

حفاظت شبکه متصل به تولید پراکنده

احسان غریب رضا
دانشگاه شهید چمران
Ehsan.gharibreza@yahoo.com

محمد یوسفی کیا
دانشگاه شهید چمران
yoosefi.mohammad@yahoo.com

محمود جورابیان
دانشگاه شهید چمران
mjoorabian@scu.ac.ir

چکیده - با گذشت زمان، افزایش جمعیت و بکارگیری روزافزون انرژی استفاده از تولیدات پراکنده (DG) به عنوان راهکاری برای تأمین تقاضا مورد توجه قرار گرفته و اتصال آن به شبکه نیازمند طرح های حفاظتی بهینه است. در این مقاله حفاظت شبکه ای نمونه با رله های اضافه جریان و بهره گیری از نرم افزار DIGSILENT صورت گرفته که سعی شده بالاترین قابلیت اعتماد و تداوم سرویس دهی برای بارهای مختلف حفظ گردد بطوری که خطاهای موجود تا قبل از انتهای خط توزیع (در پشت St3) آنی از سیستم توزیع ایزوله و بارهای محلی از طریق DG تأمین گردد، همچنین وقوع خطا بر روی ترمینال مصرف روستایی (Rural Terminal) سبب قطع تغذیه ی بار میانی (Load) نگردد و حفاظت از ابتدای خط توزیع (بعداز St2) صورت گیرد. همچنین در این مقاله اهمیت و جایگاه خاص دو رله ابتدا و انتهای خط توزیع در حفاظت و بالا بردن قابلیت اعتماد و سرویس دهی مشاهده شده است.

کلید واژه- بهینه سازی حفاظت، تولید پراکنده، حفاظت اضافه جریان، قابلیت اعتماد، هماهنگی رله ها

۱- مقدمه

حفاظت از شبکه های شامل DG در وهله ی اول منوط به درست انتخاب نمودن توان تولیدی DG است چرا که وجود تولید محلی در شبکه سبب می شود که سطح اتصال کوتاه افزایش یافته و هماهنگی رله های موجود با مشکل روبه رو شود ازین رو می بایست که ابتدا از طریق پخش بار بهینه (OPF) حداکثر توان تولیدی DG مشخص شده تا از این طریق عملکرد مطمئن رله های موجود در شبکه تضمین شود [3]. شایان ذکر است که DG به طرق زیادی در حفاظت تأثیرات خود را اعمال می نماید که از موارد معمول آن میتوان به خطاهای غیر قابل تشخیص یا تاخیر در عملکرد رله ها و یا عملکرد پیش از موعد رله ها اشاره نمود [4].

در این مقاله از مدل حفاظت اضافه جریان (Over current) استفاده نموده و به منظور هماهنگی رله های موجود جنبه های مختلفی همچون تداوم سرویس دهی در یک منطقه در صورت رخ دادن خطا در منطقه ی دیگر را مد نظر قرار داده ایم.

در شبکه ای که مورد بررسی قرار می دهیم یک بار روستایی و یک بار انشعابی را نشان داده و سپس توسط محاسبات دستی و به کارگیری نرم افزار DIGSILENT رله های اضافه

امروزه بسیاری از مردم روستا تمایل دارند که در خانه های شخصی خود زندگی کرده و در زمین های کشاورزی خود به کشت و کار مشغول شوند که این امر سبب می شود تا ما برای تداوم برق رسانی به آنها از تولیدات محلی DG استفاده نماییم. شبکه های اولیه ی روستایی توسط مدارشکن های روغنی با قطع و وصل خودکار حفاظت می شدند. در سال ۱۹۶۵ بکارگیری ریکلوزرهای multi-shot با سرعت بالای حفاظتی در بعضی از روستاها سبب بالا بردن قابلیت اعتماد در مقوله حفاظت گردید [1].

انجمن برق ایالات متحده قابل اعتمادترین سیستم برق را با ۹۹/۹٪ داراست ولی به گفته "مارک ویلیام" این قابلیت اعتماد فقط برای روشن کردن لامپ ها و یخچال ها مناسب است و در مقابل عملکرد بعضی از شرکت ها که ابزارهای مهم کامپیوتری دارند برقی با قابلیت اعتماد ۹۹/۹۹۹۹۹٪ نیاز دارند و با برق ۹۹/۹٪ در سال فقط ۸۷۵۱ ساعت برق مطمئن را دارا هستند ولی به عقیده ی او تولیدات پراکنده هنگامی که سیستم شبکه سراسری پشتیبان آن باشد می تواند تا حد زیادی قابلیت اعتماد را برای ما ایجاد نماید [2].

۲-۱- تنظیم رله ها

برای تنظیم رله‌ها و محاسبه‌ی نسبت تبدیل ترانسفورماتورهای جریان (CT) محاسبه جریان نامی I_n از طریق پخش بار و محاسبه‌ی جریان ماندگار اتصال کوتاه I_{kss} از طریق محاسبات اتصال کوتاه انجام شده است.

برای بدست آوردن I_n از روش پخش بار گوس-سایدل طبق رابطه (۱) ابتدا مقدار ولتاژ را بدست آورده سپس از معادله (۲) مقدار جریان را محاسبه می‌نماییم. مقادیر بدست آمده از محاسبات دستی و مقادیر بدست آمده با نرم‌افزار DIgSILENT نیز با یکدیگر مطابقت دارند.

$$V_i^{(k+1)} = \frac{\frac{P_i^{sch} - jQ_i^{sch}}{V_i^{*(k)}} + \sum y_{ij} V_j^{(k)}}{\sum y_{ij}} \quad j \neq i \quad (1)$$

P_i^{sch} : توان اکتیو پریونیت

Q_i^{sch} : توان راکتیو پریونیت

y_{ij} : مقدار واقعی ادمیتانس

$$I_i = \frac{P_i - jQ_i}{V_i^*} \quad (2)$$

برای بدست آوردن I_{kss} به روش زیر عمل شده است،

برای فیدر آخر:

$$I_{kss} = \%50 \times I_{f3\phi} \quad (3)$$

$I_{f3\phi}$: جریان اتصال کوتاه ۳ فاز در همان فیدر

برای سایر نقاط:

I_{kss} برابر جریان خطای اتصال کوتاه ۳ فاز در محل رله‌ی جلویی با در نظر گرفتن نسبت تبدیل و نوع اتصال ترانس‌ها است. در این بخش نیز نتایج با نرم‌افزار DIgSILENT تأیید شده‌اند.

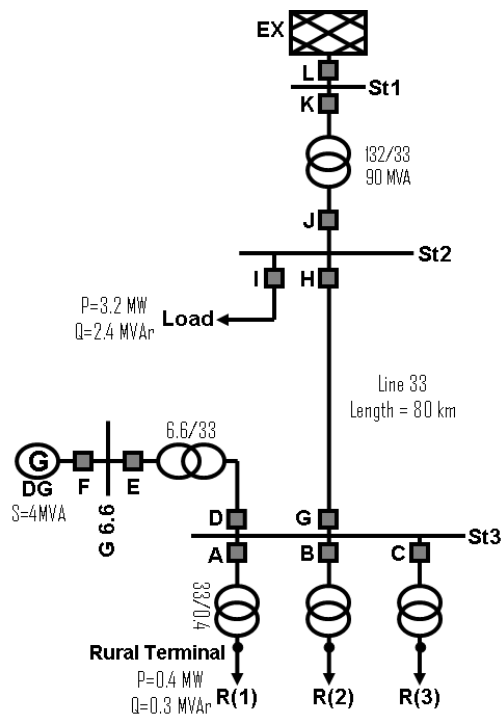
برای انتخاب ترانسفورماتور جریان (CT) بین I_n بدست آمده از پخش بار و I_{kss} (۰/۰۵) بدست آمده از محاسبات اتصال کوتاه مقایسه انجام شده و نسبت تبدیل بهینه بدست آمده است.

تنظیم واحدهای آنی و معکوس زمانی رله‌ها به طریق زیر

جریان را به نحوی قرار داده که ضمن عمل پشتیبانی از قطعی بی‌مورد بارها نیز جلوگیری بعمل آورده و قابلیت اعتماد سیستم را افزایش دهیم.

۲- حفاظت شبکه در حضور DG:

یک شبکه همانند شکل (۱) به صورت نمونه در نظر گرفته و سیستم حفاظتی (رله گذاری) مورد نظر را بر روی آن اجرا می‌کنیم. این شبکه از سطح ولتاژ ۱۳۲ kv به صورت EX(External Grid) تونن زده شده و از طریق یک ترانسفورماتور ۱۳۲/۳۳ kv با اتصال Y/D و یک خط ۸۰ km و همچنین ژنراتور محلی (DG) با توان ۴ MVA و ترانس ۳۳ kv / ۶/۶ به شین ۳۳ kv متصل شده است و در نهایت سه ترانس ۳۳/۰/۴ kv به فیدرهای مشابه روستایی متصل می‌شوند.



شکل ۱: شبکه نمونه

در این طرح از رله‌های اضافه جریان-زمانی ساخت شرکت جنرال الکتریک با مدل IAC-51B821A استفاده شده که این رله دارای واحد آنی (IOC) و معکوس زمانی (TOC) می‌باشد که مناسب با محل بکارگیری رله از یکی از آنها و یا هر دو استفاده شده است.

انجام شده است:

نمی باشند.

حفاظت شبکه مورد نظر با تنظیماتی مطابق با جدول (۱) می تواند اهداف حفاظتی طرح را طی مراحل زیر اثبات نماید. برای روشن شدن نحوه ی عملکرد رله ها، اولویت بندی عملکرد زمانی رله ها مطابق جدول (۲) صورت گرفته است، در این جدول اولویت ۱ در واقع نشان دهنده ی عملکرد آنی رله است و اولویت های ۲ تا ۵ هر کدام به نسبت بزرگی عدد به عنوان پشتیبان عمل می کنند اولویت ۶ در واقع به معنی عدم عملکرد رله است. این نکته قابل توجه است که در هیچ کدام از مراحل شبیه سازی اولویت ۲ رخ نداده است و این بدین معنی است که به دلیل این که زمان هماهنگی بین رله ها را حدود ۰/۴ ثانیه در نظر گرفته ایم، هیچ رله ای دارای زمان عملکرد $0/1 < t < 0/05$ نبوده است.

جدول ۲: محدوده زمانی اولویت عملکرد رله ها

اولویت	محدوده ی زمانی (s)
۱	$< 0/05$
۲	$< 0/1$
۳	$< 0/5$
۴	< 1
۵	$< 1/5$
۶	$> 1/5$

۲-۲- مرحله اول : خطا در (1) Rural Terminal

طبق اهداف این طرح حفاظتی می بایست دو مورد:

(۱) عدم قطع بار میانی در صورت اتصال کوتاه در پایانه روستایی

(۲) تداوم سرویس دهی به دیگر فیدر های روستایی

اجرا گردد.

بعد از انجام شبیه سازی توسط نرم افزار، اولویت عملکرد رله ها در این مرحله به صورت جدول (۳) بدست آمده است :

تنظیم جریان برداشتی (Pick up Current) در واحد آنی (IOC) طبق رابطه (۴) صورت می پذیرد.

$$Pick_up_Current \approx 1.1 \times I_{kss} \quad (4)$$

تنظیم جریان در واحد تاخیر زمانی (TOC) طبق رابطه (۵) صورت می گیرد:

$$Current \approx 1.1 \times I_{nTrans} \quad (5)$$

I_{nTrans} : جریان نامی ترانسفورماتور

Time Dial ها به صورت دستی تنظیم شده اند.

بعد از انجام محاسبات مذکور نتایج تنظیمات رله ها در جدول (۱) آورده شده اند، این تنظیمات مبتنی بر محاسبات و همچنین شبیه سازی مکرر با نرم افزار است و منجر به تنظیمات بهینه که توانایی تأمین اهداف طرح حفاظتی را دارد شده است.

جدول ۱: تنظیمات رله ها

Location	CTR	IOC (A)	Dial
A	۲۰/۱	۲۰	۰.۵
B	۲۰/۱	۲۰	۰.۵
C	۲۰/۱	۲۰	۰.۵
D	۵۰/۱		۱
E	۵۰۰/۱	۲۰۰۰	۱
F	۱۰۰/۱		۳
G	۲۰۰/۱	۲۰۰	۰.۵
H	۶۰/۱	۲۱۰	۲
I	۱۰۰/۱		۰.۵
J	۲۰۰/۱		۱
K	۲۰۰/۱	۸۰۰	۱
L	۲۰۰/۱		۲

در جدول مذکور ستون اول نام محل قرارگرفتن رله، ستون دوم نسبت تبدیل ترانسفورماتور جریان (CTR)، ستون سوم جریان واحد آنی رله (IOC) و ستون چهارم Dial رله را نشان می دهد. شایان ذکر است رله هایی که در ستون سوم برای آنها مقداری ثبت نشده است دارای واحد آنی

جدول ۳: تناج شبیه سازی در مرحله اول

رله	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
اولویت	۱	۶	۶	۴	۵	۵	۴	۵	۶	۶	۶	۶

همانگونه که از جدول (۳) بر می آید قطع آنی رله A برای تداوم سرویس دهی به دیگر فیدرهای روستایی و عدم عملکرد رله J به منظور جلوگیری از قطع بار میانی صورت پذیرفته است، بدین ترتیب به اهداف طرح در این بخش دست یافته ایم.

۲-۳ - مرحله دوم: خطا در St3

هدف طرح در این مرحله بدین گونه است که با ایزوله کردن سریع باس بار ۳۳kv (St3) تداوم تغذیه بار میانی (Load) از طریق شبکه EX حفظ شود، همچنین باس بار St3 باید از تغذیه DG جدا شود.

بعد از انجام شبیه سازی توسط نرم افزار، اولویت عملکرد رله ها در این مرحله به صورت جدول (۴) بدست آمده است:

جدول ۴: تناج شبیه سازی در مرحله دوم

رله	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
اولویت	۶	۶	۶	۳	۱	۴	۱	۱	۶	۳	۴	۵

جدول بالا نشان می دهد که طرح حفاظتی توانسته با قطع آنی رله های E , H , G باس بار St3 را به طور سریع از هر دو تغذیه شبکه EX و DG جدا کرده و اهداف طرح را برآورده سازد.

۲-۴ - مرحله سوم: خطا در Line 33

هدف حفاظتی در این مرحله جداسازی سریع خطا و جلوگیری از تغذیه خطا از هر دو سمت خط است تا همچنان بار میانی بتواند توسط شبکه EX و بار روستایی توسط DG تأمین گردد.

اولویت عملکرد رله ها با انجام شبیه سازی به صورت جدول (۵) نشان داده شده است :

جدول ۵: تناج شبیه سازی در مرحله سوم

رله	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
اولویت	۶	۶	۶	۳	۳	۴	۱	۱	۶	۳	۳	۴

عملکرد آنی رله های G , H توانسته تغذیه خطا را از هر دو سمت قطع کند و بدین ترتیب اهداف طرح را عملی سازد.

۲-۵ - مرحله چهارم: خطا در St2

هدف در این مرحله جداسازی خطا از St3 و تداوم تغذیه بارهای روستایی از طریق DG است ، همچنین باید St2 را از شبکه EX جدا نمود.

بعد از انجام شبیه سازی توسط نرم افزار، اولویت عملکرد رله ها در این مرحله به صورت جدول (۶) بدست آمده است :

جدول ۶: تناج شبیه سازی در مرحله چهارم

رله	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
اولویت	۶	۶	۶	۳	۳	۴	۱	۱	۶	۳	۱	۴

نتایج شبیه سازی نشان می دهد که با عملکرد آنی رله های K , H , G طرح حفاظتی توانسته به اهداف خود برسد.

۲-۶ - مرحله پنجم: اتصال کوتاه در St1

هدف حفاظتی در این مرحله جداسازی خطا از St3 است تا DG بتواند همچنان بار روستایی را تأمین کند.

نتایج شبیه سازی اولویت عملکرد رله ها به صورت جدول (۷) می باشد:

جدول ۷: تناج شبیه سازی در مرحله پنجم

رله	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
اولویت	۶	۶	۶	۳	۳	۴	۱	۱	۶	۴	۶	۳

در این مرحله عملکرد آنی رله های G , H توانسته هدف طرح را تأمین کند.

۳ - نتیجه گیری

نتایج شبیه سازی عملکرد رله ها در مراحل رخداد خطا نشان می دهد که طرح حفاظتی ارائه شده توانسته خطاهای

- [7] P.P.Barker and B.Bui and A.Hirayama ,
“Application of Diesel Generation at
Hawaiian Electric Substations for Power
System Support”, *power engineering society
general meeting, IEEE, Montreal,
Quebec,CA,18-22 june,2006*

موجود در پشت St3 را بطور آنی از سیستم توزیع فیدرهای روستایی جدا کند تا بارهای محلی همچنان از طریق DG تداوم سرویس دهی داشته باشند، همچنین یکی دیگر از اهداف تأمینی طرح این است که وقوع خطاهای بعد از St2 سبب قطع تغذیه بار میانی از طرف شبکه EX نمی گردد، علاوه بر این رخ دادن خطا در هر یک از فیدرهای روستایی سبب قطع تغذیه دیگر فیدرهای روستایی نمی شود.

عملکرد فعال رله‌های ابتدا و انتهای خط توزیع (رله‌های G,H) در مراحل شبیه‌سازی خطاها نشان دهنده‌ی اهمیت و جایگاه خاص این دو رله در تأمین اهداف این طرح حفاظتی که همانا دارا بودن بیشترین قابلیت اعتماد و سرویس دهی به مشترکان است می‌باشد.

مراجع

- [1] B J.Brooks, “Rural Protection Policy for long overhead Networks,” *Improving Supply security on 11 kv overhead network. IEEE colloquium, UK, London, pp. 8/1-8/4, 1988.*
- [2]. Michael Willingham, manias pipattanasompom, “Distributed generation & its role in virginia's energy future” , *Alexandria research institute, 17 may 2002.*
- [3] S.Chaitusaney and A.Yokoyama, “Impact of protection coordination on sizes of several Distributed Generation sources,” *the 17 international power engineering conference , IPEC 2005, singapore, pp. 669-674, 2005.*
- [4] K.Maki and S.Repo and P.Jarventausta and M.Karenlampi, “Definition of DG protection planning methods for network information systems,” *smartGrids for distribution, IET_CIREd. CIREd seminar. , Frankfurt, pp. 1-4, 2008*
- [5] H.Wan and K.P.Wong and C.Y. Chung, “Multi- agent application in Protection coordination of power system whit Distributed Generations ” *power and energy society general meeting -conversion and delivery of Electrical energy in the 21th century, Pittsburgh , pp.1-6 , 2008.*
- [6] J.R.S.S.Kumara and A.Atputharajah and J.B.Ekanayake and F.J.Mumford “Over Current Protection Coordination of Distribution Networks with Fault Current Limiters”, *power engineering society generalmeeting, IEEE, 2006.*