

基波电流注入法实现的单相接地选线

张朝平, 周有庆, 王娜

(湖南大学电气与信息工程学院, 湖南 长沙 410012)

摘要: 由于网络结构、天气变化以及补偿装置的投入等因素, 致使小电流接地系统的单相接地选线变得特别复杂, 提出了一个通过接地变或消弧线圈副绕组注入一个基波电流信号的方法, 使接地线路得到的零序电流恒定, 使零序过流判据生效, 解决了接地选线正确性低的难题。

关键词: 接地选线; 小电流接地系统; 信号注入法

中图分类号: TM77 **文献标识码:** B **文章编号:** 1003-4897(2006)09-0070-03

0 引言

我国 6 ~ 35 kV 高压供电网络是小电流接地系统, 在小电流接地系统中发生单相接地时, 由于故障点的电流很小, 而且三项之间的线电压仍然保持对称, 对负荷的供电没有影响, 因此, 在一般情况下, 允许继续运行 1 - 2 h。但一相接地后使其他相对地电压提高了 $\sqrt{3}$ 倍, 高压用电设备的绝缘水平受到严重威胁, 电网的运行安全受到严重威胁。单相接地故障也需及时排除。

目前, 高等院校和相关企业也都相继推出了不少小电流接地选线的产品, 有零序电流比幅法、零序功率方向法、零序导纳法、五次谐波电流法、有功分量法、高频信号注入法等方法, 这些方法在相应的网络结构下起到了一定的作用, 但由于网络结构的变化天气的变化, 特别是消弧线圈的引入等因素的影响, 致使这些方法时常失效。导致这些方法失效的主要原因是零序电流过小, 且随网络结构的变化而变化, 定量分析难以奏效。本文提出了一个基波电流注入法实现单相接地判断, 使算法启动的短暂时刻, 接地回路有一个大小较为恒定的基波零序电流, 使接地选线算法真正奏效。

1 原理概述

无论是零序方向还是五次谐波判据, 判断不准的根本原因是因为零序电流过小, 并且在不同的时间, 由于网络结构和天气的变化等因素, 零序电流大小不一, 特别是引入消弧线圈后, 基波零序电流被补偿掉, 零序方向几乎失灵。本方案的核心是在单相接地后, 注入一个大小已知的基波电流, 使安装在各个回路的零序过流保护装置依据注入的基波电流值

而发出接地告警信号或动作于跳闸。该方案的实现原理接线图如图 1 所示。

a 如图 1 所示, 在消弧线圈上加装副绕组, 在副绕组上接由微机控制的零序电流发生器, 该电流发生器相对于零序电压的相位和大小均可设定。

b 当发生单相接地时, 微机控制器根据测得的 $3I_0$ 大小, 按照已设定好的过补偿度控制电流发生器产生补偿电流。

c 当补偿达到设定值后, 再继续产生感性电流至使安装在接地回路上的零序过流保护发出接地告警, 或切除接地故障。该过补偿电流值就是基波电流注入值。

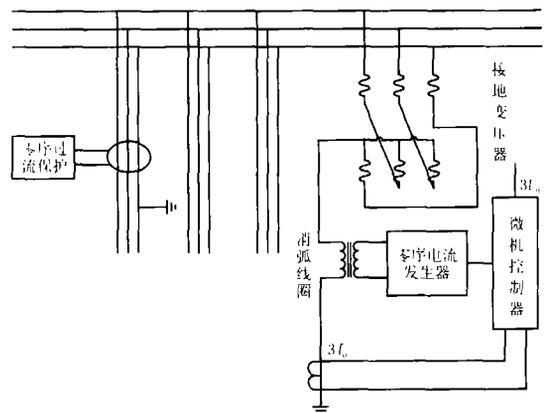


图 1 基波电流注入法的实现原理接线图

Fig 1 Realization of fundamental wave current injection

该原理与以往的特殊信号注入法及残余电流增量法不同。特殊信号注入法注入的是一种特殊波形的信号, 各回路需要外加一套新的检测系统来判断接地回路。残余电流增量法也是一种零序电流注入法, 但他的可调度较小, 不太容易与分布在各个回路的零序电流保护配合。而本文提出的方法, 注入的

基波电流调节范围宽,有很大的可控性,可以根据现场的网络状况调节注入的电流大小,可以与现有的分布在各回路的零序电流保护配合来实现接地选线。

2 经消弧线圈接地系统接地电流分析

小电流接地系统,在发生单相接地时的电容电流分布情况如图 2 所示。

在 K 断开,即消弧线圈不投入的情况下,非故障线路 I 始端感受的零序电流为:

$$3I_{0I} = I_{A1} + I_{B1} + I_{C1} = I_{B1} + I_{C1} \quad (1)$$

$$I_{B1} = \sqrt{3}U_A e^{-j150^\circ} \quad (2)$$

$$I_{C1} = \sqrt{3}U_A e^{j150^\circ} \quad (3)$$

有效值为:

$$I_{B1} = I_{C1} = \sqrt{3}U_\phi C_{0I} \quad (4)$$

$$3I_{0I} = 3U_\phi C_{0I} \quad (5)$$

零序电流为线路 I 本身的电容电流,电容性无功功率的方向为由母线流向线路,该结论可适用于每条非故障线路。

同理,接地变的零序电流为接地变本身的电容电流,其方向为由母线流向接地变,这个特点与非接地线路一样。

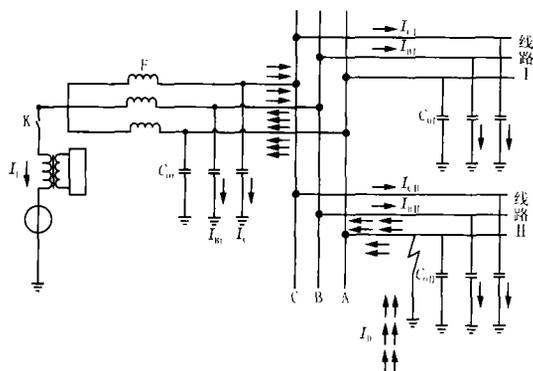


图 2 单相接地时的电容电流分布图

Fig 2 Capacitive current distribution of single-phase grounding

故障线路 II 接地点电流为:

$$I_0 = (I_{B1} + I_{C1}) + (I_{BH} + I_{CH}) + (I_{BF} + I_{CF}) \quad (6)$$

有效值为:

$$I_0 = 3U_\phi (C_{0I} + C_{0II} + C_{0f}) = 3U_\phi C_{0\Sigma} \quad (7)$$

式中的 $C_{0\Sigma}$ 为全系统每相对地电容的总和。此电流要从 A 相流回去,因此从 A 相流出的电流可表示为: $I_{AII} = -I_0$, 这样在线路 II 始端所流过的零序电流则为:

$$3I_{0II} = I_{AH} + I_{BH} + I_{CH} = -(I_{B1} + I_{C1} + I_{Bf} + I_{Cf}) \quad (8)$$

其有效值为:

$$3I_{0II} = 3U_\phi (C_{0\Sigma} - C_{0II}) = \sum 3I_{0CH} \quad (9)$$

$3I_{0CH}$ 是非接地线路零序电流之和。

由此可见,由故障线路流向母线的零序电流,其数值等于全系统非故障元件对地电容电流之总和(但不包括故障线路本身),其电容性无功功率的方向为由线路流向母线,恰好与非故障线路上的相反。

图 2 中,将 K 合上,即在中性点接入消弧线圈 L ,则此时单相接地的电流分布将发生变化,相应的零序等效网络图如图 3 所示,向量图如图 4 所示。

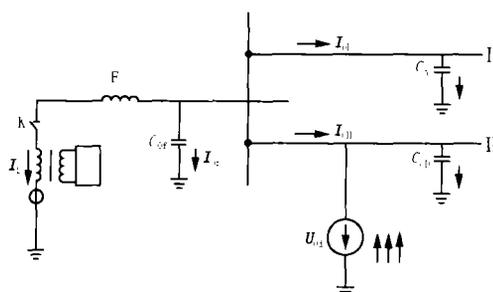


图 3 零序网络图

Fig 3 Network of zero-sequence current

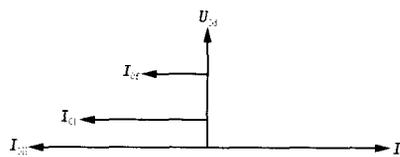


图 4 向量图

Fig 4 Vector diagram

此时非故障线路 I 首端流过的零序电流仍为本身电容电流,其有效值为 $3I_{0I} = 3U_\phi C_{0I}$

当线路 II 上 A 相接地以后,电容电流大小和分布与不接消弧线圈时是一样的,不同之处是在接地点又增加了一感性电流 I_L ,因此,接地点电流为:

$$I_0 = I_L + I_{C\Sigma} \quad (10)$$

$I_{C\Sigma}$ 为接地点的容性电流,是式 (6) 的 I_0 ,故障线路的零序电流为:

$$\begin{aligned} 3I_{0II} &= I_{AII} + I_{BH} + I_{CH} = -I_0 + I_{BH} + I_{CH} = \\ &= -[I_L + I_{C\Sigma}] + I_{BH} + I_{CH} = \\ &= -[I_L + I_{B1} + I_{C1} + I_{Bf} + I_{Cf}] \end{aligned} \quad (11)$$

其有效值为:

$$3I_{0II} = 3U_\phi (C_{0\Sigma} - C_{0II}) - I_L = 3I_{0CN} - I_L \quad (12)$$

$3I_{0CN} = I_L$ 时,为全补偿 $I_s = I_L - 3I_{0CH}$ 。

令 $I_s > 0$,则 I_s 被称作注入的基波电流。

因为采用过补偿方式,流经故障线路的零序电流将大于本身的电容电流,即 $3U_\phi (C_{0\Sigma} - C_{0II}) - I_L$

<0 ,单相接地后其故障线路电容性无功功率的实际方向仍然是由母线流向线路,和非故障线路的方向一样,因此,在这种情况下,无法利用零序方向的差别来判别故障线路,但由于注入的零序电流大小已知,是一个设定值,故可以利用零序电流的大小来找出故障线路。

3 注入的基波电流的设定

注入的基波电流有两个设定值,一个是电流大小,另一个是电流持续时间,基波电流设定值按躲过各回路中最大不平衡电流设定。在实际应用中,该不平衡电流值不易测定,一般按小于规程允许的最大过补偿电流设定,如设定为 $5 A$ 。

注入的基波电流持续时间,主要用于与各回路零序过流保护配合,一般以躲过瞬时接地持续时间为准,一般设定为 $1 s$ 。

4 零序过流保护定值的设定

零序过流保护的设定值有两个:一个电流定值,一个时间定值。

零序过流保护的動作条件:

$$3U_0 \quad 3U; \quad 3I_0 \quad 3I$$

$3U_{0set}$ 是零序电压整定值,它作为启动量参与运算,其定值按躲过最大不平衡电压整定,一般整定为 $30 V$ 。

t_{se} 是延时时间定值,一般按躲过瞬时接地持续时间整定,但必须小于注入基波电流的持续时间,如设定为 $500 ms$ 。

$3I_{0set}$ 为 $3I_0$ 的定值,该定值要与注入的基波电流值相配合,一般按注入的零序电流的 0.8 倍整定。

5 结论

在单相接地故障时,通过消弧线圈副绕组注入

感性电流的方法,使接地回路的零序过流保护可靠地判断出接地线路,解决了以往由于接地零序电流小,使零序过流保护不易正确动作的难题。注入的电流不大,持续时间短,不会给电网造成坏的影响。该方法可以应用于经消弧线圈接地的场所。

参考文献:

- [1] 要焕年,曹梅月. 电力系统谐振接地 [M]. 北京:中国电力出版社,2000.
YAO Huan-nian, CAO Mei-yue. Resonance Earthing of Electric Power System [M]. Beijing: China Electric Power Press, 2000.
- [2] 龚静,周有庆,王娜,等. 谐振接地系统单相接地故障选线新方法 [J]. 广西水利水电, 2003, (3): 69-73.
GONG Jing, ZHOU You-qing, WANG Na, et al. The New Method of Single-phase Earthing Line Selection in Resonance Earthing System [J]. Guangxi Water and Electricity, 2003, (3): 69-73.
- [3] 张小亮. 小电流接地系统单相接地机理分析 [J]. 广东电力, 1998, 11 (3): 20-25.
ZHANG Xiao-liang. Analysis of the Principle of Single-phase Earthing in Small Current Earthing System [J]. Guangdong Power, 1998, 11 (3): 20-25.

收稿日期: 2005-10-21; 修回日期: 2006-02-20

作者简介:

张朝平 (1967 -),男,硕士研究生,长期从事电力系统自动化技术与产品开发工作; E-mail: zchp@public.zz.ha.cn

周有庆 (1946 -),男,教授,博士生导师,长期从事继电保护、电力系统自动化及输变电新技术新技术的教学与研究;

王娜 (1981 -),女,硕士研究生,从事电力系统自动化技术与教学。

Single-phase earthing line selection based on first-harmonic current injection

ZHANG Chao-ping, ZHOU You-qing, WANG Na

(College of Electrical and Information Engineering, Hunan University, Changsha 410082, China)

Abstract: Because of the influence of network structure, climate and introduction of compensating equipment, the single-phase earthing line selection of system with ungrounded neutral became more complicated. In this paper, the grounded zero sequence current is to be constant through first-harmonic current injection with earthing transformer or auxiliary winding of arc suppression coil. Through first-harmonic current injection, the criterion of zero sequence overcurrent becomes effective to solve the difficult problem of the low correctness of earthing line selection.

Key words: earthing line selection; power system with neutral ungrounded; signal injection method