# مکان یابی خطا در شبکه توزیع با حضور منابع تولید پراکنده به روش امپدانسی با استفاده از مدل خط متوسط

**رحمن دشتی[1]  محسن قاسمی[2]**

۱- استادیار- گروه مهندسی برق، دانشکده مهندسی دانشگاه خلیج فارس- بوشهر7516913817 - ایران

R.dashti@pgu.ac.ir

۲- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد- گروه مهندسی برق، دانشکده تحصیلات تکمیلی آزاد اسلامی واحد بوشهر - بوشهر- ایران

Mohsen_ghasemi22@yahoo.com

**چکیده:** **اتصال منابع تولید پراکنده به شبکه‌های توزیع علی رغم مزایایی که برای شبکه دارد باعث غربالی شدن فیدر توزیع از حالت شعاعی می‌شود. لذا شیوه های مرسوم حفاظت در این شبکه کارآمد نبوده و یافتن محل خطا باوجود آنها می‌تواند بسیار مشکل باشد. مکان‌یابی خطای امپدانسی با حضور منابع تولید پراکنده از منظر تأمین پایداری و ایمنی سیستم از اهمیت بالایی برخوردار است. در این مقاله یک روش امپدانسی برای فاصله یابی خطا در شبکه توزیع با حضور منابع تولید پراکنده فتوولتاییک ارایه شده است. در این روش جریان و ولتاژ در ابتدای فیدر و محل منابع تولید پراکنده اندازه گیری شده و با استفاده از مدل π خط، مکان خطا محاسبه می‌گردد. برای این منظور یک شبکه ۱۱ باسه واقعی در نرم افزار MATLAB شبیه سازی شده است و حساسیت روش پیشنهادی در برابر انواع خطاها، مقاومت‌های مختلف و زاویه‌های شروع خطای مختلف و توان‌های مختلف مورد بررسی قرار گرفته است و نتایج حاصله نشان از دقت بالای الگوریتم است.**

**کلمات کلیدی:** **شبکه توزیع؛ مکان یابی خطا؛ مدل خط متوسط؛ منابع تولید پراکنده؛ فتوولتاییک**

**تاریخ ارسال مقاله:** ۱۳۹۴/۰۸/۲۳

**تاریخ پذیرش مشروط مقاله:** ۱۳۹۵/۰۹/۰۱

**تاریخ پذیرش مقاله:** ۱۳۹۵/۱۰/۱۵

**نام نویسنده‌ی مسئول:** دکتر رحمان دشتی

**نشانی نویسنده‌ی مسئول:** ایران– بوشهر – خیابان شهید ماهینی– دانشگاه خلیج فارس– دانشکده‌ی مهندسی- گروه مهندسی برق- ۷۵۱۶۹۱۳۸۱۷

[ Downloaded from jiaeee.com on 2026-11-20 ]

[ DOR: 20.1001.1.26765810.1396.14.3.7.2 ]

Journal of Iranian Association of Electrical and Electronics Engineers Vol14 No.3 Fall2017

## ۱- مقدمه

سیستم توزیع وظیفه تامین انرژی مورد نیاز مشترکین با حداقل تعداد و مدت زمان قطعی می‌باشد. با توجه به میزان خاموشی‌های شبکه توزیع در میان دیگر اجزا سیستم قدرت، تعیین مکان خطا به دلیل گستردگی این شبکه‌ها مشکل است و این موضوع از اهمیت ویژه‌ایی برخوردار است [۱]. تعیین محل دقیق خطا با بیشترین دقت و کمترین زمان ممکن باعث بهبود شاخص قابلیت اطمینان سیستم و بازده آن می‌شود [۲,۴]. شبکه توزیع با توجه به شرایط و ویژگی‌های خاص اعم از گستردگی، پراکندگی، نامتعادل بودن بارها، غیر همگن بودن آن و همچنین ازآنجایی‌که آخرین نقطه تحویل انرژی به مصرف‌کننده می باشد همواره از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است [۳]. به کارگیری روشی یا با استفاده از دستگاه‌هایی که به کمک آن بتوان با سرعت و دقت کافی تعیین نمود، ضروری به نظر می‌رسد [۵]. برای این شبکه دارای بیشترین درصد تعداد خاموشی بین چهار بخش سیستم قدرت است به گونه‌ای که ۸۰ درصد کل قطعی‌ها توسط این بخش اعمال می‌شود. خطاهای شبکه توزیع به دو دسته عمده خطاهای گذرا و خطاهای دائم تقسیم می‌شود که از این میزان حدود ۸۰ درصد خطاهای گذرا و ۲۰ درصد خطاهای دایم می‌باشد.

با افزایش تقاضای انرژی و کاهش انرژی‌های فسیلی، انرژی‌های تجدید پذیر بیشتر مورد توجه قرار گرفته‌اند. تکنولوژی انرژی‌های تجدید پذیر شامل فتوولتاییک، توربین بادی، میکروتوربین‌ها و ..... می‌باشد که ظرفیتی معادل یک کیلو وات تا چند مگا وات را دارند. نحوه قرارگیری این منابع در سیستم توزیع، اغلب در پست‌ها یا فیدرهای توزیع می‌باشد و یا به بار مشتری متصل می‌باشد که تاثیرات این منابع بر شبکه توزیع از مزایا و معایبی برخوردار است. مزایای آن شامل افزایش قابلیت اطمینان، کاهش تلفات الکتریکی در بخش انتقال و توزیع، تامین توان راکتیو، کاهش تراکم دیماند و انتقال انرژی، بهبود کیفیت توان می‌باشد. از معایب آن می‌توان به مسائل مربوط به سطح ولتاژ، هماهنگی حفاظتی، پیچیده‌تر شدن شبکه، توسعه سیستم حفاظت شبکه را نام برد و بهره‌برداری وکنترل شبکه را نیز با مشکل مواجه می‌سازد و همچنین باعث ایجاد هارمونیک در شبکه و کاهش امپدانس اتصال کوتاه می‌شود.

مرجع [۵] با استفاده از داده های ولتاژ و جریان ابتدای فیدر توزیع، مقادیر توان‌های اکتیو و راکتیو واحدهای تولید پراکنده و همچنین اطلاعات ساختاری شبکه توزیع اعم از اطلاعات مربوط به خطوط هوایی و کابل‌های زیرزمینی و مقادیر ضرایب بارگیری ترانسفورماتورهای توزیع به فاصله یابی خطا می‌پردازد. آنگاه بر اساس اطلاعات سیستم حفاظتی بخش خطا را تشخیص می‌دهد.

در مرجع [۷] الگوریتمی بازگشتی برای یافتن فاصله خطا در سیستم‌های توزیع با ساختار شعاعی ارائه شده است. در این مرجع برای رسیدن به دقت بالاتر، از ولتاژها و جریان‌های محاسبه شده در ابتدای هر انشعاب و مدل استاتیکی بار استفاده شده است. روش ارائه شده در این مراجع برای مکان‌یابی خطای تک فاز به زمین می‌باشد.

مرجع [۸] ابتدا فاصله یابی خطا به روش امپدانسی ارائه شده در [۷] را تشریح کرده است و مجموعه معادلاتی برای تعیین مکان خطا در شبکه توزیع با حضور واحدهای تولید پراکنده از نوع ماشین سنکرون ارائه نموده است. در این مقاله مدل بارهای شبکه توزیع امپدانس ثابت و مدل خطوط شبکه توزیع متقارن در نظر گرفته شده است. در این مرجع فقط بحث فاصله یابی خطا مطرح شده و تعیین بخش خطا مورد نظر نبوده است.

در مرجع [۹] براساس روش امپدانسی و با استفاده از اطلاعات ولتاژ و جریان ثبت شده در ابتدای فیدر و ترمینال واحدهای تولید پراکنده مکان خطا تعیین شده است. واحدهای تولید پراکنده در نظر گرفته شده از نوع ماشین سنکرون می‌باشد که مجهز به کنترل کننده‌های سرعت و ولتاژ بوده و با توجه به مدل این کنترل کننده‌ها، امپدانس حالت گذرای ماشین سنکرون تعیین و با استفاده از روش امپدانسی مکان خطا تعیین گردیده است. روش ارائه شده در این مقاله تنها برای خطای سه فاز با مقاومت خطای صفر قابل اجرا می‌باشد، در حالی که بیش از ۸۰ درصد خطاهای اتصال کوتاه در شبکه های توزیع از نوع تک‌فاز به زمین و مقاومتی می‌باشند. همچنین در این مرجع بار به صورت نقطه‌ای در انتهای خط به صورت امپدانس ثابت قرار داده شده است در صورتی که در شبکه توزیع بار در طول خط پراکنده می‌باشد.

در مرجع [۱۰] ابتدا شبکه بر اساس دامنه جریان، ناحیه بندی شده و سپس با استفاده از مجموعه ادوات حفاظتی سعی بر ایجاد الگوی جریانی برای هر ناحیه می‌نماید. سپس با استفاده از الگوریتم SVM[1] به طبقه بندی خطاهای مختلف در مکان‌های مختلف می‌پردازد. آنگاه به ازاء خطای واقعی شکل موج جریان استخراج و با استفاده از الگوریتم SVM بخش خطا تعیین شده و از طریق روش امپدانسی فاصله خطا مشخص می‌شود. در این روش مدل بار جهت جلوگیری از پیچیدگی مساله، مدل امپدانس ثابت در نظر گرفته شده است.

مرجع [۱۱] روش امپدانسی با الگوریتمی مشابه روش مرجع [۱۰] جهت مکان یابی خطا در شبکه های توزیع با حضور واحدهای تولید پراکنده ارائه شده است با این تفاوت که بارها در طول شبکه توزیع و انشعاب‌های مربوطه پراکنده شده است.

مراجع [۱۲,۱۳] ابتدا سیستم به نواحی‌های مختلف تقسیم شده و روشی بر اساس تغییرات جریان خطای ثبت شده در هر ناحیه ارائه شده است که با توجه به آن بخش و مکان خطا تعیین می‌شود. در این روش هر ناحیه‌ای که بزرگ‌ترین اختلاف جریان را ثبت نماید به عنوان ناحیه خطا معرفی می‌گردد. شبکه نمونه مورد مطالعه در این مرجع دارای هفت انشعاب اصلی است که به هر یک از آنها در گره انتهایی یک واحد تولید پراکنده متصل شده است. روش مذکور به اطلاعات



[ Downloaded from jiaeee.com on 2026-11-20 ]
[ DOR: 20.1001.1.26765810.1396.14.3.7.2 ]

ولتاژ و جریان ابتدای فیدر و باس‌های محل نصب واحدها و اطلاعات سنسورهای منصوبه در هر باس جهت تعیین مکان خطا نیاز دارد.

روش دیگری جهت مکان یابی خطا در شبکه توزیع با حضور واحدهای تولید پراکنده در مرجع [۱۴] ارائه شده که در آن ابتدا شبکه را ناحیه بندی و آنگاه برای هر ناحیه، مجموعه بریکر و سیستم حفاظتی مربوطه قرار داده می‌شود. آنگاه فرض می‌شود زمانی که خطا در سیستم اتفاق می‌افتد تمام اطلاعات تجهیزات حفاظتی و وضعیت بریکرها در مرکز کنترل موجود است. در این روش بانک داده‌ای که معرف عملکرد ارتباط تجهیزات و ناحیه‌هایی که خطا در آن رخ داده است تهیه شده و به شبکه عصبی آموزش داده می‌شود. آنگاه زمانی که در ناحیه‌ای خطایی رخ دهد، شبکه عصبی بر اساس اطلاعات وضعیت بریکرها و تجهیزات حفاظتی و بانک داده موجود، ناحیه خطا را مشخص می‌نماید. عیب این روش در نظر گیری بریکر و تجهیزات حفاظتی مجزا برای هر ناحیه می‌باشد، که عملاً وجود ندارد.

مرجع [۱۵] به شناسایی بخش خطا در شبکه توزیع با حضور واحدهای تولید پراکنده می پردازد. در این مرجع با استفاده از اطلاعات FTU[۲]های نصب شده در طول خط، تشخیص می‌دهد جریان خطا از کدامیک عبور کرده است. هر کدام جریان خطا را عبور داده باشد یک کد ۱+ یا ۱- به مرکز ارسال می‌کند. علامت مثبت یا منفی جهت عبور جریان را مشخص می‌نماید. اکنون بر اساس اطلاعات ارسالی FTU ها بخش خطا تعیین می‌گردد.

در مرجع [۱۶] مساله مکان یابی خطا به صورت یک مساله بهینه سازی تعریف شده است که از الگوریتم ژنتیک جهت حل آن استفاده شده است. در این سیستم اطلاعات جریان‌ها از طریق FTU ها به مرکز ارسال می‌گردد و با استفاده از آن جهت عبور جریان خطا تعیین می‌شود. این سیستم بر اساس وضعیت‌های مختلف کلیدهای موجود در شبکه و اطلاعات FTU ها، محل خطا در شبکه توزیع با حضور منابع تولید پراکنده را مشخص می‌نماید.

مرجع [۱۷] ابتدا شبکه توزیع را به ناحیه های مختلف تقسیم بندی و برای هر یک تجهیز حفاظتی جریانی قرار می‌دهد و آنها را به گونه‌ای تنظیم می‌نماید که با دیگر تجهیزات حفاظتی در شبکه توزیع، هماهنگی حفاظتی رعایت شده باشد. با استفاده از ولتاژها و جریان‌های ثبت شده در ابتدای فیدر و در محل منابع تولید پراکنده، ولتاژ و جریان هر بخش محاسبه و با استفاده از آنها و اطلاعات تجهیزات حفاظتی مکان‌های ممکن خطا را تعیین می‌نماید. بر اساس نوع تجهیز حفاظتی دارای عملکرد، مکان خطا تعیین می‌شود.

مرجع [۱۸] یک روش امپدانسی براساس اندازه گیری ولتاژ و جریان در ایستگاه فرعی و منابع تولید پراکنده ارائه کرده‌اند که در این روش مدل خط توزیع کوتاه درنظر گرفته شده و فقط برای خطای تک‌فاز به زمین بیان شده است.

مرجع [۱۹] در این روش شبکه توزیع به دو قسمت تقسیم شده و سپس با اندازه‌گیری جریان و ولتاژ در ایستگاه فرعی از منبع سیستم اصلی و منبع تولید پراکنده محل خطا یافت می‌شود. روش ارایه شده فقط برای خطای فاز به فاز است.

مرجع[۲۰] با استفاده از شبکه عصبی پایه شعاعی RBFN[۳] ارائه داده‌اند که براساس این الگوریتم جریان سه فاز منبع واحد منابع تولید پراکنده ورودی این شبکه عصبی هوشمند می‌باشد و تعیین فاصله خطا از منبع و واحد تولید پراکنده را بر عهده دارد. این روش برای تمامی خطاهای شبکه توزیع کاربرد دارد اما امپدانس کوپلینگ بین فازها درنظر گرفته نشده است.

مرجع [۲۱] یک روش امپدانسی براساس تغییر ولتاژ است و دارای دو مرحله می باشد. در ابتدا با استفاده از شاخص تغییر ولتاژ، خطی که در آن خطا رخ داده است محاسبه می‌شود و سپس با استفاده از تغییر ولتاژ و ماتریس امپدانس مکان خطا تعیین می‌شود. این روش برای انواع خطاها کاربرد دارد. اما مدل خط توزیع کوتاه در نظر گرفته شده و ظرفیت خازنی بین خطوط نادیده گرفته شده است

مرجع [۲۲] یک روش مکان یابی خطا بر اساس اندازه‌گیری جریان اتصال کوتاه در باس منبع با استفاده از تغذیه رو به جلو شبکه عصبی برای شبکه‌های توزیع نامتعادل شعاعی ارائه شده است. در این روش بارها ثابت فرض شده و این روش برای خطاهای سه فاز، دو فاز و خطای تک‌فاز به زمین مناسب است. مقاومت خطا از یک مقدار کاربردی تا یک مقدار ثابت در نظر گرفته شده است. اما در این روش غیرهمگن بودن، مدل خط، تخمین بار و تعیین بخش خطا از ناتوانی این سیستم به شمار می‌آید.

مرجع [۲۳] یک روش مکان‌یابی خطا بر اساس اندازه‌گیری منابع در ایستگاه برق و منبع تولید پراکنده با بار متغیر ارایه شده است. در این روش با استفاده از توالی فاز برای مقاومت‌های ۰ تا ۵۰ اهم و خطای تک‌فاز به زمین، دو فاز به‌هم و سه فاز به زمین در محل خطا تست شده است.

روش‌های مکان‌یابی خطا در شبکه توزیع با حضور منابع تولید پراکنده به روش امپدانسی در مقالات ارائه شده عمدتا مدل خط کوتاه است و مدل منابع تولید پراکنده آن ماشین سنکرون است. در مدل خط کوتاه، خازن‌های خطی در نظر گرفته نمی‌شوند. در مکان‌یابی خطا در حالت گذرا خازن‌های خطی مهم تلقی می‌شوند بنابراین در این مقاله یک روش پیشنهادی فاصله یابی خطا در شبکه توزیع با حضور منابع تولید پراکنده به روش امپدانسی با استفاده از مدل خط متوسط ارائه شده است. که بر اساس آن ولتاژ و جریان در محل اتصال منابع تولید پراکنده و منبع ابتدای فیدر اندازه گیری می‌شود. ولتاژ و جریان هر بخش از شبکه توزیع از طریق معادلات کیرشهف محاسبه می‌گردد و با یک الگوریتم امپدانسی پیشنهادی، مکان خطا تعیین می‌گردد که در آن از مدل خط متوسط جهت ارتقا دقت استفاده شده است. این الگوریتم شامل دو بخش است که در بخش اول فاصله یابی خطا بدون حضور منابع تولید پراکنده و در بخش دوم فاصله یابی خطا با حضور منابع تولید پراکنده می‌باشد.

[ Downloaded from jiaeee.com on 2026-11-20 ]
[ DOR: 20.1001.1.26765810.1396.14.3.7.2 ]
Journal of Iranian Association of Electrical and Electronics Engineers Vol14 No.3 Fall2017

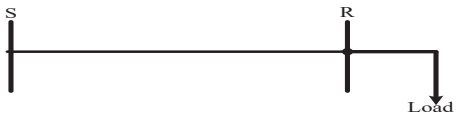
این مقاله شامل چهار بخش می‌باشد که در بخش دوم روش پیشنهادی ارئه می‌گردد. در بخش سوم نتایج شبیه سازی و تایید روش پیشنهادی بیان می‌شود و در بخش پایانی نتیجه گیری ارایه می‌شود.

## ۲- روش پیشنهادی جهت مکان‌یابی خطا در شبکه توزیع

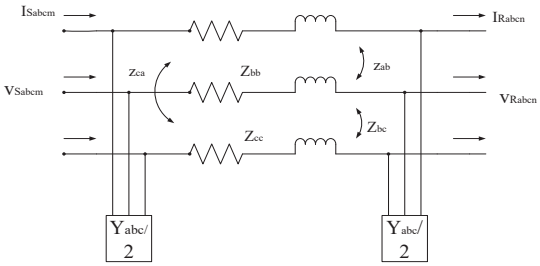
روش پیشنهادی شامل دو قسمت است، در قسمت اول مکان یابی خطا در شبکه توزیع بدون حضور منابع تولید پراکنده شرح داده شده است و در قسمت دوم مکان یابی خطا در شبکه توزیع با حضور منابع تولید پراکنده پیشنهاد گردیده است.

### ۲-۱- مکان‌یابی خطا بدون حضور منابع تولید پراکنده

شبکه توزیع از مجموع بخشهای مختلف تشکیل شده است. بخش قسمتی از شبکه توزیع می باشد که بین دو باس متوالی قرار دارد و در میان آن تنها خط موجود است و عنصر دیگری وجود ندارد. نمای تک خطی هر بخش در شکل (۱) نمایش داده شده است. در این قسمت برای مدل سازی دقیق هر بخش از مدل $\pi$ خط استفاده گردیده است. لذا مدل مداری هر بخش بصورت شکل (۲) قابل استخراج است.




**شکل(۱): نمای تک خطی هر بخش از شبکه توزیع**




**شکل (۲): مدل مداری بخش شبکه توزیع**

برای تعیین فاصله خطا طبق مدل $\pi$ خط ولتاژ نقطه n در فاصله $l$ از رابطه (۱) محاسبه می‌شود

$$\begin{bmatrix} V_{Rabcn} \\ I_{Rabcn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_l & -b_l \\ -c_l & d_l \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_{Sabcm} \\ I_{Sabcm} \end{bmatrix} \quad (۱)$$

ضرایب $a_l$، $b_l$، $c_l$ و $d_l$ در (۲)، (۳) و (۴) تعریف شده است

$$a_l = d_l = I + 0.5 * Z_{abc} * Y_{abc} * l^2 \quad (۲)$$

$$b_l = Z_{abc} * l \quad (۳)$$

$$c_l = Y_{abc} * l + 0.25 * Y_{abc} * Z_{abc} * Y_{abc} * l^3 \quad (۴)$$

$V_{Sabc}$: ولتاژ ابتدای بخش

$I_{Sabc}$ :جریان ابتدای بخش

$Z_{abc}$: ماتریس امپدانس خط

$Y_{abc}$: ماتریس ادمیتانس یا ظرفیت خازنی خط

$V_{Rabc}$: ولتاژ انتهای خط

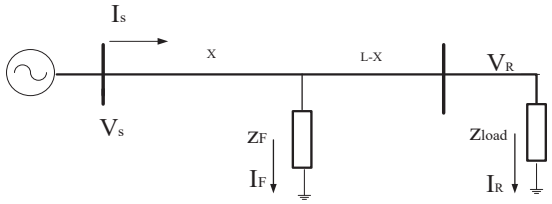
$I_{Rabc}$: جریان انتهای خط

$I$: ماتریس همانی

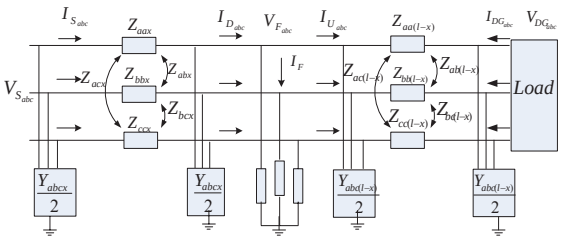
$$V_{Rabcn} = d_l * V_{Sabcm} - b_l * I_{Sabcm} \quad (۵)$$

$$I_{Rabcn} = -c_l * V_{Sabcm} + d_l * I_{Sabcm} \quad (۶)$$

شکل(۳) و (۴) نمای تک خطی و مدل مداری یک بخش از شبکه توزیع در هنگام بروز خطا را نشان می‌دهد




**شکل(۳): نمای تک خطی یک بخش شبکه توزیع در هنگام بروز خط**

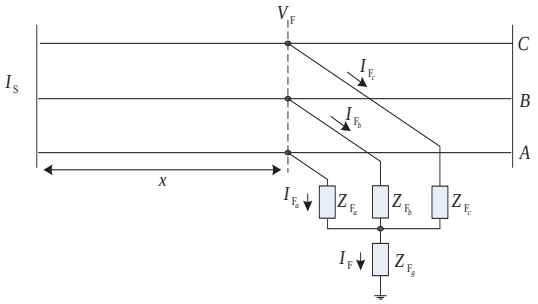



**شکل(۴): مدل مداری یک بخش شبکه توزیع در هنگام بروز خطا**

مطابق شکل (۳) اگر خطا در محل $F$ رخ دهد ملاحظه می‌گردد که در بلوک مدل $\pi$ خط، قبل از نقطه خطا و بعد از نقطه خطا قابل ایجاد است. هنگام بروز خطا در محل $F$ ولتاژ نقطه خطا در فاصله $x$ از ابتدای بخش مورد نظر با رابطه (۷) محاسبه می‌شود

$$V_F = d_x * V_S - b_x * I_S \quad (۷)$$

شکل (۵) مدل عمومی خطا را نشان می‌دهد




**شکل (۵): نمای عمومی خطای مقاومتی**

با توجه به شکل (۵) ماتریس ولتاژ نقطه خطا بصورت زیر تعریف می‌شود

$$\begin{bmatrix} V_{Fa} \\ V_{Fb} \\ V_{FC} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_{Fa}+Z_{Fg} & Z_{Fb} & Z_{Fc} \\ Z_{Fa} & Z_{Fb}+Z_{Fg} & Z_{Fc} \\ Z_{Fa} & Z_{Fb} & Z_{Fc}+Z_{Fg} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_{Fa} \\ I_{Fa} \\ I_{Fc} \end{bmatrix} \quad (۸)$$




Journal of Iranian Association of Electrical and Electronics Engineers - Vol.14- No.3 Fall 2017



[ Downloaded from jiaeee.com on 2026-11-20 ]

[ DOR: 20.1001.1.26765810.1396.14.3.7.2 ]

فاز خطا دارای جریانی مخالف صفر می‌باشد بنابراین رابطه (۸) در فاز $k$ام برابر (۷) قرار داده می‌شود و رابطه (۹) نتیجه می‌دهد

$$Z_{Fk}.I_{Fk}+Z_{Fg}.I_{Fg}=V_{Sk}+x^2.0.5.M_K-x.N_K \quad (۹)$$

$I_F$ شامل مجموع جریان خطا در همه‌ی فازها می‌باشد.

$$\begin{bmatrix}M_a\\M_b\\M_c\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}Z_{aa}&Z_{ab}&Z_{ac}\\Z_{ba}&Z_{bb}&Z_{bc}\\Z_{ca}&Z_{cb}&Z_{cc}\end{bmatrix}.\begin{bmatrix}Y_{aa}&Y_{ab}&Y_{ac}\\Y_{ba}&Y_{bb}&Y_{bc}\\Y_{ca}&Y_{cb}&Y_{cc}\end{bmatrix}.\begin{bmatrix}V_{Sa}\\V_{Sb}\\V_{Sc}\end{bmatrix} \quad (۱۰)$$

$$\begin{bmatrix}N_a\\N_b\\N_c\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}Z_{aa}&Z_{ab}&Z_{ac}\\Z_{ba}&Z_{bb}&Z_{bc}\\Z_{ca}&Z_{cb}&Z_{ca}\end{bmatrix}.\begin{bmatrix}I_{Sa}\\I_{Sb}\\I_{SC}\end{bmatrix} \quad (۱۱)$$

لازم به ذکر است که نتایج حاصله از n معادله است که n نشان دهنده تعداد کل فازهای خطا می‌باشد. با تفکیک کردن رابطه (۹) به دو قسمت حقیقی و موهومی و با توجه به مقاومت خالص بودن $Z_{Fa}$، $Z_{Fb}$، $Z_{Fc}$ و $Z_{Fg}$ به ترتیب نتایج حاصل می‌شود.

$$R_{Fk}.I_{Fkr}+R_{Fg}.I_{Fkr}-x_{Fg}.I_{Fki}=V_{Sk}+x^2.0.5*M_{kr}-N_{kr}=T_{kr} \quad (۱۲)$$

$$R_{Fk}.I_{Fki}+R_{Fg}.I_{Fki}-x_{Fg}.I_{Fki}=V_{Sk}+x^2.0.5*M_{ki}-N_{ki}=T_{ki} \quad (۱۳)$$

$r$ نشان دهنده قسمت حقیقی و $i$ نشان دهنده قسمت موهومی می‌باشد و با حذف $R_{Fk}$ از معادله (۱۲) و (۱۳) معادله (۱۴) حاصل می‌شود. Im قسمت موهومی و Re قسمت حقیقی می‌باشد.

$$R_{Fg}.\mathrm{Im}\left[I_{Fk}.I_F{}^*\right]-X_{Fg}.\mathrm{Re}\left[I_{Fk}.I_F{}^*\right]+\left[T_{kr}.I_{Fki}-T_{ki}.I_{Fkr}\right]=0 \quad (۱۴)$$

$$R_{Fg}.\mathrm{Im}\left[I_F.I_F{}^*\right]-X_{Fg}.\mathrm{Re}\left[I_F.I_F{}^*\right]+\sum_{k\in\Omega_k}\left[T_{kr}.I_{Fki}-T_{ki}.I_{Fkr}\right]=0 \quad (۱۵)$$

با توجه به اینکه ضرب دو عدد مختلط در مزدوج فرد خود برابر با یک عدد حقیقی می‌شود و قسمت موهومی آن صفر است و همچنین خطاها در سیستم قدرت مقاومتی هستند لذا معادله (۱۷) از معادله (۱۴) و (۱۵) قابل بازنویسی است.

$$\mathrm{Im}\{I_F.I_F{}^*\}=\mathrm{Im}\{|I_F|^2\}=0 \quad (۱۶)$$

$$\sum_{k\in\Omega_k}\left[T_{kr}.I_{Fki}-T_{ki}.I_{Fkr}\right]=0 \quad (۱۷)$$

$$x^2.\left[0.5.\sum_{k\in\Omega_k}\mathrm{Im}\{M_K.I_{Fk}{}^*\}\right]-x.\left[\sum_{k\in\Omega_k}\mathrm{Im}\{N_k.I_{Fk}{}^*\}\right]+\left[\sum_{k\in\Omega_k}\mathrm{Im}\{V_{Sk}.I_{Fk}{}^*\}\right]=0 \quad (۱۸)$$

بصورت کلی رابطه (۱۸) مطابق رابطه (۱۹) قابل باز نویسی می‌باشد:

$$a_2*x^2+a_1*x+a_0=0 \quad (۱۹)$$

$$\Delta=a_1-4*a_2*a_0 \quad (۲۰)$$

برای $\Delta$ بزرگتر از صفر فاصله خطا از رابطه (۲۱) تعیین می‌شود:

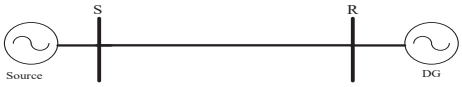
$$x_1=\frac{-a_1+\sqrt{\Delta}}{2*a_2} \quad (۲۱)$$

برای $\Delta$ کوچکتر از صفر فاصله خطا از رابطه(۲۲) تعیین می‌شود:

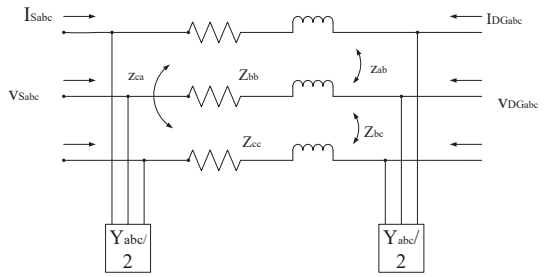
$$x_1=\frac{-a_1-\sqrt{\Delta}}{2*a_2} \quad (۲۲)$$

## ۲-۲- مکان‌یابی خطا در شبکه توزیع با حضور منابع تولید پراکنده

برای تعیین فاصله خطا در این بخش ابتدا برای یک بخش الگوریتم پیاده سازی می‌شود و این الگوریتم برای بخش‌های بیشتر تعمیم داده می‌شود. با داشتن ولتاژ وجریان ابتدای فیدر و ولتاژ و جریان انتهای فیدر که همان ولتاژ و جریان سمت منابع تولید پراکنده است با استفاده از الگوریتم امپدانسی بر اساس مدل $\pi$ خط، فاصله خطا تعیین می‌شود. در شکل(۶) نمای تک خطی و مدل مداری شکل(۷) یک فیدر توزیع با حضور منابع تولید پراکنده را نشان می‌دهد.



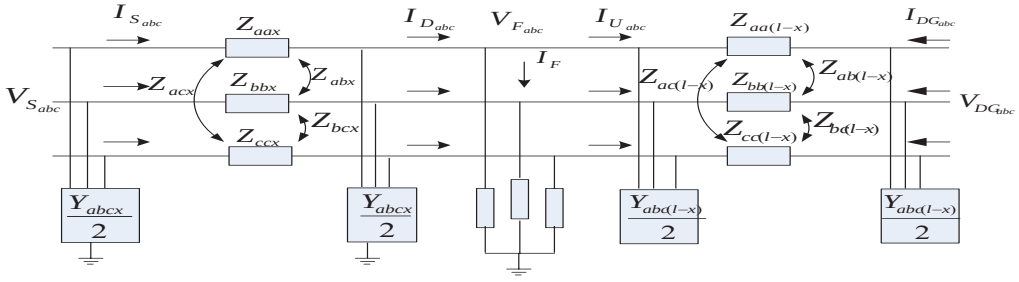

**شکل (۶): نمای تک خطی یک فیدر توزیع با منابع تولید پراکنده**




**شکل (۷): نمای مداری یک فیدر توزیع با منابع تولید پراکنده**

حال فرض کنید در سیستم خطا رخ دهد. شکل(۸) بیان‌گر بروز خطا در سیستم است. ولتاژ نقطه خطا با $V_f$ نمایش داده شده است. ولتاژ نقطه خطا با استفاده از ولتاژ منبع و ماتریس مدل $\pi$ خط، بدست می‌آید و یا با استفاده از ولتاژ منابع تولید پراکنده یا به عبارتی ولتاژ انتهای خط و ماتریس مدل $\pi$ خط آن را بدست آورد. ولتاژ نقطه خطا از طرف منبع و از طرف منابع تولید پراکنده با هم برابر باشد.

[ Downloaded from jiaeee.com on 2026-11-20 ]
[ DOR: 20.1001.1.26765810.1396.14.3.7.2 ]
Journal of Iranian Association of Electrical and Electronics Engineers Vol14 No.3 Fall2017




**شکل (۸): بروز خطا در فیدر توزیع با منابع تولید پراکنده**

با این فرض ولتاژ نقطه خطا طبق رابطه (۴) از طرف منبع در فاصله $x$ از رابطه (۲۳) بدست می‌آید.

$$V_{Fs} = V_S + 0.5 * zz * Y * V_S * x^2 - zz * x * I_S \quad (۲۳)$$

ولتاژ نقطه خطا از طرف منابع تولید پراکنده که در فاصله $l - x$ قرار دارد از رابطه(۲۴) محاسبه می‌شود.

$$V_{F_{DG}} = V_{S_{DG}} + 0.5 * zz * Y * V_{S_{DG}} * (l-x)^2 - zz * (l-x) * I_{S_{DG}} \quad (۲۴)$$

ولتاژ خطا از طرف منابع تولید پراکنده برابر ولتاژ خطا از طرف منبع قرار داده می‌شود. یک معادله درجه دو نتیجه می‌دهد که عبارت است از

$$0.5 * zz * Y * (V_S - V_{DG}) * x^2 + Y * zz * l * V_{DG} - zz * l * V_{DG} - zz * (I_S - I_{DG}) * x + V_S - V_{DG} - 0.5 * l^2 * zz * l * I_{DG} = 0 \quad (۲۵)$$

معادله بالا بصورت پارامترهای زیر تعریف می‌شود:

$$a * x^2 + b * x + c = 0 \quad (۲۶)$$

$$\Delta = b^2 - 4 * a * c \quad (۲۷)$$

برای $\Delta$ بزرگتر از صفر فاصله خطا از رابطه (۲۸) تعیین می‌شود:

$$x_1 = \frac{-b + \sqrt{\Delta}}{2 * a_2} \quad (۲۸)$$

برای $\Delta$ کوچکتر از صفر فاصله خطا از رابطه (۲۸) تعیین می‌شود:

$$x_1 = \frac{-b - \sqrt{\Delta}}{2 * a_2} \quad (۲۹)$$

## ۲-۳- فاصله قابل قبول

در فاصله های بدست آمده از معادله درجه دو، فاصله ایی مورد قبول می‌باشد که دارای دو شرط زیر باشد:

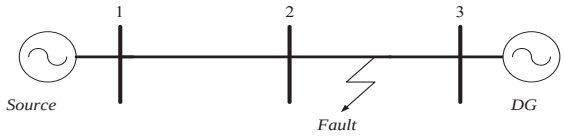
- فاصله خطا محاسبه شده باید مثبت باشد.
- فاصله خطا تعیین شده باید از طول سکشن مورد نظر کمتر باشد.

## ۲-۴- تعمیم الگوریتم برای شبکه توزیع

شبکه توزیع از بخش‌های متعدد تشکیل شده است که روش پیشنهادی مکان‌یابی خطا باید قابلیت اجرا داشته باشد برای آن به اطلاعات ولتاژ و جریان ابتدای هر بخش و بار معادل در انتهای هر بخش نیاز است. این الگوریتم برای یک فیدر یا دو فیدر توزیع تعمیم داده می‌شود. الگوریتم پیشنهادی تعمیمی در زیر بیان گردیده است. الگوریتم برای تمامی سکشن‌ها باید اجرا شود و سکشن‌هایی که فاصله خطا بدست آمده مثبت و کمتر از طول سکشن باشد به عنوان مکان خطا کاندیدا اعلام می‌شود.

مثال نوع۱:

در شکل(۹) یک نمای تک خطی از دو سکشن شبکه توزیع در هنگام بروز خطا در سکشن دوم قابل مشاهده است




**شکل (۹): نمای تک خطی دو بخش شبکه توزیع با منابع تولید پراکنده در هنگام بروز خطا**

با توجه به بروز خطا در سکشن دوم ولتاژ و جریان باس دوم با استفاده از مدل $\pi$ خط از رابطه (۵) بدست آورده می‌شود. ولتاژ باس دوم عبارت است از

$$V_{S2} = V_S + 0.5 * zz * Y * l_{(1,2)}{}^2 * V_S - zz * l_{(1,2)} * I_S \quad (۳۰)$$

و جریان باس دوم برابر است با

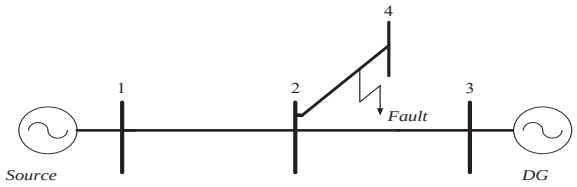
$$I_{S2} = -(Y * l_{(1,2)} + 0.25 * zz * l_{(1,2)}{}^3) * V_S + (I + 0.5 * zz * Y * l_{(1,2)}{}^3) * I_S \quad (۳۱)$$

با بدست آوردن ولتاژ و جریان ابتدای باس دوم و داشتن ولتاژ و جریان باس سوم برای محاسبه فاصله همانند تک بخش عمل می‌شود. با توجه به اینکه شبکه توزیع دارای شاخه‌های متعددی می‌باشد راه حل مناسبی برای بدست آوردن فاصله خطا در زمان بروز خطا در شاخه‌ها لازم و ضروری است.

مثال نوع ۲:

[ Downloaded from jiaeee.com on 2026-11-20 ]
[ DOR: 20.1001.1.26765810.1396.14.3.7.2 ]

در این حالت ممکن است خطا در یکی از شاخه‌ها رخ دهد. شکل(۱۰) نمای تک خطی شبکه توزیع چند گره را نشان می‌دهد.




**شکل (۱۰): شبکه توزیع چند فیدره با منابع تولید پراکنده**

در این حالت ابتدا ولتاژ باس ۲ با استفاده از ماتریس مدل $\pi$ خط محاسبه می‌شود حال چه از طرف منبع و چه از طرف منابع تولید پراکنده باشد. در مرحله بعد جریان ورودی به باس چهارم برابر مجموع جریان‌های تزریقی از طرف منبع و منابع تولید پراکنده می‌باشد که این جریان‌ها از رابطه مدل $\pi$ خط محاسبه می‌شود.

$$V_{S2} = V_S + 0.5 * zz * Y * l_{(1,2)}{}^2 * V_S - zz * l_{(1,2)} * I_S \quad (۳۲)$$

$$I_{S2} = -(Y * l_{(1,2)} + 0.25 * zz * l_{(1,2)}{}^3) * V_S + (I + 0.5 * zz * Y * l_{(1,2)}{}^3) * I_S \quad (۳۳)$$

$$I_{S3} = -(Y * l_{(2,3)} + 0.5 * zz * l_{(2,3)}{}^3) * V_{DG} + (I + 0.5 * zz * Y * l_{(2,3)}{}^3) * I_{DG} \quad (۳۴)$$

با داشتن جریان باس دوم و باس سوم که از طریق منبع تولید پراکنده تزریق می‌شود ولتاژ و جریان ابتدای باس چهارم بدست می‌آید.

$$I_{S4} = I_{S3} + I_{S2} \quad (۳۵)$$

$$V_{S4} = V_{S2} \quad (۳۶)$$

با داشتن ولتاژ و جریان ابتدای فیدر گره چهارم همانند الگوریتم۱ عمل میکنیم.

**الگوریتم۱:**

۱. $I_U$ برابر با جریان بار (از پخش بار) و $I_D$ برابر با جریان ورودی در نظر گرفته می‌شود. مطابق شکل (۳) $I_D$ جریان قبل از محل خطا به سمت ابتدای سکشن و $I_U$ جریان بعد از محل خطا به سمت انتهای سکشن

۲. تعیین جریان خطا

برای محاسبه جریان خطا، از طریق جریان قبل از محل خطا ($I_D$) و جریان بعد از محل خطا ($I_U$) از رابطه (۳۲) محاسبه می شود.

$$I_F = I_D - I_U \quad (۳۲)$$

۳. تعیین فاصله خطا با استفاده از رابطه (۱۸) برای بخش‌هایی که فقط از طرف ترمینال ابتدای سکشن هم به منبع تولید پراکنده و هم به ابتدای فیدر متصلند و یا از رابطه (۲۵) برای زمانی که سکشن مورد بررسی بین ابتدای فیدر و منبع تولید پراکنده به طور مستقیم و غیر مستقیم باشد.

۴. محاسبه و بررسی همگرا بودن مقدار $x$

$$|x_n - x_{n-1}| \langle \varepsilon \quad (۳۳)$$

برای $n \rangle 1$ که در آن $\varepsilon$ مقدار تلورانس الگوریتم بر اساس کیلومتر و $n$ تعداد تکرار می‌باشد. اگر بلی $x$ را چاپ کن در غیر اینصورت به مرحله ۵ روید.

۵. محاسبه ولتاژ نقطه خطا با استفاده از رابطه (۷) برای نوع(۱) و یا رابطه(۲۳) برای خطای نوع(۲)

۶. به روز رسانی کردن جریان قبل و بعد از محل خطا در فاز خطا دار و محاسبه $I_U$ با استفاده از ولتاژ محل خطا

$$I_D = \left[Z_{Total}{}^{-1} + 0.5.(l-x).Y_{abc}\right]V_F \quad (۳۴)$$

$$Z_{Total} = \left(\left(Z_{leq}{}^{-1} + 0.5.(l-x)\right)^{-1} + (l-x).Z_{abc}\right) \quad (۳۵)$$

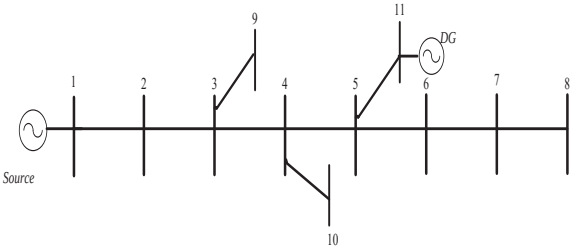
$Z_{Total}$ امپدانس معادل دیده شده از محل خطا می‌باشد و $Z_{eq}$ امپدانس معادل دیده شده از انتهای سکشن مورد نظر به انتهای خط است. جریان $I_D$ برابر است با $I_D = -c_x.V_{Sk} + d_x.I_{Sk}$

۷. برگشت به گام دوم

## ۳- نتایج تست الگوریتم مکان یابی خطای پیشنهادی

### ۳-۱- شبکه مورد مطالعه

برای ارزیابی دقت و امکان‌پذیری روش پیشنهادی بر شبکه ۱۱ باسه تغییر یافته مرجع [۲۴] مورد ارزیابی قرار گرفته است. نمودار تک خطی در شکل(۱۱) نشان داده شده است. مشخصات این شبکه در جدول(۱) آورده شده است.




**شکل (۱۱): مدل تک خطی شبکه ۱۱ باسه سلیم**

[ Downloaded from jiaeee.com on 2026-11-20 ]
[ DOR: 20.1001.1.26765810.1396.14.3.7.2 ]
Journal of Iranian Association of Electrical and Electronics Engineers Vol14 No.3 Fall2017

**جدول(۱): مشخصات شبکه ۱۱ باسه سلیم**

| ۲۰KV | ولتاژ منبع |
|---|---|
| ۲۰KV | ولتاژ منابع فتوولتاییک |
| ۴ | X/R |
| ۱۰۰MVA | توان اتصال کوتاه |
| سه فاز امپدانسی | مدل بار |
| ۲۹.۵۹۶ | طول کل خط |
| ABSR-Dog | نوع سیم |

این شبکه در نرم‌افزار متلب شبیه سازی شده است. در این مقاله از مدل خط $\pi$ برای شبیه سازی فیدر در جعبه ابزار سیمولینک متلب استفاده می‌شود. ولتاژها و جریان‌های سه فاز در ابتدای فیدر اندازه-گیری می‌شوند و اندازه و فاز آن‌ها که برای اجرای الگوریتم پیشنهادی لازم است استخراج می‌شود. درصد خطای تعیین فاصله خطا با استفاده از معادله (۳۶) محاسبه می‌شود.

$$error = \frac{x_{actual} - x_{calculated}}{l_t} \quad (۳۶)$$

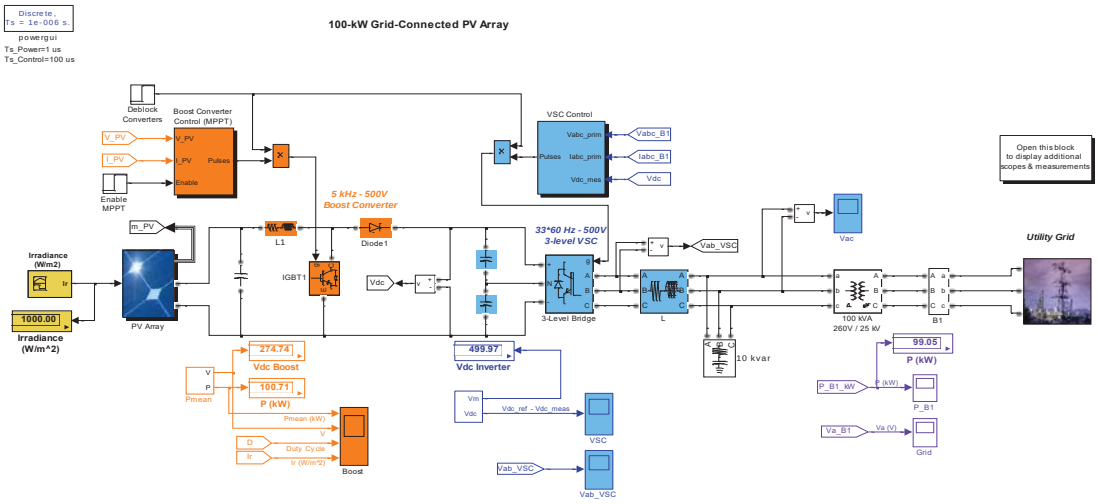
$x_{actual}$ : فاصله حقیقی خطا

$x_{calculated}$ : فاصله‌ی خطای محاسبه شده

$l_t$ : طول کل فیدر

## ۳-۲- مدل پیشنهادی منابع فتوولتاییک

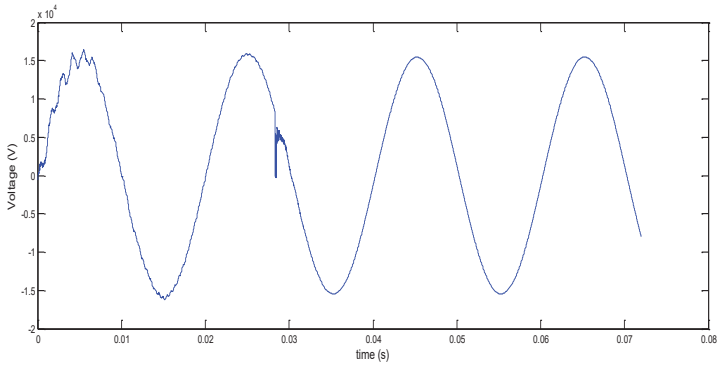
در بررسی مربوط به حضور منابع تولید پراکنده در شبکه توزیع اولین جزئی که باید به طور کامل بررسی گردد تا بتواند خواسته های مورد نیاز شبکه را برآورده سازد نوع منبع می باشد. خصوصیات این منابع از نظر ساختار الکتریکی مانند شکل(۱۲) می باشد.




**شکل(۱۲): ساختار و اجزائ تشکیل دهنده یک منبع تولید پراکنده فتوولتائیک ۱۰۰ کیلو وات**

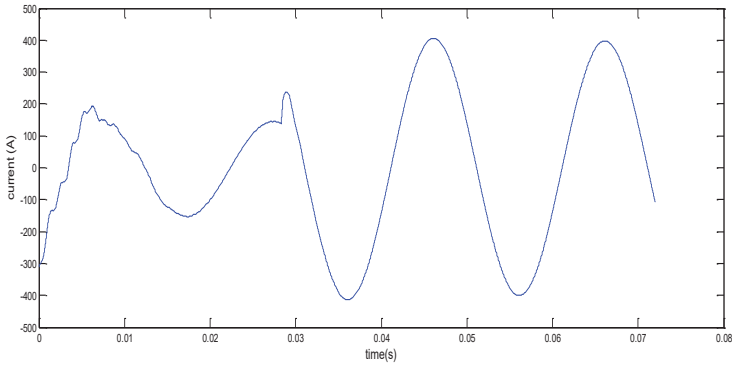
در ادامه با توجه به توان شبکه توزیع ۷ مگاوات میزان توان منبع فتوولتائیک ۱۵۰۰ کیلو وات انتخاب گردیده است. برای رسیدن به توان مورد نظر ۱۵ تا آرایه ۱۰۰ کیلو واتی با هم موازی می‌شوند تا بتوان در سطح ولتاژ ثابت میزان جریان دهی را افزایش داد و از ۱۰۰ کیلو وات به ۱۵۰۰ کیلو وات توان موثر رسید.

در شکل (۱۳-الف) و (۱۳-ب) ولتاژ و جریان لحظه‌ایی در موقع خطای تک‌فاز در ابتدای فیدر منبع مشاهده می‌شود. خطا در لحظه ۰.۰۲۸۳ ثانیه با مقاومت ۵۰ اهم رخ داده است.




**شکل(۱۳-الف): ولتاژ لحظه‌ایی ابتدای فیدر**

[ Downloaded from jiaeee.com on 2026-11-20 ]
[ DOR: 20.1001.1.26765810.1396.14.3.7.2 ]




**شکل(۱۳-ب): جریان لحظه‌ایی ابتدای فیدر**

## ۳-۳- ارزیابی عملکرد

پارامترهای خطا بر دقت مکان‌یابی خطا تاثیر گذار است. این پارامترها شامل اثر نوع خطا، اثر انواع خطا با زوایای مختلف، اثر مقاومت خطا و تاثیر مکان مختلف خطا می‌باشد. برای ارزیابی دقت روش پیشنهادی پارامترهای ذکر شده در نظر گرفته و نتایج عرضه شده است.

**مورد۱: تاثیر نوع خطا بر روش پیشنهادی،** با قرار دادن خطای تک‌فاز به زمین، دوفاز به زمین و سه فاز به زمین با مقاومت خطای ۰، ۵۰ و ۱۰۰ در شبکه مورد مطالعه و درصد خطای الگوریتم با نرم افزار متلب شبیه سازی و محاسبه شده است و در جدول(۲) نشان داده شده است. در تمامی خطاها زاویه شروع خطا ۴۵ درجه در نظر گرفته شده است.

نتایج بدست آمده از جدول(۲) نشان می‌دهد که بیشینه خطای روش پیشنهادی ۰.۵٪ و کمینه آن ۰.۰۰۰۵٪ می‌باشد. نتایج نشان‌گر این است که روش پیشنهادی دقت بالایی دارد و می‌توان گفت تاثیر نوع خطا بر دقت الگوریتم ناچیز است.

**مورد۲: تاثیر زاویه خطا بر روش پیشنهادی،** برای آنالیز زاویه شروع خطا، خطاهای متعدد با شرایط زیر اعمال می‌گردد

- انواع مختلف خطا (تک‌فاز به زمین، دوفاز به زمین و سه‌فاز به زمین)
- زوایای شروع مختلف خطا (۰، ۴۵، ۹۰، ۱۳۰، ۱۷۰)
- مقاومت خطا ۰ اهم

در نظر گرفته شده است.

در جدول(۳) درصد خطای الگوریتم در تعدادی از بخش‌های شبکه مورد مطالعه توسط نرم افزار متلب شبیه سازی و محاسبه شده است. در نتایج بدست آمده از جدول (۳) بیشینه خطای الگوریتم ۰.۵۸٪ در خطای سه‌فاز با زاویه شروع خطای ۱۷۰ است و کمینه آن ۰.۰۰۱ در خطای تک‌فاز با شروع زاویه خطای ۱۷۰ می‌باشد که نتایج حاصله نشان از دقت بالای الگوریتم پیشنهادی می‌باشد

**مورد۳: تاثیر مقاومت خطا بر روش پیشنهادی،** در شکل (۱۵) درصد تاثیر مقاومت خطا بر دقت روش پیشنهادی مشاهده می‌شود. در شکل (۱۳) و شکل (۱۴) مشاهده می‌شود که در فاصله بین سکشن ۴-۵ به دلیل اتصال منابع تولید پراکنده به سکشن ۵ باعث بوجود آمدن نقطه ژرف شده است. بیشینه این الگوریتم با توجه به نقطه ژرف برابر ۱.۴٪ می‌باشد.

**مورد۴: تاثیر مکان خطا بر دقت الگوریتم پیشنهادی،** درصد خطای روش پیشنهادی برای اتصال کوتاه تک‌فاز به زمین با مقاومت خطای ۱۰۰ اهم در فواصل مختلف در شکل (۱۴) نشان داده شده است.

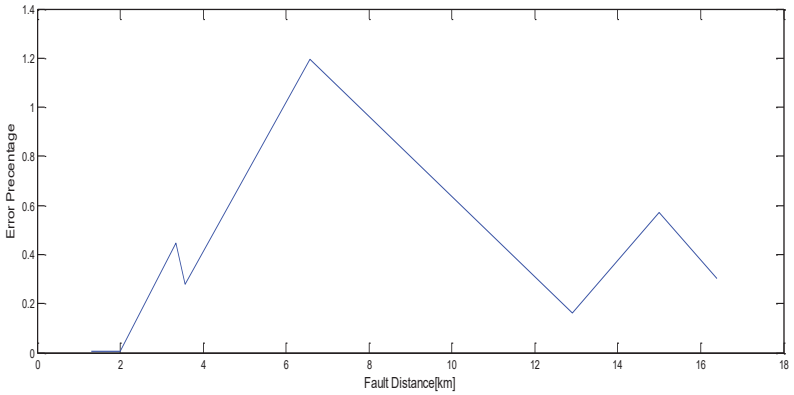
**جدول(۲): تاثیر نوع خطا بر الگوریتم پیشنهادی**

| مقاومت خطا | مکان وقوع خطا | نوع خطا | | |
|---|---|---|---|---|
| | | تک فاز به زمین | دو فاز به زمین | سه فاز به زمین |
| | | درصد خطا | | |
| 0 | 1-2 | 0.0057 | 0.0125 | 0.1018 |
| | 2-3 | 0.0112 | 0.0886 | 0.2049 |
| | 3-9 | 0.0748 | 0.0141 | 0.1119 |
| | 5-11 | 0.1356 | 0.1985 | 0.5340 |
| 50 | 1-2 | 0.0152 | 0.1201 | 0.3995 |
| | 2-3 | 0.0338 | 0.0707 | 0.3600 |
| | 3-9 | 0.0573 | 0.0047 | 0.1375 |
| | 5-11 | 0.2188 | 0.1786 | 0.2680 |
| 100 | 1-2 | 0.0081 | 0.1248 | 0.0673 |
| | 2-3 | 0.0193 | 0.0714 | 0.2232 |
| | 3-9 | 0.0115 | 0.0047 | 0.1723 |
| | 5-11 | 0.2141 | 0.1796 | 0.2680 |

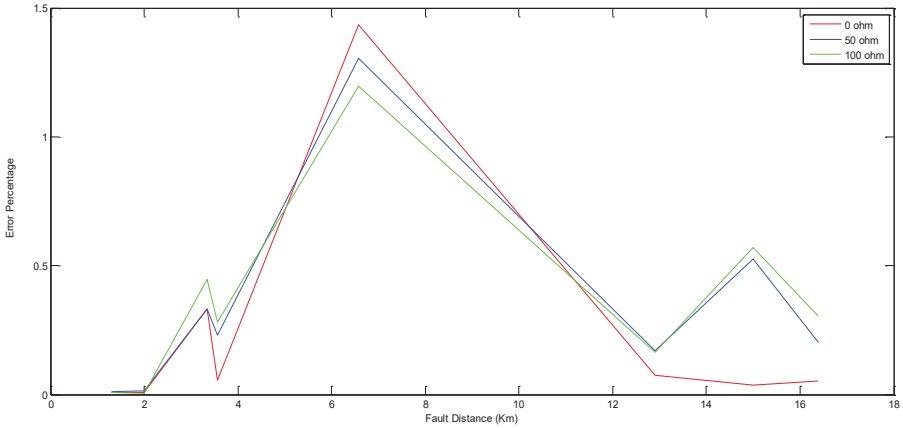
[ Downloaded from jiaeee.com on 2026-11-20 ]
[ DOR: 20.1001.1.26765810.1396.14.3.7.2 ]
Journal of Iranian Association of Electrical and Electronics Engineers Vol14 No.3 Fall2017

**جدول(۳): نتایج الگوریتم پیشنهادی با انواع مختلف خطا با زوایای مختلف**

| مقاومت خطا | مکان وقوع خطا | زوایای شروع خطا(درجه) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 0 | 45 | 90 | 130 | 170 |
| | | درصد خطا | | | | |
| تک فاز به زمین | 1-2 | 0.0085 | 0.0057 | 0.0105 | 0.0057 | 0.0010 |
| | 2-3 | 0.0085 | 0.0112 | 0.0207 | 0.0122 | 0.0101 |
| | 3-9 | 0.0808 | 00748 | 0.0829 | 0.1911 | 0.1911 |
| | 5-11 | 0.0741 | 0.1356 | 0.0548 | 0.1650 | 0.1354 |
| دو فاز به زمین | 1-2 | 0.0355 | 0.0125 | 0.0520 | 0.0563 | 0.0152 |
| | 2-3 | 0.0619 | 0.0886 | 0.0145 | 0.0358 | 0.0169 |
| | 3-9 | 0.0194 | 0.0141 | 0.1782 | 0.0078 | 0.1163 |
| | 5-11 | 0.0896 | 0.1985 | 0.2148 | 0.1985 | 0.1312 |
| سه فاز به زمین | 1-2 | 0.0264 | 0.1018 | 0.0911 | 0.0690 | 0.0463 |
| | 2-3 | 0.0050 | 0.1049 | 0.1162 | 0.0707 | 0.1167 |
| | 3-9 | 0. 0478 | 0.3560 | 0.1458 | 0.3064 | 0.2889 |
| | 5-11 | 0.1383 | 0.5492 | 0.2513 | 0.4576 | 0.5804 |




**شکل (۱۴): درصد تاثیر مکان مختلف خطا بر دقت الگوریتم پیشنهادی**




**شکل (۱۵): اثر مقاومت خطا بر الگوریتم پیشنهادی**

[ Downloaded from jiaeee.com on 2026-11-20 ]

[ DOR: 20.1001.1.26765810.1396.14.3.7.2 ]

## ۴- نتیجه‌گیری

با توجه به استفاده روز افزون منابع تولید پراکنده در شبکه های توزیع، روش امپدانسی جدیدی جهت مکان‌یابی خطا در شبکه توزیع با حضور منابع تولید پراکنده ارائه شد تا با استفاده از اطلاعات ولتاژ و جریان ثبت شده در محل ابتدای فیدر و منبع تولید پراکنده، مکان خطا را تعیین نماید. با توجه به گستردگی شبکه های توزیع و وجود انشعابات متعدد، مکان یابی خطا در شبکه‌های توزیع به دو قسمت فاصله‌یابی خطا در شبکه توزیع بدون حضور منابع تولید پراکنده و فاصله‌یابی خطا در شبکه توزیع با حضور منابع تولید پراکنده تقسیم می‌شود. در این مقاله، با استفاده از مدل گسترده خط معادله‌ای درجه دو برای مکان یابی خطا بدون حضور منابع تولید پراکنده و برای مکان یابی خطا در شبکه توزیع با حضور منابع تولید پراکنده با استفاده از روابط مداری انجام پذیرفت. روش پیشنهادی در شرایط مختلف مانند انواع خطا در مکان‌های مختلف با مقاومت‌های مختلف خطا و در زاویه-های مختلف شروع خطا در شبکه ۱۱ گره نمونه قرار گرفت و نتایج حاصل، نشان از دقت بالای روش های پیشنهادی دارد.

## مراجع


[۱] احسان گرد و رحمن دشتی، **"مکان‌یابی خطا به روش امپدانسی در شبکه توزیع با حضور منابع تولید پراکنده"** ،هجدهمین کنفرانس مهندسی برق ایران،۱۳۹۴.

[۲] رحمن دشتی، جواد ساده، **"ارائه روش اجرایی و نوین جهت شناسایی بخش خطا در شبکه توزیع"** ،مجله انجمن مهندسی برق و الکترونیک ایران، شماره اول، ۱۳۹۲.

[۳] رحمن دشتی و سید مهدی صالحی زاده، **"مکان‌یابی خطا در شبکه‌های توزیع فشار متوسط دو مداره به روش امپدانسی"**مجله انجمن مهندسی برق و الکترونیک ایران،پذیرش بهار و تابستان ۱۳۹۶.

[۴] نیکی مسلمی، حواد مسلمی، جواد عسگری، **"فاصله‌یابی محل خطای اتصال کوتاه در شبکه‌های شعاعی با استفاده از ثبت نمونه‌های فرکانس بالای سیگنال ولتاژ خطا در ابتدای فیدر و تخلیل آن به کمک تبدیل موجک"**،مجله انجمن مهندسی برق و الکترونیک ایران، سال اول، شماره اول، ۱۳۸۳.

[۵] عباداله کامیاب، محمد حسین جاویدی، جواد ساده، **"فاصله‌یابی خطا در خطوط انتقال نیرو با سه پایانه در حوزه زمان با استفاده از اندازه‌گیری‌های همزمان و مدل گسترده خط انتقال"** مجله انجمن مهندسی برق و الکترونیک ایران، سال پنجم، شماره اول، ۱۳۸۷.

[۶] صادق جمالی و وحید تلاوت، **"تعیین محل خطا در شبکه های توزیع شعاعی با حضور نیروگاههای تولید پراکنده"** ، هفدهمین کنفرانس مهندسی برق ایران، ۱۳۸۸.

[7] S.J. Lee, et al, "An intelligent and efficient fault location and diagnosis scheme for radial distribution systems," IEEE Transactions on Power Delivery, vol. 19, no. 2, pp. 524–532, 2004.K. Elissa, "Title of paper if known," unpublished.

[8] A.S. Bretas, et al, "Fault location in unbalanced DG systems using the positive sequence apparent impedance", Transmission & Distribution Conference and Exposition: Latin America, 2006. TDC '06. IEEE/PES, pp. 1–6, 2006.

[9] D. Penkov, et al, "DG impact on three phase fault location. DG use for fault location purposes?", International Conference on Future Power Systems, pp.16-18, 2005.

[10] J. Mora-Florez, et al, "Selection of current patterns using SVMs for locating faults in radial power systems", Transmission and Distribution Conference and Exposition: Latin America, IEEE/PES, pp.1-7, 2008.

[11] S. Jamali and V. Talavat, "A new fault location algorithm for distribution systems with distributed generations", 43rd International Universities Power Engineering Conference (UPEC2008), Padova, Italy, 1-4 2008.

[12] Z. Guo-fang and L. Yu-ping, "A fault location algorithm for urban distribution network with DG", Electric Utility Deregulation and Restructuring and Power Technologies, pp. 2615 – 2619, 2008.

[13] Z. Guo-fang and L. Yu-ping, "Development of fault location algorithm for distribution networks with DG" ,Sustainable Energy Technologies, pp. 164 - 168 2008.ICSET 2008.

[14] S.A.M. Javadian, et al, "A fault location and protection scheme for distribution systems in presence of DG using MLP neural networks", IEEE Power & Energy Society General Meeting, PES '09, pp. 1-8, 2009

[15] Y. Chao, et al, "Improved algorithm for fault location in distribution network with distributed generations", International Conference on Intelligent Computation Technology and Automation (ICICTA), pp. 893–896, 2008.

[16] Y. Yue, et al, "Study of Distribution Network Fault Location including Distributed Generator Based on Improved Genetic Algorithm", 3rd International Conference on System Science, Engineering Design and Manufacturing Informatization, pp. 103-106, 2012.

[17] S.M. Brahma, "Fault location in power distribution system with penetration of distributed generation", IEEE Transaction on Power Delivery, vol. 26, no. 3, pp. 1545-1553, 2011

[18] S. B. Karajigi. Udaykumar., R. Y., G. D. Kamalapur., "Fault location estimation in power distribution systems with high penetration of distributed generation", International jornal of computer and electrical engineering, volume 4, No. 5, pages 632-636, 2012.

[19] Mehrdad Tarafdar Hagh., Mir Mousa Hosseini., Sanaz Asgarifar., "A novel phase to phase fault location algorithm for distribution network with distributed generation", CIRED workshop, No. 0267, pages 1-4, 2012.

[20] Hadi Zayanderodi., Azah Mohamed., Masoud Farhoodnea., Alireza Heidari., "New trainin strategies for RBF neural networks to determine fault location in a distribution network with DG units", IEEE international conference PEOCO, 7th, No. 13679566, pages 450-454, 2013.

[21] Gang Liu., Yinhong Li., An Wen., "Voltage change based fault location in distributed network considering distributed generations", Power and Energy Engineering Conference (APPEEC), No. 14384108, pages 1-6, 2013.



[ Downloaded from jiaeee.com on 2026-11-20 ]



[ DOR: 20.1001.1.26765810.1396.14.3.7.2 ]

Journal of Iranian Association of Electrical and Electronics Engineers Vol14 No.3 Fall2017

[22] Payam Farzan., Mahdi Izadi., Chandima Gomes., Mohd Zainal Abedin Ab Kadir., M. H. Hosamian., Mohed Amran Mohed Radzi., "On the fault location algorithm for distribution networks in presence of DG", IEEE Smart Grid teechnologies, No. 14524484, pages 652-656, 2014.
[23] Juan J. Mora-Flórez, Ricardo A. Herrera-Orozco, Andres F. Bedoya-Cadena., "Fault location considering load uncertinety and distributed generation in power distribution network" , IET Generation, Transmission and Distribution, vol. 9, no. 3, pp. 287–295, 2015.
[24] R.H. Salim, M. Resener, A.D. Filomena, K.R.C. Oliveira and A.S. Bretas, "Extended fault-location formulation for power distribution systems", IEEE Transactions on Power Delivery, vol. 24, no. 2, pp. 508-616, April 2009.

[1] Support vector machine
[2] Feeder Terminal Unit
[3] Radial Basic Function Neural Network

[ Downloaded from jiaeee.com on 2026-11-20 ]

[ DOR: 20.1001.1.26765810.1396.14.3.7.2 ]