

## مکانیابی بهینه ریکلوزر در شبکه توزیع با بکارگیری روش

### آنالیز اثرات مدهای خطا - مطالعه موردی

علی آشورنژاد<sup>۱</sup>، حمید فلقی<sup>۲</sup>، امیر کاظمی<sup>۳</sup>، احمدعلی شهرستانی<sup>۴</sup>

<sup>۱ و ۳ و ۴</sup> شرکت توزیع نیروی برق استان خراسان جنوبی - شهرستان قاینات

aliashoornm@gmail.com

amir\_k228@yahoo.com

ahmad.shahrestani@yahoo.com

<sup>۲</sup> دانشیار دانشکده برق و کامپیوتر - دانشگاه بیرجند

falaghi@birjand.ac.ir

## چکیده

ارزیابی قابلیت اطمینان یکی از مراحل مهم در طراحی و بهره برداری شبکه های توزیع می باشد. با توجه به اینکه خطاهای گذرا درصد بالایی از خطاهای سیستم را تشکیل می دهند، استفاده از ریکلوزر تأثیر زیادی در قابلیت اطمینان شبکه های توزیع دارد. به همین دلیل انتخاب تعداد و مکان بهینه ریکلوزر یک عامل مهم در طراحی سیستم می باشد. در این مقاله مکان بهینه ریکلوزر در یک شبکه توزیع نمونه مورد بررسی قرار گرفته است. شبکه نمونه مربوط به فیدر فشار متوسط از شبکه توزیع استان خراسان جنوبی می باشد. جهت تعیین مکان بهینه، چهار شاخص قابلیت اطمینان بررسی و تابع هدف به صورت ترکیبی از این شاخص ها تعیین شده است. برای حل مساله از روش آنالیز اثرات مدهای خطا استفاده شده است. روش پیشنهادی توسط نرم افزار MATLAB پیاده سازی و بر روی شبکه نمونه تست شده است. پس از شناسایی نقاط کاندید، بهترین مکان برای نصب ریکلوزر به دست آمده و نتایج به دست آمده حاکی از بهبود شاخص های قابلیت اطمینان و تابع هدف شبکه دارد.

## کلمات کلیدی

مکانیابی ریکلوزر، قابلیت اطمینان شبکه های توزیع، آنالیز اثرات مدهای خطا

کاهش هزینه حفاظت و بهره برداری از شبکه، از خطوط هوایی شعاعی استفاده می شود. خطوط توزیع هوایی در معرض شرایط جوی، شرایط محیطی، برخورد پرندگان و شاخ و برگ درختان قرار دارند. آمارها نشان می دهد بیش از ۷۰٪ خطاهایی که در شبکه توزیع هوایی رخ می دهند از نوع گذرا می باشند و با یک عملکرد ریکلوزی براحتی قابل رفع می باشند [1]. از ریکلوزر به منظور حذف خطاهای گذرا، ایزوله کردن خطاها و مدیریت ساختار شبکه استفاده می شود. لذا استفاده از ریکلوزرها باعث

## ۱- مقدمه

تداوم برق رسانی و سرویس دهی به مصرف کنندگان از ابتدای شروع کار صنعت برق، از اهمیت بالایی برخوردار بوده و تمامی دست اندرکاران این صنعت در تمام جهان پیوسته در جهت نیل به تأمین برق مطمئن و پایدار کوشیده و سرمایه گذاری نموده اند. در اکثر شبکه های حومه شهرها و روستاها برای کاهش هزینه های احداث شبکه های توزیع و

تجهیزات در مکان‌های پیشنهادی مورد ارزیابی قرار گرفته است. ضمن اینکه چنانچه بستر ارتباطات فراهم باشد، می‌توان نقش اتوماسیون در کاهش زمان خاموشی‌ها و افزایش قابلیت اطمینان را نیز در نظر گرفت [8].

در این مقاله تعیین مکان بهینه ریکلوزر به کمک روش آنالیز اثرات مدهای خطا پیشنهاد شده است. روش بیان شده بر روی شبکه نمونه و با بررسی چهار شاخص قابلیت اطمینان پیاده‌سازی شده است. سایر بخش‌های مقاله به صورت زیر می‌باشند:

در بخش دوم قابلیت اطمینان در شبکه‌های توزیع و شاخص‌های آن معرفی شده‌اند. روش آنالیز اثرات مدهای خطا و الگوریتم مربوطه جهت تعیین مکان بهینه در بخش سوم معرفی شده است. در بخش چهارم شبکه نمونه و نتایج حاصل از پیاده‌سازی روش پیشنهادی بیان و در نهایت نتایج حاصل از این مقاله در بخش پنجم ارائه شده است.

## ۲- قابلیت اطمینان شبکه‌های توزیع

اساسی‌ترین هدف سیستم‌های قدرت تامین انرژی الکتریکی مستمر و با کیفیت مطلوب است. البته به دلایلی مانند معایب و خرابی‌های احتمالی در تجهیزات به کار رفته، بروز خطاهای پیش‌بینی شده و پیش‌بینی نشده نمی‌توان انتظار داشت که همواره این انرژی در دسترس قرار گیرد. از این رو ارزیابی قابلیت اطمینان سیستم‌های قدرت دارای اهمیت فراوانی می‌باشد. تعاریف متنوعی در مورد قابلیت اطمینان ارائه شده است. استانداردهایی مختلفی در این زمینه ارائه شده‌اند و مهم‌ترین آن‌ها استاندارد IEEE-1366 می‌باشد که قابلیت اطمینان را به صورت "توانایی سیستم در انجام وظیفه تحت شرایط محیطی و بهره‌برداری معین برای یک بازه زمانی خاص" تعریف کرده است [9].

در مورد سیستم توزیع، قابلیت اطمینان به قطع برق مشترکین و ایجاد اختلال در عملکرد تجهیزات مربوط می‌شود. عوامل بسیار زیادی در تعیین قابلیت اطمینان یک سیستم موثر می‌باشد که تعداد محدودی از آن‌ها قابل کنترل می‌باشد. این عوامل به متغیرهایی نظیر قابلیت اطمینان اجزای تجهیزات، طول شبکه و بارگذاری آن، پیکر بندی شبکه، مشخصه بار و ... بستگی دارد.

بر اساس استانداردها شاخص‌های متعددی برای ارزیابی قابلیت اطمینان شبکه‌های توزیع تعریف شده است. در ادامه چهار شاخص مهم که در این مقاله بکار گرفته شده‌اند معرفی خواهند شد.

افزایش قابلیت اطمینان سیستم، کاهش انرژی توزیع نشده و در نتیجه افزایش درآمدهای شرکت توزیع می‌شود.

بکارگیری ریکلوزر به منظور افزایش قابلیت اطمینان سهم زیادی از تحقیقات اخیر را به خود اختصاص داده است. در سال‌های اخیر استفاده از ریکلوزرها در شبکه توزیع هوایی فشار متوسط، به شدت مورد استفاده قرار گرفته است. این تجهیزات به صورت مدارشکن (Circuit Breaker) و ریکلوزر می‌باشند که در هر جایی از شبکه توزیع هوایی می‌توانند مورد استفاده قرار بگیرند. در صورت وجود ریکلوزر برای برقرار کردن سریع فیدر میتوان کاهش قابل ملاحظه در تعداد و زمان خاموشی‌ها و در نتیجه بهبود شاخصهای قابلیت اطمینان داشت [۲]. مساله پیدا کردن تعداد و محل ریکلوزرهای لازم در شبکه‌های توزیع شعاعی بزرگ، جزء مسائل بهینه‌سازی ترکیبی به حساب می‌آید.

در کشور ما در مورد سیستم‌های تولید و انتقال، مطالعات پراکنده‌ای انجام گرفته و اطلاعات مورد نیاز در این سیستم‌ها نیز به راحتی در دسترس می‌باشند، ولی در مورد سیستم‌های توزیع مطالعات اندکی صورت گرفته است. دلیل آن توجه کمتر به شبکه‌های توزیع، وسعت و پیچیدگی این شبکه‌ها و همچنین مشکل ثبت آمار و حوادث و اتفاق‌ها می‌باشد. در صورتیکه در حال حاضر عمده خاموشی‌های شبکه‌های برق ناشی از خاموشی بخش توزیع می‌باشد. انتخاب تعداد و محل نصب بهینه ریکلوزرها که تابع عوامل زیادی مانند قابلیت اطمینان، نوع مشترکین، تغییرات بار، هزینه‌های نصب و نگهداری و ... می‌باشد باید مورد بررسی و ارزیابی قرار گیرد و سپس اقدام به نصب این تجهیز در شبکه‌های توزیع نمود؛ در حالی که معمولاً شرکت‌های توزیع با استفاده از تجربیات گذشته‌شان و اطلاعات مشترکین و ملاحظات دیگر، تعداد و محل نصب ریکلوزرها را انتخاب می‌کنند. در [3] از الگوریتم بهینه‌سازی کلونی مورچگان برای جایابی بهینه ریکلوزر و تجهیزات حفاظتی در شبکه‌های توزیع استفاده شده است. منابع تولید پراکنده نیز در این مقاله بررسی و تاثیر آن در مکان بهینه تجهیزات ارزیابی شده است. جایابی بهینه ریکلوزر می‌تواند به منظور دستیابی به شاخص خاصی بررسی شود و این تجهیز حفاظتی می‌تواند به منظور کاهش انرژی توزیع نشده [4] و یا بهبود شاخص‌های دیگری نظیر متوسط تعداد قطعی‌های سیستم [5] و شاخص‌های مشابه مورد مطالعه قرار گیرد. اگرچه بهبود یک شاخص لزوماً منجر به بهبود سایر شاخص‌ها نخواهد شد. مکانیابی بهینه به منظور کاربردهای عملی نیز مورد مطالعه محقق قرار گرفته است و در [6] برای شبکه نمونه‌ای در استان بوشهر صورت پذیرفته است. اگرچه در این مقاله تنها شاخص انرژی توزیع نشده و خاموشی‌های گذرا مورد بررسی قرار گرفته است. در [7] جایابی بهینه ریکلوزر و تجهیزات حفاظتی برای یک شبکه واقعی با یک روش سعی و خطا بررسی و تاثیر قرار گرفتن هر یک از

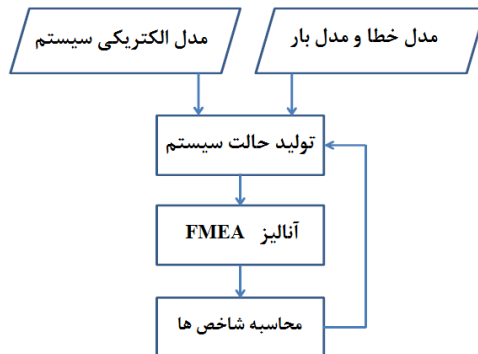
برای ترکیب آنها از مقدار پریونیت هر واحد استفاده شده است. در نتیجه تابع هدف به صورت زیر می باشد:

$$Fitness = W_1 \frac{SAIFI - SAIFI_{min}}{SAIFI_{min}} + W_2 \frac{SAIDI - SAIDI_{min}}{SAIDI_{min}} + W_3 \frac{MAIFI - MAIFI_{min}}{MAIFI_{min}} + W_4 \frac{ENS - ENS_{min}}{ENS_{min}} \quad (5)$$

در رابطه فوق  $SAIFI_{min}$ ،  $SAIDI_{min}$ ،  $MAIFI_{min}$  و  $ENS_{min}$  کمترین مقدار هر یک از این واحد هاست که بر اساس آنالیز حساسیت به دست می آیند و  $W_1$ ،  $W_2$ ،  $W_3$  و  $W_4$  ضرایب وزنی برای بیان اهمیت هر یک از شاخص ها می باشند. جمع ضرایب وزنی باید برابر با یک باشد.

## ۳- معرفی روش آنالیز اثرات مدهای خطا (FMEA)

آنالیز اثرات مدهای خطا (Failure Mode and Effect Analysis) یا به اختصار FMEA، یک تکنیک سیستماتیک برای بررسی تاثیر خطا در شبکه می باشد. این روش با شناسایی اجزا و ساختار سیستم، تاثیر مدهای خطا را بررسی می کند. از ترکیب روش آنالیز اثرات مدهای خطا و اطلاعات و جزئیات شبکه می توان در طراحی شبکه های توزیع و همچنین برنامه ریزی برای گروه تعمیرات استفاده کرد. فلوچارت مربوط به روش FMEA در شکل (۱) نشان داده شده است.



شکل ۱- فلوچارت روش آنالیز اثرات مدهای خطا

در روش آنالیز اثرات مدهای خطا بررسی می شود که با وقوع خطا در هر نقطه از سیستم، چه بارهایی قطع خواهند شد و زمان قطعی هر کدام از بارها و تامین برق مجدد آن ها چقدر طول خواهد کشید. مراحل مربوط به این روش به صورت زیر می باشد:

- تشخیص ناحیه خطا
- جداسازی ناحیه خطا به کمک کلیدهای نرمالی بسته
- تامین برق نقاط بالادست خطا

### - شاخص دفعات قطع سیستم (SAIFI):

SAIFI بیانگر آن است که هر یک از مشترکین شبکه به طور متوسط چند بار در طول بازه مورد بررسی (یک سال) ممکن است قطع شوند و از رابطه زیر محاسبه می شود.

$$SAIFI = \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_i N_i}{\sum_{i=1}^n N_i} \quad (1)$$

در رابطه فوق  $\lambda_i$  نرخ خرابی نقطه بار  $N_i$ ، تعداد مشترکین متصل به نقطه بار  $N_i$  و  $n$  تعداد کل نقاط بار سیستم می باشد. این شاخص بر حسب دفعات قطع بر مشترک در سال بیان می شود.

### - شاخص متوسط زمان قطعی سیستم (SAIDI)

این شاخص بیان کننده متوسط مدت زمان قطعی هر مشترک در بازه زمانی مورد مطالعه می باشد و رابطه آن به صورت زیر می باشد:

$$SAIDI = \frac{\sum_{i=1}^n U_i N_i}{\sum_{i=1}^n N_i} \quad (2)$$

در رابطه فوق  $U_i$  مدت زمان قطعی نقطه بار  $N_i$ ، تعداد مشترکین متصل به نقطه بار  $N_i$  و  $n$  تعداد کل نقاط بار سیستم می باشد. این شاخص بر حسب ساعت بر مشترک در سال بیان می شود.

### - شاخص دفعات قطعی های گذرای سیستم (MAIFI)

این شاخص بیانگر تعداد قطعی های سیستم ناشی از خطاهای گذراست.

$$MAIFI = \frac{\sum_{i=1}^n \gamma_i N_i}{\sum_{i=1}^n N_i} \quad (3)$$

در رابطه فوق  $\gamma_i$  نرخ قطعی های گذرا نقطه بار  $N_i$ ، تعداد مشترکین متصل به نقطه بار  $N_i$  و  $n$  تعداد کل نقاط بار سیستم می باشد. این شاخص بر حسب دفعات قطع بر مشترک در سال بیان می شود.

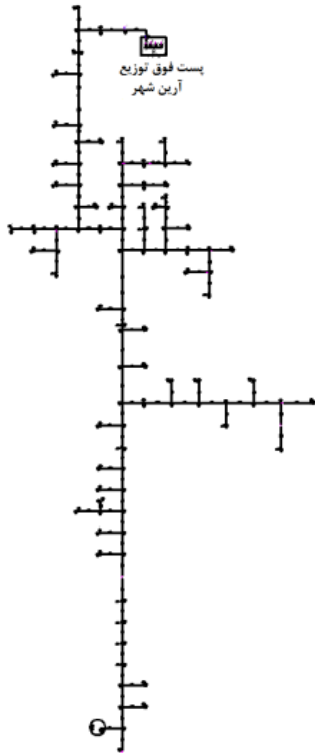
### - شاخص انرژی توزیع نشده (ENS)

این شاخص انرژی توزیع نشده سیستم به ازای قطعی ها را نشان می دهد.

$$ENS = \sum_{i=1}^n L_a(i) U_i \quad (4)$$

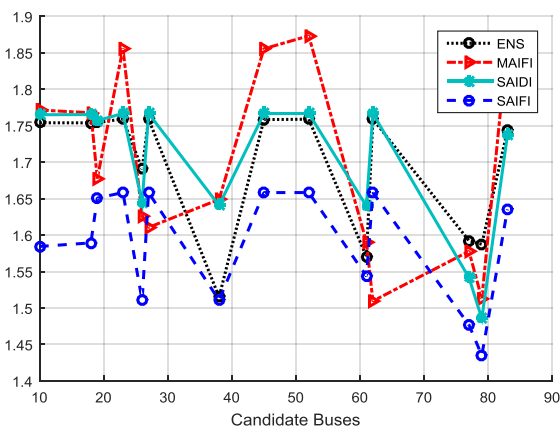
در رابطه فوق  $L_a(i)$  بار متوسط نقطه بار  $N_i$  و  $U_i$  مدت زمان قطعی نقطه بار  $N_i$  است. شاخص ENS بر حسب کیلووات ساعت در سال می باشد.

در این مقاله برای جایابی بهینه ریکلوزر از ترکیب این شاخص ها استفاده شده است. با توجه اینکه این شاخص ها واحد یکسانی ندارند،



شکل ۲- دیاگرام تک خطی شبکه نمونه

با توجه به شرایط بهره برداری و موقعیت نصب، تعدادی مکان برای نصب ریکلوزر پیشنهاد و مورد ارزیابی قرار گرفته است. با ورود اطلاعات شبکه نمونه در برنامه، نتایج به دست آمده برای چهار شاخص *SAIFI*، *MAIFI* و *ENS* در شکل (۳) نشان داده شده است. به منظور مقایسه بهتر این شاخص‌ها نرمالیزه شده اند تا مکان بهینه مربوط به هر شاخص قابل مقایسه باشد.



شکل ۳- مکان بهینه ریکلوزر بر اساس شاخص‌های مختلف

- تامین برق نقاط پایین دست خطا در صورت وجود نقطه مانوری توسط کلیدهای نرمالی باز
- تعمیر ناحیه خطا
- تامین برق تمامی مشترکین

برای تشخیص بارهای قطع شده ناشی از وقوع خطا در هر شاخه شبکه، نیاز به یک روش شماره گذاری مناسب برای باس‌ها و شاخه‌های شبکه داریم. به همین منظور می‌توانیم از روش‌هایی مشابه که به منظور پخش بار شبکه‌های توزیع استفاده می‌شود، بهره‌جست [9-10]. روش شماره گذاری به این صورت است که از باس فوق توزیع و با شماره یک شروع می‌شود و به سمت نقاط انتهایی شبکه پیش می‌رویم. در هر قسمت از شبکه که به یک انشعاب و شاخه فرعی رسیدیم، ابتدا گره‌های انشعاب شماره گذاری می‌شوند و سپس به شاخه اصلی برمی‌گردیم.

در این مقاله برای بکارگیری روش آنالیز اثرات مدهای خطا چهار ماتریس با ابعاد (نقاط بار \* شاخه‌های شبکه) تشکیل شده است. به کمک این ماتریس‌ها تاثیر خطا در هر شاخه بر روی تمامی نقاط بار براحتی قابل تشخیص می‌باشند. با وقوع خطا در هر شاخه از شبکه، بر روی گراف شبکه و در خلاف جهت جریان حرکت کرده تا به اولین تجهیز حفاظتی رسیده و سپس محدوده خطا و زمان رفع خطا تعیین می‌شود. تمامی این مراحل به کمک نرم افزار *MATLAB* پیاده‌سازی شده است.

## ۴- بررسی شبکه نمونه و نتایج شبیه‌سازی

هدف این مقاله یافتن مکان بهینه ریکلوزر در یک شبکه نمونه واقعی است. شبکه نمونه مربوط به فیدر فشار متوسط از پست فوق توزیع آربین شهر شهرستان قاینات در استان خراسان جنوبی می‌باشد. با توجه به درجه اهمیت فیدر نمونه و همچنین محدودیت‌های مالی، بهره برداری از تنها یک ریکلوزر در این شبکه مد نظر می‌باشد؛ در نتیجه تنها تعیین مکان بهینه ریکلوزر هدف این مقاله می‌باشد.

دیاگرام تک خطی شبکه نمونه در شکل (۲) نشان داده شده است. شبکه نمونه دارای ۹۸ باس و پنج انشعاب بزرگ است که به منظور حفاظت از خطوط اصلی، در ابتدای هر انشعاب یک کات اوت فیوز نصب گردیده است. اطلاعات مربوط به طول خطوط (شاخه‌ها)، ظرفیت پست‌های توزیع و تعداد مشترکین از سیستم GIS استخراج شده است. سایر اطلاعات نظیر بار پست‌های توزیع، نرخ خطای دائم و گذرا، زمان تعمیر ناحیه خطا و زمان انجام عملیات مانور از اداره بهره برداری و بر اساس اطلاعات سوابق فیدر نمونه (ثبت شده در نرم افزار ثبت حوادث و ۱۲۱) اخذ گردیده است. اطلاعات مربوط به این شبکه در جدول (۲) در قسمت ضمایم قرار داده شده اند.

### جدول ۱- شاخص‌های قابلیت اطمینان قبل و بعد از نصب ریکلوزر

شاخص	قبل از نصب ریکلوزر	بعد از نصب ریکلوزر
SAIFI	5.4	5
SAIDI	10.3	9.8
MAIFI	2.8	2.6
ENS	12815	11105
Fitness	6.3	5.4

جدول فوق تاثیر نصب ریکلوزر در شبکه نمونه را به خوبی نشان می‌دهد. با نصب ریکلوزر در ابتدای شاخه شماره ۳۸، تمامی شاخص‌های قابلیت اطمینان بهبود یافته و انتظار می‌رود انرژی توزیع نشده سالانه، از مقدار ۱۲۸۱۵ کیلووات ساعت به مقدار ۱۱۱۰۵ کیلووات ساعت کاهش یابد.

### ۵- نتیجه

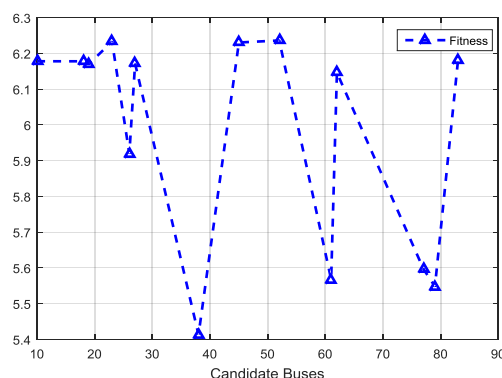
مکانیابی بهینه ریکلوزر در شبکه توزیع در این مقاله مورد بررسی قرار گرفته است. به منظور تعیین مکان بهینه از روش آنالیز اثرات مدهای خطا استفاده شده است. در این روش تاثیر خطا در هر ناحیه بر کل سیستم بررسی می‌شود. هدف از نصب ریکلوزر بهبود چهار شاخص SAIFI، SAIDI، MAIFI و ENS می‌باشد که با ضرایب وزنی با یکدیگر ترکیب شده و تابع هدف را تشکیل داده‌اند. روش پیشنهادی بر روی شبکه توزیع واقعی که شامل ۹۸ باس می‌باشد، پیاده‌سازی شده است. از بین مکان‌های کاندید، یک مکان بهینه برای نصب ریکلوزر تعیین شده است. با نصب ریکلوزر در این مکان چهار شاخص قابلیت اطمینان بهبود یافته و انرژی توزیع نشده سالانه از ۱۲۸۱۵ کیلووات ساعت به مقدار ۱۱۱۰۵ کیلووات ساعت کاهش می‌یابد.

### ضمایم

#### جدول ۲- اطلاعات مربوط به شبکه نمونه

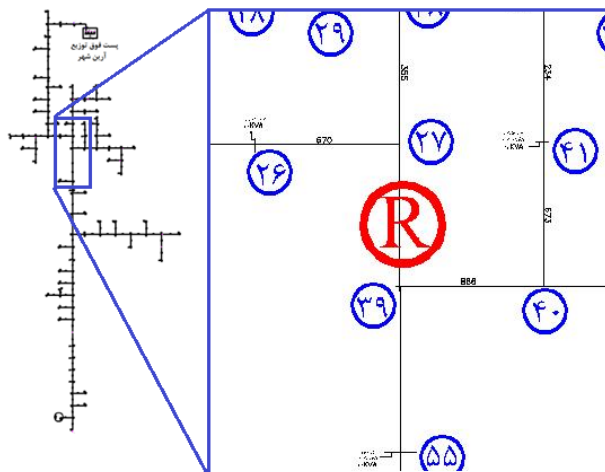
مشترکین	توان	طول	نوع کلید	شاخه	به گره	از گره
0	0	0.776	3	1	2	1
3	6.25	0.046	0	2	3	2
0	0	0.24	0	3	4	3
59	23	0.134	0	4	5	4
1	210	0.057	0	5	6	4
0	0	0.064	0	6	7	6
2	21	0.095	0	7	8	7
0	0	1.3	1	8	9	7
2	7.5	0.365	0	9	10	9
0	0	0.355	0	10	11	9
1	21	0.305	0	11	12	11
0	0	0.377	0	12	13	11
1	5	0.473	0	13	14	13
0	0	0.567	0	14	15	13
3	56	0.157	0	15	16	15
0	0	0.238	0	16	17	15
1	5	0.237	0	17	18	17
0	0	1.041	1	18	19	17
0	0	0.077	0	19	20	19

همانگونه که در شکل (۳) نشان مشاهده می‌شود، بر اساس شاخص‌های مختلف مکان بهینه ریکلوزر تغییر می‌کند. در نتیجه چنانچه بهبود شاخص خاصی مد نظر باشد می‌توان ریکلوزر را در مکان بهینه مربوط به آن شاخص قرار داد. اما با توجه به اینکه در این مقاله بهبود چهار شاخص معرفی شده مد نظر می‌باشد، نتیجه مکانیابی مربوط به تابع برازندگی تعریف شده در رابطه (۵) به صورت شکل (۴) می‌باشد.



شکل ۴- مکان بهینه ریکلوزر بر اساس تابع هدف

با توجه به تابع هدف که ترکیبی از چهار شاخص قابلیت اطمینان می‌باشد مکان بهینه ریکلوزر در ابتدای شاخه شماره ۳۸ که مابین باس‌های ۲۷ و ۳۹ می‌باشد، تعیین شده است. مکان تعیین شده برای ریکلوزر در شکل (۵) نشان داده شده است.



شکل ۵- مکان بهینه ریکلوزر در شبکه نمونه

به منظور بررسی بیشتر تاثیر ریکلوزر در شبکه نمونه، مقایسه بین شاخص‌های قابلیت اطمینان در دو حالت قبل و بعد از نصب این تجهیز در جدول (۱) خلاصه شده است.

مشترکین	توان	طول	نوع کلید	شاخه	به گره	از گره
30	3.5	0.907	0	91	92	91
124	23	0.923	0	92	93	92
0	0	0.39	0	93	94	93
2	7.5	0.138	0	94	95	94
0	0	0.461	0	95	96	94
53	7.5	0.757	0	96	97	96
0	0	0.205	0	97	98	96

مشترکین	توان	طول	نوع کلید	شاخه	به گره	از گره
0	0	3.364	2	20	21	20
2	21	0.096	0	21	22	21
9	15	0.062	0	21	23	22
1	34.5	0.361	2	20	24	23
1	5	0.08	0	24	25	24
107	16	1.947	0	19	26	25
0	0	0.67	0	26	27	26
0	0	0.355	2	27	28	27
1	14.25	0.081	0	28	29	28
0	0	0.355	0	28	30	29
1	50	0.151	0	30	31	30
2	78	0.368	0	31	32	31
0	0	0.896	0	30	33	32
1	25	0.691	2	33	34	33
0	0	1	0	34	35	34
2	10	0.677	0	35	36	35
1	64	0.111	0	35	37	36
2	10	0.695	0	33	38	37
0	0	0.538	0	27	39	38
0	0	0.866	2	39	40	39
1	2.5	0.673	0	40	41	40
1	55	0.234	0	41	42	41
0	0	0.776	0	40	43	42
0	0	1.003	2	43	44	43
3	30	0.808	0	44	45	44
0	0	0.138	0	44	46	45
1	21	0.26	0	46	47	46
1	20	0.052	0	46	48	47
2	21	0.105	0	43	49	48
0	0	0.949	0	49	50	49
0	0	1.161	2	50	51	50
1	60	0.733	2	51	52	51
2	10	0.095	0	51	53	52
4	40	0.094	0	50	54	53
77	20	3.537	2	39	55	54
0	0	1.803	0	55	56	55
131	40	0.377	0	56	57	56
0	0	0.151	0	56	58	57
2	35	0.212	0	58	59	58
0	0	1.15	0	58	60	59
3	30	0.153	0	60	61	60
0	0	0.685	0	60	62	61
5	7	0.152	0	62	63	62
0	0	3.408	0	63	64	63
3	34.5	0.754	2	64	65	64
0	0	0.652	0	64	66	65
274	104	0.11	0	66	67	66
0	0	0.551	0	66	68	67
1	20	0.105	0	68	69	68
0	0	3.713	0	68	70	69
1	10.5	0.11	0	70	71	70
0	0	1.091	0	70	72	71
1	10	0.6	2	72	73	72
324	50	0.185	0	72	74	73
0	0	0.46	0	62	75	74
1	10.5	0.084	0	75	76	75
6	10	0.348	0	75	77	76
0	0	0.045	0	77	78	77
261	44	0.208	2	78	79	78
0	0	0.151	0	78	80	79
1	21	0.11	0	80	81	80
0	0	0.44	0	80	82	81
0	0	0.105	0	82	83	82
2	10.5	0.232	0	83	84	83
169	35	0.5	0	83	85	84
0	0	0.841	0	82	86	85
1	10.5	0.144	0	86	87	86
0	0	0.251	0	86	88	87
2	10.5	0.151	0	88	89	88
1	13	2.3	2	88	90	89
20	2.5	0.561	0	90	91	90

### مراجع

- [1] Jamali, S., and H. Shateri. "Optimal siting of recloser and sectionalizers to reduce non-distributed energy." Transmission and Distribution Conference and Exhibition: Asia and Pacific, 2005 IEEE/PES. IEEE, 2005.
- [۲] مهربخش، علی و ام لیلا بیگدلی، "جایابی بهینه ریکلوزرها در شبکه های توزیع جهت کاهش انرژی توزیع نشده با استفاده از روش الگوریتم مورچگان"، چهاردهمین کنفرانس سراسری شبکه های توزیع نیروی برق، کرمان، ۱۳۸۸.
- [3] Wang, Lingfeng, and Chanan Singh. "Reliability-constrained optimum recloser placement in distributed generation using ant colony system algorithm." Power Systems Conference and Exposition, 2006. PSCE'06. 2006 IEEE PES. IEEE, 2006.
- [4] Hashemi-Dezaki, H., H. Askarian-Abyaneh, and H. Haeri-Khiavi. "Reliability optimization of electrical distribution systems using internal loops to minimize energy not-supplied (ENS)." Journal of applied research and technology 13.3 (2015): 416-424.
- [5] Zou, Kai, W. W. L. Keerthipala, and Sarath Perera. "SAIDI minimization of a remote distribution feeder." Power Engineering Conference, 2007. AUPEC 2007. Australasian Universities. IEEE, 2007.
- [۶] دشتی، رحمن و حبیب رجبی مشهدی، "جایابی بهینه ریکلوزر جهت افزایش قابلیت اطمینان شبکه توزیع نیروی برق استان بوشهر"، چهارمین کنفرانس حفاظت و کنترل سیستم های قدرت، تهران، دانشکده فنی دانشگاه تهران، ۱۳۸۸.
- [۷] رشیدی، مجید و رشیدی رحمن، "تأثیر جانمایی ریکلوزر و نشانگر خطا بر قابلیت اطمینان شبکه های توزیع برق و مطالعه موردی بر فیدر فرمان کرمانشاه"، هجدهمین کنفرانس توزیع نیروی برق، کرمانشاه، ۱۳۹۲
- [8] Heidari, Alireza, Vassilios G. Agelidis, and Mohammad Salay Naderi. "Effects of automation on the reliability of power distribution systems considering distributed generation: Worth analysis." Industrial Technology (ICIT), 2013 IEEE International Conference on. IEEE, 2013.
- [9] Teng, Jen-Hao. "A direct approach for distribution system load flow solutions." IEEE Transactions on power delivery 18.3 (2003): 882-887.
- [10] Ou, Ting-Chia, and Whei-Min Lin. "A novel Z-matrix algorithm for distribution power flow solution." PowerTech, 2009 IEEE Bucharest. IEEE, 2009.