

راهکاری جدید برای بازیابی حداکثر بار در شبکه‌های توزیع با واحدهای تولید پراکنده

سید کامیار صالحی - وحید تلاوت

دانشگاه ارومیه، دانشکده فنی و مهندسی، گروه برق قدرت^{۱-۲}

v.talavat@urmia.ac.ir² - Kamyar.salehi.92@gmail.com¹

چکیده

اصولاً جلوگیری از ضررهای ناشی از خاموشی و انرژی توزیع نشده از اهمیت بسزایی برخوردار است، به طوری که از جمله مهمترین مسائل در بهره‌برداری از شبکه‌های توزیع بازیابی بار بوده که تاثیر بسیار زیادی در سرویس‌دهی دائمی به مشترکین خواهد داشت. زمانی که در شبکه‌های توزیع به دلیل خطای اتصال کوتاه یا برنامه‌ریزی جهت تعمیرات، بخشی از شبکه بی‌برق می‌شود، تمام یا قسمتی از این بخش بی‌برق را می‌توان از طریق بخش‌های بالادست منطقه بی‌برق یا فیدرهای سالم دیگر و یا تولیدات پراکنده با استفاده از کلیدهای مانور تعبیه شده در شبکه تا زمان برگشت به حالت نرمال تغذیه کرد. در این مقاله هدف ارائه یک راهکار ابتکاری برای یافتن آرایش شعاعی مناسب به منظور بازیابی بهینه بار در حضور واحدهای تولید پراکنده بوده که نه تنها در راستای کمترین کلیدزنی و کمترین تلفات گام بر می‌دارد، بلکه حداکثر بازیابی مناطق بی‌برق را با در نظر گرفتن قیود شبکه مانند حد ولتاژ و حد جریان مجاز مد نظر قرار قرار می‌دهد که نتایج حاصل از شبیه‌سازی بر روی شبکه توزیع شعاعی ۲۰ کیلوولت واقعی نشان از کارایی و سرعت مناسب روش پیشنهادی در این مقاله داشته است.

کلید واژه

بازیابی بار - شبکه توزیع - کلید مانور - واحد تولید پراکنده

۱- مقدمه

لحظه خاموشی تامین نماید. هنگامی که خطا در شبکه توزیع اتفاق می‌افتد، این خطا منجر به واکنش یک یا چند وسیله حفاظتی و بی‌برق شدن بخشی از شبکه توزیع خواهد شد و یا بی‌برق ماندن بخشی از شبکه توزیع می‌تواند در اثر خرابی سایر تجهیزات و یا برنامه‌های تعمیر و نگهداری تجهیزات شبکه نیز اتفاق افتد. با ایجاد خطا رله‌های مربوطه خطای مورد نظر را تشخیص داده و قسمتی از شبکه که خطا در آن رخ داده است را به وسیله باز کردن کلیدهای جداکننده دو طرف آن از شبکه جدا می‌نمایند. در اثر جدا کردن، بخش پایین دست قسمت خطا دار بی‌برق می‌شود که باید در کمترین زمان ممکن از طریق بخش‌های بالادست منطقه بی‌برق [۱] یا فیدرهای سالم دیگر [۲ و ۳] و یا تولیدات پراکنده [۴] با استفاده از کلیدهای مانور ناحیه بی‌برق شده را بازیابی و برق‌دار کرد.

افزایش روز افزون تعداد مصرف کنندگان و گسترش شبکه‌های توزیع باعث شده که مساله بهره‌برداری از سیستم‌های توزیع به یکی از چالش‌های جدی تبدیل گردد، لذا در سال‌های اخیر شبکه‌های هوشمند که مبتنی بر فناوری اطلاعات و ارتباطات هستند، مورد توجه زیادی قرار گرفته است. به طور کلی برای داشتن شبکه‌های سازگار با محیط زیست، ایمن در همه سطوح و با قابلیت اطمینان و بازدهی بالا، اصلاح شبکه‌های سنتی به شبکه‌های هوشمند الزامی خواهد بود. حال با توجه به ویژگی شبکه‌های هوشمند می‌توان گفت که سیستم توزیع هوشمند در راستای تامین برق مشتریان طوری طراحی شده است که برق مشتریان را در حالت کار عادی شبکه حتی بدون یک

تقسیم بندی می‌شود، سپس با حرکت در امتداد کلیدهای هر بخش و در نظرگرفتن پیش شرطها وضعیت جدید کلیدها بدست می‌آید. برای ارزیابی شعاعی بودن شبکه روش دیگری نیز اشاره شده است، در این روش با استفاده از کد گذاری خاص شماره گره‌ها می‌توان شعاعی بودن را بررسی کرد. روشی که در این مقاله استفاده خواهد شد سه شرط زیر را جهت ارزیابی شعاعی بودن بررسی می‌کند:

$$1) \det(A) = 0$$

$$2) q = p - 1$$

$$3) tree = 1$$

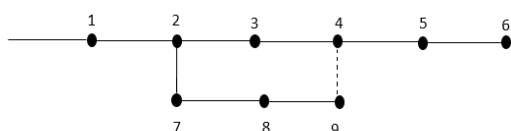
در شرط اول ماتریس A ماتریسی $n \times n$ (تعداد گره‌ها) است که درایه‌های (شماره گره‌های) مربوط به دو سر هر شاخه آن مقدار ۱ و بقیه درایه‌ها مقدار صفر به خود می‌گیرند.

در شرط دوم q تعداد شاخه‌ها و p تعداد گره‌ها خواهد بود. در شرط سوم tree دستوری است که حالت شعاعی بودن را به صورت غیر مستقیم و ضعیف و حالت پیوستگی (برای جلوگیری از جزیره‌ای شدن) را به صورت کامل بررسی خواهد کرد و اگر ساختار مورد تایید و پیوسته باشد مقدار ۱ را به منظور تایید و در غیر این صورت مقدار صفر را بر می‌گرداند.

برای درک بهتر این موضوع شبکه شکل (۱) را در نظر گرفته و مطابق گفته‌های بالا ماتریس $A_{(9,9)}$ شکل (۲) را تشکیل داده که مشاهده می‌شود:

$$\begin{cases} \det(A) = 0 & \checkmark \\ p = 9 \quad q = 8 \Rightarrow p = q - 1 & \checkmark \\ tree = 1 & \checkmark \end{cases}$$

با توجه به برقرار بودن همه قیود نتیجه می‌شود که شبکه شعاعی بوده و همچنین نتایج شبیه‌سازی‌ها نشان می‌دهد که این روش سرعت بیشتری در همگرایی و رسیدن به پاسخ بهینه از خود نشان می‌دهد.



شکل ۱: شبکه ۹ گره نمونه

بازیابی بار در واقع تمام اعمالی است که پس از بی‌برق شدن ناحیه‌ای از شبکه، در اثر وقوع خطا یا برنامه‌ریزی قبلی جهت تعمیرات، برای تغذیه حداکثر بارهای بی‌برق تحت قیود شبکه در کمترین زمان ممکن باید انجام گیرد. این عمل با بدست آوردن یک آرایش مناسب جدید و اجرای آن توسط کلیدهای مانور برآورده می‌شود.

حال با توجه به مطالب ارائه شده می‌توان به اجرای سیستمی اشاره نمود که عمل دوباره برق‌دار نمودن بارها را در شرایط کمترین کلیدزنی و کمترین تلفات به منظور برق‌دار کردن حداکثر بارهای بی‌برق در کمترین زمان ممکن، با انجام کلیدزنی‌های مناسب (خودکار یا غیر خودکار) انجام دهد. تا کنون در این راستا کارهای متعددی انجام شده که از جمله آنها می‌توان به [۵ و ۶] که عمدتاً بازیابی بار در آنها به منظور کمترین تلفات انجام شده اشاره کرد. در [۷ و ۸] نیز عمل بازیابی بار به صورت ترکیبی از کمترین تلفات و کمترین افت ولتاژ انجام گرفته است. با معطوف شدن حساسیت‌ها نسبت به برق‌دار نمودن تمام بارها در کمترین زمان ممکن و در نتیجه افزایش سرعت محاسبات جهت دستیابی به خروجی مطلوب، در این مقاله با ارائه روشی جدید در ارزیابی شعاعی بودن شبکه که تا بحال با روش‌های نظیر شماره‌گذاری پروفر [۵ و ۹] با سرعت محاسباتی کمتری انجام می‌گرفت و ارائه راهکاری برای پوشش تمام حالات ممکن، سرعت محاسبات افزایش یافته که به نوبه خود می‌تواند باعث کاهش هزینه‌ها گردد.

۲- روشی جدید به منظور ارزیابی شعاعی بودن شبکه

توزیع

یکی از مهمترین شرایطی که می‌بایست به منظور بازیابی بار در شبکه‌های سیستم توزیع مورد بررسی قرار گیرد، ارزیابی شعاعی بودن شبکه است. اصولاً شعاعی بودن شبکه به چند روش نقض خواهد شد [۱۰]:

❖ رسیدن به یک کلید از دو مسیر متفاوت

❖ ایجاد جزیره در شبکه

❖ رسیدن به کلید ابتدایی یک فیدر دیگر

❖ بدون اتصال ماندن یک گره

در صورتی که هر یک از حالات فوق اتفاق افتد، باید وضعیت کلیدها تغییر یابند، در این راستا می‌توان از روش‌های [۱۱، ۱۲] بهره جست. در روش اول ابتدا شبکه

V_{max} و V_{min} به ترتیب کمترین و بیشترین ولتاژ مجاز برای هر گره و V_i ولتاژ گره i ام می‌باشد.

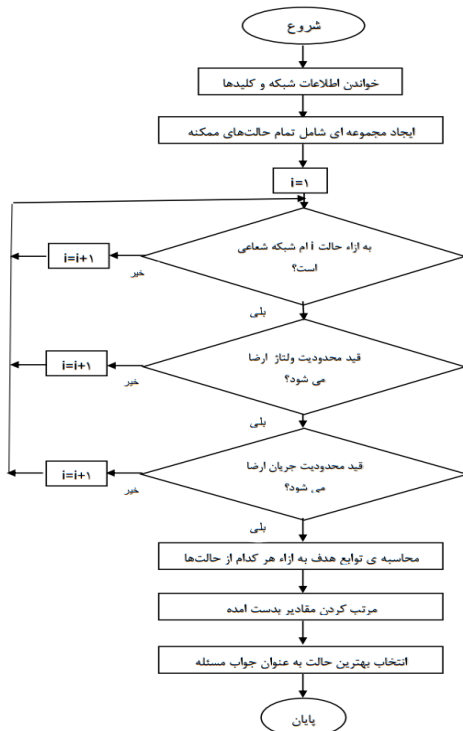
۳-۵- محدودیت جریان:

$$I_i < I_{maxi} \quad (5)$$

I_{maxi} حداکثر جریان مجاز برای هر شاخه و I_i جریان شاخه i ام می‌باشد.

۴- راهکار ابتکاری پیشنهاد شده

بر خلاف الگوریتم‌های بهینه‌سازی دیگر که به تولید جمعیت اولیه [۱۴، ۱۵]، سپس بهبود آن و جمعیت‌های آینده به منظور دستیابی به بهترین راه حل پرداخته می‌شود، در این روش ابتدا یک مجموعه شامل تمام حالت‌های ممکن که کلیدهای مانور می‌توانند تغییرکنند تولید می‌گردد و سپس قید شعاعی بودن [۱۶] به ازاء هر حالت تولید شده بررسی می‌شود و بعداز جدا کردن حالات مختلف شعاعی این بار به ازاء هر کدام از حالات، قیدهای دیگر برنامه بررسی و در صورت ارضاء قیود دیگر مقدار توابع هدف را محاسبه کرده و به صوت مرتب شده در می‌آورد و در نهایت بهترین حالت ممکن که به ازاء آن تعداد کلیدزنی‌ها کمترین مقدار می‌شود به عنوان بهترین جواب‌ها و از بین آنها حالتی را که کمترین تلفات را دارد جواب اصلی مسئله در نظر خواهد گرفت.



شکل ۴: روندنمای راهکار پیشنهادی

```

0 1 0 0 0 0 0 0
1 0 1 0 0 0 1 0 0
0 1 0 1 0 0 0 0 0
0 0 1 0 1 0 0 0 0
0 0 0 1 0 1 0 0 0
0 0 0 0 1 0 0 0 0
0 1 0 0 0 0 0 1 0
0 0 0 0 0 0 1 0 1
0 0 0 0 0 0 0 1 0

```

شکل ۲: ماتریس مربوط به شبکه شکل (۱)

۳- مدل‌سازی ریاضی توابع هدف و محدودیت‌ها

با توجه به توضیحات فوق، جهت انجام بازیابی مطلوب باید عمل بازیابی در شرایط کمترین کلیدزنی، کمترین تلفات و بیشترین مقدار بار بازگردانده شده پس از رخداد خطا اتفاق افتد. در این مقاله سه زیر تابع برای تعداد کلیدزنی‌ها، مینیمم کردن مناطق بی برق و تلفات، همچنین دو زیر تابع برای محدودیت ولتاژ و جریان، سوای محدودیت شعاعی که در بالا توضیحات لازم ارائه گردید در نظر گرفته خواهد شد:

۳-۱- کمترین تعداد کلیدزنی‌ها:

$$f_1 = \sum_{i=1}^{N_i} S_i \quad (1)$$

که N_i تعداد کلیدهای شبکه و S_i متغیر حالت مربوط به هر کلید است بطوریکه هر کلید که تغییر وضعیت دهد S_i مربوطه مقدار یک و در غیر اینصورت مقدار صفر را به خود خواهد گرفت.

۳-۲- کمترین مناطق بی برق شده:

$$f_2 = TB - \sum_{i=1}^q EB \quad (2)$$

که TB تعداد کل شاخه‌ها و EB تعداد کل شاخه‌های برق‌دار را نشان خواهد داد.

۳-۳- کمترین تلفات توان:

$$f_3 = \sum_{i=1}^b 3 * R_i I_i^2 \quad (3)$$

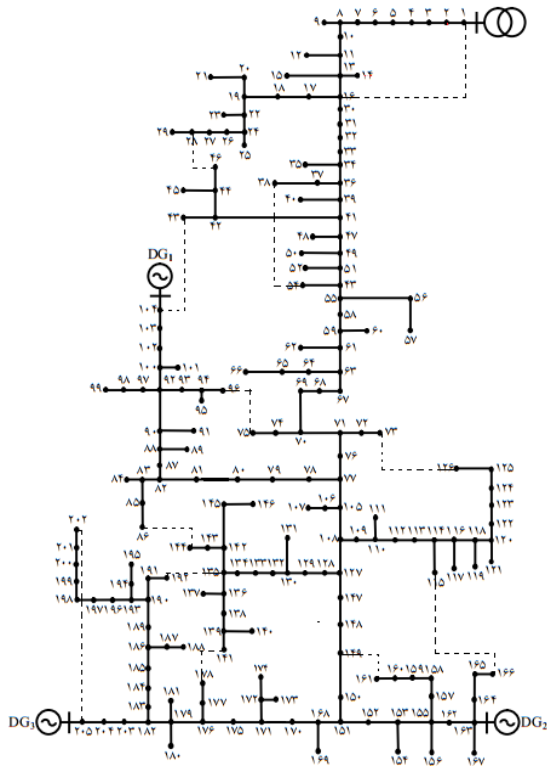
R_i مقاومت و I_i جریان شاخه i ام و b تعداد خطوط شبکه توزیع را نشان می‌دهد.

۳-۴- محدودیت ولتاژ:

$$V_{min} < V_i < V_{max} \quad (4)$$

۵- شبکه توزیع ۲۰ کیلوولت مورد مطالعه

به منظور بررسی کارایی الگوریتم بازیابی بار پیشنهادی فیدر توزیع شعاعی واقعی ۲۰ کیلوولت با ۱۱۳ ترانسفورماتور توزیع ۲۰/۰/۴ کیلوولت با ظرفیت‌های مختلف، ۷۱/۴۴ کیلومتر خطوط هوایی و کابل‌های زیرزمینی، ۱۲ خط مانوری و ۳ واحد تولید پراکنده به صورت شکل (۳) در نظر گرفته شده است که اطلاعات واحدهای تولید پراکنده و وضعیت کلیدهای مانور به ترتیب در جداول (۱) و (۲) آمده است [۱۷].



شکل ۳: شبکه توزیع ۲۰ گره ۲۰ کیلوولت واقعی

جدول ۱: مشخصات واحدهای تولید پراکنده فیدر توزیع ۲۰ کیلوولت

واحد تولید پراکنده	توان اکتیو (مگاوات)	توان راکتیو (مگاوار)	Xs (پریونیت)	Xs'' (پریونیت)
۱۰۴	۰/۸	۰/۶	۱/۸	۰/۱۸
۱۶۴	۰/۸	۰/۶	۱/۸	۰/۱۸
۲۰۵	۱	۰/۷۵	۱/۸	۰/۱۸

جدول ۲: وضعیت عادی کلیدهای مانور

کلید مانور	وضعیت عادی	کلید مانور	وضعیت عادی
۱-۱۶	باز	۱۳۵-۱۹۲	باز
۲۸-۴۶	باز	۱۴۱-۱۷۸	باز
۳۸-۵۴	باز	۱۴۹-۱۶۱	باز
۴۳-۱۰۴	باز	۷۵-۹۶	باز
۷۳-۱۲۶	باز	۲۰۲-۲۰۵	باز
۸۶-۱۴۴	باز	۱۱۵-۱۶۶	باز

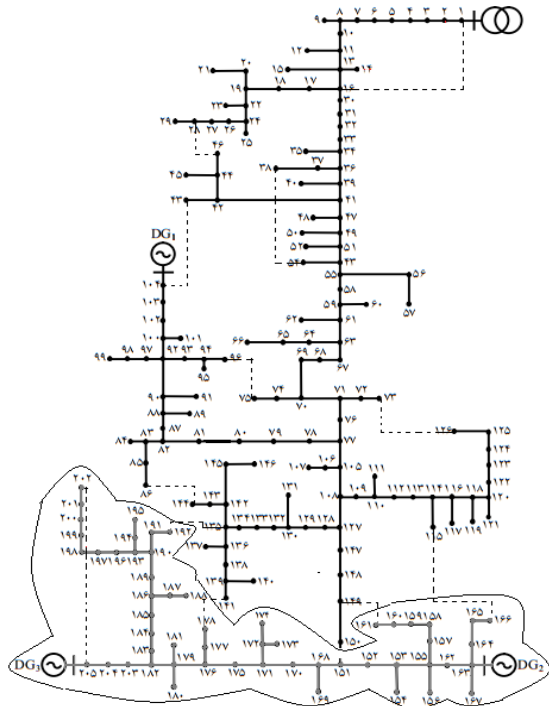
۶- شبیه‌سازی راهکار پیشنهادی بازیابی بار

با توجه به محل اسکان اکیپ تعمیر و نگهداری، موقعیت کلیدهای مانور نسبت به هم، ساختار شبکه توزیع و همچنین شرایط دسترسی به کلیدها می‌توان سه سناریو برای بازیابی سیستم در شرایط مختلف در نظر گرفت.

۶-۱- سناریوی اول: بازیابی بار با در نظر گرفتن زمان مورد نیاز برای تغییر وضعیت هرکدام از کلیدهای مانوری

با توجه به اینکه شبکه‌های توزیع بیشتر شامل تجهیزات مکانیکی بوده و برای عمل بازیابی باید اکیپ تعمیر، به محل خطا رفته و به صورت دستی کلیدهای مانور را تغییر وضعیت دهند، لذا در این سناریو به هرکدام از کلیدها با توجه به نوع و فاصله آنها از محل اسکان اکیپ تعمیر مدت زمان معینی برای تغییر وضعیت در نظر گرفته می‌شود و سعی می‌شود که در عمل بازیابی تا حد امکان از کلیدهایی استفاده شوند که کمترین زمان و تعداد کلیدزنی را ایجاد کنند.

زمانی که یک خطای اتصال کوتاه در یک بخش اتفاق می‌افتد، مدارشکن ابتدای فیوز توزیع قطع شده و در نتیجه بارهای پایین‌دست آن قطع می‌شوند [۱۳]، لذا اکیپ تعمیر و نگهداری باید ابتدا محل خطا را پیدا کرده و سپس به وسیله باز کردن سکسیونرهای موجود قسمت خطادار را از شبکه جدا نموده و با وصل مدارشکن ابتدای فیدر بارهای بالادست بخش خطادار را برق‌دار نمایند. در این مقاله هدف پیدا کردن بهترین روشی است که بتوان از طریق آن بارهای پایین‌دست بخش خطادار را تا زمان رفع خطای اتصال کوتاه و برگشت به وضعیت عادی شبکه از طریق کلیدهای مانور تعبیه شده در شبکه برق‌دار کرد.



شکل ۵: مناطق بی برق شده بعد از وقوع خطا در ۱۵۱-۱۵۰

در تمام سناریوهای این مقاله، محل ورود اکیپ تعمیرات به شبکه توزیع همان پست فوق توزیع که در گره ۱ قرار دارد، در نظر گرفته می شود. بنابراین زمانی که خطا در بخش ۱۵۱-۱۵۰ رخ دهد، مناطقی که در شکل (۵) نشان داده شده است، بی برق می شوند. با فرض زمان های مورد نیاز برای تغییر وضعیت هر یک از کلیدهای مانور به صورت جدول (۳) و اجرای برنامه بازیابی، مطابق با جدول (۴) مشاهده می شود که برای بازیابی مناطق بی برق می توان از هر کدام از چهار کلید ۱۶۱-۱۴۹، ۱۶۶-۱۱۵، ۱۷۸-۱۴۱، ۱۶۶-۱۱۵ استفاده کرد که هر کدام به تنهایی می توانند تمام مناطق بی برق را بازیابی کنند، ولی با مقایسه زمان های بازیابی، حالت چهارم به دلیل زمان بیشتر نسبت به بقیه کنار گذاشته می شود و با توجه به مقدار تلفات حالات باقیمانده و مقایسه آنها با یکدیگر استفاده از کلید ۱۶۱-۱۴۹ می تواند با کمترین تلفات تمام بارهای بی برق را بازیابی کند.

جدول ۳: زمان های مورد نیاز برای تغییر وضعیت کلیدهای مانور

کلید مانور	زمان تغییر وضعیت (دقیقه)	کلید مانور	زمان تغییر وضعیت (دقیقه)
۱-۱۶	۱۰	۱۳۵-۱۹۲	۵۰
۲۸-۴۶	۲۰	۱۴۱-۱۷۸	۵۰
۳۸-۵۴	۲۵	۱۴۹-۱۶۱	۵۰
۴۳-۱۰۴	۲۵	۷۵-۹۶	۳۰
۷۳-۱۲۶	۳۵	۲۰۲-۲۰۵	۶۰
۸۶-۱۴۴	۴۵	۱۱۵-۱۶۶	۵۵

۲-۶- سناریوی دوم: بازیابی بار با در نظر گرفتن فاصله هر کلید نسبت به محل اسکان اپراتورها

در این سناریو روش کار بر این اساس است که بعد از وقوع خطا و جداسازی قسمت خطا دار از شبکه توزیع با استفاده از سکسیونرها، با بهره گیری از برنامه بازیابی سعی می شود برای بازیابی از کلیدهایی استفاده شود که کمترین فاصله مکانی را نسبت به محل اسکان اکیپ تعمیر داشته باشند. برای این منظور، برنامه ابتدا تمام حالات ممکن را بدست آورده و سپس کلیدهایی را که کمترین فاصله از گره ۱ را دارند، مرتب نموده و در صورتی که چند مسیر هم اندازه وجود داشته باشد، مسیری را به عنوان جواب نهایی انتخاب می کند که کمترین تلفات را داشته باشد.

در این حالت نیز مانند حالت اول فرض می شود که خطا در بخش ۱۵۱-۱۵۰ رخ دهد و مناطق بی برق شده طبق شکل (۵) نشان داده شده است. با اجرای برنامه بازیابی مطابق جدول (۵)، ۴ مسیر ۱۶۱-۱۴۹، ۱۶۶-۱۱۵، ۱۷۸-۱۴۱، ۱۳۵-۱۹۲، ۱۶۶-۱۱۵ برای بازیابی بارهای بی برق وجود دارد که کوتاه ترین مسیر مربوط به شاخه ۱۶۱-۱۴۹ بوده که برابر ۱۴۳۰۰ متر می باشد و به عنوان جواب مساله نیز انتخاب خواهد شد.

جدول ۴: نتایج بازیابی سناریوی اول

کلیدهای مانور	مناطق بی برق شده	زمان بازیابی (دقیقه)	تلفات (کیلووات)
۱۳۵-۱۹۲	-	۵۰	۳۱۴/۰۹
۱۴۱-۱۷۸	-	۵۰	۳۱۵/۴۴
۱۴۹-۱۶۱	-	۵۰	۳۱۱/۹۲
۱۱۵-۱۶۶	-	۵۵	۳۱۳/۱۹

جدول ۵: نتایج بازیابی سناریوی دوم

فاصله کلید تا محل اپراتور (متر)	مناطق بی برق شده	کلیدهای مانور
۱۴۳۰۰	-	۱۴۹-۱۶۱
۱۶۶۵۰	-	۱۴۱-۱۷۸
۱۵۸۰۰	-	۱۳۵-۱۹۲
۱۶۱۵۰	-	۱۱۵-۱۶۶

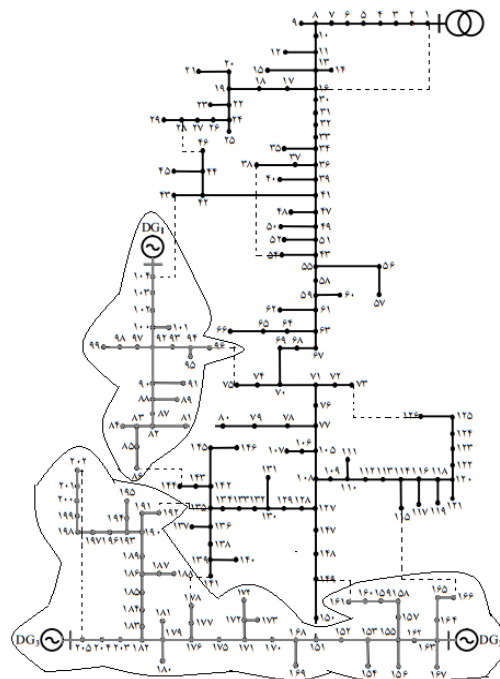
جدول ۶: نتایج بازیابی سناریوی سوم

فاصله کلید از هم و از ابتدای فیدر (متر)	فاصله کلید از هم (متر)	مناطق بی برق شده	کلیدهای مانور
۱۶۸۵۰	۵۲۵۰	-	۷۵-۹۶ ۱۱۵-۱۶۶
۱۷۸۰۰	۳۵۰۰	-	۷۵-۹۶ ۱۶۱-۱۴۹
۱۸۸۰۰	۸۱۵۰	-	۴۳-۱۰۴ ۱۴۹-۱۶۱
۲۰۲۲۰	۲۴۱۰	-	۸۶-۱۴۴ ۱۳۵-۱۹۲
۲۰۳۰۰	۹۶۵۰	-	۴۳-۱۰۴ ۱۳۵-۱۹۲
۲۰۶۵۰	۱۰۰۰۰	-	۱۳۵-۱۹۲ ۱۴۹-۱۶۱
۲۰۷۰۰	۴۹۰۰	-	۸۶-۱۴۴ ۱۴۱-۱۷۸
۲۱۰۷۰	۳۲۶۰	-	۴۳-۱۰۴ ۱۴۱-۱۷۸
۲۱۱۵۰	۱۰۵۰۰	-	۷۵-۹۶ ۱۴۱-۱۷۸
۲۲۵۰۰	۵۸۵۰	-	۷۵-۹۶ ۸۶-۱۴۴
۲۳۱۲۰	۵۳۱۰	-	۷۶-۱۴۴ ۱۴۹-۱۶۱
۲۵۰۷۰	۷۲۶۰	-	۸۶-۱۴۴ ۱۱۵-۱۶۶

۳-۶- سناریوی سوم: بازیابی بار با در نظر گرفتن فاصله کلیدهای مانور نسبت به هم و نسبت به محل اسکان اپراتورها

بر خلاف دو سناریوی قبلی که بیشتر برای بازیابی بارهایی استفاده شده که فقط در یکی از بخش‌های شبکه خطا رخ می‌دهد و یک منطقه بی برق به وجود می‌آید، در این سناریو سعی شده شبکه توزیع را هنگامی که در دو یا چندین نقطه به طور همزمان خطا اتفاق می‌افتد بازیابی نمود. برای این منظور بعد از وقوع خطا ابتدا تمام حالت‌های ممکن بازیابی را پیدا کرده و از بین آنها حالتی را که مجموع فاصله کلیدهای مانور از هم و از ابتدای فیدر کمترین مقدار ممکن باشد، به عنوان جواب مسئله بازیابی انتخاب می‌شود.

در این سناریو فرض می‌شود که در بخش‌های ۸۱-۸۰ و ۱۵۱-۱۵۰ به طور همزمان خطا رخ داده باشد و مناطق بی برق به صورت شکل (۶) نشان داده شده است، حال با اجرای برنامه بازیابی، ۱۲ حالت برای بازیابی مناطق بی برق در جدول (۶) بدست می‌آید که با توجه به نتایج اگر هدف فقط فاصله کلیدهای مانور از هم باشد باید از کلیدهای ۱۴۴-۸۶ و ۱۹۲-۱۳۵ استفاده کرد. ولی چون هدف کوتاه‌ترین مسیری است که اکیپ تعمیر بتواند کلیدها را برای بازیابی تغییر وضعیت دهد، با توجه به مقادیر جدول نتیجه می‌شود که باید از کلیدهای ۹۶-۷۵ و ۱۶۶-۱۱۵ برای بازیابی استفاده گردد.



شکل ۶: مناطق بی برق شده بعد از وقوع خطا در ۸۱-۸۰ و ۱۵۱-۱۵۰

Engineering Generation, Transmission and Distribution, vol. 146, pp. 563-567, 1999.

[9] N. Vidivoo, "Distribution system restoration using genetic algorithm with distributed generation," International Journal of Applied Science, vol. 3, no. 4, April 2009.

[۱۰] مهدی دارابی؛ محسن نیاستی "بازیابی بار در سیستم‌های توزیع انرژی در حضور منابع تولید پراکنده با استفاده از الگوریتم ژنتیک" بیست و هشتمین کنفرانس بین‌المللی برق.

[11] Y. Hong, S. Ho, "Determination of network configuration considering multi objective in distribution systems using genetic algorithms," IEEE Transaction on Power Systems, vol. 20, no. 2, May 2005.

[12] Rothlauf, D. E. Goldberg, "Prufers numbers and genetic algorithms: A lesson how the locality of an encoding can harm the performance of Gas," Working Papers in Information Systems, March 2000.

[۱۳] حسین افراخته؛ محمودرضا حقی‌فام؛ علی یزدیان ورجانی "تعیین متغیرهای کنترلی در سیستم قدرت به منظور بازیابی حداکثر بار" نشریه مهندسی برق و مهندسی کامپیوتر ایران، سال ۵، شماره ۲، تابستان ۱۳۸۶.

[14] Kumar, Y.; Das, B.; Sharma, Jaydev, "Genetic algorithm for supply restoration in distribution system with priority customers," Probabilistic Methods Applied to Power Systems, 2006. PMAPS 2006. International Conference on , vol., no., pp.1,7, 11-15 June 2006.

[15] Ye Tian; Tao Lin; Man Zhang; Xialing Xu, "A new strategy of distribution system service restoration using distributed generation," Sustainable Power Generation and Supply, 2009. SUPERGEN '09. International Conference on , vol., no., pp.1,5, 6-7 April 2009.

[16] Chen Dan; Chen Xingying; Liu Jian; Dong Xinzhou; Liao Yingchen, "Service restoration study of distribution system with distributed generators based on particle swarm optimization," Advanced Power System Automation and Protection(APAP), 2011 International Conference on , vol.2, no., pp.1176,1181,16-20 Oct. 2011.

[۱۷] صادق جمالی، وحید تلاوت، "محل‌یابی خطا در شبکه‌های توزیع واقعی بر اساس اطلاعات ولتاژ و جریان نمونه‌برداری شده توسط ثبات‌های خطای دیجیتال"، نشریه مهندسی برق و مهندسی کامپیوتر ایران، سال ۷، شماره ۲، تابستان ۱۳۸۸، صفحات ۱۴۵

این مقاله روشی جدید برای ارزیابی شعاعی بودن شبکه‌های توزیع با در نظر گرفتن واحدهای تولید پراکنده ارائه می‌کند. در سه سناریوی مطرح شده سعی بر آن است که با استفاده از راهکار ابتکاری بازیابی پیشنهاد شده که تمام حالات ممکن بازیابی را به منظور بازیابی حداکثر بارها در شرایط کمترین کلیدزنی‌ها و کمترین تلفات در نظر خواهد گرفت علاوه بر قیدهای ذکر شده از دو قید کمترین زمان بازیابی و کمترین طول مسیر بازیابی برای برق‌دار کردن مناطق بی‌برق استفاده شود.

مراجع

[1] Xingying Chen; Dan Chen; Jian Liu; Yingchen Liao; Kun Yu; Hexuan Hu, "Fast service restoration of distribution system with distributed generations," Power and Energy Society General Meeting, 2012 IEEE , vol., no., pp.1,6, 22-26 July 2012.

Hong-Tzer Yang; Jian-Tang Liao; Xiang-He Su, [2] "A fuzzy-rule based power restoration approach for a distribution system with renewable energies," Fuzzy Systems(FUZZ), 2011 IEEE International Conference on , vol., no., pp.2448,2453, 27-30 June 2011.

[3] Wei Wei; Mingjun Sun; Ran Ren; Yong Wang, "Service restoration of distribution system with priority customers and distributed generation," Innovative Smart Grid Technologies - Asia (ISGT Asia), 2012 IEEE , vol., no., pp.1,6, 21-24 May 2012.

[۴] امین مرادخانی؛ محمودرضا حقی‌فام؛ مصطفی محمدیان "بازیابی بار شبکه‌های توزیع در حضور تولید پراکنده با در نظر گرفتن منابع انرژی ذخیره‌ای" نشریه مهندسی برق و مهندسی کامپیوتر ایران، سال ۸، شماره ۲، تابستان ۱۳۸۹.

[5] Y. Hong, S. Ho, "Genetic algorithm based network reconfiguration for loss minimization in distribution systems," IEEE Power Engineering Society General Meeting, vol. 2, 2003.

[6] H. Li, H. Sun, "A fully decentralized multi agent system for intelligent restoration of power distribution network incorporating distributed generations," IEEE Computational Intelligence Magazine, vol.7, pp.66-76, 2012.

[7] A. Zidan, E. F. El-Saadani, "Network reconfiguration in balanced and unbalanced distribution systems with variable load demand for loss reduction and service restoration," IEEE Power and Energy Society General Meeting, pp. 1 -8, 2012.

[8] M. A. Kashem, V. Ganapathy, and G. B. Jasmon, "Network reconfiguration for load balancing in distribution networks," in Proc. Institute of Electrical