

中性点不接地系统单相接地故障零序电流分析

王德江, 梁清华, 王晓明

(辽宁工学院, 辽宁 锦州 121001)

摘要: 对中性点不接地系统单相接地时零序暂态电流和零序全相电流特性进行分析。指出采用零序暂态电流选线时, 由于存在无暂态过程的情况, 因此有局限性; 而采用零序基波电流选线, 则必须在同一周波内完成采样, 尽量增加采样点数, 并在同一时刻精确测量对应采样点的量值。

关键词: 暂态电流; 基波电流; 故障选线

中图分类号: TM77 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-4897(2003)01-0045-02

1 引言

小电流接地系统单相接地故障选线至今仍然是配电自动化的一个重要研究课题。根据单相接地时出现的区别于正常运行时的物理现象, 国内外专家提出各种各样的故障选线方法。如采用零序基波或谐波电流的大小和方向进行故障选线, 采用暂态电流故障选线, 采用负序电流故障选线, 等等。这些方法各有其优缺点, 需要进一步研究和完善。本文通过对中性点不接地系统单相接地时零序暂态电流和零序全电流的分析, 指出在中性点不接地系统中采用零序暂态电流故障选线的局限性和采用零序基波电流故障选线应注意的问题。

2 零序等效电路和零序电流表达式

中性点不接地系统单相接地时 $3I_0$ 回路等效电路如图 1 所示。 C_n 为第 n 条线路的相对地等效电容, R 为接地过渡电阻。由于线路相对地等效电阻值远大于相对地等效容抗值, 故忽略不计。 $u = U_m \sin(\omega t + \phi)$ 是故障相电源电压。当发生单相接地故障时, 相当于图 1 的零状态响应。

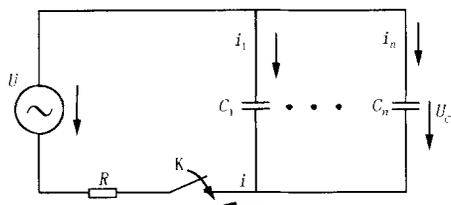


图 1. 中性点不接地系统单相接地时 $3I_0$ 回路等效电路

Fig 1. The equaling circuit of $3I_0$ at the state of single-phase grounding in electric power system with neutral point not grounding

根据克希荷夫电压定律, 列出 $t = 0$ 图 1 电路中电压和电流的微分过程。

$$U_m \sin(\omega t + \phi) = RC \frac{du_c}{dt} + u_c \quad (1)$$

$$i = C \frac{du_c}{dt} \quad (2)$$

$$i_n = C_n \frac{du_c}{dt} \quad (3)$$

式中 $C = \sum_{n=1}^N C_n$, N 是线路的条数。

解式(1)得

$$u_c(t) = \frac{U_m}{1 + R^2 C^2 \omega^2} [\sin(\omega t + \phi) - RC \cos(\omega t + \phi) + \frac{U_m}{1 + R^2 C^2 \omega^2} (RC \cos \phi - \sin \phi) e^{-\frac{t}{RC}}]$$

解式(2)得

$$i = i_1 + i_2 = \frac{C U_m}{1 + R^2 C^2 \omega^2} [\cos(\omega t + \phi) + RC \sin(\omega t + \phi) + \frac{U_m}{R(1 + R^2 C^2 \omega^2)} (\sin \phi - RC \cos \phi) e^{-\frac{t}{RC}}] + \frac{C U_m}{\sqrt{1 + R^2 C^2 \omega^2}} \sin(\omega t + \phi + \phi) + \frac{U_m}{R(1 + R^2 C^2 \omega^2)} (\sin \phi - RC \cos \phi) e^{-\frac{t}{RC}} \quad (4)$$

$$\phi = \sin^{-1} \frac{1}{\sqrt{1 + R^2 C^2 \omega^2}}$$

式(4)中第一项是流过接地导线中的稳态分量; 第二项是流过接地导线中的暂态分量; 两项之和是流过接地导线的全电流。

解式(3)得

$$i_n = i_n + i_n = \frac{C_n U_m}{1 + R^2 C^2 \omega^2} [\cos(\omega t + \phi) +$$

$$\begin{aligned}
 & RC \sin(\omega t + \phi) + \frac{C_n U_m}{RC(1 + R^2 C^2)} (\sin \\
 & - RC \cos \omega t) e^{-\frac{t}{RC}} = \frac{C_n U_m}{\sqrt{1 + R^2 C^2}} \sin(\omega t + \\
 & + \phi) + \frac{C_n U_m}{RC(1 + R^2 C^2)} (\sin \omega t - \\
 & RC \cos \omega t) e^{-\frac{t}{RC}} \quad (5) \\
 & \phi = \sin^{-1} \frac{1}{\sqrt{1 + R^2 C^2}}
 \end{aligned}$$

式(5)中第一项是流过第 n 条线路的稳态分量;第二项是流过第 n 条线路的暂态分量;两项之和是流过第 n 条线路的全电流。

3 零序电流特性分析

在配电网中,当发生单相接地故障时, R 、 C 、 C_n 、 R 有确定的数值,式(4)和式(5)中的两项都是时间 t 的函数,具有以下特性。

3.1 零序暂态电流

把式(4)和式(5)中的暂态分量加以比较,只有系数相差 C_n/C 倍,因此,可以比较健全线路与接地导线中零序暂态电流的大小和方向进行故障选线。当 $\sin \omega t - RC \cos \omega t = 0$ 时,即 $\omega t = \arctan(RC)$ 时,暂态分量 $i = i_n = 0$,无暂态过程,因此,在中性点不接地系统中采用零序暂态电流选择故障线路是有局限性的。

3.2 零序全电流

把式(4)和式(5)中的稳态分量加以比较,只有系数相差 C_n/C 倍,暂态分量也是这样。因此,流过健全线路和接地导线的零序全电流,其波形相同,同一时间电流值不同(相差 C_n/C 倍)和方向不同(若前者从母线流向线路,后者就从线路流向母线)。当采用零序基波电流的大小进行故障选线时,在单相

接地初期($t < 3RC$),为了排除暂态分量对选线准确率的影响,健全线路和接地导线必须在同一周波内完成采样,采样点数尽量多,并保证对应采样点的采样时间(或相位)相同。 $t > 3RC$ 时,暂态电流衰减到 5% 以下,可以认为进入稳态。当 $\omega t = \arctan RC$ 时,无暂态过程,立即进入稳态。实际上,在接地过程中接地电阻 R 不是固定不变的,当 R 变化时,系统又进入新的暂态过程。因此,采用零序基波电流的大小进行故障选线,多数情况下是对零序全电流进行采样,否则,选线装置必须能够有效的提取零序基波分量。

4 结论

根据以上理论分析,得出如下结论。

(1) 在中性点不接地系统中,可以采用零序暂态电流的大小和方向作为故障选线的判据,但有局限性。

(2) 在中性点不接地系统中,当采用零序基波电流的大小作为故障选线判据时,为了提高选线的准确率,必须在同一周波内完成采样、尽量增加采样点数、并在同一时刻精确测量对应采样点的量值,这些都是非常重要的。

参考文献:

- [1] 华北电业管理局. 电力工程电工手册第二分册[Z]. 北京:水力电力出版社,1991.
- [2] 曾祥君,等. 配电网接地故障零序电流分布及接地保护原理研究[J]. 中国电机工程学报,2001,21(6):84-85.

收稿日期: 2002-04-22

作者简介:

王德江(1948-),男,教授,主要研究方向为小电流接地系统的故障识别和配电自动化。

Analysis about zero sequence current during single-phase grounding fault in power system whose neutral point does not connect to the ground

WANG De-jiang, LIANG Qing-hua, WANG Xiao-ming
(Liaoning Institute of Technology, Jinzhou, 121001, China)

Abstract: By analysing the zero sequence transient current and zero sequence total current during singlephase grounding fault in power system whose neutral point does not connect to the ground, the limitation of using zero sequence transient current line selection and the question which should be noted when using zero sequence elementary wave current line selection are pointed out.

Key words: transient current; elementary wave current; breakdown line selection