

小电流接地系统单相断线接地复故障类型诊断

王士新¹,张慧芬¹,徐斌²,魏亚军²,刘宗杰²,黄坛坛¹

(1. 济南大学 自动化与电气工程学院, 山东 济南 250022; 2. 国网山东省电力公司济宁供电公司, 山东 济宁 272100)

摘要:在考虑负荷性质、中性点接地方式、过渡电阻等因素的条件下,利用复合序网分析了配电线路单相断线接地复故障的故障特征,得出不同影响因素下零序电压的幅值和相位信息变化差别显著的结论,从而提出一种基于零序电压幅值和相位的小电流接地系统单相断线接地复故障类型的诊断判据。PSCAD 仿真验证了该判据的有效性。

关键词:小电流接地系统;单相断线接地复故障;故障类型;零序电压

中图分类号:TM 761

文献标识码:A

DOI:10.16081/j.issn.1006-6047.2018.07.018

0 引言

小电流接地系统位于电力系统的末端,具有走线环境复杂、杆塔较低、绝缘水平差、监管维护不完善等特点,单相断线接地复故障偶有出现。目前在对配电线路故障检测研究中,主要侧重于发生各类短路故障后的检测与定位,而对于小电流接地系统断线接地复故障的研究较为匮乏。在目前运行的配电网中没有专门针对断线故障的保护装置,研究断线及其断线接地复故障可以进一步完善智能电网的自愈功能,响应智能电网的发展要求。故障的诊断是故障保护的前提,对故障类型的准确判断将使故障的处理更有针对性,小电流接地系统单相断线接地复故障类型诊断结果将对故障选线、故障类型判断和事故的处理提供依据,有利于电网的安全稳定运行。

在小电流接地系统单相断线故障诊断方面已有相关研究成果。文献[1-4]均对配电网单相断线故障进行了详细的故障分析工作,并对故障特征量采用不同的分析方法,提出了故障选线、定位判据,但对故障发生后可能引发的导线落地复故障均未进行分析。文献[5-8]对断线接地复故障发生后的电气量变化进行了理论分析,但对于影响故障特征的因素考虑不完全,未对断线接地复故障类型的诊断提出依据。

本文在已有的单相断线故障分析与选线研究成果的基础上,进一步对小电流接地系统单相断线接地复故障进行系统的故障分析,从而提出一种基于零序电压幅值和相位的复故障类型诊断判据,并通过 PSCAD 仿真验证该判据的有效性。

收稿日期:2017-03-04;修回日期:2018-04-27

基金项目:山东省自然科学基金资助项目(ZR2012EEL19);临沂市科技发展计划资助项目(201313018)

Project supported by the Natural Science Foundation of Shandong Province(ZR2013EEL19) and the Science and Technology Development Program of Linyi City(201312018)

1 配电线路断线接地复故障分析

小电流接地系统单相断线接地复故障的故障类型主要分为断线后导线在断口电源侧落地(断线加电源侧接地)和断线后导线在断口负荷侧落地(断线加负荷侧接地)2种。对故障电气量的分析主要以电压和电流的特征为主,由于小电流接地系统发生接地故障后接地电流变化不明显^[9],故依据电流特征判断单相断线接地复故障类型比较困难,而电压在故障前后变化显著,断线后接地点在电源侧或负荷侧、接地过渡电阻大小、中性点不接地或经消弧线圈接地、负荷性质均会对故障后的电压特征产生影响。

1.1 断线加电源侧接地

断线加电源侧接地复故障系统简化图如图1所示。图中,K断开,表示中性点不接地系统,K闭合表示中性点经消弧线圈接地系统,中性点接地方式确定后不会轻易改变^[10];忽略系统阻抗和线路阻抗影响,认为保护安装处和接地点电路参数相同^[9]; I_0 为消弧线圈; E_A 、 E_B 、 E_C 为系统三相电势; U_A 、 U_B 、 U_C 为接地点三相对地电压; I_A 、 I_B 、 I_C 为接地点三相对地电流; U'_A 、 U'_B 、 U'_C 和 I'_A 、 I'_B 、 I'_C 分别为断线点电压和电流; C_0 为系统各相对地总分布电容; R_g 为接地过渡电阻; Z_{HA} 、 Z_{HB} 、 Z_{HC} 为负荷阻抗。

根据图1得到故障时接地点处的边界条件为:

$$\begin{cases} I_B = I_C = 0 \\ U_A = I_A R_g \end{cases} \quad (1)$$

将式(1)转换为对称分量为:

$$\begin{cases} I_{A1} = I_{A2} = I_{A0} = \frac{1}{3} I_A \\ U_A = U_{A1} + U_{A2} + U_{A0} = I_A R_g = 3 I_{A0} R_g \end{cases} \quad (2)$$

故障时断口处的边界条件为:

$$\begin{cases} I'_A = 0 \\ U'_B = U'_C = 0 \end{cases} \quad (3)$$

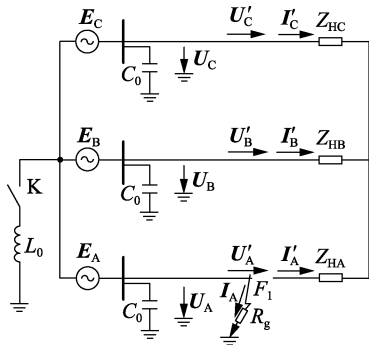


图 1 单相断线加电源侧接地故障网络

Fig.1 Network of single-phase open-line fault with grounding point at power supply side

将式(3)转换为对称分量为:

$$\begin{cases} I'_{A1} + I'_{A2} + I'_{A0} = I'_A = 0 \\ U'_{A1} = U'_{A2} = U'_{A0} = \frac{1}{3}U'_A \end{cases} \quad (4)$$

其中,下标 0、1、2 分别表示零序、正序、负序分量。

根据式(2)、(4)画出复合序网图如图 2 所示。图中, T_1 、 T_2 、 T_0 为变比为 1:1 的理想变压器, 仅起隔离作用; Z_{H1} 、 Z_{H2} 分别为正序、负序负荷阻抗。

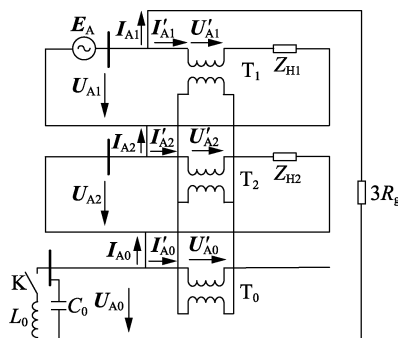


图 2 单相断线加电源侧接地故障的复合序网

Fig.2 Composite sequence network of single-phase open-line fault with grounding point at power supply side

对中性点不接地系统(K 断开), 由图 2 可得保护安装处的故障相电流各序分量和零序电压分别如式(5)、(6)所示。

$$I_{A1} = I_{A2} = I_{A0} = \frac{E_A}{3R_g - jX_{C0}} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} U_{A0} &= -I_{A0}(-jX_{C0}) = \frac{E_A}{3R_g - jX_{C0}} jX_{C0} = \\ &= -\frac{E_A}{1 + j3\omega R_g C_0} = -\frac{E_A}{\sqrt{1 + (3\omega R_g C_0)^2}} e^{j\theta_1} = \\ &= -E_A e^{j\theta_1} \cos \theta_1 \end{aligned} \quad (6)$$

其中, $X_{C0} = 1/(\omega C_0)$ 为分布电容 C_0 的容抗; ω 为电网角频率; $\theta_1 = \arctan(-3\omega R_g C_0)$ 。当 R_g 由 $0 \rightarrow \infty$ 变化时, θ_1 由 $0^\circ \rightarrow 90^\circ$ 变化, 零序电压变化相量图如图 3 所示。

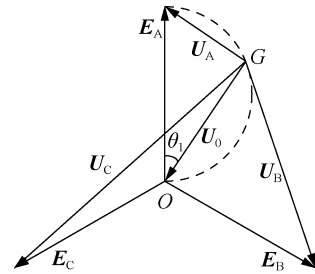


图 3 中性点不接地系统发生单相断线加电源侧接地故障时的零序电压变化相量图

Fig.3 Phasor diagram of zero-sequence voltage variation when single-phase open-line fault occurs with grounding point at power supply side in isolated neutral system

中性点经消弧线圈接地系统(K 闭合)通常工作于过补偿方式^[11-12], 即 $1/(\omega L_0) > 3\omega C_0$, 发生单相接地短路故障时产生感性电流, 可将零序网络并联支路等效为一电感 L_q , 据此结合图 2 可得保护安装处的故障相电流各序分量和零序电压分别如式(7)、(8)所示。

$$I_{A1} = I_{A2} = I_{A0} = \frac{E_A}{3R_g + jX_{Lq}} \quad (7)$$

其中, $X_{Lq} = \omega L_q$ 为等效电感 L_q 的感抗。进一步得到电压零序分量为:

$$\begin{aligned} U_{A0} &= -I_{A0} jX_{Lq} = -\frac{E_A}{3R_g + jX_{Lq}} jX_{Lq} = \\ &= -\frac{E_A}{\sqrt{1 + \left(\frac{3R_g}{\omega L_q}\right)^2}} e^{-j\theta_2} = -E_A e^{-j\theta_2} \cos \theta_2 \end{aligned} \quad (8)$$

其中, $\theta_2 = \arctan[3R_g/(\omega L_q)]$ 。零序电压变化相量图如图 4 所示。

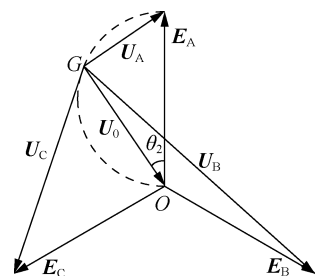


图 4 中性点经消弧线圈接地系统发生单相断线加电源侧接地故障时的零序电压变化相量图

Fig.4 Phasor diagram of when single-phase open-line fault occurs with grounding point in arc suppression coil grounding system

1.2 断线加负荷侧接地

断线加负荷侧接地复故障系统简化图如图 5 所示, 其中 U'_A 为接地点处电压。

根据图 5 得到发生故障时接地点处的边界条件为:

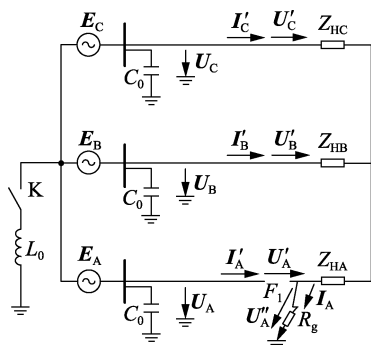


图5 单相断线加负荷侧接地故障网络

Fig.5 Network of single-phase open-line fault with grounding point at load side

$$\begin{cases} I_B = I_C = 0 \\ U_A'' = I_A R_g \end{cases} \quad (9)$$

将式(9)转换为对称分量为:

$$\begin{cases} I_{A1} = I_{A2} = I_{A0} = \frac{1}{3} I_A \\ U_A'' = 3 I_{A0} R_g \end{cases} \quad (10)$$

发生故障时断口处的边界条件与式(3)相同, 即其对称分量形式与式(4)相同, 根据式(4)、(10)画出复合序网如图6所示, 其中 U_{A1}'' 、 U_{A2}'' 、 U_{A0}'' 分别为接地点处电压的正序、负序、零序分量。

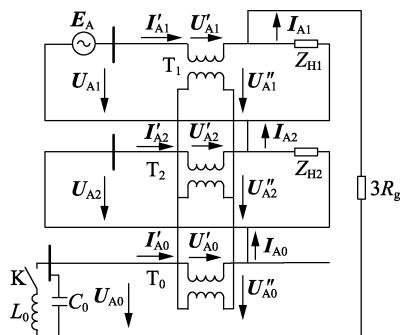


图6 中性点不接地系统单相断线加负荷侧接地故障复合序网

Fig.6 Composite sequence network of single-phase open-line fault with grounding point at load side in isolated neutral system

对中性点不接地系统(K断开), 由图6得保护安装处的故障相电流各序分量和电压各序分量分别如式(11)、(12)所示。

$$\begin{cases} -I_{A1}' = I_{A2}' = \frac{E_A}{Z_{H1} + Z_{H2}} \\ I_{A0}' = 0 \end{cases} \quad (11)$$

$$\begin{cases} U_{A1} = E_A \\ U_{A2} = 0 \\ U_{A0} = j I_{A0} X_{C0} \end{cases} \quad (12)$$

$$I_{A0} = \frac{U_{A1}'' + U_{A2}'' - U_{A0}''}{3R_g - jX_{C0}} \quad (13)$$

断线点处的电压各序分量为:

$$U_{A1}' = U_{A2}' = U_{A0}' = \frac{E_A}{Z_{H1} + Z_{H2}} Z_{H2} \quad (14)$$

接地点处电压的正序、负序分量为:

$$\begin{cases} U_{A1}'' = E_A - U_{A1}' \\ U_{A2}'' = -U_{A2}' \end{cases} \quad (15)$$

由式(11)~(15)求得保护安装处电压的零序分量为:

$$U_{A0} = \frac{E_A - \frac{3E_A}{Z_{H1} + Z_{H2}} Z_{H2}}{3R_g - jX_{C0}} jX_{C0} \quad (16)$$

若负荷序阻抗 $Z_{H1} = Z_{H2}$, 化简式(16)得:

$$U_{A0} = \frac{E_A - 3E_A/2}{3R_g - jX_{C0}} jX_{C0} = \frac{1}{2} \frac{E_A}{\sqrt{1 + (3\omega R_g C_0)^2}} e^{j\theta_1} = \frac{1}{2} E_A e^{j\theta_1} \cos \theta_1 \quad (17)$$

式(17)中参数与式(6)相同, 零序电压变化相量图如图7所示。

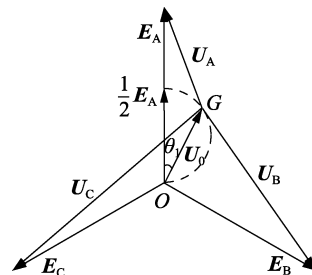


图7 中性点不接地系统发生单相断线加负荷侧接地故障时的零序电压变化相量图

Fig.7 Phasor diagram of zero-sequence voltage variation when single-phase open-line fault occurs with grounding point at load side in isolated neutral system

对中性点经消弧线圈接地系统(K闭合), 同样将零序网络并联支路等效为一电感 L_q , 根据图6分析得保护安装处的故障相电流各序分量与式(11)相同。保护安装处的电压各序分量为:

$$\begin{cases} U_{A1} = E_A \\ U_{A2} = 0 \\ U_{A0} = -j I_{A0} X_{Lq} \end{cases} \quad (18)$$

$$I_{A0} = \frac{U_{A1}'' + U_{A2}'' - U_{A0}''}{3R_g + jX_{Lq}} \quad (19)$$

断线点处的电压各序分量与式(14)相同, 接地点处电压的正序、负序分量与式(15)相同, 由式(14)、(15)、(18)、(19)求得保护安装处电压的零序分量为:

$$U_{A0} = - \frac{E_A - \frac{3E_A}{Z_{H1} + Z_{H2}} Z_{H2}}{3R_g + jX_{Lq1}} jX_{Lq1} \quad (20)$$

假设系统负荷序阻抗 $Z_{H1} = Z_{H2}$, 化简式 (20) 得:

$$U_{A0} = - \frac{E_A - 3E_A/2}{3R_g + jX_{Lq1}} jX_{Lq1} = \frac{1}{2} \frac{E_A}{\sqrt{1 + \left(\frac{3R_g}{\omega L_{q1}}\right)^2}} e^{-j\theta_2} = \frac{1}{2} E_A e^{-j\theta_2} \cos \theta_2 \quad (21)$$

零序电压变化相量图如图 8 所示。

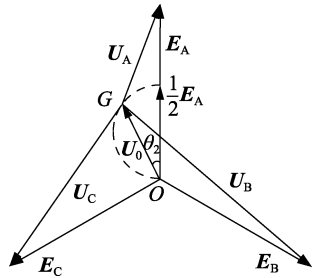


图 8 中性点经消弧线圈接地系统发生单相断线加负荷侧接地故障时的零序电压变化相量图

Fig.8 Phasor diagram of zero-sequence voltage variation when single-phase open-line fault occurs with grounding point at load side in arc suppression coil grounding system

上述分析均假设系统负荷序阻抗 $Z_{H1} = Z_{H2}$, 此假设的合理性在于系统负荷大多为综合性负荷, 其中含有动力负荷与非动力负荷, 非动力负荷的正序阻抗与负序阻抗相等, 动力负荷大多为三相异步电动机, 其序阻抗与转差率有关, 断线故障对电机转速有较大影响, 其稳态正序阻抗与负序阻抗基本相等^[13-14]。

2 单相断线接地复故障类型诊断判据

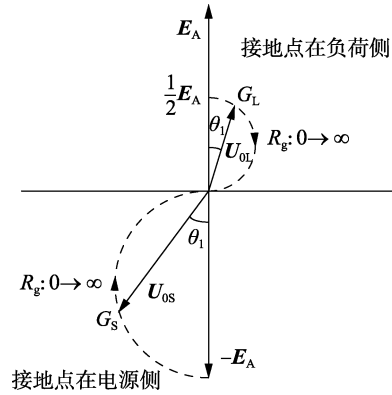
中性点不接地系统与中性点经消弧线圈接地系统发生单相断线接地复故障时的零序电压变化对比图如图 9 所示, 其中下标 S 表示接地点在电源侧, 下标 L 表示接地点在负荷侧, 在 R_g 在 $0 \rightarrow \infty$ 的过程中, 零序电压沿虚线方向变化。从图 9 可以明显看出, 各种故障相量差别明显, 可以显著区分单相断线接地复故障类型。

由图 9 所示的断线接地复故障时零序电压相位的变化特征可得单相断线接地复故障类型诊断判据如下。

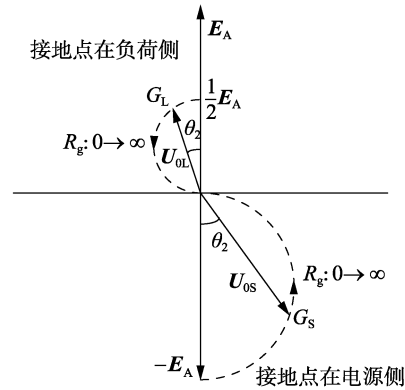
a. 中性点不接地系统, 断线接地复故障, 接地点在负荷侧:

$$-90^\circ < \arg \frac{U_0}{E_A} \leq 0^\circ \quad (22)$$

b. 中性点不接地系统, 断线接地复故障, 接地点在电源侧:



(a) 中性点不接地系统



(b) 中性点经消弧线圈接地系统

图 9 单相断线接地复故障零序电压相量变化对比图

Fig.9 Comparison of phase change of zero-sequence voltage when single-phase open-line fault occurs with grounding fault

点在电源侧:

$$90^\circ < \arg \frac{U_0}{E_A} \leq 180^\circ \quad (23)$$

c. 消弧线圈接地系统, 断线接地复故障, 接地点在负荷侧:

$$0^\circ \leq \arg \frac{U_0}{E_A} < 90^\circ \quad (24)$$

d. 消弧线圈接地系统, 断线接地复故障, 接地点在电源侧:

$$-180^\circ \leq \arg \frac{U_0}{E_A} < -90^\circ \quad (27)$$

判据中的电势 E_A 为故障线路故障相正常运行时的电势, U_0 为故障后稳态零序电压。为了保证不同时间段内两者相位的可比性, 可首先将故障发生时刻前 Δt_1 时间段内 E_A 的采样数据和故障时刻后稳态过程中 Δt_2 时间段内 U_0 的采样数据进行缓存, 再生成一个开始于所存储采样数据初始时刻的基频余弦基准函数, 最后经傅里叶变换 (FFT) 计算得到发生故障前相电压与故障后零序电压的相位与基准函数之间的相位差即可得到故障前后两者的相位关系。相位角比较示意图如图 10 所示。

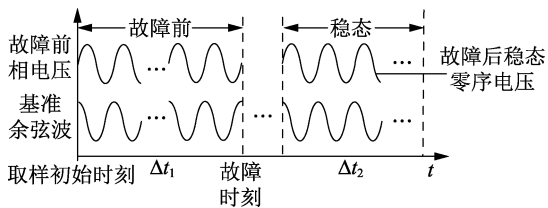


图 10 相位比较示意图

Fig.10 Schematic diagram of phase comparison

当线路发生断线不接地故障时零序电压有不同程度的偏移,设此偏移电压为 U_0 ,在仅 1 条出线、断线点在出口处且完全忽略电源端断线相电容的极端条件下, U_0 的幅值将会达到相电压的一半,相位则与故障后零序网络的零序阻抗角相关。但通常变电站都有数条出线,断线线路占系统总电容的比例并不大,因此 U_0 偏移也并不大,一般互感器的开口三角电压无法达到整定值启动报警^[4,8]。为了区别断线与断线接地故障,也为了保证在过渡电阻过大、接地特征不明显时判据的准确性,判据的零序电压启动值应按躲过线路断线不接地时的最大零序偏移电压整定,诊断流程如图 11 所示。图中,系统初始化包括确定此判据所应用系统的中性点接地方式和按整定结果设定零序电压启动值 2 个内容,当零序电压超过启动值时根据判据内容诊断接地侧。此判据仅在系统发生单相断线故障的前提下有效,对于是

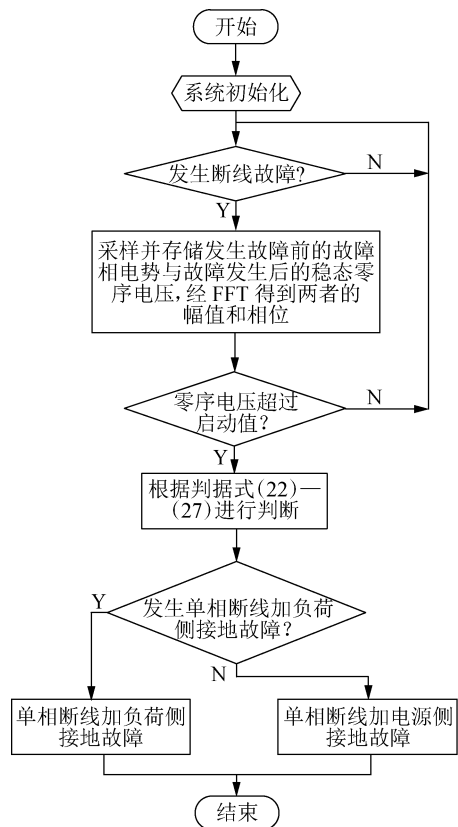


图 11 单相断线接地复故障类型的诊断流程图

Fig.11 Flowchart of diagnostic of type diagnosis for single-phase open-line fault with grounding fault

否发生断线故障的判断可应用已有成果实现。

3 仿真验证

使用 PSCAD 工具搭建 10 kV 仿真模型验证本文所提判据的可靠性,故障仿真模型如图 12 所示。图中,负荷类型以恒功率负载作为综合性负荷,单相参数为 $P=2.5 \text{ MW}$ 、 $Q=0.2 \text{ Mvar}$;各条线均为 Π 型等值模型,参数为 10 kV 架空配电线路典型值,线路 L_1 、 L_2 、 L_3 的长度分别为 15 km、40 km、5 km;利用开关 K 切换系统中性点接地方式。故障点位于线路 L_1 A 相 7 km 处,故障时刻为 0.4 s,逐步增大过渡电阻使零序电压相位发生偏移且幅值减小,幅值减小至系统最大偏移零序电压幅值或相位超出判据则停止仿真,并记录数据。

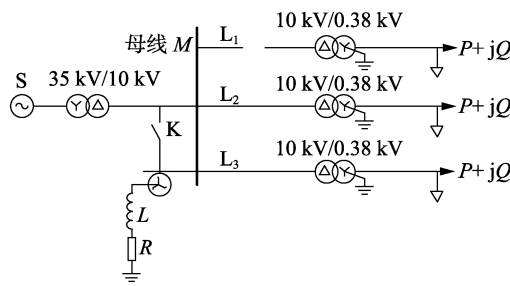


图 12 10 kV 小电流接地系统仿真模型

Fig.12 Simulation model of 10 kV in small current neutral grounding system

当 K 打开,即系统为中性点不接地系统时,实测系统的相电压为 5.77 kV,当线路 L_1 出口处发生断线故障时,系统最大零序电压偏移为 0.72 kV。以故障前故障相相电压为基准,仿真得到在不同过渡电阻影响下零序电压的角度变化和幅值变化曲线图如图 13 所示。

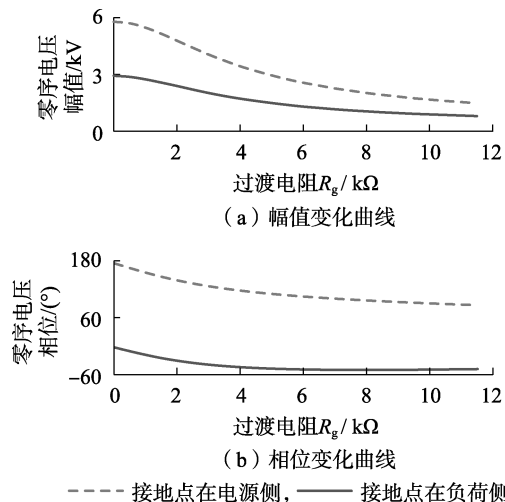


图 13 中性点不接地系统零序电压幅值相位变化曲线图

Fig.13 Curves of zero-sequence voltage amplitude and phase in isolated neutral system

当 K 闭合,即系统为中性点经消弧线圈接地系

统时,当中性点不接地系统单相接地电流超过 10 A 后中性点要加消弧线圈,适当增加仿真模型线路长度使单相接地电流超过规定值模拟真实情况。消弧线圈采用 RL 串联方式接于母线接地变^[15], $R = 32.32 \Omega$, $L = 1.287 \text{ H}$, 补偿度 $P = 0.19$ 。仿真得补偿前单相接地电流为 11.77 A, 补偿后单相接地电流为 2.28 A, 由于系统电容增大, 最大零序偏移下降为 0.55 kV。仿真得到在不同过渡电阻影响下零序电压的角度变化和幅值变化曲线图如图 14 所示。

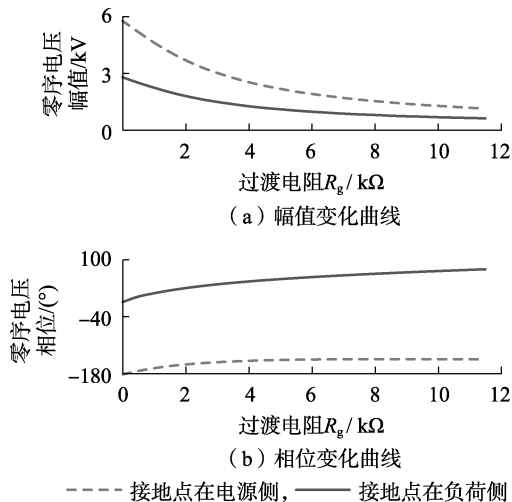


图 14 中性点经消弧线圈接地系统零序电压幅值相位变化曲线图

Fig.14 Curves of zero-sequence voltage amplitude and phase in arc suppression coil grounding system

通过对 2 种小电流接地系统的仿真可以得出, 仿真结果与理论分析一致, 判据切实可用, 过渡电阻范围均可达 10 kΩ 以上。

4 结论

本文针对小电流接地系统单相断线接地复故障, 综合考虑负荷性质、中性点接地方式、过渡电阻影响, 进行了详细的故障特征分析, 总结特征规律得出基于零序电压幅值和相位的故障类型诊断判据。通过 PSCAD 仿真软件, 建立仿真模型验证了该判据的有效性。该判据适用于各电压等级中性点不接地或经消弧线圈接地配电网, 抗过渡电阻能力强, 故障特征量变化明显, 可靠性高。

参考文献:

[1] 屈刚, 李长凯. 配电网架空线路断线故障定位[J]. 电力自动化设备, 2005, 25(12): 35-38.
QU Gang, LI Changkai. Fault locating of non-grounding line break in distribution network[J]. Electric Power Automation Equipment, 2005, 25(12): 35-38.

[2] 朱玲玲, 张华中, 王正刚, 等. 基于小波神经网络单相断线故障选线和定位[J]. 电力系统保护与控制, 2011, 39(4): 12-17.
ZHU Lingling, ZHANG Huazhong, WANG Zhenggang, et al. Single-phase open-line fault selection and location based on wavelet neural

networks[J]. Power System Protection and Control, 2011, 39(4): 12-17.

[3] 朱玲玲, 李长凯, 张华中, 等. 配电网单相断线故障负序电流分析及选线[J]. 电力系统保护与控制, 2009, 37(9): 35-38.
ZHU Lingling, LI Changkai, ZHANG Huazhong, et al. Negative sequence current distributing and single-phase open-line fault protection in distribution network[J]. Power System Protection and Control, 2009, 37(9): 35-38.

[4] 王庆华. 配电网断线故障的分析[J]. 广西水利水电, 2011(6): 57-60.
WANG Qinghua. Analysis of distribution line break failure[J]. GX Water Resources & Hydropower Engineering, 2011(6): 57-60.

[5] 张慧芬, 桑在中. 架空线单相断线接地复故障分析[J]. 中国电力, 2013, 46(2): 65-71.
ZHANG Huifen, SANG Zaizhong. Analysis of single-phase grounding fault with line-broken onover headtransmission on lines[J]. Electric Power, 2013, 46(2): 65-71.

[6] 张慧芬, 潘贞存, 桑在中. 小电流接地系统单相断线加接地故障的分析[J]. 继电器, 2004, 32(18): 6-9.
ZHANG Huifen, PAN Zhencun, SANG Zaizhong. Analysis of complex line breaking and grounding fault in the power system with neutral point indirectly grounded[J]. Relay, 2004, 32(18): 6-9.

[7] 李建华. 10 kV 小电阻接地系统断线接地故障仿真计算[J]. 上海电力, 2006(1): 61-63.
LI Jianhua. Simulation and calculation of line-open with line-to-ground fault in 10 kV resistance-grounded neutral system[J]. Shanghai Electric Power, 2006(1): 61-63.

[8] 马腾. 10 kV 配电网断线故障检测与定位研究[D]. 济南: 山东大学, 2013.
MA Teng. Line-break fault detection and location of 10 kV distribution line[D]. Jinan: Shandong University, 2013.

[9] 张慧芬, 张帆, 潘贞存. 基于注入信号法的配电网单相接地故障自动定位算法[J]. 电力自动化设备, 2008, 28(6): 39-43.
ZHANG Huifen, ZHANG Fan, PAN Zhencun. Automatic fault locating algorithm based on signal injection method for distribution system[J]. Electric Power Automation Equipment, 2008, 28(6): 39-43.

[10] 李晓波, 王崇林. 零残流消弧线圈综述[J]. 电力自动化设备, 2011, 31(6): 116-121.
LI Xiaobo, WANG Chonglin. Survey of zero-residual-current arc suppression coil[J]. Electric Power Automation Equipment, 2011, 31(6): 116-121.

[11] 邢亚辉. 利用零序电流的相关性进行小电流接地系统故障选线[J]. 电力自动化设备, 2008, 28(9): 64-67.
XING Yahui. Faulty line selection with correlativity of zero sequence current in non-solid-earthed network[J]. Electric Power Automation Equipment, 2008, 28(9): 64-67.

[12] 程路, 陈乔夫. 小电流接地系统单相接地选线技术综述[J]. 电网技术, 2009, 31(18): 219-224.
CHENG Lu, CHEN Qiaofu. A survey on faulty line selection technology for single-phase grounded transmission line in small current neutral grounded system[J]. Power System Technology, 2009, 31(18): 219-224.

[13] 刘万顺. 电力系统故障分析[M]. 北京: 水利电力出版社, 1990: 103-104.

[14] 黄国兵. 三相异步电动机负序阻抗探讨[J]. 科技广场, 2005(12): 113-114.
HUANG Guobing. Discussion of three-phase asynchronous motor negative-order impedance[J]. Science Mosaic, 2005(12): 113-114.

Identification of coherent generators based on wavelet fuzzy entropy and GG clustering

WANG Tao¹, YANG Yue¹, GU Xueping¹, ZHANG Xiangcheng², ZHANG Wenchao³

(1. State Key Laboratory of Alternate Electrical Power System with Renewable Energy Sources, North China Electric Power University, Baoding 071003, China; 2. State Grid Qinghai Electric Power Company Economic Research Institute, Xining 810000, China;

3. NARI Group Corporation Beijing Monitoring Technology Center, Beijing 102200, China)

Abstract: A new method for identifying the coherent generators based on wavelet fuzzy entropy and GG (Gath-Geva) clustering is proposed to solve the contradiction between unilateral feature extraction and complex computation. The power angle swing curve obtained by the wide area measurement system is decomposed into the overall trend information and the detailed information by the multi-scale wavelet decomposition, and the fuzzy entropies of wavelet coefficients at each scale are calculated as the eigenvectors of the generators, which are used for coherent clustering by GG fuzzy clustering algorithm. Simulation is carried out for IEEE 39-bus system and a practical power system, and results show that the proposed method can update the power angle database according to the change of power angle after fault, realizing fast and accurate identification of coherent generators.

Key words: coherent generators; wide area measurement system; wavelet decomposition; fuzzy entropy; Gath-Geva clustering

(上接第 139 页 continued from page 139)

[15] 纪飞峰,王崇林,牟龙华,等. 基于对称法与相位法的新型消弧线圈[J]. 电力系统自动化,2004,28(22):73-77.

Ji Feifeng, WANG Chonglin, MOU Longhua, et al. New type of ARC suppression coil based on symmetry and phase tuning principle[J]. Automation of Electric Power Systems, 2004, 28(22): 73-77.

作者简介:

王士新(1991—),男,山东蒙阴人,硕士研究生,主要研究方向为配电网故障检测(**E-mail**: wangshixin1016@163.com);



王士新

张慧芬(1970—),女,山东鱼台人,教授,博士,主要研究方向为配电网故障检测、配电网自动化(**E-mail**: cse_zhf@ujn.edu.cn);

黄坛坛(1994—),女,山东成武人,硕士研究生,主要研究方向为配电网故障检测(**E-mail**: 1553099876@qq.com)。

Diagnosis of single-phase grounding fault with line-broken in small current neutral grounding system

WANG Shixin¹, ZHANG Huifen¹, XU Bin², WEI Yajun², LIU Zongjie², HUANG Tantan¹

(1. School of Automation and Electrical Engineering, University of Jinan, Jinan 250022, China;

2. Jining Power Supply Company of State Grid Shandong Electric Power Company, Jining 272100, China)

Abstract: Considering the characteristics of loads, neutral grounding modes and transition resistance, the feature of single-phase grounding fault with line-broken in small current neutral grounding system is analyzed by using the compound sequence network. The analytical results show that the variations of amplitude and phase information of zero-sequence voltage under different influencing factors are obviously different when single-phase grounding fault with line-broken occurs, according to which, a fault diagnosis criteria of single-phase grounding fault in small current neutral grounding system is proposed based on zero-sequence voltage amplitude and phase. PSCAD simulation verifies the correctness of the proposed criteria.

Key words: small current neutral grounding system; single-phase grounding fault with line-broken; fault types; zero-sequence voltage