

تأثیر DG در تعیین محل خطای سه فاز آیا DG می تواند برای تعیین محل خطا مورد استفاده قرار گیرد؟

مظفر والی علی اکبر نصیری محمد تقی صادق زاده علی مزارعی مریم رضایی زاده
باشگاه پژوهشگران جوان دانشگاه آزاد واحد کازرون
12.nasiri@gmail.com

چکیده:

در این مقاله روش جدیدی برای تعیین محل خطا در شبکه های توزیع ارائه می شود. عملکرد DG^1 در چنین شبکه های مورد مطالعه قرار گرفته و تاثیر آن به روش ساده مورد تجزیه و تحلیل قرار می گیرد. در این مقاله دو مدل ایده آل و واقعی جهت تصحیح الگوریتم تعیین محل خطا مورد بررسی قرار می گیرد. شبیه سازی به منظور دستیابی به نتایج مطلوب و همچنین بحث و بررسی نتایج حاصله توسط نرم افزار ATP-EMTP صورت گرفته است.

اندازه گیری جریان خطای DG برای محاسبه فاصله و محل خطا از اهداف این مقاله بوده که به طور کامل شرح داده شده است. همچنین به منظور اطمینان از صحت روابط پیشنهادی یک شبکه توزیع ساده مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته است.

کلمات کلیدی: شبکه توزیع ، DG ، تاثیر DG ، فاصله خطا ، محل خطا

۱- مقدمه :

شرایط لازم برای تولید انرژی تمیز و بی خطر ، بهبود و آزاد سازی بازار انرژی ، چراغ سبزی به تحولات در صنعت برق و اتصال واحدهای کوچک به شبکه ی توزیع است. واحد های کوچک DG منابع انرژی تجدید پذیری می باشند که عبارتند از میکرو توربین ها ، توربین های گازی ، بادی ، خورشیدی ، پیل های سوختی ، ژنراتورهای با موتور احتراق داخلی ، بیوماس و انواع دیگر که به نحوی بر مدیریت شبکه تاثیر می گذارد .

¹ - Distributed Generation

شبکه های توزیع غالباً تحت تاثیر خطاهای نظیر خطای فاز به زمین ، فاز به فاز و اتصال کوتاه سه فاز قرار می گیرند. بررسی این اختلالات بزرگ و ناگهانی در شبکه های توزیع و همچنین سیستم های قدرت اهمیت ویژه ای دارد. انواع اتصال کوتاه ها از مهمترین خطاها محسوب می شوند. از علل پیدایش خطاها می توان صاعقه ، سالم نبودن تجهیزات و لوازم سیستم قدرت ، شرایط جوی ، برخورد وسائل نقلیه زمینی یا هوایی با دکل ها و هادیهای خطوط انتقال ، سقوط درختان بر روی هادیهای خطوط انتقال و عوامل تصادفی و اتفاقات غیر قابل پیش بینی نام برد. خطاهایی که در اثر عوامل فوق بوجود می آیند نیز دارای میزان و شدت هستند که به طور خلاصه به شرح زیر طبقه بندی می شوند.

الف- اتصال کوتاه متقارن (سه فاز)^۲: این اتصال کوتاه بر اثر اتصال و یا برخورد سه فاز به یکدیگر به وجود می آید. اتصال کوتاه سه فاز ممکن است مستقیماً یا با امپدانس صفر ($Z_f = 0$) صورت گیرد.

ب- اتصال کوتاه دو فاز: در این نوع اتصال کوتاه بایستی دو حالت را مورد بررسی قرار داد: در حالت اول دو فاز^۳ فقط به یکدیگر وصل می شوند و در حالت دوم دو فاز به هم و به زمین^۴ وصل می شوند.

ج- اتصال کوتاه یک فاز به زمین^۵

گرچه احتمال اتصال کوتاه سه فاز بسیار کم (حدود ۵ در صد) می باشد ، لیکن بسیاری از محاسبات کلاسیک سیستم ها نظیر بررسی پایداری گذرا ، انتخاب کلید های قدرت و ... بر مبنای جریان های اتصال کوتاه متقارن (سه فاز) بنا شده اند، [۵].

ظرفیت انتقال قدرت یک خط بر اثر اتصال کوتاه سه فاز به صفر می رسد ، در حالی که در اتصال کوتاه های نامتقارن قسمتی از قدرت قبلی خط منتقل گردیده و علاوه بر کاهش ظرفیت انتقال توان ، جریان های زیاد اتصال کوتاه در این شرایط می تواند به وسایل و تجهیزات سیستم قدرت آسیب جدی بزند و لذا لازم و ضروری است که محل های اتصال کوتاه شده تعیین و در کوتاهترین زمان ممکن جهت حفظ پایداری و نگهداری شبکه از سیستم قدرت جدا شوند. بنابراین تعیین محل خطاها پس از وقوع اتصال کوتاه به منظور حفاظت و پایداری در شبکه امری اجتناب ناپذیر می باشد. [۷].

روش های تعیین خطا که امروزه مورد استفاده قرار می گیرند فقط برای شبکه تک منبع کارآمد می باشند [۱]. اما این روش ها در شبکه های دارای DG چندان سودمند نخواهند بود. مطالعات و بررسی های ارائه شده در این مقاله تاثیر این منابع را بر جریان های خطا و طرح های حفاظتی شبکه مورد تجزیه و تحلیل قرار داده اند، [۶]، [۷]. با این وجود مشکل تعیین خطا در مواقعی که ژنراتورها جریان خطارا ایجاد می کنند بروز می کند. بنابراین بررسی و دقت روش های تعیین خطا نیز ضروری به نظر می رسد .

در این مقاله ما به تحلیل و شبیه سازی یک روش محاسبه فاصله خطا برای خطاهای سه فاز و به خصوص هنگامی که علاوه بر ژنراتور اصلی حداقل یک واحد DG به شبکه وصل باشد پرداخته ایم. همچنین در این مقاله استفاده از ژنراتورها که به منظور تعیین دقیقتر محل خطا می باشد شرح داده شده است. برای دستیابی به اهداف و نتایج مطلوب در این مطالعه ژنراتورها از نوع سنکرون انتخاب شده اند.

² - Symmetrical (three phase) short-circuit

³ - Line to line

⁴ - Double line to ground

⁵ - Single line to ground

بخش بعدی (پس از مقدمه) مدل شبکه های توالی ژنراتورها در شبکه را شرح می دهد. این مدل ها برای نمایش DG در مطالعات مورد استفاده قرار گرفته است. در بخش سوم روش محاسبه فاصله خطا برای شبکه تک منبع ارائه شده است ، همچنین در این قسمت تغییرات لازم برای محاسبه صحیح و دقیق فاصله خطا در صورت نصب یک واحد DG انجام گرفته است. در بخش چهارم نتایج محاسبات مربوط به تعیین محل خطا که با کمک DG و در وضعیت های مختلف صورت گرفته است ارائه گردیده است. بخش پنجم به بحث و بررسی درنتایج پرداخته شده است. پس از این بخش ، نتایج مقاله و پیشنهادات برای توسعه در آینده ی روش های تعیین خطا در شبکه به طور خلاصه ارائه گردیده است.

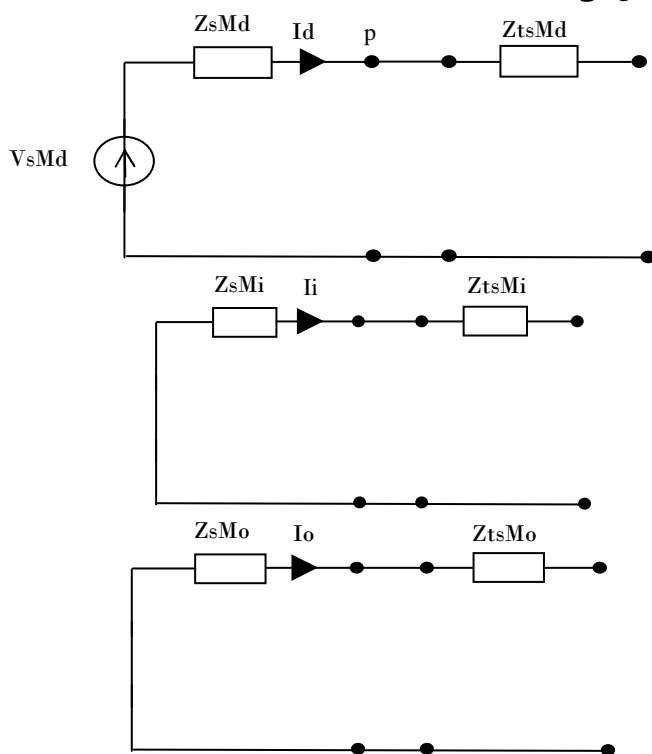
۲- مدل DG به منظور اهداف تعیین محل خطا

۲-۱- مدل ایده آل DG :

هنگامی که مدل ایده آل ژنراتورها ارائه می گردد بایستی مباحث زیر مورد توجه قرار گیرد. یک DG معمولاً بایستی از طریق یک ترانسفورماتور LV/MV ، ستاره-مثلث^۶ به شبکه متصل گردد. این حالت تاثیر خطا را بر DG محدود می کند. بدین ترتیب که ژنراتور را از شبکه جدا می کند و پس از آن خطا های فاز به زمین روی طرف اولیه بدون تاثیر می ماند، [۲].

همانگونه که در شکل (۱) ملاحظه می شود ، ماشین سنکرون را می توان بصورت یک منبع ایده آل سری با یک امپدانس مدلسازی

نمود. همچنین این شکل شبکه توالی را برای یک DG نشان می دهد.



$ZsMd$: امپدانس توالی مثبت ژنراتور سنکرون

$ZsMi$: امپدانس توالی منفی ژنراتور سنکرون

$ZsMo$: امپدانس توالی صفر ژنراتور سنکرون

$ZtsMd$: امپدانس توالی مثبت ترانس

$ZtsMi$: امپدانس توالی منفی ترانس

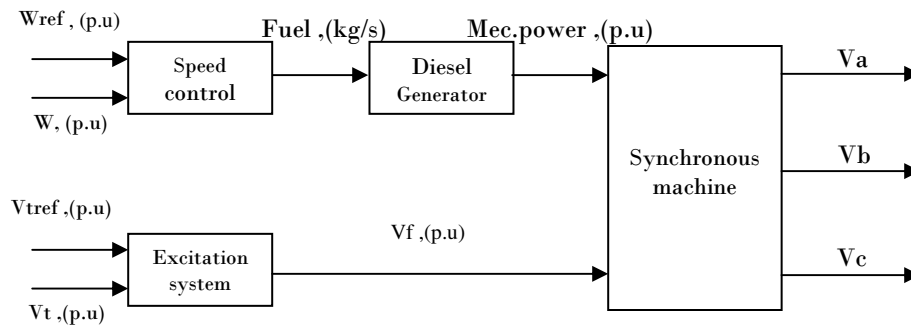
$ZtsMo$: امپدانس توالی صفر ترانس

شکل (۱): مدل شبکه های توالی DG (نمایش طرف LV)

در نمایش شکل (۱) گره P طرف اولیه و گره S طرف ثانویه ترانس قدرت را نشان می دهد. با توجه به توصیه هایی که در رابطه با اتصال DG انجام شده است، شبکه توالی صفر⁷ به صورت یک مدار باز فرض می شود. بدین ترتیب برای شبکه توالی مثبت، DG می تواند در ثانویه ترانس به صورت منبع ولتاژ ایده آل سری با امپدانس قرار گیرد، [۵].

۲-۲- مدل DG واقعی

تأثیر DG روی روش های تعیین محل خطا با یستی از طریق مدل های واقعی مورد مطالعه قرار گیرد. چنین مدلی، می تواند یک ماشین سنکرون با تنظیم کننده ولتاژ و سرعت در نظر گرفته شود. این ساختار توسط نرم افزار ATP-EMTP و با استفاده از مدل ماشین سنکرون مدلسازی شده است، [۶]. ساختار یک DG واقعی در شکل (۲) نشان داده شده است، [۲].



شکل (۲): ساختار DG واقعی

در ساختار فوق رگولاتور سرعت که وظیفه کنترل دریچه سوخت و قدرت ورودی را بر عهده دارد یک رگولاتور PI (انتگرالگیر-تناسبی) می باشد. سیستم تحریک نیز از نوع استاندارد IEEE می باشد.

برای تعیین محل خطا ابتدا امپدانس ماشین را بدست می آوریم. پس از وقوع خطای سه فاز:

$$X_d(t) = \left[\frac{1}{X_d} + \left(\frac{1}{X'_d} - \frac{1}{X_d} \right) e^{\frac{t}{T'_d}} + \left(\frac{1}{X''_d} - \frac{1}{X'_d} \right) e^{\frac{t}{T''_d}} \right]^{-1} \quad \text{رابطه (۱)}$$

که T''_d, T'_d, X''_d, X'_d به ترتیب امپدانس و ثابت زمانی اتصال-کوتاه، گذرا و زیر گذرا برای هر ماشین می باشند. تقریباً 100ms پس از وقوع خطا $X_d(t)$ برابر X'_d می شود. این زمان در مطالعات ما برای محاسبه فاصله خطا انتخاب شده است.

⁷ - Zero sequence

در این قسمت اطلاعات مربوط به سه واحد DG با سطوح قدرت (MVA) مختلف ارائه می گردد.

جدول (۳) : داده های ماشین در سطوح قدرت مختلف

DG Power	Output Voltage , (kv)	Transient impedance , $X'd$,(p.u)
1 MVA	0.4	0.25
5 MVA	5.5	0.25
10 MVA	5.5	0.25

۳- روش محل خطای سه فاز

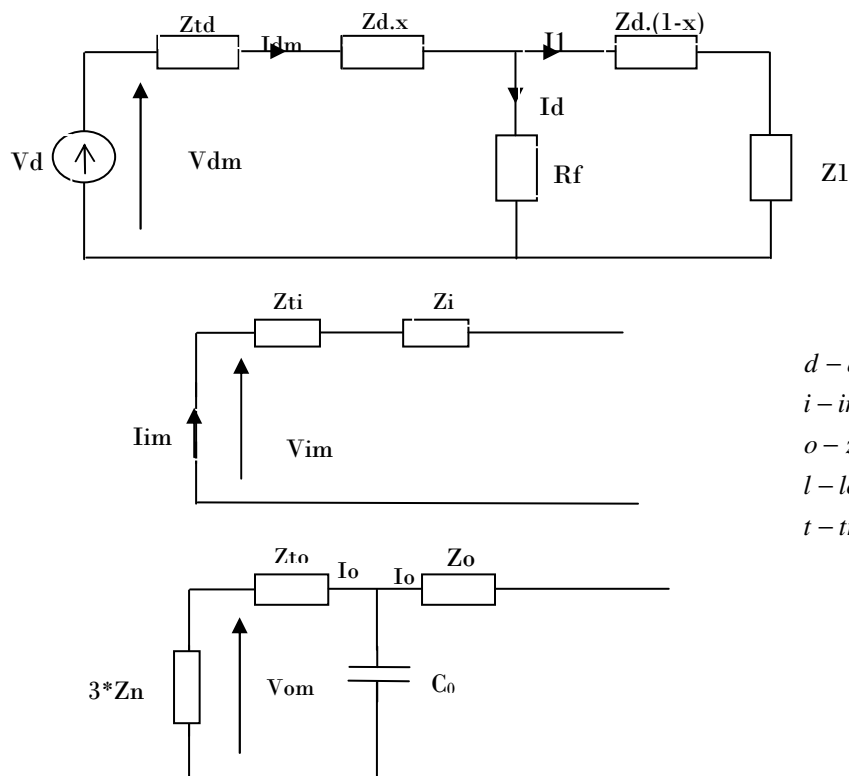
۳-۱- روش محل خطا بدون استفاده DG

روش تعیین خطا که به منظور تخمین تاثیر DG مورد استفاده قرار می گیرد به طور خلاصه در این قسمت بررسی شده است. این

روش بر اساس محاسبات متقارن انجام گرفته است، [۲].

برای مقایسه آسان و دقیق تر ، چنین روشی نخست برای یک شبکه تک منبع ارائه شده است تا به هنگام ورود DG به شبکه ، مقایسه

راحتر انجام گیرد. پس از وقوع خطا سه فازی روی شبکه تک منبع ، مدل توالی های شبکه به صورت زیر خواهد بود.



شکل (۳) : نمایش شبکه توالی پس از وقوع خطای سه فاز

از شبکه توالی مثبت فاصله خط^۸ را بدست می آوریم :

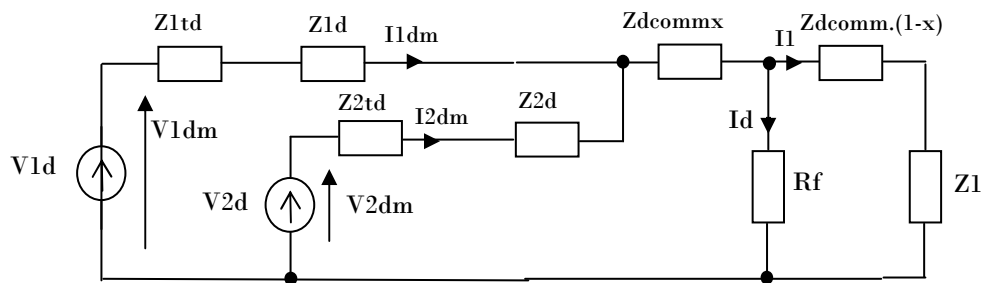
$$X = \frac{Vd - Idm.Ztd}{Idm.Zd}$$

رابطه (۲)

در فرمول فوق مقاومت خطای Rf صفر فرض گردیده است..

۲-۳- روش محل خطا با استفاده از مدل DG ایده آل

در مورد شبکه هایی که بیش از دو یا چند منبع درون شبکه می باشد عبارت فاصله خطا را جهت احتساب منابع دیگر بایستی تا حدودی تغییر داد، در شکل زیر یک ژنراتور در ثانویه به شبکه اضافه شده است.



شکل (۴): نمایش شبکه توالی مثبت برای شبکه دارای دو منبع (۱- فیدر ۲- DG)

معادله ولتاژ تغذیه^۹ به صورت زیر می باشد :

$$\begin{cases} V1d = I1dm.(Z1td + Z1d) + (I1dm + I2dm).Zdcomm.x + Id.Rf \\ Rf = 0 \\ Z2td = Z_{DG} = Z'd + Z_{trans}d \end{cases} \quad \text{رابطه (۳)}$$

با توجه به مقدار ولتاژ روی نقطه ارتباط بین دو ژنراتور و با احتساب فرضیه نخست $V1d = V2d$ ، جریان DG را می توان به صورت زیر نوشت :

$$I2dm = I1dm \frac{(Z1td + Z1d)}{(Z2td + Z2d)} \quad \text{رابطه (۴)}$$

حال از رابطه (۳) ولتاژ فیدر بدست می آوریم :

$$V1d = I1dm.(Z1td + Z1d) + I1dm \frac{Z1td + Z1d + Z2td + Z2d}{Z2td + Z2d}.Zdcomm.x \quad \text{رابطه (۵)}$$

⁸ - Fault distance

⁹ - Feeder substation

فاصله خطا یک مقدار واقعی است. پس نیاز است که معادله مجددا مرتب شود تا واقعی بودن راه حل قطعی گردد. بنا بر این می توان نوشت :

$$Zf_1 = \left(\frac{V1d}{I1dm} \right) = (Z1td + Z1d) + \frac{Z1td + Z1d + Z2t + Z2d}{Z2td + Z2d} \cdot Zdcomm.x \quad \text{رابطه (۶)}$$

در این رابطه Zf_1 ، امپدانس دیده شده از دید منبع $V1d$ ، بیان یک DG در شبکه می باشد. این امپدانس جهت صعودی به خطا می دهد و به همین دلیل امپدانس خطا نامیده می شود. این رابطه پیچیده فاصله خطای واقعی X را نشان می دهد. مسلما در صورت وجود مسیر مشترک ($Zdcommx$) تاثیرات DG برای دو منبع در محاسبه فاصله خطا برابر صفر خواهد شد.

رابطه فوق (۶) یک DG را برای فاصله ای نشان می دهد که با اندازه گیری جریان خطا در فیدر بدست می آید. هر ژنراتوری ، جدول (۱) ، که به شبکه متصل می باشد به خطا ارتباط داشته و می تواند در امپدانس خطا به صورت زیر بیان شود.

$$\begin{cases} Zf_i = Zf_{i-1} + \left(1 + \sum_{k=1}^{k=i} \frac{Zf_{k-1}}{Z_{DG k}} \right) \cdot Zdcomm.x \\ Zf_0 = \frac{Z1td + Z1d}{Z2td + Z2d} \end{cases} \quad \text{رابطه (۷)}$$

در رابطه فوق Zf_i امپدانس از دید منبع اصلی است هنگامی که ژنراتورهای (DG) i در مسیر خود با خطا ارتباط پیدا می کند. داده های مورد نیاز نیز عبارتند از : امپدانس ماشین ها ، ترانس ها ، هادی های خطوط انتقال (امپدانس خط) و جریان خطایی که در پست ها اندازه گیری می شوند. همچنین توپولوژی شبکه نیز مورد نیاز می باشد، [۲].

۳-۳- تعیین محل خطا از طریق اندازه گیری روی DG :

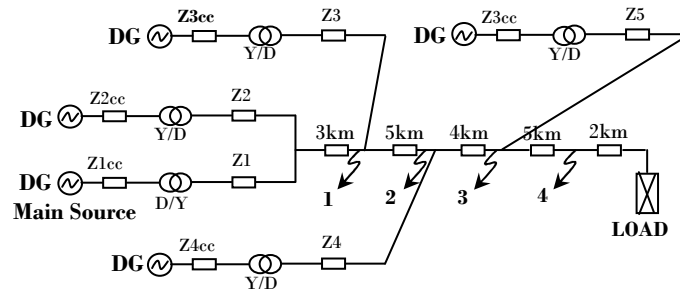
روابط فوق وضعیت هایی را شرح می دهند که در آن ، اندازه گیری ها فقط در پست صورت می گیرد. بهبود سرویس دهی و وظایف سیستم مستلزم آن است که اندازه گیری ها در جا های مختلف و نقاط بیشتری انجام گیرد. تصور می شود که در آینده ی نزدیک وسایل و تجهیزات نصب شده درون شبکه قادر باشند با پست ها ارتباط برقرار کنند و در نگهداری شبکه کمک کنند .

در عمل چنانچه این اندازه گیری ها به تعیین محل خطا کمک می کند اما تایید و تصحیح روابط کاری ضروری می باشد. در رابطه (۳) تنها متغییری که ورود و یا خروج ژنراتور دیگری را حس می کند ، مؤلفه جریان Id است که از مقاومت خطا (resistance) نیز عبور می

کند. اندازه گیری های انجام گرفته در این حالت در انتقال جریان ژنراتور به پست ها و محاسبه فاصله خطا حتی در صورت عدم وجود ژنراتور دیگری کمک می نماید، [۲].

۴- نتایج محاسبات فاصله خطا

به منظور مطالعه دقیق روابط پیشنهادی یک شبکه توزیع ساده در نظر گرفته شده و بررسی می گردد. طرح این شبکه به صورت زیر می باشد، [۳].



شکل (۵): شبکه توزیع مورد مطالعه .

ساختار شبکه فوق به گونه ای طراحی شده است که با اهداف مطالعات ما مطابقت داشته باشد. محل وقوع خطا ها در شبکه با فلش نشان داده شده است. بدین ترتیب طبق رابطه (۷) برای هر خطایی تاثیر یک ژنراتور جدید گنجانده می شود. خطای ۱- $DG1$ ، خطای ۲- $DG2, DG1$ ، خطای ۳- $DG3, DG2, DG1$ و ... بار متصل به انتها بار $R-L$ پسیو، $7.5 MVA$ و ضریب توان 0.8 می باشد. DG های که به شبکه متصل می شوند یکسان هستند. ترانس های قدرت دارای قدرت اتصال کوتاه 20% قدرت منبع اصلی می باشد. امپدانس های $Z1 \dots Z5$ داده برای هر $2 km$ کابل خطوط انتقال با مقطع $150 mm^2$ می باشد. شبیه سازی و محاسبات فاصله توسط نرم افزار ATP-EMTP و $100 ms$ پس از وقوع خطا انجام می شود .

۴-۱- نتایج محاسبات فاصله خطا برای شبکه بدون DG ، شبکه متصل به بار متمرکز

شبیه سازی ها در ابتدا بدون تاثیر DG در شبکه انجام می گیرد تا یک ارزیابی اولیه از دقت روش مورد نظر بدست آید. مقادیر مختلف سیگنالها از طریق تبدیل Fast-Fourier¹¹ بدست می آید. نتایج محاسبات برای چهار نقطه ی وقوع خطا در جدول زیر آمده است، [۳].

جدول (۲) : نتایج محاسبات فاصله خطا .

Fault point	Real Distance , (km)	Calculated distance, (km)	Error, %
1	5	4.99	0.20
2	10	9.99	0.10
3	14	13.98	0.14
4	19	18.98	0.11

خطا ها ی مشاهده شده (Error) به خاطر گردش مقادیر و خطا های پردازش سیگنالی FFT می باشد.

¹¹ - Fast-Fourier Transform

۴-۲- نتایج محاسبات فاصله خطا برای شبکه با مدل DG ایده آل ، شبکه متصل به بار متمرکز

در این حالت شبکه از طریق مدل های ایده آل ژنراتور و به منظور تست دقیق رابطه (۷) شبیه سازی می شود. در جدول بعد نتایج محاسبه ی فاصله خطا ارائه شده است . شاخص (۱) فاصله ای است که از طریق رابطه (۲) محاسبه شده است. شاخص (۲) فاصله خطای را که توسط رابطه (۷) محاسبه شده است نشان می دهد. البته در این مورد ژنراتورها نیز محاسبه شده اند. نتایج زیر برای سه سطح قدرت (MVA) ارائه گردیده است، [۳].

جدول (۳) : نتایج برای مدل DG ایده آل ، بار متمرکز

DG Power MVA	Fault Point	Real Distance , (km)	Fault dist.1 , (km)	Fault dist.2 , (km)	Error 1, (%)	Error 2, (%)
1 MVA	1	5	5.07	4.99	-1.4	0.2
5 MVA	1	5	5.36	4.99	-7.2	0.2
10 MVA	1	5	5.7	4.99	-14.0	0.2
1 MVA	2	10	10.29	9.98	-2.9	0.2
5 MVA	2	10	11.69	9.97	-16.9	0.3
10 MVA	2	10	13.32	9.96	-33.2	0.4
1 MVA	3	14	14.69	13.97	-4.93	0.21
5 MVA	3	14	17.51	13.95	-25.07	0.36
10 MVA	3	14	21.06	13.94	-50.43	0.43
1 MVA	4	19	20.37	18.96	-7.21	0.21
5 MVA	4	19	25.98	18.92	-36.74	0.42
10 MVA	4	19	33.44	18.89	-76.0	0.58

همانطور که مشاهده می شود نتایج نسبتا قابل قبول و رضایت بخش می باشد. هنگامی که تاثیر ژنراتورها را در نظر گرفته ایم ماکزیمم خطا (Error) از 0.6% کمتر می باشد. با احتساب این نکته می توان فرضیه تئوری را صحیح شمرد. همچنین دیده می شود که تاثیر DG متناسب با سطح قدرت افزایش می یابد. پس این مطلب این ادعا را ثابت می کند که برنامه ی محاسبه DG در محاسبات گنجانده نمی شود. بایستی به این نکته نیز توجه داشت که در اینجا تاثیر بار نادیده گرفته شده است در حالیکه شبیه سازی بار به نوبه خود نسبتا مهم می باشد .

۳-۴- نتایج محاسبات فاصله خطا برای شبکه با مدل DG واقعی، شبکه متصل به بار متمرکز

صحت و درستی مطالب و مفاهیم ذکر شده در این مقاله مستلزم آن است که از مدل واقعی ژنراتورها استفاده شود. در این مرحله DG با مدل واقعی جایگزین مدل ایده آل بخش ۱-۲ می گردد و بقیه مشخصات با مدل ارائه شده یکسان می باشد. تاثیرات این جایگزینی در دو وضعیت مورد مطالعه قرار گرفته است - بار متمرکز در انتهای شبکه مانند مدل DG ایده آل و بار توزیع شده در امتداد شبکه

۱-۳-۴- بار متمرکز در انتها

جدول ذیل نتایج مورد نخست را به طور خلاصه نشان می دهد .

جدول (۱۴): نتایج برای مدل DG واقعی، بار متمرکز

DG Power MVA	Fault Point	Real Distance , (km)	Fault dist 1, (km)	Fault dist 2, (km)	Error 1, (%)	Error 2, (%)
1 MVA	1	5	5.08	5.01	-1.6	-0.16
5 MVA	1	5	5.33	5.03	-6.60	-0.6
10 MVA	1	5	5.67	5.06	-13.4	-1.20
1 MVA	2	10	10.48	10.14	-4.6	-1.40
5 MVA	2	10	11.68	10.19	-16.8	-1.90
10 MVA	2	10	13.38	10.28	-33.8	-2.80
1 MVA	3	14	15.04	14.35	-7.43	-2.50
5 MVA	3	14	17.74	14.44	-26.71	-3.14
10 MVA	3	14	21.6	14.6	-54.29	-4.29
1 MVA	4	19	21.24	19.81	-11.79	-4.26
5 MVA	4	19	27.08	20.02	-42.53	-5.37
10 MVA	4	19	35.6	20.42	-87.37	-7.47

نتایج بدست آمده در این قسمت با مدل ایده آل شباهت دارد اما دقت فاصله ها که توسط رابطه (۷) محاسبه می شود اشکال دارد و خطاها (Error) به دلیل وجود امپدانس های حالت گذرا می باشد. تصور ما بر این است که امپدانس ژنراتورها با $X'd$ برابر است البته چنانچه مدل مورد استفاده ایده آل باشد به دلیل تغییر امپدانس همراه با زمان طی 20ms یعنی دقیقاً هنگامی که سیگنالها پردازش می شوند امپدانس بسیار متغیر بوده و اشتباهاتی در نتیجه محاسبات روی می دهد، [۳].

نتایج تحت تاثیر تعداد ژنراتورها قرار می گیرند. برای هر نقطه ی خطای جدید یک ژنراتور دیگری داریم که می توانیم در محاسبات وارد سازیم . اما مهم تر آن است که به روش مرتب کردن و از طریق اندازه گیری در فیدر فاصله و محل خطا، طی مراحل مقدماتی الگوریتم تعیین خطا با دقت کافی تعیین شود. (البته خطاهای ناشی از اندازه گیری و داده های شبکه محاسبه نمی گردد.)

در عمل مشاهده نتایج حاصل از تاثیر بار توزیع شده در شبکه بسیار حائز اهمیت می باشد بدین ترتیب بار 7.5 MVA، به ۱۰ بار مساوی 0.75 MVA تقسیم می شود و به طور منظم در امتداد شبکه قرار داده می شوند. نتایج مربوط به محاسبات فاصله ی خطا در جدول زیر آمده است.

جدول (۵) : نتایج برای مدل DG واقعی، بار توزیع شده (توزیعی)

DG Power MVA	Fault Point	Real Distance, (km)	Fault dist 1, (km)	Fault dist 2, (km)	Error 1, (%)	Error 2, (%)
1 MVA	1	5	5.08	5	-1.6	-0.00
5 MVA	1	5	5.33	5.02	-6.4	-0.4
10 MVA	1	5	5.66	5.06	-13.2	-1.20
1 MVA	2	10	10.43	10.16	-4.3	-1.60
5 MVA	2	10	11.6	10.15	-16.00	-1.50
10 MVA	2	10	13.31	10.27	-33.1	-2.70
1 MVA	3	14	14.97	14.31	-6.93	-2.21
5 MVA	3	14	17.51	14.32	-25.07	-2.29
10 MVA	3	14	21.39	14.56	-52.79	-4.00
1 MVA	4	19	21.07	19.7	-10.89	-3.68
5 MVA	4	19	26.38	19.69	-38.84	-3.63
10 MVA	4	19	35.11	20.18	-84.79	-6.21

در این حالت تنها بارهایی که با خطا ارتباط دارند تغذیه می شوند. جریان خطا در منبع اصلی و DG افزایش می یابد و فاصله کمتری محاسبه می شود. بدین ترتیب خطای (Error) محاسبه نیز کاهش می یابد. تاثیر بار برای این نوع خطا به طور قابل ملاحظه ای محدود می شود زیرا بار و مقاومت خطای سه فاز م با هم موازی می شوند، [۳].

۵- تعیین محل خطا با استفاده از نتایج ثبت شده DG^{۱۲}

۵-۱- نتایج که به تعیین محل خطا کمک می کند

در دو بخش قبلی محاسبه ی فاصله خطا با تاثیر دادن واحدهای DG ارائه شده است. اما در مواردی که تعیین نقض برای ما حائز اهمیت باشد فاصله خطا تنها محل های نقض را به ما نشان می دهد. این مورد در شبکه های توزیع شعاعی متعدد می باشد. محاسبه فاصله خطا خود به تاثیر DG همچنین موقعیت آن بستگی دارد. برای یافتن جریان خطای مشخصی که پست محاسبه می شوند ممکن است یک یا چند راه حل وجود داشته باشد. DG بر جریان خطای فیدر نیز تاثیر می گذارد و این تنها در صورتی است که DG با خطا مسیر مشترکی داشته باشند. در این بخش همچنین احتمال آنکه خطای ثبت شده ی DG به تعیین محل خطا کمک کنند مورد بحث قرار

¹² - DG Recordings

گرفته است. فاصله خطایی که از هر ژنراتور محاسبه می شود در مقایسه با ژنراتورهای دیگر به طور مجزا محاسبه شده اند. همچون بخش قبل چنین شبکه ای را مورد بررسی قرار می دهیم. نتایج محاسبه فاصله خطا با اندازه گیری در هر ژنراتور و برای هر خطا ارائه می شود. سطح قدرت 10 MVA در نظر گرفته شده است.

جدول (۶): محاسبه فاصله خطا در منبع اصلی و DG

Gen : Fault	DG 1 (km)	DG 2 (km)	DG 3 (km)	DG 4 (km)
1	17.74 (5)	2.01 (2)	11.6 (7)	16.21 (11)
2	48.02 (10)	27.44 (7)	2.0 (2)	5.97 (6)
3	76.4 (14)	51.91 (11)	19.67 (6)	2.0 (2)
4	117.55 (19)	88.45 (16)	42.24 (11)	23.1 (7)

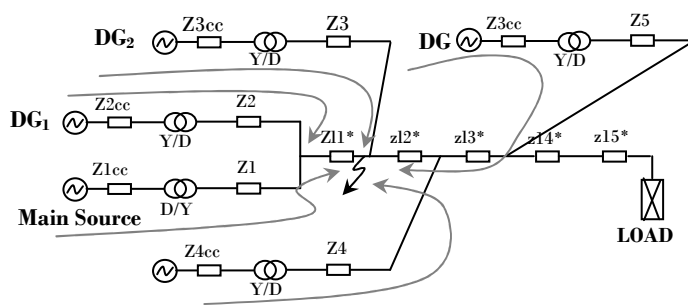
فاصله واقعی ، در جدول فوق در پرانتز نشان داده شده است. بدین ترتیب نشان داده می شود که برای هر خطا ، DG های که مسیر مشترکی با خطا دارند و از منبع اصلی نیز قابل مشاهده هستند به صورت یک فاصله غیر واقعی که با فاصله منبع اصلی قابل مقایسه هستند محاسبه شده است و بقیه محاسبه ی دقیق تری دارند. در این حالت حتی اگر ژنراتور ها مسیر خاصی نیز داشته باشند فاصله دقیق محاسبه می شود. این مسیر در شکل (۶) به صورت پر رنگ نشان داده شده است.

ترکیب کردن این اطلاعات با دانش مربوط به توپولوژی شبکه و استفاده از یک منطق خاصی این امکان را فراهم می سازد تا ساده تر از اندازه گیری های منبع اصلی ، خطا مشخص گردد . این اندازه گیری ها به تعیین خطا و محاسبه فاصله خطا کمک می کند.

۲-۵- الگوریتم عددی برای تعیین محل خطا با استفاده از اندازه گیری های DG در یک شبکه نسبتاً بزرگ

این بخش برنامه های پیشرفته ای را مورد بررسی قرار می دهد که به منظور تعیین اتوماتیک خطا با اندازه گیری ویا بدون اندازه گیری DG در شبکه های بزرگ به وجود آمده است. این نرم افزار در GEL به منظور توصیف شبکه در حال توسعه می باشد. همچنین این نرم افزار برای روش های تعیین خطا و کاربردهای دیگر مربوط به آن مورد مطالعه قرار می گیرد، [۳].

برای شبکه مورد مطالعه و محل خطای ۱ (یک) مسیر های جریان را برای هر ژنراتور مورد بررسی قرار می دهیم.



شکل (۶): مسیر های خطا برای موقعیت خطای یک .

در اندازه گیری های انجام شده تعیین محل خطا مستلزم آن است که فاصله های خطا از هر ژنراتور محاسبه و به گونه ای ترکیب شود که محل خطا را متمایز نماید. شبکه های توزیع غالباً به تعداد زیاد تقسیم می شوند و این امکان وجود دارد که بیش از یک راه حل پیشنهادی وجود داشته باشد.

مشاهده جزئیات نشان می دهد که ترکیب ساده فاصله کاری دشوار است. زیرا شبکه از DG های فراوانی تشکیل شده است. در حالی که اندازه گیری ها فقط در بخش تغذیه صورت می گیرد بایستی همه ی جریان های DG که همان متغییر های مجهول می باشند استفاده شود. برای یک محل خاص خطای ($Error$) که بین خطا و منبع اصلی قرار می گیرد و مرتب نیز می باشد بایستی در رابطه (γ) گنجانده شود. در طرف دیگر به طور قرار دادی یک ژنراتور استفاده می شود که در این مورد $DG3$ و $DG4$ می باشند. این کار امکان تعیین محل خطا را محدود می کند و به این ترتیب الگوریتم تعیین خطا را تسریع می دهد.

در مرحله اول تعداد ژنراتور ها را می توان با ترکیب کردن آنها کم کرد مثلاً جریان $DG1$ توسط جریان منبع اصلی و مطابق رابطه (۴) و جریان $DG4$ توسط $DG3$ نشان داده می شود. این تغییرات به شرط آنست که ویژگی های منبع اصلی با ویژگی های $DG3$ تعویض شود. در مرحله دوم که مرحله ی مهم تری می باشد مشترکات دو منبع اصلی و امپدانس خط $DG1$ " $Z11$ " و امپدانس خط مشترک $DG3$ و $DG4$ ، " $Z12$ " را تغییر و اصلاح می شوند تا افت ولتاژ روی آنها فقط از طریق جریان یکی از جفت ژنراتورها مثل منبع اصلی و $DG3$ به طور دقیق محاسبه شود. این روش تاجایی تکرار می شود که یک نقطه خطای فرضی بدست آید. در ضمن در روش های محل خطا افت ولتاژ روی نقاط اندازه گیری برابر می شود.

۶- نتیجه گیری :

در این مقاله روشی برای محاسبه فاصله خطا و محل خطا سه فاز در شبکه های توزیع با استفاده از DG ارائه شده است. در این مقاله برای تعیین مفهوم بیس و پایه روش پیشنهادی، دو مدل DG ایده آل و واقعی مورد بررسی قرار گرفته است. همچنین نشان داده ایم که DG ها بر محل خطا دیده تاثیر می گذارند، و این تاثیر زمانی است که یک مسیر مشترک همراه با خطا از نقطه اندازه گیری مشاهده می شود. موارد ثبت شده در این ژنراتورها، که به منظور تعیین محل خطا صورت می گیرد، به طور خلاصه ذکر گردیده است که مطالعه این موارد نشان می دهد بارهای موجود بین خطا و منبع اصلی می توانند فاصله خطا را تغییر دهند، بدین ترتیب که آن را کاهش می دهند و این کاهش نیز بر حسب اندازه آنها می باشد.

- [1]. M.saha,r.Das,p.Verho, D. Novosel, “ Review of Fault location Techniques for Distribution systems,” power systems and communication infrastructures for the futre, bijing, sptember 2002
- [2]. D.Penkov, B.Raison, C.Andrieu, J-P.Rognon, B.Enacheanu, “DG impact on three phase fault location.”, IEEE Trans ,Jan 2006.
- [3]. D.Pnkov, B.Raison, C.Andrieu, l.Stoyanov , J-P.Rognon” simulation study of dg effect on fault location methods in distribution networks”, proceeding cired 2005
- [4]. ATP-EMTP Rule book, <http://www.eeug.org>
- [5]. کاظمی ، احد ، ” سیستمهای قدرت الکتریکی (جلد دوم) ” انتشارات دانشگاه علم وصنعت.
- [6].L kumpulainen, k. kauhaniemi , p . verho , o vahamaki , “ new requirements for system protection caused by distributed generation ”,cired 2005
- [7].M.T.doyle, “ reviewing the impacts of distributed generation on distribution system protection “ IEEE power engineering societys SM 2002,vo1.1,p.103