



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107153149 B

(45)授权公告日 2019.06.11

(21)申请号 201710331464.4

(22)申请日 2017.05.11

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 107153149 A

(43)申请公布日 2017.09.12

(73)专利权人 西安交通大学
地址 710049 陕西省西安市碑林区咸宁西
路28号

(72)发明人 宋国兵 常仲学

(74)专利代理机构 西安通大专利代理有限责任
公司 61200

代理人 陆万寿

(51)Int.Cl.

G01R 31/08(2006.01)

(56)对比文件

- CN 104181442 A, 2014.12.03,
- CN 102419408 A, 2012.04.18,
- CN 106501668 A, 2017.03.15,
- CN 103197203 A, 2013.07.10,
- CN 101162838 A, 2008.04.16,
- CN 105954640 A, 2016.09.21,
- CN 102866326 A, 2013.01.09,
- CN 103743998 A, 2014.04.23,
- CN 105842583 A, 2016.08.10,
- KR 101598536 B1, 2016.02.29,

审查员 戴文韞

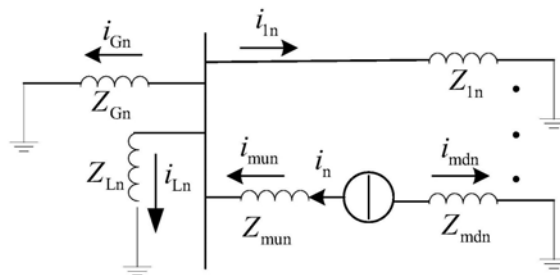
权利要求书1页 说明书4页 附图2页

(54)发明名称

基于负序电压电流特征的配电网单相断线故障识别方法

(57)摘要

本发明公开一种基于负序电压电流特征的配电网单相断线故障识别方法,包括:步骤1:在变电站采集母线的三相电压和各线路的三相电流;步骤2:提取母线负序电压以及各条线路负序电流;步骤3:求取各出线负序电流的导数;步骤4:求母线负序电压与各出线负序电流的相关系数;步骤5:比较各条线路的相关系数,如果相关系数大于0,则为健全线路;如果相关系数小于0,则为故障线路。本发明基于负序电压和负序电流导数相关法的配电网单相断线识别方法具有自举性,不受配电网中性点接地方式影响,可以可靠识别各类断线故障。



1. 基于负序电压电流特征的配电网单相断线故障识别方法, 其特征在于, 包括以下步骤:

步骤1: 在变电站采集母线的三相电压和各线路的三相电流;

步骤2: 提取母线负序电压以及各条线路负序电流;

步骤3: 求取各出线负序电流的导数;

步骤4: 求母线负序电压与各出线负序电流的相关系数;

步骤5: 比较各条线路的相关系数, 如果相关系数大于0, 则为健全线路; 如果相关系数小于0, 则为故障线路;

步骤2中通过式 (3) 提取母线负序电压以及各条线路负序电流:

$$\begin{cases} u_n(k) = \frac{1}{2}(u_a(k) - u_0(k)) + \frac{1}{2\sqrt{3}}(u_b(k - \frac{N}{4}) - u_c(k - \frac{N}{4})) \\ i_n(k) = \frac{1}{2}(i_a(k) - i_0(k)) + \frac{1}{2\sqrt{3}}(i_b(k - \frac{N}{4}) - i_c(k - \frac{N}{4})) \end{cases} \quad (3)$$

其中 $u_0(k)$ 、 $i_0(k)$ 为零序电压和零序电流的采样点电压和电流, 通过三相电压和三相电流合成得到, N 为每工频周波的采样点数;

步骤4通过式 (5) 求母线负序电压与各出线负序电流的相关系数:

$$\rho = \frac{\sum_{n=0}^{N-1} u_n(k) di_n(k)}{\sqrt{\sum_{n=0}^{N-1} u_n^2(k) \sum_{n=0}^{N-1} di_n^2(k)}} \quad (5)。$$

2. 根据权利要求1所述的基于负序电压电流特征的配电网单相断线故障识别方法, 其特征在于, 步骤3通过式 (4) 求取各出线负序电流的导数:

$$di_n(k) = \frac{1}{\Delta T}(i_n(k+1) - i_n(k-1)) \quad (4)$$

ΔT 为采样步长。

基于负序电压电流特征的配电网单相断线故障识别方法

技术领域

[0001] 本发明涉及配电网继电保护领域,特别涉及一种配电网单相断线故障的识别方法。

背景技术

[0002] 随着配电网建设的推进,绝缘架空线应用越来越大。随着线路绝缘化率的提高,雷击断线故障越来越多,同时造成断线故障的原因还有施工等其他原因。配电网发生单相断线后不影响配电网的正常运行,所以往往很难发现这类故障。但是如果断线故障不能及时被处理,则会造成周围人畜触电等事故,所以有必要研究配电网断线识别技术。

发明内容

[0003] 本发明的目的在于提供一种基于负序电压电流特征的配电网单相断线故障识别方法,以解决上述技术问题。

[0004] 为了实现上述目的,本发明采用如下技术方案:

[0005] 基于负序电压电流特征的配电网单相断线故障识别方法,包括以下步骤:

[0006] 步骤1:在变电站采集母线的三相电压和各线路的三相电流;

[0007] 步骤2:提取母线负序电压以及各条线路负序电流;

[0008] 步骤3:求取各出线负序电流的导数;

[0009] 步骤4:求母线负序电压与各出线负序电流的相关系数;

[0010] 步骤5:比较各条线路的相关系数,如果相关系数大于0,则为健全线路;如果相关系数小于0,则为故障线路。

[0011] 进一步的,步骤2中通过式(3)提取母线负序电压以及各条线路负序电流:

$$[0012] \begin{cases} u_n(k) = \frac{1}{2}(u_a(k) - u_0(k)) + \frac{1}{2\sqrt{3}}(u_b(k - \frac{N}{4}) - u_c(k - \frac{N}{4})) \\ i_n(k) = \frac{1}{2}(i_a(k) - i_0(k)) + \frac{1}{2\sqrt{3}}(i_b(k - \frac{N}{4}) - i_c(k - \frac{N}{4})) \end{cases} \quad (3)$$

[0013] 其中 $u_0(k)$ 、 $i_0(k)$ 为零序电压和零序电流的采样点电压和电流,通过三相电压和三相电流合成得到, N 为每工频周波的采样点数。

[0014] 进一步的,步骤3通过式(4)求取各出线负序电流的导数:

$$[0015] \quad di_n(k) = \frac{1}{\Delta T}(i_n(k+1) - i_n(k-1)) \quad (4)。$$

[0016] 进一步的,步骤4通过式(5)求母线负序电压与各出线负序电流的相关系数:

$$[0017] \quad \rho = \frac{\sum_{n=0}^{N-1} u_n(k) di_n(k)}{\sqrt{\sum_{n=0}^{N-1} u_n^2(k) \sum_{n=0}^{N-1} di_n^2(k)}} \quad (5)。$$

[0018] 相对于现有技术,本发明具有以下有益效果:本发明首先建立了配电网发生单相断线故障后的模型,然后基于故障模型分析了健全线路和故障线路的负序电压和电流特征,并提出了故障线路的识别方法。本发明基于负序电压和负序电流导数相关法的配电网单相断线识别方法具有自举性,不受配电网中性点接地方式影响,可以可靠识别各类断线故障。

附图说明

[0019] 图1为配电网发生单相断线后的负序等效网络示意图;

[0020] 图2为10kV配电网仿真模型示意图;

[0021] 图3为不接地系统发生单相断线故障后的负序电压和负序电流导数相关系数;

[0022] 图4为消弧线圈接地系统发生单相断线故障后的负序电压和负序电流导数相关系数。

具体实施方式

[0023] 本发明旨在解决配电网发生单相断线故障识别问题。指出配电网发生单相断线后的负序等效网络如图1所示,其中 Z_{in} 表示第*i*条出线线路、负荷变压器以及负荷的等效负序电抗, i_{in} 表示第*i*条出线的负序电流, Z_{mdn} 、 i_{mdn} 表示故障线路下游的等效负序电抗和负序电流, Z_{mun} 、 i_{mun} 表示故障线路上游的等效负序电抗和负序电流, Z_{Gn} 、 i_{Gn} 表示系统电源的等效负序电抗和负序电流, Z_{Ln} 、 i_{Ln} 表示消弧线圈的等效负序电抗和负序电流, i_n 表示断口处注入网络的等效负序电流源。

[0024] 从图1中可以看出对于故障线路负序电流由线路流向母线的,对于健全线路是由母线流向线路的,因为将线路、负荷变压器以及负荷等效成一个负序电抗、所以对于健全线路满足:

$$[0025] \quad u_n = Z_{Ln} \frac{di_n}{dt} \quad (1)$$

[0026] 对于故障线路满足:

$$[0027] \quad u_n = -Z_{Ln} \frac{di_n}{dt} \quad (2)$$

[0028] 从式(1)、(2)可以看出对于健全线路负序电压和负序电流的导数满足正相关,故障线路的负序电压和负序电流的导数满足负相关。据此就可以实现故障线路的判别,具体步骤为:

[0029] 步骤1:在变电站采集母线的三相电压($u_a(k)$, $u_b(k)$, $u_c(k)$)和各线路的三相电流($i_a(k)$, $i_b(k)$, $i_c(k)$);

[0030] 步骤2:通过式(3),提取母线负序电压 $u_n(k)$ 以及各条线路负序电流 $i_n(k)$;

$$[0031] \quad \begin{cases} u_n(k) = \frac{1}{2}(u_a(k) - u_0(k)) + \frac{1}{2\sqrt{3}}(u_b(k - \frac{N}{4}) - u_c(k - \frac{N}{4})) \\ i_n(k) = \frac{1}{2}(i_a(k) - i_0(k)) + \frac{1}{2\sqrt{3}}(i_b(k - \frac{N}{4}) - i_c(k - \frac{N}{4})) \end{cases} \quad (3)$$

[0032] 其中 $u_0(k)$ 、 $i_0(k)$ 为零序电压和零序电流的采样点电压和电流,通过三相电压(u_a

(k), $u_b(k)$, $u_c(k)$) 和三相电流 ($i_a(k)$, $i_b(k)$, $i_c(k)$) 合成得到, N 为每工频周波的采样点数。

[0033] 步骤3:通过式 (4) 求取各出线负序电流的导数;

$$[0034] \quad di_n(k) = \frac{1}{\Delta T} (i_n(k+1) - i_n(k-1)) \quad (4)$$

[0035] 其中, ΔT 为采样步长;

[0036] 步骤4:通过式 (5) 求母线负序电压与各出线负序电流的相关系数;

$$[0037] \quad \rho = \frac{\sum_{n=0}^{N-1} u_n(k) di_n(k)}{\sqrt{\sum_{n=0}^{N-1} u_n^2(k) \sum_{n=0}^{N-1} di_n^2(k)}} \quad (5)$$

[0038] 步骤5:比较各条线路的相关系数,如果相关系数大于0,则为健全线路;如果相关系数小于0,则为故障线路。

[0039] 仿真验证:

[0040] 图2为基于PSCAD建立的10kV配电网仿真模型示意图;该模型中,35kV变电站有两回进线,通过两台主变压器配出的10kV系统为单母线形式;母线带有4条主馈线,出线上各区段的编号如图中所示。其中,区段1、3、5、10为电缆,区段2、9、11、12、13为架空绝缘线,区段4、6、7、8、14为架空裸导线。消弧线圈装在所用变中性点上。开关K打开时,系统为中性点不接地系统;开关K闭合则为消弧线圈接地系统,过补偿度取为10%。

[0041] 各区段长度分别为: $L_1=5.1\text{km}$, $L_2=4\text{km}$, $L_3=3.8\text{km}$, $L_4=7.5\text{km}$, $L_5=4\text{km}$, $L_6=10\text{km}$, $L_7=0.1\text{km}$, $L_8=3\text{km}$, $L_9=4\text{km}$, $L_{10}=3.2\text{km}$, $L_{11}=10\text{km}$, $L_{12}=5\text{km}$, $L_{13}=3\text{km}$, $L_{14}=7.5\text{km}$ 。

[0042] 电缆参数为:正序电阻 $r_1=0.157\ \Omega/\text{km}$, 正序感抗 $x_1=0.076\ \Omega/\text{km}$, 正序容纳 $b_1=132 \times 10^{-6}\text{S}/\text{km}$; 零序电阻 $r_0=0.307\ \Omega/\text{km}$, 零序感抗 $x_0=0.304\ \Omega/\text{km}$, 零序容纳 $b_0=110 \times 10^{-6}\text{S}/\text{km}$ 。

[0043] 架空绝缘线参数为: $r_1=0.27\ \Omega/\text{km}$, 正序感抗 $x_1=0.352\ \Omega/\text{km}$, 正序容纳 $b_1=3.178 \times 10^{-6}\text{S}/\text{km}$; 零序电阻 $r_0=0.42\ \Omega/\text{km}$, 零序感抗 $x_0=3.618\ \Omega/\text{km}$, 零序容纳 $b_0=0.676 \times 10^{-6}\text{S}/\text{km}$ 。

[0044] 区段7、8中裸导线参数为:正序电阻 $r_1=0.91\ \Omega/\text{km}$, 正序感抗 $x_1=0.403\ \Omega/\text{km}$, 正序容纳 $b_1=2.729 \times 10^{-6}\text{S}/\text{km}$; 零序电阻 $r_0=1.06\ \Omega/\text{km}$, 零序感抗 $x_0=3.618\ \Omega/\text{km}$, 零序容纳 $b_0=0.672 \times 10^{-6}\text{S}/\text{km}$ 。

[0045] 其它区段裸导线参数为:正序电阻 $r_1=0.63\ \Omega/\text{km}$, 正序感抗 $x_1=0.392\ \Omega/\text{km}$, 正序容纳 $b_1=2.807 \times 10^{-6}\text{S}/\text{km}$; 零序电阻 $r_0=0.78\ \Omega/\text{km}$, 零序感抗 $x_0=3.593\ \Omega/\text{km}$, 零序容纳 $b_0=0.683 \times 10^{-6}\text{S}/\text{km}$ 。

[0046] 两台主变参数分别为:容量 $S_N=2\text{MVA}$, 短路损耗 $P_k=20.586\text{kW}$, 短路电压百分数 $U_k\%=6.37\%$, 空载损耗 $P_0=2.88\text{kW}$, 空载电流百分数 $I_0\%=0.61\%$; 容量 $S_N=2\text{MVA}$, 短路损耗 $P_k=20.591\text{kW}$, 短路电压百分数 $U_k\%=6.35\%$, 空载损耗 $P_0=2.83\text{kW}$, 空载电流百分数 $I_0\%=0.62\%$ 。

[0047] 令各配电变压器与所连接区段编号一致,则它们的容量分别为: $S_{5N}=50\text{kVA}$, $S_{7N}=500\text{kVA}$, $S_{8N}=200\text{kVA}$, $S_{9N}=1\text{MVA}$, $S_{10N}=100\text{kVA}$, $S_{12N}=1\text{MVA}$, $S_{13N}=400\text{kVA}$, $S_{14N}=630\text{kVA}$ 。为简单起见,各配电变压器所带负荷统一为变压器容量的80%,功率因数为0.85。

[0048] 图3为在不接地系统区段1的末端设置单相断线不接地故障仿真得到的波形。可以看出,线路1的相关系数为负值、其它线路为正,所以可以确定是线路1发生了断线故障。

[0049] 图4为消弧线圈接地系统在区段4的首端设置单相断线加负荷侧接地故障仿真得到的波形。可以看出,线路4的相关系数为负值、其它线路为正,所以可以确定时线路4发生了断线故障。

[0050] 综上分析可以看出基于负序电压和负序电流导数相关法的配电网单相断线识别方法具有自举性,不受配电网中性点接地方式影响,可以可靠识别各类断线故障。

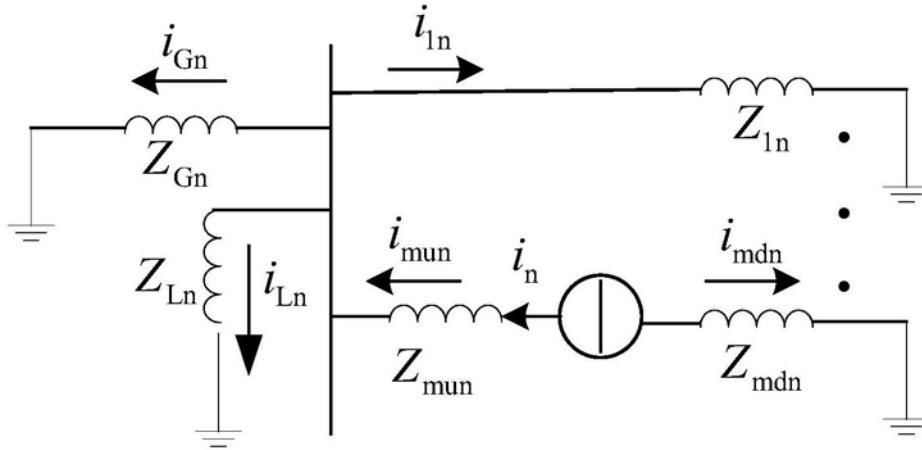


图1

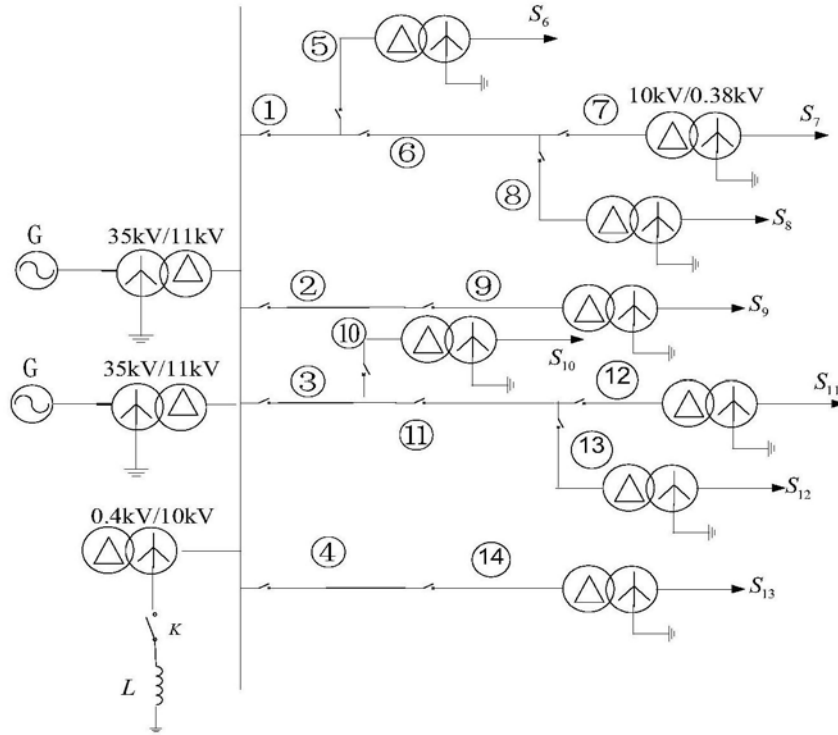


图2

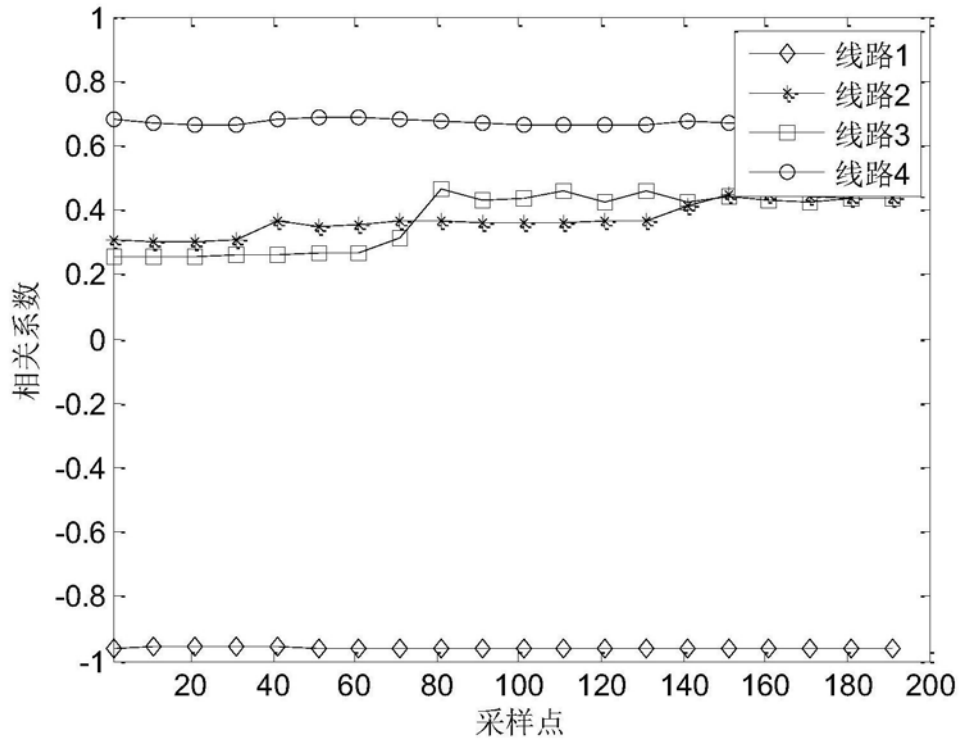


图3

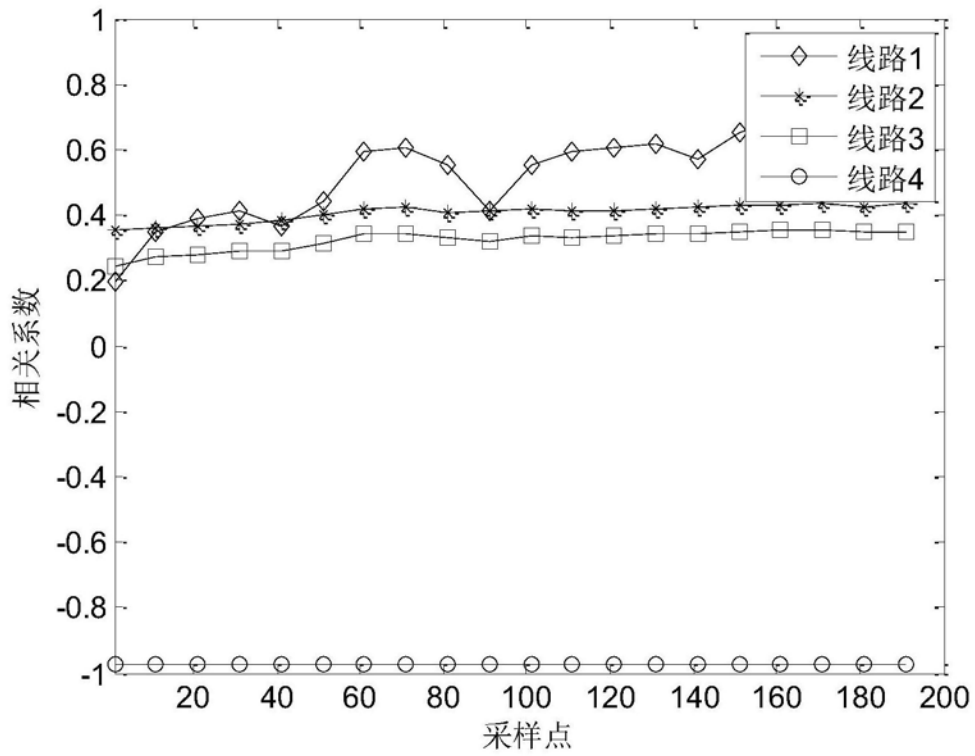


图4