتمع اکباتان نشان داده شده است. جزئیات فاز 1 مجتمع اکباتان در جدول 1 و برای فاز 2 در جداول 2 ارائه شده است.



شکل 1، شبکه برق فاز 1



شکل 2، شبکه برق فاز 2

در این تحقیق، 3 سناریو مختلف در نظر گرفته می‌شود. در سناریو اول، فرض می‌شود که افراد و مشترکان، از هیچ گونه روش مدیریت انرژی و بار استفاده نمی‌کنند. در سناریو دوم، مسئله پاسخگویی بار در نظر گرفته می‌شود. در این حالت، فرض می‌شود که افراد در ساعات پیک مصرف، یعنی ساعات میانی روز، انرژی مصرفی خود را کاهش می‌دهند. این میزان کاهش در حدود 5 درصد مصرف آن‌هاست. برای شبیه سازی، ضریب همزمانی که در ابتدای فصل شرح داده شد را در ساعات پیک مصرف، در 95 درصد ضرب خواهیم کرد. در سناریوی سوم، مشارکت بیشتر افراد در برنامه پاسخگویی بار در نظر گرفته می‌شود. در این سناریو، فرض می‌شود که افراد در ساعات پیک مصرف نیز انرژی مصرفی خود را کاهش می‌دهند. این میزان کاهش در حدود 10 درصد مصرف آن‌هاست. برای شبیه سازی، ضریب همزمانی را در ساعات پیک مصرف، در 90 درصد ضرب خواهیم کرد.

ضریب همزمانی یا مصرف هم زمان: یک نسبت که به صورت عدد یا درصد از حداکثر تقاضای همزمان گروهی از وسایل یا مصرف کننده‌ها در یک زمان مشخص به مجموع حداکثر تقاضای آن‌ها به صورت جداگانه در همان زمان بیان می‌شود. لازم به ذکر است که ضریب همزمانی باس‌های مختلف به طور رندم مشخص می‌شود و مقدار شرح داده شده در فرضیات، متوسط ضریب همزمانی در شبکه است. این فرض برای آن است که در عمل، مشترکان رفتار یکسانی ندارند و برخی از مشترکان بیش از مشترکان دیگر، از وسایل برقی به طور همزمان استفاده می‌کنند. با توجه به اینکه در فرضیات شبیه سازی بیان شده است که هر باس چه تعداد خانه دارد، باید به این نکته اشاره شود که به طور میانگین، یک خانواده متوسط در ایران حدود 400 کیلو وات ساعت برق در سال مصرف می کند. این مقدار برابر با حدود 33 کیلووات ساعت در ماه است.

جدول 1، اطلاعات فاز 1

شماره باس	تعداد ساختمان ها
A1	517
A2	532
A3	532
A4	532
A5	532
B1	613
B2	613
B3	613

B4	613
C2	514

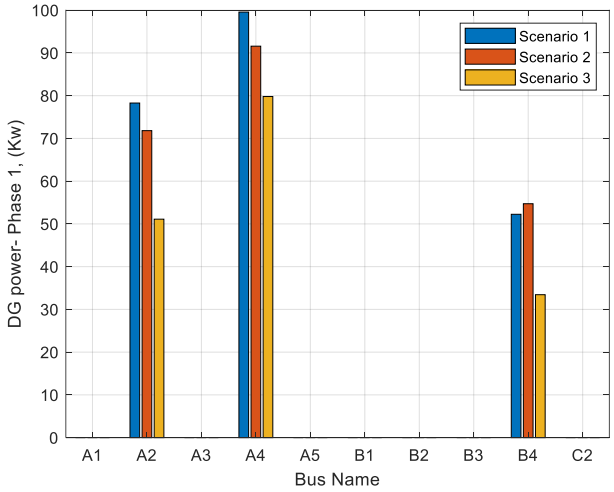
جدول2، اطلاعات فاز 2

شماره باس	تعداد ساختمان ها
1	340
2	422
3	402
4	460
5	516
6	360
7	506
8	506
9	422
10	360
11	458
12	298
13	506
14	500
15	342
16	337
17	312
18	597
19	334

5-نتایج شبیه سازی

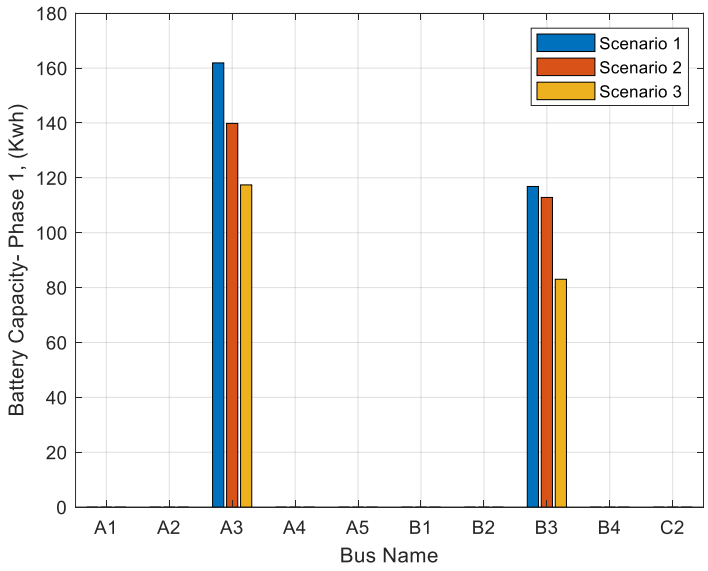
شکل 3 مکان و اندازه بهینه DG برای فاز 1 مجتمع اکباتان را نشان می دهد. مشاهده می شود که مکان و ظرفیت بهینه DG در سناریوهای مختلف متفاوت است. در تمام سناریوها، یک DG در باس A3 نصب می شوند. با توجه به شکل 3 مشاهده می شود که این باس در شبکه اهمیت زیادی دارد. این نتایج نشان می دهند که افزایش تقاضا، تقاضای تولیدی را افزایش می دهد و در نتیجه باید DG بیشتری در شبکه نصب شود. با این وجود، مشاهده می شود که با استفاده از روش های مدیریت تقاضای توان و کاهش تقاضا می توان ظرفیت مورد نیاز برای توسعه شبکه را کاهش دهد. نکته مهمی که در این شکل قابل مشاهده است این است که با تغییر تقاضای توان و الگوی مصرف، مکان و محل بهینه نصب DG در فاز 1 تغییر می‌کند. این به دلیل آن است که در

فرضیات شبیه سازی گفته شده است که میزان تغییر ضریب همزمانی، به طور رندم تغییر می‌کند و متوسط آن برابر با 0.32 است. در این صورت، تقاضای توان بارها، در باس‌های مختلف، می‌تواند تغییر کند.



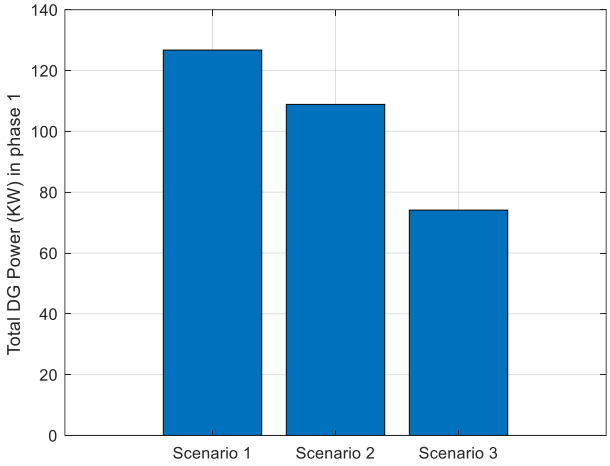
شکل 3- مکان و محل نصب بهینه DG در فاز 1

شکل 4 مکان و اندازه بهینه باتری‌ها برای فاز 1 مجتمع اکباتان را نشان می دهد. در این شکل نیز مشاهده می شود که مکان و ظرفیت بهینه برای باتری‌های ذخیره ساز انرژی، در سناریوهای مختلف متفاوت است. در تمام سناریوها، یک باتری در باس A3 نصب می شوند. در این حالت نیز با توجه به شکل 1 مشاهده می شود که این باس در شبکه اهمیت زیادی دارد. بنابراین این باس هم برای نصب باتری و هم DG گزینه مناسبی است. در این شکل نیز مشاهده می‌شود که با افزایش تقاضا، تقاضای تولیدی را افزایش می دهد و در نتیجه باید ظرفیت ذخیره سازی انرژی بیشتری در شبکه نصب شود. مشاهده می شود که با استفاده از روش های مدیریت تقاضای توان و کاهش تقاضا می توان ظرفیت باتری مورد نیاز برای توسعه شبکه را کاهش دهد.

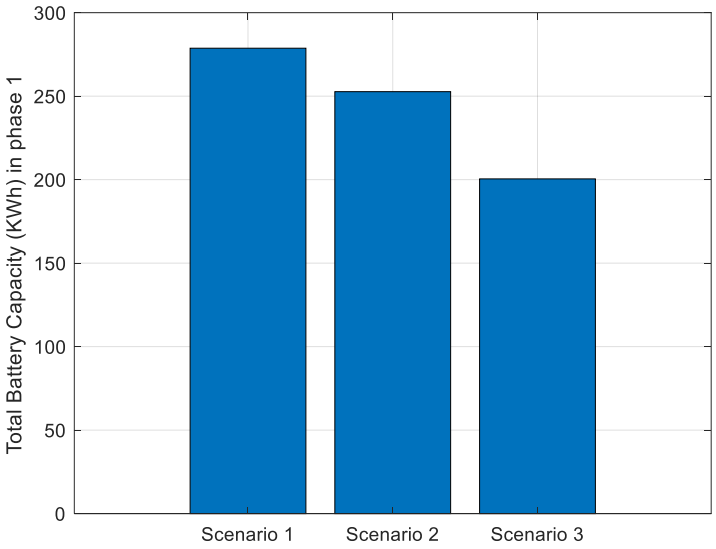


شکل4- مکان و محل نصب بهینه باتری در فاز 1

ظرفیت کل باتری و DG مورد نیاز برای فاز 2 اکباتان تهران برای سناریوهای مختلف در شکل 5 و 6 نشان داده شده است. مشاهده می شود زمانی که تقاضای برق کاهش می یابد، به دلیل برنامه پاسخ به تقاضا، کل ظرفیت مورد نیاز برای باتری و DG کاهش می یابد. این نتایج نشان می دهد که با استفاده از پاسخ تقاضا برای برنامه می توان ظرفیت مورد نیاز DG و باتری را کاهش داد و بنابراین مشاهده می شود که برنامه پاسخگویی به تقاضا می تواند هزینه و پیچیدگی گسترش شبکه برق را کاهش دهد.



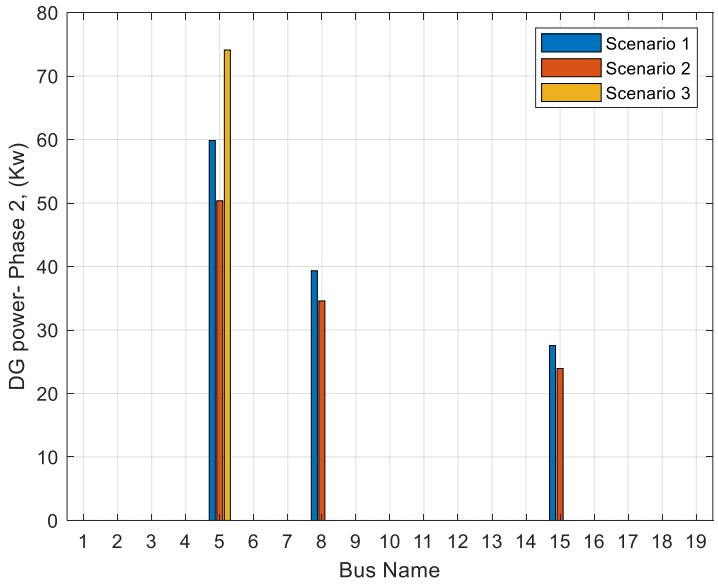
شکل 5- مجموع توان DG مورد نیاز برای فاز 1



شکل 6- مجموع ظرفیت باتری مورد نیاز برای فاز 1

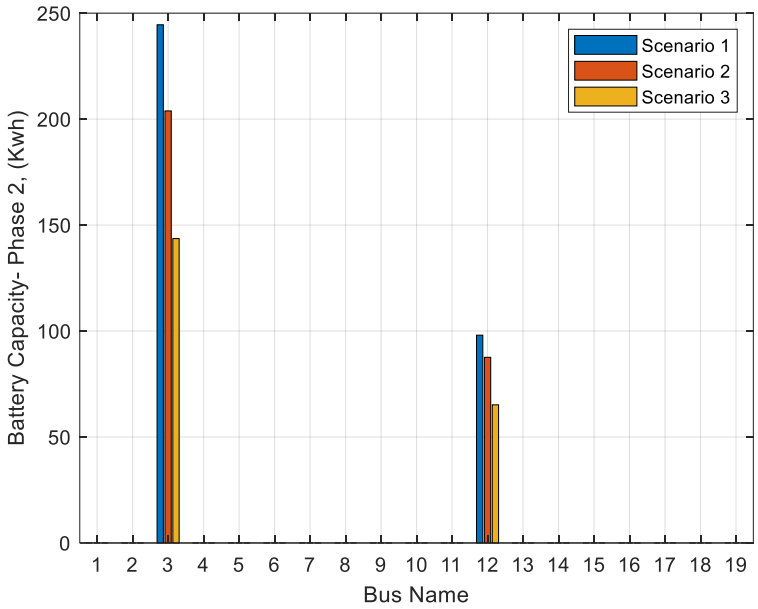
شکل 6 مکان و اندازه بهینه واحدهای تولید DG را برای فاز 2 نشان می دهد. می توان دید مکان و ظرفیت بهینه DG در سناریوهای مختلف متفاوت است. این نتیجه نشان می‌دهد که مکان و ظرفیت نصب بهینه DG به

تقاضای توان وابسته است. مشاهده می شود تعداد DG مورد نیاز 3 عدد می باشد. در باس 3، هم DG و هم باتری نصب شده است. این باس تنها باسی است که در همه سناریوها مشترک است. مشاهده می شود که پراکندگی مکان های نصب DG در سناریوهای مختلف گسترده تر از فاز 1 است. به این نکته توجه شود که فاز 2 باس‌های بیشتری نسبت به فاز 1 دارد. مشابه شکل های قبلی مشاهده می شود که کاهش تقاضا به دلیل مدیریت مصرف انرژی، سبب می‌شود که توان مورد نیاز برای نصب DG کاهش یابد و در نتیجه DGهای کمتری باید در شبکه نصب شوند. با مقایسه سناریوهای 3 و 2 با سناریوی 1، می توان نتیجه گرفت که استفاده از برنامه های مدیریت تقاضای توان برای بهبود عملکرد شبکه ضروری است. در واقع این برنامه ها ظرفیت مورد نیاز برای گسترش شبکه را کاهش می دهند.



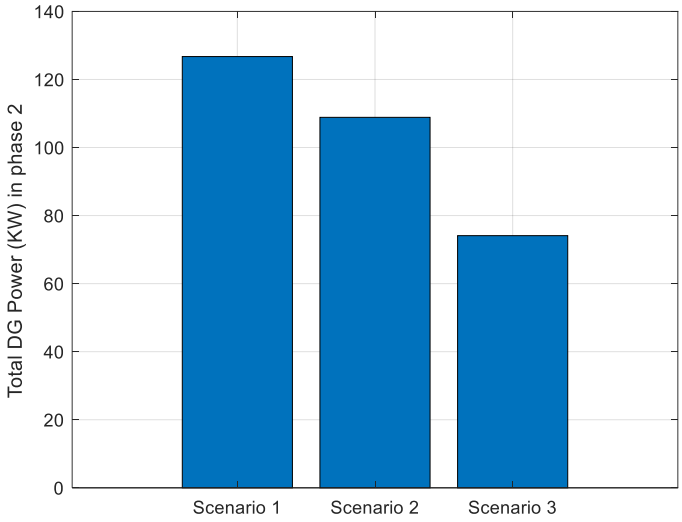
شکل 7- مکان و اندازه بهینه نصب DG در فاز 2

شکل 7 مکان و اندازه بهینه باتری‌های ذخیره ساز انرژی را برای فاز 2 نشان می دهد. در این حالت نیز می توان دید مکان و ظرفیت بهینه باتری در سناریوهای مختلف متفاوت است. این نتیجه نشان می‌دهد که مکان و ظرفیت نصب بهینه باتری به تقاضای توان وابسته است. مشاهده می شود تعداد باتری مورد نیاز در این فاز 4 عدد می باشد. مشاهده می شود که پراکندگی مکان های نصب باتری در سناریوهای مختلف گسترده تر از فاز 1 است، زیرا فاز 2 باس‌های بیشتری نسبت به فاز 1 دارد. علاوه بر این، مشاهده می شود که کاهش تقاضا به دلیل مدیریت مصرف انرژی، سبب می‌شود که توان مورد نیاز برای نصب باتری ذخیره ساز انرژی کاهش یابد و در نتیجه باتری-های کمتری باید در شبکه نصب شوند. این شکل نیز نشان می‌دهد که استفاده از روش‌های مدیریت انرژی می-تواند سبب کاهش ظرفیت انرژی نصب شده باتری شود.

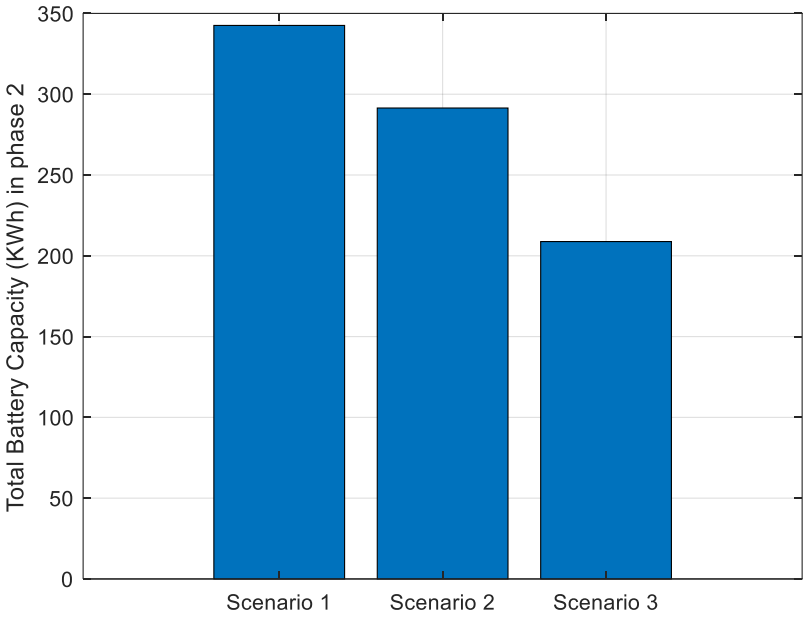


شکل8- مکان و اندازه بهینه نصب باتری در فاز 2

ظرفیت کل باتری و DG مورد نیاز برای فاز 2 اکباتان تهران برای سناریوهای مختلف در شکل 9 و 10نشان داده شده است. مشاهده می شود که در فاز 2 نیز زمانی که تقاضای برق کاهش می یابد، به دلیل برنامه پاسخ به تقاضا، کل ظرفیت مورد نیاز برای باتری و DG کاهش می یابد. این نتایج نشان می دهد که با استفاده از پاسخ تقاضا برای برنامه می توان ظرفیت مورد نیاز DG و باتری را کاهش داد و بنابراین مشاهده می شود که برنامه پاسخگویی به تقاضا می تواند هزینه و پیچیدگی گسترش شبکه برق را کاهش دهد.

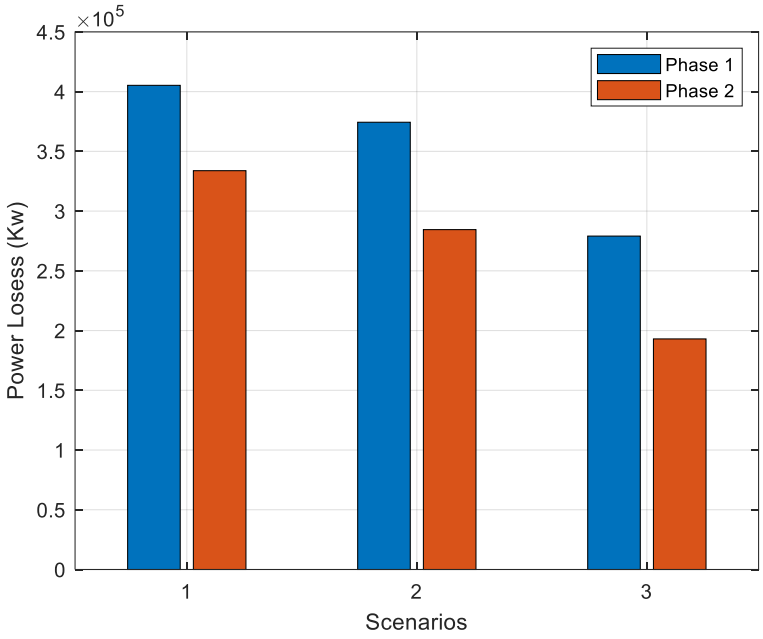


شکل 9-مجموع توان DG مورد نیاز برای فاز 2



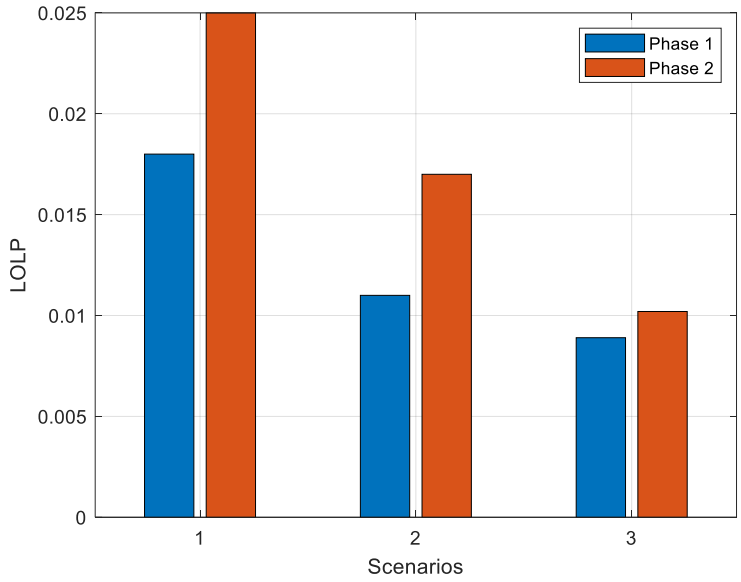
شکل 10- مجموع ظرفیت باتری مورد نیاز برای فاز 2

مجموع تلفات توان برای هر دو فاز شهرک اکباتان در شکل 11 نشان داده شده است. مشاهده می شود که مجموع تلفات توان در سناریوی اول بیشتر از سناریوهای دیگر است. مشاهده می شود که هنگامی که مصرف کنندگان از هیچ برنامه پاسخگویی به تقاضا (DR) استفاده نمی کنند، تلفات برق در شبکه برق افزایش می یابد و با استفاده از برنامه پاسخگویی تقاضا، مقدار تلفات برق در شبکه کاهش می یابد. در واقع این شکل نشان می دهد که تخصیص مکان و اندازه بهینه برای DG و باتری می تواند عملکرد شبکه برق را بهبود بخشد اما پاسخ تقاضا همچنان عامل اساسی برای بهبود عملکرد شبکه برق است. همچنین این شکل نشان می دهد که وقتی از ظرفیت بیشتری برای باتری و DG استفاده می کنیم، تلفات برق در شبکه برق کاهش می یابد. در واقع با افزایش تعداد و ظرفیت باتری و DG در شبکه برق، تلفات برق در خط انتقال کاهش می یابد، زیرا نیازی به تامین تمام توان مورد نیاز از یک ژنراتور در باس مادر (باس اول) نیست.با مقایسه فاز 1 و فاز 2 مشاهده می شود که تلفات توان در فاز اول بیشتر از فاز 2 است. به این دلیل است که توپولوژی فاز 1 و فاز 2 با یکدیگر متفاوت است. در واقع توپولوژی شبکه برق بر تلفات برق در شبکه برق تاثیر می گذارد. لازم به ذکر است تعداد باس های فاز 1 کمتر از فاز 2 است، اما مجموع تلفات شبکه برق آن بیشتر است. در واقع تعداد باس ها تنها عامل اصلی تعیین تلفات در شبکه برق نیست. تقاضای برق در هر باس و توپولوژی بسیار مهم است و می‌توان اهمیت آن‌ها را در این شکل مشاهده کرد.



شکل 11-مجموع تلفات توان برای هر دو باس

مجموع LOLP برای هر دو فاز شهرک اکباتان در شکل 12 نشان داده شده است. مشاهده می شود که مجموع LOLP در سناریوی اول بیشتر از سناریوهای دیگر است. مشاهده می شود که هنگامی که مصرف کنندگان از هیچ برنامه پاسخگویی به تقاضا استفاده نمی کنند، تلفات برق در شبکه برق افزایش می یابد و با استفاده از برنامه پاسخگویی تقاضا، مقدار تلفات برق در شبکه کاهش می یابد. در واقع این شکل نشان می دهد که تخصیص مکان و اندازه بهینه برای DG و باتری می تواند عملکرد شبکه برق را بهبود بخشد اما پاسخ تقاضا همچنان عامل اساسی برای تعیین مقدار قابلیت اطمینان شبکه است. این شکل نشان می دهد که وقتی از ظرفیت بیشتری برای باتری و DG استفاده می کنیم، مقدار LOLP در شبکه برق کاهش می یابد. با مقایسه فاز 1 و فاز 2 مشاهده می شود که LOLP در فاز دوم بیشتر از فاز اول است.



شکل 12- مجموع LOLP برای هر دو باس

6-نتیجه گیری و پیشنهادات

در الگوریتم پیشنهادی، هدف تعیین مکان و اندازه بهینه برای DG است، اما همانطور که در فصل قبل ذکر شد، هم DG و هم باتری را در شبکه برق در نظر می گیریم. در واقع بدون در نظر گرفتن باتری در شبکه برق، تولید برق ممکن است در برخی ساعات بیشتر از نیاز برق باشد و ممکن است کمتر از نیاز در ساعات دیگر باشد. باتری به ما کمک می کند تا این چالش را برای سناریوهای مختلف مدیریت کنیم. مکان و اندازه بهینه DG و باتری در این شبکه برق محاسبه می شود. شبکه برق شهرک اکباتان به عنوان شبکه آزمایشی مورد استفاده قرار می گیرد. در این شهرک دو فاز وجود دارد و هر دو فاز دارای شبکه برق شعاعی می باشند. تفاوت بین این شبکه های برق شعاعی در تعداد باس ها و تعداد ساختمان در هر باس است.مشاهده می شود که وقتی مصرف کنندگان از برنامه پاسخگویی به تقاضا استفاده می کنند، تلفات برق در شبکه برق کاهش می یابد و قابلیت اطمینان شبکه برق افزایش می یابد. عامل LOLP به عنوان معیاری برای بررسی قابلیت اطمینان شبکه برق استفاده میشود.نتیجه نشان می دهد که با تخصیص تعداد DG و باتری در شبکه برق و استفاده از برنامه پاسخگویی به تقاضا، می توانیم تلفات برق را مدیریت کنیم و قابلیت اطمینان شبکه برق را بهبود بخشیم.برای ادامه این تحقیق پیشنهاد می شود که در تحقیقات آینده، توان راکتیو در شبکه و مینیمم کردن آن نیز لحاظ شود. باید به این نکته توجه شود که در نیروگاه های کوچک و خورشیدی، توان راکتیو، زیاد نیست و می توان آن را حذف کرد. بنابراین در توصیف مدل پیشنهادی، کاربردی بودن آن نیز باید مورد توجه قرار گیرد.

7-مراجع

1.S. Barik, D. Das, R. C. Bansal, “Chapter 11: DG investment and allocation in active distribution networks,” in Uncertainties in Modern Power Systems, 2020.

2.G. Celli et al., “Chapter 11: Multi-objective Modeling and Optimization for DG-Owner and Distribution Network Operator in Smart Distribution Networks,” in Operation of Distributed Energy Resources in Smart Distribution Networks, 2018.

3. H. P. C, K. Subbaramaiah, P. Sujatha, “Optimal DG unit placement in distribution networks by multi-objective whale optimization algorithm & its techno-economic analysis,” Electric Power Systems Research, 2022.

4. M. A. Shaik, P. L. Mareddy, V. N., “Enhancement of Voltage Profile in the Distribution system by Reconfiguring with DG placement using Equilibrium Optimizer,” Alexandria Engineering Journal, 2021.

5. A. Avar, M. K. Sheikh-El-Eslami, “Optimal DG placement in power markets from DG Owners’ perspective considering the impact of transmission costs,” Electric Power Systems Research, 2021.

6. P. S. Meera, S. Hemamalini, “Reliability assessment and enhancement of distribution networks integrated with renewable distributed generators: A review,” Sustainable Energy Technologies and Assessments, 2022.

7. C. Yammani, S. Maheswarapu, S. Matam, “Multiobjective Optimization for Optimal Placement and Size of DG using Shuffled Frog Leaping Algorithm,” Energy Procedia, 2012.

8. A. S. Hassan, Y. Sun, Z. Wang, “Multi-objective for optimal placement and sizing DG units in reducing loss of power and enhancing voltage profile using BPSO-SLFA,” Energy Reports, 2020.

9. A. A. Sadiq, M. Buhari, M. N. Nwohu, “Contingency constrained TCSC and DG coordination in an integrated transmission and distribution network: A multi-objective approach,” e-Prime: Advances in Electrical Engineering, Electronics, and Energy, 2023.

10.R. Sellami, F. Sher, R. Neji, “An improved MOPSO algorithm for optimal sizing & placement of distributed generation: A case study of the Tunisian offshore distribution network (ASHTART),” Energy Reports, 2022.

11.S. A. Salimon et al., “Comparative assessment of techno-economic and environmental benefits in optimal allocation of distributed generators in distribution networks,” Scientific African, 2023.

12.“A Gentle Introduction to Particle Swarm Optimization,” Machine Learning Mastery. [Online].
Available: https://machinelearningmastery.com/a-gentle-introduction-to-particle-swarm-optimization/.

13.S. M. Hakimi, A. Hasankhani, M. Shafie-khah, J. P. S. Catalão, “Optimal sizing and siting of smart microgrid components under high renewables penetration considering demand response,” IET Renewable Power Generation, 2019.

Optimal placement of distributed resources with the aim of reducing power losses in the power network

Seyed esmaeil zare[1], Maryam Kazerooni[2]
[1] Master's student at Islamic Azad University, Zarghan Branch, Fars, Iran
[2] Assistant Professor at Islamic Azad University, Zarghan Branch, Fars, Iran
(kazeroonimaryam@yahoo.com)

Abstract—Installing decentralized resources in a network requires consideration of various agents and parameters. One important parameter in the installation of decentralized resources is the reduction of power losses in the network. In other words, these power plants must be installed in a way that not only provides the required energy for the network but also reduces losses in the network. In this research, a two-objective problem is defined, with the first objective being the reduction of network losses and the second objective being the improvement of network reliability. Various criteria have been defined to measure network reliability, and in this study, the LOLP criterion will be used. Another innovation considered in this research is the use of energy storage resources. Instead of using IEEE test network data, data from Ekbatan Town in Tehran is used in this research. The results show that by allocating a number of distributed generation units and batteries in the power network and using demand response programs, it is possible to manage power losses and improve the reliability of the power network.

Keywords: Distributed resources, power network, energy storage resources, power losses.