

9-3-2020

## Novel method of fault section location based on phase current increment

Weilin ZONG

*Jiangsu Province Laboratory of Mining Electric and Automation, China University of Mining and Technology, Xuzhou 221116, China*

Yun ZOU

*Liaocheng Power Supply Branch, State Grid Shandong Electric Power Co., Ltd., Liaocheng 252000, China*

Jingwei DAI

*Yancheng Power Supply Branch, State Grid Jiangsu Electric Power Co., Ltd., Yancheng 224000, China*

Lili YANG

*Jiangsu Province Laboratory of Mining Electric and Automation, China University of Mining and Technology, Xuzhou 221116, China*

Haibo WANG

*Jiangsu Province Laboratory of Mining Electric and Automation, China University of Mining and Technology, Xuzhou 221116, China*

*See next page for additional authors*

Follow this and additional works at: <https://jepst.researchcommons.org/journal>

---

### Recommended Citation

ZONG, Weilin; ZOU, Yun; DAI, Jingwei; YANG, Lili; WANG, Haibo; ZHANG, Mengqi; and LUO, Dechang (2020) "Novel method of fault section location based on phase current increment," *Journal of Electric Power Science and Technology*. Vol. 35: Iss. 2, Article 17.

DOI: 10.19781/j.issn.16739140.2020.02.017

Available at: <https://jepst.researchcommons.org/journal/vol35/iss2/17>

This Article is brought to you for free and open access by Journal of Electric Power Science and Technology. It has been accepted for inclusion in Journal of Electric Power Science and Technology by an authorized editor of Journal of Electric Power Science and Technology.

---

# Novel method of fault section location based on phase current increment

## Authors

Weilin ZONG, Yun ZOU, Jingwei DAI, Lili YANG, Haibo WANG, Mengqi ZHANG, and Dechang LUO

# 基于相电流增量的故障区间定位新方法

宗伟林<sup>1</sup>, 邹 运<sup>2</sup>, 戴经纬<sup>3</sup>, 杨丽丽<sup>1</sup>, 王海波<sup>1</sup>, 张梦琦<sup>1</sup>, 骆德昌<sup>4</sup>

(1. 中国矿业大学江苏省煤矿电气与自动化工程实验室, 江苏 徐州 221116; 2. 国网山东省电力公司聊城供电分公司, 山东 聊城 252000;  
3. 国网江苏省电力有限公司盐城供电分公司, 江苏 盐城 224000; 4. 武汉大学电气工程学院, 湖北 武汉, 430072)

**摘 要:**为解决配电网单相接地故障时定位效果不佳的问题,根据故障发生后健全线路及故障线路故障点下游暂态三相电流增量波形相似,而故障线路故障点上游故障相与非故障相暂态相电流增量波形差异较大的特点,提出一种基于相电流增量的故障区间定位新方法。该方法利用各个检测点的三相电流增量求出各自的功率系数并发送到主机,通过对比相邻检测点的功率系数判断出故障区间。其优势在于仅利用电流作为故障区间定位特征量的同时减少了通信系统的压力。通过仿真和数据分析表明,该方法在各种初始电压相位下发生高、中、低阻接地时均能正确的判断出故障区间,具有原理简单、适用性好的特点。

**关 键 词:**配电网;单相接地;区间定位;相电流增量;功率系数

DOI:10.19781/j.issn.1673-9140.2020.02.017 中图分类号:TM771 文章编号:1673-9140(2020)02-0128-07

## Novel method of fault section location based on phase current increment

ZONG Weilin<sup>1</sup>, ZOU Yun<sup>2</sup>, DAI Jingwei<sup>3</sup>, YANG Lili<sup>1</sup>,  
WANG Haibo<sup>1</sup>, ZHANG Mengqi<sup>1</sup>, LUO Dechang<sup>4</sup>

(1. Jiangsu Province Laboratory of Mining Electric and Automation, China University of Mining and Technology, Xuzhou 221116, China;  
2. Liaocheng Power Supply Branch, State Grid Shandong Electric Power Co., Ltd., Liaocheng 252000, China;  
3. Yancheng Power Supply Branch, State Grid Jiangsu Electric Power Co., Ltd., Yancheng 224000, China;  
4. School of Electrical Engineering, Wuhan Hubei University, Wuhan 430074, China)

**Abstract:** In order to solve the unsatisfactory section location problem of single phase grounding fault in distribution network, a novel method of fault section location based on phase current increment is presented according to the similarities between features of three-phase phase current increment waveform in healthy lines and the fault line after the fault point, as well as great difference between healthy lines and the fault line before the fault point. In the method, the power coefficients of each detection point can be calculated by three-phase current increment and sent back to host. The fault section is predicted by comparison with the power coefficients of its adjacent detection points. The advantage of this method is that it reduces the pressure of the communication system while only using current as the fault section location characteristic. Furthermore, simulation and data analysis indicate that this method can correctly predict fault section in high, medium and low resistance grounding under every kind of initial angles. It has good applicability under simple theory.

**Key words:** distribution network; single phase grounding fault; section location; phase current increment; power coefficient

中国配电网结构复杂、故障频率高,其中单相接地故障发生率最高占故障总数的 80% 左右<sup>[1]</sup>。目前,由于大部分定位方法在实际应用中很难达到预期效果,因此,大部分故障还是通过调度人员根据经验拉路选线,人工巡线寻找故障位置,拉路选线导致短时停电给用户造成了经济损失。中国国家能源局 2012 年颁布的 DL/T 836—2012《供电系统用户供电可靠性评价规定》<sup>[2]</sup>将短时停电纳入了供电可靠性统计指标范围,2013 年颁布的 DL/T 814—2013《配电自动化系统功能规范》<sup>[3]</sup>将配电自动化系统定义为“实现配电网的运行监视和控制的自动化系统”。因此,找到一种有效的区间定位方法对供电可靠性和配电自动化具有重大的意义。

现有的区间定位方法主要包括注入法、基于稳态特征量的定位方法和基于暂态特征量的定位方法。注入法<sup>[4-5]</sup>受工频及谐波干扰小,但不适用于间歇性接地故障,而且需要外加信号注入设备;基于稳态特征量的定位方法<sup>[6-7]</sup>故障信号微弱判别困难,不适用于谐振接地系统;基于暂态特征量的定位方法由于故障特征量明显,不受消弧线圈影响等优点而成为近年来研究的热点。文献[8-9]提出一种基于暂态功率方向的方法,利用零序电流和零序电压的极性关系作为选线的依据,但当电流互感器极性错误时会造成误判;文献[10]提出基于特征频带内暂态零序电流相似性的选线方法,需要将各个检测点的电流数据上传至主站,对通讯系统和采样的同步性要求较高。行波法<sup>[11-12]</sup>在输电线路效果较好,但在配电线路上容易受线路分支及过渡电阻的影响。

针对上述问题,该文从故障暂态时故障点前、后相电流增量特征出发,分析故障区域和健全区域的三相电流增量的差异,通过对比相邻检测点的相电流增量功率系数差异进行故障区间定位。在不同接地位置、不同接地条件下的仿真和数据分析表明:该方法可以正确地判断出故障区间,具有广泛的适用性。

## 1 暂态相电流增量分析

### 1.1 暂态相电流增量特征

中性点经消弧线圈接地系统发生 C 相接地故

障后的相电流分布如图 1 所示(为简明起见,故障前的电气量不带上标,故障后的电气量添加上标“'”)。

以 C 相为例, $i'_{CC}$ 、 $i'_{LC}$ 、 $i'_C$  分别为 C 相的对地电容电流、负荷电流和总电流。由于故障发生前系统为三相对称电路,故中性点电压为零,当故障发生后中性点发生偏移,产生中性点电压  $u_0$ 。故障前、后的三相电压矢量变化如图 2 所示,可以看出,故障后三相线电压保持不变,且三相相电压的突变量与零序电压相等,即

$$\Delta \dot{U}_A = \Delta \dot{U}_B = \Delta \dot{U}_C = \dot{U}_0 \quad (1)$$

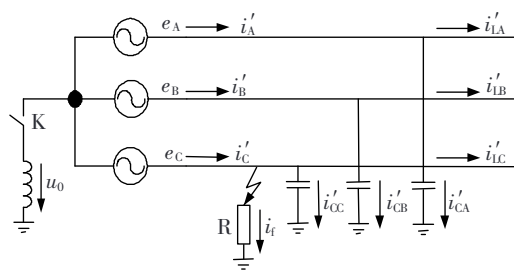


图 1 单相接地故障相电流分布

Figure 1 Phase current distribution diagram of single-phase grounding fault

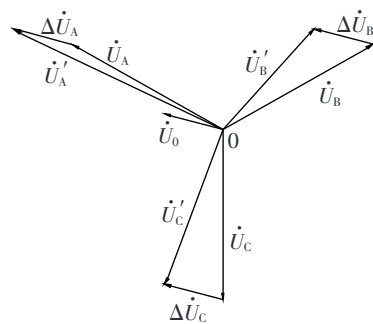


图 2 故障前、后三相电压矢量变化

Figure 2 Change between three-phase voltage vectors before and after fault

定义  $\Delta i_A$ 、 $\Delta i_B$ 、 $\Delta i_C$  分别为单相接地故障发生后 A、B、C 三相的相电流增量,则

$$\begin{aligned} \Delta i_A &= i'_A - i_A = i'_{AC} - i_{AC} + i'_{AL} - i_{AL} \\ \Delta i_B &= i'_B - i_B = i'_{BC} - i_{BC} + i'_{BL} - i_{BL} \\ \Delta i_C &= i'_C - i_C = i'_{CC} - i_{CC} + i'_{CL} - i_{CL} + i_f \end{aligned} \quad (2)$$

由于故障前、后线电压保持不变,因此,负荷电流可视为不变;又因为在故障暂态时刻电流特性主要是由暂态电容电流的特性决定<sup>[13]</sup>,因此,忽略线路电抗的影响,则相电流增量为

$$\begin{cases} \Delta i_A = i'_{AC} - i_{AC} = C \frac{du'_A}{dt} - C \frac{du_A}{dt} = C \frac{du_0}{dt} \\ \Delta i_B = i'_{BC} - i_{BC} = C \frac{du'_B}{dt} - C \frac{du_B}{dt} = C \frac{du_0}{dt} \end{cases} \quad (3)$$

$$\Delta i_C = i'_{CC} - i_{CC} = C \frac{du'_C}{dt} - C \frac{du_C}{dt} + i_f = C \frac{du_0}{dt} + i_f$$

其中,  $C$  为单相对地电容。

在单相故障发生初期, 消弧线圈电感电流增长缓慢, 而且暂态时刻的故障电流频率较高, 消弧线圈的补偿效果不明显。因此, 分析暂态时刻的故障电流可忽略消弧线圈电感电流的影响<sup>[14]</sup>, 故障电流为

$$i_f = -C_\Sigma \frac{du_0}{dt} \quad (4)$$

## 1.2 暂态相电流增量分布规律

单相接地故障发生后的相电流增量分布如图 3 所示。为方便分析相电流增量的特征, 假设一个系统中共有 2 条馈线  $L_1$ 、 $L_2$ , 每条馈线上只有 2 个检测点。  $L_1$  检测点 1、2 之间发生 C 相接地故障(1 为更靠近母线侧检测点)。

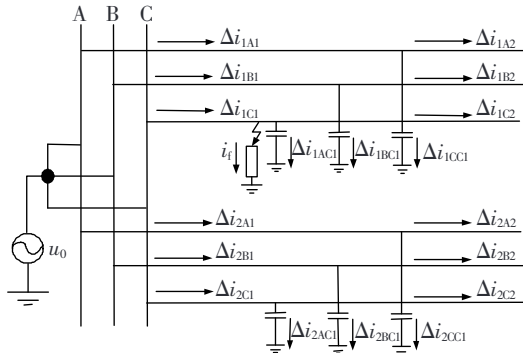


图 3 故障后相电流增量分布

Figure 3 Distribution of phase current increment after fault

为方便起见将健全线路、故障线路故障点之后区域称为健全区域, 故障线路故障点之前的区域称为故障区域。由图 3 可以看出:

1) 对于健全区域和故障区域, 健全相的相电流增量为该检测点下游(远离母线侧)所有单相对地电容产生的相电流增量之和, 即

$$\Delta i_P = C \frac{du_0}{dt} \quad (5)$$

式中  $C$  为 P 相对地电容。

2) 对于故障区域故障相, 相电流增量为该检测点下游(远离母线侧)所有单相对地电容产生的相电流增量与故障电流  $i_f$  之和, 即

$$\Delta i_P = C \frac{du_0}{dt} + i_f = (C - C_\Sigma) \frac{du_0}{dt} \quad (6)$$

其中,  $C_\Sigma$  表示整个系统对地电容之和, 显然  $|C - C_\Sigma| \gg C$ 。

由上述分析可知, 健全区域三相电流增量大小基本相等, 而故障区域内故障相电流增量远大于健全相电流增量。因此, 可利用健全区域和故障区域三相电流增量差异进行故障区间的判别。

## 2 区间定位方法

### 2.1 功率比例系数法介绍

定义  $P_M$  为某检测点 M 相的相电流增量功率:

$$P_M = \frac{1}{j\omega C} \sum_{i=1}^{n/2} \Delta i_M^2(i) \quad (7)$$

式中  $n$  为一个周期的采样次数;  $\Delta i_M$  为 M 相的电流增量;  $\omega C$  为单相对地容抗值, 同一条线路的三相对地容抗值相等。

基于上述特征, 定义  $\alpha_S$  为检测点 S 的相电流增量功率系数:

$$\alpha_S = \frac{P_S}{P_\Sigma} \quad (8)$$

式中  $P_S = \max(P_A, P_B, P_C)$ ;  $P_\Sigma = P_A + P_B + P_C$  为三相电流增量功率之和。

结合文 1.2 可知, 当发生单相接地故障时, 健全区域三相电流增量功率基本相等, 功率系数  $\alpha$  接近 1/3, 而故障区域故障相电流增量功率远大于非故障相, 功率系数  $\alpha$  接近 1。

定义  $\beta_K$  为检测点 K 的功率比例系数:

$$\beta_K = \frac{\alpha_K}{\alpha_{K+1}} \quad (9)$$

其中,  $K$ 、 $K+1$  为相邻检测点, 且  $K$  靠近母线侧。

由式(7)~(9)可知, 对于故障点相邻 2 个检测点区间的功率比例系数  $\beta$  接近 3, 而对于配电网中的其他区间  $\beta$  接近 1。

### 2.2 母线故障分析

当母线发生单相接地故障后, 系统中所有线路的相电流增量通过大地流回母线, 所有检测点均位于故障点下游, 即健全区域, 故功率系数  $\alpha$  接近 1/3, 即所有区间的功率比例系数  $\beta$  接近 1。因此, 当系统中所有区间的功率比例系数  $\beta$  均在 1 附近

时,可判定母线故障。

### 2.3 线路末端故障分析

当线路末端发生单相接地故障后,线路上最后一个检测点无法求得功率比例系数。由上述分析可知,当故障发生在某检测点下游时,该检测点的功率系数接近 1,当发生在系统中的其他区域时,该检测点的功率系数接近 1/3。因此,各条线路的末端检测点采用功率系数判别故障区间。

### 2.4 负荷电流变化的影响

配电网中低压侧的负荷电流改变也会导致相电流变化,因此,需分析负荷电流变化是否会对该文方法产生影响。根据负载类型的不同,分别分析单相和三相负荷这两种情况下的电流变化对功率系数的影响。

#### 1) 单相负荷电流变化。

C 相的负荷电流变化如图 4 所示,将低压侧 C 相负荷电流变化量  $\Delta \dot{I}_C$  分解为大小相等方向相同的正序、负序和零序分量  $\Delta \dot{I}_{C1}$ 、 $\Delta \dot{I}_{C2}$ 、 $\Delta \dot{I}_{C0}$ 。当低压侧负荷电流变化量通过变压器进入中压侧后,会由于变压器绕组接线方式的不同而发生不同的改变。分别分析 2 种常见变压器绕组接线方式 D, yn11 和 Y, yn0 下功率系数的变化情况。

当变压器接线方式为 D, yn11 时,中压侧为三角形接线方式,零序分量在中压侧形成环流,因此,中压侧仅包含正序分量和负序分量。中压侧相电流变化如图 5 所示,  $\Delta \dot{I}_A$ 、 $\Delta \dot{I}_B$ 、 $\Delta \dot{I}_C$  为中压侧三相电流变化;  $\Delta \dot{I}_{A1}$ 、 $\Delta \dot{I}_{B1}$ 、 $\Delta \dot{I}_{C1}$  为正序分量;  $\Delta \dot{I}_{A2}$ 、 $\Delta \dot{I}_{B2}$ 、 $\Delta \dot{I}_{C2}$  为负序分量,可以看出,A、C 相电流变化大小相等,相位相反,B 相电流未发生变化,因此,变压器接线方式为 D, yn11 时的功率系数为 0.5。

当变压器接线方式为 Y, yn0 时,中压侧为星形不接地方式,无法形成零序通路,因此,中压侧仅包含正序和负序分量。中压侧相电流变化如图 6 所示,可以看出,A、B 相电流变化大小相等且方向一致,C 相电流变化的大小为 A 相的 2 倍,且方向与 A 相相反。因此,变压器接线方式为 Y, yn0 时的功率系数为 0.67。

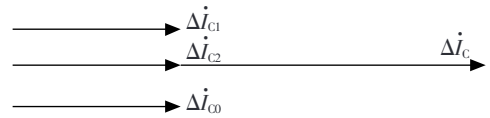


图 4 低压侧 C 相负荷电流变化示意

Figure 4 Diagram of C phase load current changes at low voltage side

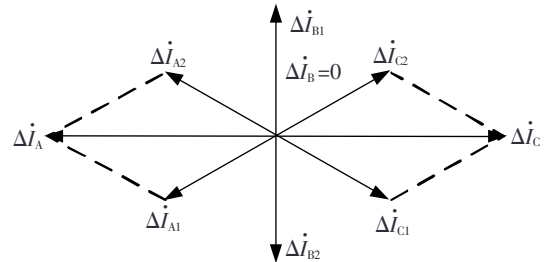


图 5 D, yn11 接线方式中压侧相电流变化示意

Figure 5 Diagram of the phase current change on D, yn11 connection mode at medium voltage side

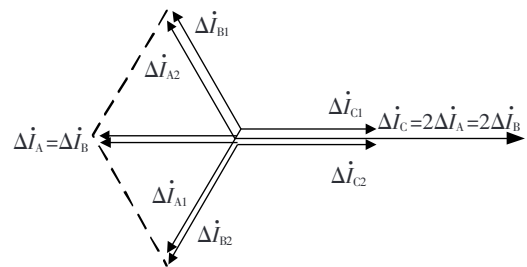


图 6 Y, yn0 接线方式中压侧相电流变化示意

Figure 6 Diagram of the phase current change on Y, yn0 connection mode at medium voltage side

#### 2) 三相负荷电流变化。

由于低压侧三相负荷电流发生改变后低压侧三相负荷电流变化量对称,因此,其中压侧三相负荷电流变化量的正序和负序分量大小相等,相位上互差  $120^\circ$ ,此时的功率系数为 0.33,与健全线路的功率系数一致。

结合上述分析可以看出,低压侧负荷电流改变在变压器中压侧引起的电流增量会对整条线路产生影响,导致该线路上的各个检测点的功率系数近似相同,相邻检测点的功率比例系数接近 1。因此,低压侧负荷电流的变化不会对中压侧以功率比例系数作为判据的检测点产生影响。但对于线路末端检测点,由文 2.3 分析可知该检测点是否动作是由其下游线路的功率系数决定的,而单相负荷电流的变化会使线路功率系数增加。因此,在线路末端检测点设定功率系数的阈值时,应将单相负荷电流变化在中压侧产生的影响考虑进去。

### 3 区间定位判据与流程

#### 3.1 启动判据

当发生单相接地故障时,系统中会产生零序电压,但由于三相电压互感器精度差异、线路三相参数不对称等原因产生的不平衡电压可能会导致零序电压初始值不为零,因此,该方法采用零序电压增量作为故障启动条件,具体算法为

$$\Delta u_0(t) = |u_0(t) - u_0(t - T)| > u_{0\text{set}} \quad (10)$$

式中  $u_0(t)$  为零序电压  $t$  时刻采样值;  $u_{0\text{set}}$  为故障启动阈值;  $T$  为一个工频周期。

#### 3.2 区间定位流程

区间定位流程如图 7 所示。

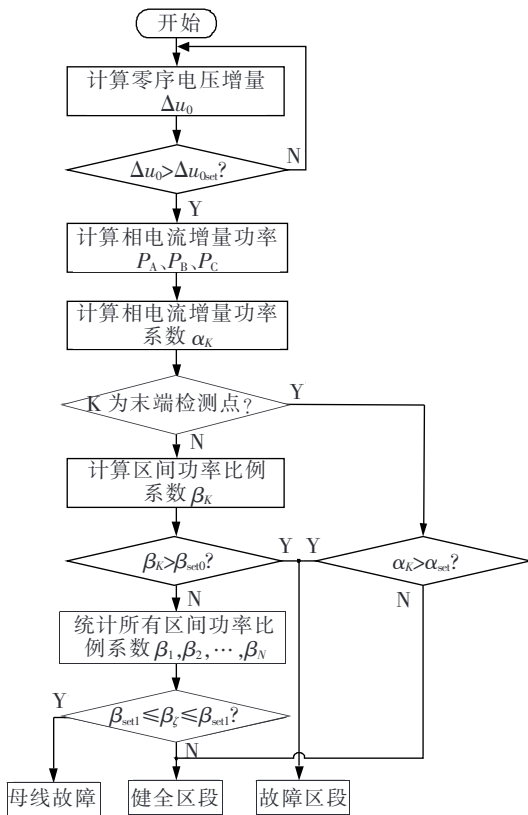


图 7 区间定位流程

Figure 7 Flow diagram of faulty location detection

假设整个配电系统中共有  $N$  个检测点,其中  $K$  为第  $K$  个检测点,  $K \in N$ 。  $\alpha_{\text{set}}$  为末端检测点功率系数的阈值,用来判断是否为末端故障,其值的大小要躲过负荷电流的变化对末端检测点功率系数的影响;  $\beta_{\xi}$  为系统中任意一区间的功率比例系数,  $\beta_{\text{set}0}$ 、  $\beta_{\text{set}1}$ 、  $\beta_{\text{set}2}$  均为区间功率比例系数的阈值,其中  $\beta_{\text{set}0}$

用来判断是否为故障区间,  $\beta_{\text{set}1}$ 、  $\beta_{\text{set}2}$  用来判断是否为母线故障。

### 4 仿真验证与数据分析

#### 4.1 仿真验证

根据配电网的结构在 Simulink 中搭建一个 10 kV 谐振接地系统模型,如图 8 所示。馈线 1 为 10 km 架空线路和 5 km 电缆线路的混合线路,包含检测点①、②;馈线 2 为 10 km 架空和 10 km 电缆混合线路,包含检测点③、④、⑤;馈线 3 为 10 km 电缆线路;馈线 4 为 25 km 架空线路。定义检测点①、②为区间 a,检测点③、④为区间 b,检测点④、⑤为区间 c。线路的具体参数如表 1 所示。

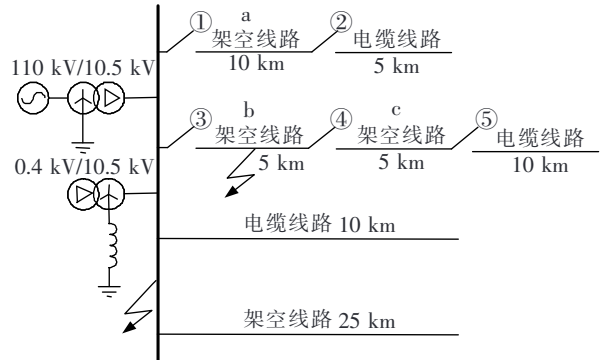


图 8 10 kV 谐振接地系统模型

Figure 8 10 kV NES simulation model

表 1 线路参数

Table 1 Line parameters

| 线路类型 | 相序 | 电阻/<br>( $\Omega/\text{km}$ ) | 电容/<br>( $\mu\text{F}/\text{km}$ ) | 电感/<br>( $\text{mH}/\text{km}$ ) |
|------|----|-------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|
| 架空   | 零序 | 0.230                         | 0.008                              | 5.480                            |
| 线路   | 正序 | 0.170                         | 0.011                              | 1.210                            |
| 电缆   | 零序 | 0.350                         | 0.260                              | 1.540                            |
| 线路   | 正序 | 0.120                         | 0.290                              | 0.520                            |

为了验证相电流增量暂态过程结论的正确性,假设母线和线路 2 的区间 b 分别发生 C 相接地故障。母线在故障初始角  $45^\circ$ 、接地电阻  $100 \Omega$  时简写为  $45^\circ$ 、 $100 \Omega$ ,当线路 2 在  $0^\circ$ 、 $100 \Omega$ ,  $45^\circ$ 、 $500 \Omega$ ,  $90^\circ$ 、 $2000 \Omega$  发生单相接地故障时,检测点①、②、③、④在故障后第 1 个周期内的相电流增量波形分别如图 9~12 所示。

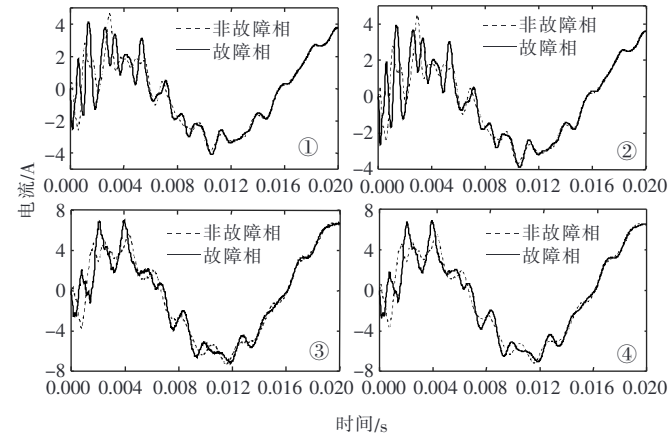


图 9 母线 45°,100 Ω 接地时相电流增量波形  
Figure 9 Wave of phase current increment in 45°, 100 Ω grounding in bus

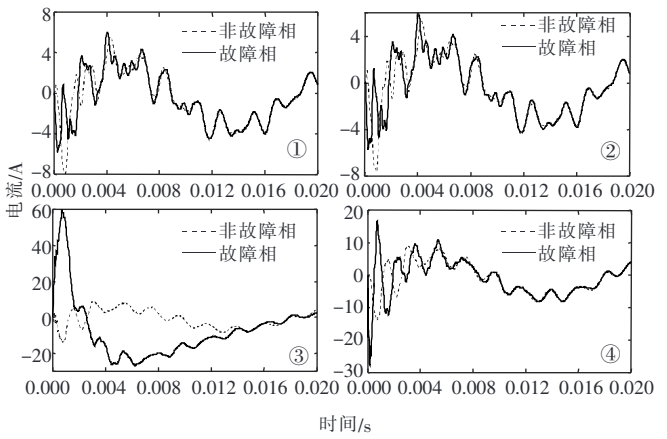


图 10 线路 2 0°,100 Ω 接地时相电流增量波形  
Figure 10 Wave of phase current increment in 0°, 100 Ω grounding in line 2

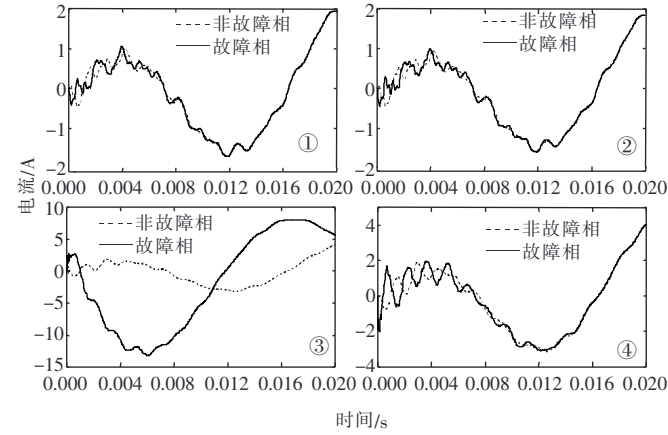


图 11 线路 2 45°,500 Ω 接地时相电流增量波形  
Figure 11 Wave of phase current increment in 45°, 500 Ω grounding in line 2

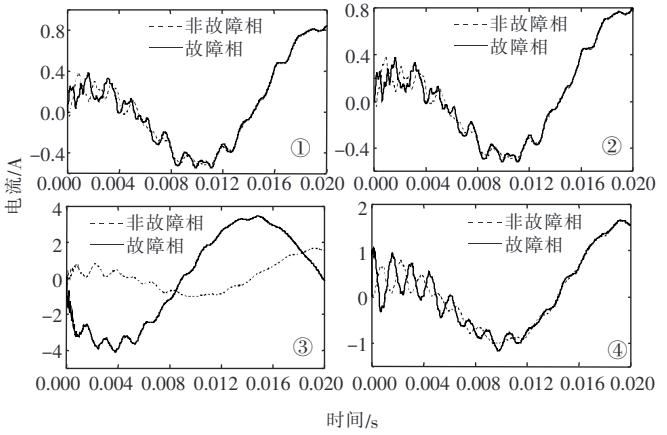


图 12 线路 2 90°,2 000 Ω 接地时相电流增量波形  
Figure 12 Wave of phase current increment in 90°, 2 000 Ω grounding in line 2

4.2 数据分析

为了验证功率比例系数的正确性,该文在不同接地位置、接地电阻、故障角度的情况下进行多组数

据验证,不同故障条件下的区间判别结果如表 2 所示,可以看出,在不同的故障条件下,功率比例系数法均可正确判断出故障的区间。

表 2 不同故障条件下的区间定位结果  
Table 2 Section location results under different faults

| 故障<br>区间 | 接地电<br>阻/Ω | 故障角<br>度/(°) | 功率系数    |         |         |         |         | 功率比例系数  |         |         | 判别<br>结果 |
|----------|------------|--------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|
|          |            |              | ①       | ②       | ③       | ④       | ⑤       | a       | b       | c       |          |
| 母线       | 100        | 0            | 0.383 2 | 0.384 6 | 0.343 0 | 0.342 4 | 0.342 1 | 0.996 2 | 1.001 8 | 1.000 7 | 母线       |
| 母线       | 5          | 45           | 0.404 4 | 0.406 7 | 0.345 0 | 0.345 2 | 0.344 9 | 0.994 2 | 0.999 6 | 1.000 8 | 母线       |
| 母线       | 500        | 90           | 0.341 0 | 0.341 9 | 0.337 0 | 0.337 0 | 0.337 0 | 0.997 2 | 1.000 2 | 1.000 1 | 母线       |
| a        | 500        | 0            | 0.971 5 | 0.362 4 | 0.342 4 | 0.342 1 | 0.341 9 | 2.680 4 | 1.001 1 | 1.000 5 | a        |
| a        | 2 000      | 45           | 0.993 1 | 0.342 8 | 0.333 7 | 0.333 7 | 0.333 7 | 2.897 1 | 0.999 9 | 1.000 0 | a        |
| a        | 5          | 90           | 0.967 1 | 0.415 4 | 0.349 8 | 0.349 8 | 0.349 4 | 2.327 9 | 0.999 7 | 1.001 3 | a        |
| b        | 2 000      | 0            | 0.335 7 | 0.335 4 | 0.924 6 | 0.395 8 | 0.394 9 | 1.000 9 | 2.335 8 | 1.002 3 | b        |
| b        | 5          | 45           | 0.360 9 | 0.361 0 | 0.967 9 | 0.398 6 | 0.399 7 | 0.999 8 | 2.428 1 | 0.997 3 | b        |
| b        | 100        | 90           | 0.341 4 | 0.341 3 | 0.929 2 | 0.337 0 | 0.337 1 | 1.000 4 | 2.757 1 | 0.999 6 | b        |
| c        | 100        | 0            | 0.439 1 | 0.440 7 | 0.897 1 | 0.899 4 | 0.333 4 | 0.996 2 | 0.997 5 | 2.697 8 | c        |
| c        | 500        | 45           | 0.358 8 | 0.359 5 | 0.970 4 | 0.971 2 | 0.367 4 | 0.997 9 | 0.999 2 | 2.643 1 | c        |
| c        | 2 000      | 90           | 0.370 1 | 0.370 9 | 0.914 5 | 0.916 5 | 0.366 7 | 0.997 8 | 0.997 8 | 2.499 3 | c        |

## 5 结语

该文对配电网单相接地故障时的暂态电流特征进行分析,利用故障区域和健全区域三相电流增量的差异构造了区间功率比例系数作为故障区间定位的方法。具有如下特点:

1)原理简单,仅利用电流就可以实现故障区间判别,具有自具性;

2)各个检测点只需将自身功率系数发送到主机上,不需要采样精确同步,对通信要求低,对主机的负担小;

3)采用相电流增量的幅值关系来确定故障区间不受CT极性反接情况的影响。

### 参考文献:

- [1] 束洪春. 配电网故障选线[M]. 北京:机械工业出版社,2008.
- [2] DL/T 836—2012,供电系统用户供电可靠性评价规定[S].
- [3] DL/T 814—2013,配电自动化系统功能规范[S].
- [4] 李冬梅,胡扬宇,王利利,等. 基于改进注入法的直流配电网双端测距故障定位方法[J]. 智慧电力,2019,47(12):110-116.  
LI Dongmei, HU Yangyu, WANG Lili, et al. Double-end distance measurement fault location method for DC distribution network based on improved injection method[J]. Smart Power, 2019,47(12):110-116.
- [5] 高志鹏,张慧芬,孙旭娜. 注入半波直流的小电流接地故障选线定位方法[J]. 电力系统保护与控制,2013,41(13):139-145.  
GAO Zhipeng, ZHANG Huifen, SUN Xuna. A method of fault line selection and fault point location with half-wave DC injection in distribution network[J]. Power System Protection and Control,2013,41(13): 139-145.
- [6] 曾祥君,尹项根,张哲,等. 零序导纳法馈线接地保护的研究[J]. 中国电机工程学报,2001,21(4):5-10.  
ZENG Xiangjun, YIN Xianggen, ZHANG Zhe, et al. Study on feeder grounding fault protection based on zero sequence admittance[J]. Proceedings of the CSEE, 2001,21(4):5-10.
- [7] 朱涛. 基于SCADA系统的小电流接地故障选线方法研究[J]. 电力系统保护与控制,2019,47(13):141-147.  
ZHU Tao. Fault line selecting method in non-solidly-earthed network based on SCADA system[J]. Power System Protection and Control,2019,47(13):141-147.
- [8] 李斌,束洪春. 谐振接地系统单相接地故障瞬时功率分析[J]. 电网技术,2012,36(7):260-268.

LI Bin, SHU Hongchun. Analysis on instantaneous power during single-phase earth fault occurred in resonant grounded system[J]. Power System Technology, 2012,36(7): 260-268.

- [9] 杨新伟,郭彩霞. 基于主频零序功率的配电网故障选线新方法[J]. 河南师范大学学报:自然科学版,2016,44(5):33-37.  
YANG Xinwei, GUO Caixia. A new method of fault line selection for distribution on network based on zero sequence power of the main frequency [J]. Journal of Henan Normal University: Natural Science Edition, 2016,44(5): 33-37.
- [10] 黄宇浩,陈豪威,周佳铭,等. 基于暂态零序电流频谱灰关联分析的谐振接地系统故障选线方法[J]. 电力科学与技术学报,2017,32(3):69-74.  
HUANG Yuhao, CHEN Haowei, ZHOU Jiaming, et al. Faulty feeder detection using grey relation analysis of transient zero-sequence current spectrum in resonant grounding system[J]. Journal of Electric Power Science and Technology,2017,32(3):69-74.
- [11] 李雪云,刘青,李丽英. 基于单端行波法的配电网混合线路波头组合式故障测距方法[J]. 华北电力大学学报:自然科学版,2014,41(5):55-61.  
LI Xueyun, LIU Qing, LI Yingli. Based on single-ended traveling wave a head combined fault location method about distribution network the hybrid[J]. Journal of North China Electric Power University: Natural Science Edition,2014,41(5):55-61.
- [12] 梁睿,靳征,刘建华. 基于故障特征频率的单端行波测距新方法[J]. 电力系统保护与控制,2013,41(15):7-13.  
LIANG Rui, JIN Zheng, LIU Jianhua. A new single-ended traveling waves fault location method based on characteristic frequency[J]. Power System Protection and Control,2013,41(15):7-13.
- [13] 张帆,潘贞存,张慧芬,等. 基于零序电流暂态极大值的小电流接地选线新判据[J]. 电力系统自动化,2006,30(4):45-48.  
ZHANG Fan, PAN Zhencun, ZHANG Huifen, et al. New criterion of fault line selection in non-solidly earthed network based on the maximum of zero sequence transient current [J]. Automation of Electric Power Systems,2006,30(4): 45-48.
- [14] 薛永端,徐丙垠,李天友,等. 配网自动化系统小电流接地故障暂态定位技术[J]. 电力自动化设备,2013,33(12):27-32.  
XUE Yongduan, XU Bingyin, LI Tianyou, et al. small current grounding fault location based on transient signals of distribution automation system [J]. Electric Power Automation Equipment,2013,33(12):27-32.