由两次区外故障谈定子接地保护定值的校核

刘金涛[1], 毕大强[2], 齐军[1], 任春宇[1]
(1. 河北衡丰发电有限公司, 河北 衡水 053000; 2. 清华大学电机系, 北京 100084)

摘要: 基波零序电压型定子接地保护作为发电机的重要保护之一, 构成原理简单, 整定方便。但是继电保护整定导则中有关于对定子接地保护的校核要求阐述的比较模糊, 不利于现场的保护整定。该文结合两次区外故障引起发电机定子接地保护误动的分析, 阐述了发电机定子接地保护中基波零序电压定值校核的必要性和方法。

关键词: 发电机; 定子接地; 整定; 校核

中图分类号: TM772 **文献标识码**: B **文章编号**: 1003-4897(2005)21-0018-03

0 引言

基波零序电压型定子接地保护作为发电机的重要保护, 构成原理简单, 但是从现场运行情况看, 动作的可靠性有待提高。随着单机容量的不断增大, 对机组稳定运行要求的提高, 同时机组非正常停损失的增大, 现场运行的定值不断提高, 甚至将定子接地(基波)保护改投信号。

按照《大型发电机变压器继电保护整定计算导则》的要求: 定子接地(基波)保护动作电压按躲过正常运行中性点电压互感器或机端电压互感器开口三角绕组最大不平衡电压整定, 应校核系统高压侧接地短路时, 通过升压变压器高低压绕组间每相耦合电容 C_M 传递到发电机侧的零序电压 U_{G0} 的大小。

下面通过两次发变组外部系统接地故障事例, 来说明传递电压对保护的影响以及保护定值校核的原则和方法。

1 典型事例

电厂电气接线基本简介: 发电机容量 300 MW; 单元接线; 高厂变分裂绕组、接线方式 D, yn1 - yn1。厂用电为 6 kV系统; 主变接线方式 YN - d11, 主变高压侧接 220 kV系统。

基波定子接地保护定值为 5 V, 延时 5 s动作, 动作于跳闸, 电压取自发电机中性点消弧线圈二次侧。

1.1 6 kV系统单相接地引起定子接地保护动作

2002年某日, 河北衡丰发电有限公司 300 MW发电机定子接地保护动作跳闸, 跳闸之前, 同时发出"高厂变低压 A分支零序过流"、"6 kV1A段接地"、"6 kV01A段接地"信号。

机组停运后, 对发变组进行绝缘检查正常。针对跳机之前的零序过流信号、接地信号及录波图分析, 对 6 kV设备进行检查, 发现一负荷电动机接地。

从二次录波图分析(见图 1)在保护启动时刻, 6 kV母线电压 U_A、U_B 升高, U_C 降低, 6 kV系统发生了 C相接地, 同时发电机定子绕组零序电压 $3U_0$ 升高。在发电机跳闸后, 6 kV1A段工作母线自投到起备变, 发电机零序电压恢复正常。机组停运后, 锅炉联锁动作, 跳开负荷设备, 6 kV电压恢复正常(见图 2)。在这个过程中, 发电机零序电压达到保护动作值(5.6 V), 延时 5 s后跳闸。

初步判断为负荷电动机接地后, 6 kV系统产生的零序电压是定子接地保护动作的原因。并在进行的模拟试验中得到验证。

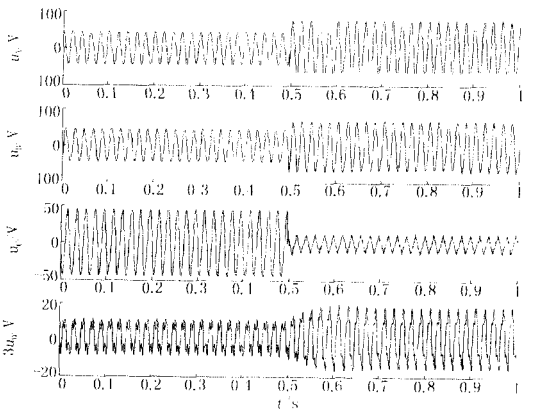

图 1 6 kV系统 C相接地故障录波图

Fig 1 Recorded waveforms of phase C grounded fault in 6 kV power system

1.2 220 kV系统单相接地引起零序电压升高

2004年某日 220 kV系统发生 A相单相接地, 相关保护装置正确动作, 快速切除故障点, 同时系统

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

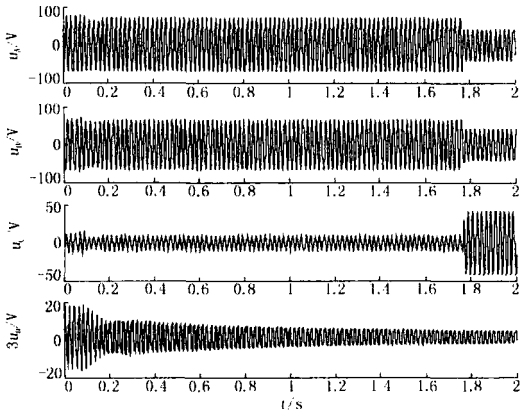

图 2　发电机定子接地保护动作跳闸时录波图

Fig 2　Recorded waveforms when ground fault protection operating to trip generator

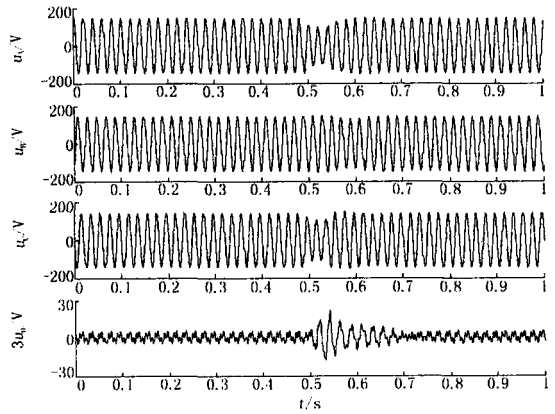

图 3　1号发电机端电压和零序电压录波图

Fig 3　Recorded waveforms of the terminal voltages and zero-sequence voltage of generator #1

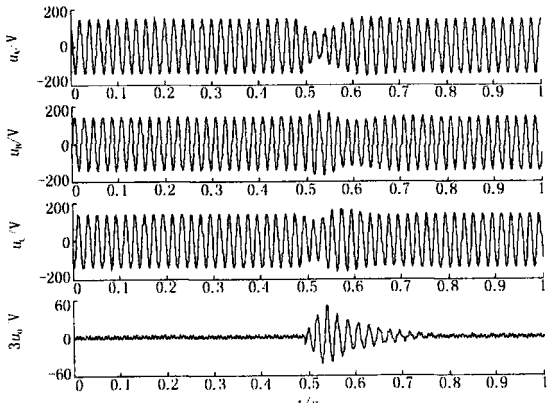

图 4　2号发电机端电压和零序电压录波图

Fig 4　Recorded waveforms of the terminal voltages and zero-sequence voltage of generator #2

零序电压传递到正在运行的发电机,发电机感受到很高的零序电压,如图 3、4中是发电机机端各相电压和零序电压的录波。一号机基波零序电压最大值 12.4 V,二号机基波零序电压最大值 31.98 V。两台发电机感受到的零序电压幅值远远超过定子接地保护电压定值。

2　零序电压分析

主变和高厂变的 20 kV侧三角形接线,零序电流不能流到发电机系统。导致定子接地保护动作(启动)的原因是 6 kV(220 kV)系统零序电压通过变压器高低压侧耦合电容的传递过电压。传递电压的等效电路如图 5所示。

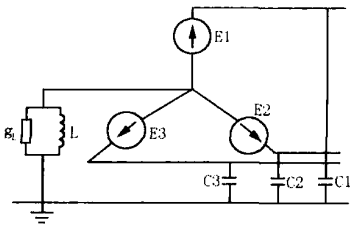

图 5　传递电压分析

Fig 5　Analysis of delivering voltage

图 5中:U_{L0}为 6 kV(或 220 kV)单相接地后产生的零序电压;C_Σ为发电机及所有连接元件三相对地电容;U_{G0}为发电机的零序电压。

传递过电压的计算公式如下:

$$U_{G0} = BU_{L0}$$

式中:$B = \dfrac{C'_M}{2C'_M + (C_\Sigma)(1 - 1/K)}$;$C'_M$为高厂变高低压绕组间耦合电容的 1/2;$K$为补偿系数,$K = \dfrac{\omega L}{3\omega(C_G + C_T)}$;$C_G$为发电机对地电容;$C_T$为连接元件每相对地电容。

可以看出,传递到发电机的零序电压实质就是发电机对地电容与消弧线圈并联后与主变或高厂变(包含接地电阻)耦合电容的分压。而消弧线圈的感抗越接近发电机的对地总容抗,传递到发电机的零序电压越大。同时为了取得较好的补偿效果,降低定子接地电流对铁芯的损伤,消弧线圈的感抗接近发电机的对地总容抗,并联支路呈现较大电抗,电压将大部分降落到并联支路。此时发电机的传递过电压将造成定子接地的假象,影响定子接地保护正确判断。

另外,从 6 kV系统接地的录波图可以看出,导致保护动作的零序电压由发电机正常运行时的中性点位移电压与传递电压两部分组成。

位移电压分析:在定子线圈感应电势相同的情

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

况下,图 6中发电机正常进行时系统等效电路中,当发电机三相对地电容不相等 $C_1 \neq C_2 \neq C_3$,可以得出无消弧线圈时由于三相对地电容不相等而产生的中性点位移电压 U_{0n}。

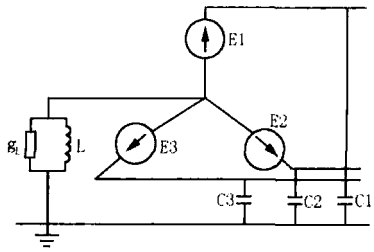

图 6 正常运行时发电机三相电路

Fig. 6 Three phase electrical circuit of generator in normal condition

$$\sum_{i=1}^{3}(U_{0n} + E_i)(j\omega C_i) = 0$$

由此可得

$$U_{0n} = -K_{c0}E_i$$

$$K_{c0} = \frac{C_1 + aC_2 + a2C_3}{3C_0},\ 3C_0 = C_1 + C_2 + C_3$$

根据图 6中的发电机的等效电路,可计算接入消弧线圈后中性点电压 U_0,得

$$U_0 = \frac{U_{0n}}{v_c - jd}$$

其幅值为: $U_0 = \frac{U_{0n}}{\sqrt{v_c^2 + d^2}} = \frac{K_{C0}E_{ph}}{\sqrt{v_c^2 + d^2}} = \frac{K_{c0}E_{ph}}{\sqrt{(1-1/K)^2 + d^2}}$ 及 $v_c = 1 - \frac{1}{3\omega^2 LC_0}$, $d = \frac{g_L}{3\omega C_0}$

式中: v_c 为脱谐度; d 为阻尼系数; E_{ph} 为发电机每相电动势; K_{c0} 为不平衡系数; C_1、C_2、C_3 为发电机每相对地电容; K 为补偿系数。

从上式可以看出,经消弧线圈接地补偿系统的中性点位移电压 U_0 与由发电机系统对地电容的大小、不对称程度以及消弧线圈参数相关,这已为试验证实。

3 结论

发变组系统以外的接地故障,能引起明显的发电机零序电压升高,为防止此时定子接地保护误动,应分别根据上述两种故障情况进行校核,对 6 kV系统的接地故障,因为接地时零序电压低,传递电压较低,通过调整电压定值,保证躲过传递电压值,对于主变高压侧系统的接地故障,由于接地时零序电压高,传递电压高,如果提高电压值,保护灵敏度将大大降低,可通过调整保护动作延时,使延时大于系统侧后备保护动作时间,保证系统保护先动作切除故障,防止定子接地保护误动。

对于厂用 6 kV系统接地故障引起的传递电压,计算时要实测厂用变压器每相高低压绕组间的耦合电容、发电机相对地电容、发电机联结元件相对地电容、变压器相对地电容、消弧线圈电抗等参数,同时测量参数的误差因素较多,部分参数无法在现场准确测量,理论计算值往往误差较大,除了测量参数与计算中的综合误差外,接地过程中由于破坏了原来的系统电容分布,电容不平衡引起的中性点位移电压会叠加在传递电压上,使零序电压进一步升高,因此对定值的校核可采用模拟试验的方法来进行,6 kV系统为小接地系统,接地试验不仅是必要的而且是安全的。

消弧线圈参数不仅影响定子接地电流值,而且关系到传递电压大小,合理配置其参数,对减小定子接地时铁芯损伤以及在保证较高保护灵敏度前提下,防止保护在区外故障时误动,意义重大。与机组安全运行相关的一次设备参数以及一次设备参数与二次设备性能的配合也应成为定子接地保护校核的内容。

参考文献:

[1] 王维俭. 发电机变压器继电保护应用 [M]. 北京: 中国电力出版社, 1996.
WANG Wei-jian. Application of Relay Protection on Generator and Transformer [M]. Beijing: China Electric Power Press, 1996.

[2] 王维俭, 毕大强. 防止高压厂用变压器低压侧单相接地造成发电机单相接地保护误动 [J]. 电力自动化设备, 2001, 21(9): 1-3.
WANG Wei-jian, BI Da-qiang. Preventing the Generator Stator Ground Protection from Maloperation Caused by the Secondary Ground Fault of High Voltage Station Transformer [J]. Electric Power Automation Equipment, 2001, 21(9): 1-3.

收稿日期: 2005-07-25

作者简介:

刘金涛 (1973 -),男,本科,工程师,长期从事继电保护试验工作; E-mail: Wei437302@sohu.com

毕大强 (1973 -),男,博士,主要从事电气主设备继电保护理论研究工作;

齐 军 (1968 -),男,本科,高级工程师,主要从事继电保护监督及整定计算工作。

(下转第 64页 continued on page 64)

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

(7): 40-44.

[17] 周玲,王兴念,丁晓群,等. 基因/禁忌组合算法在配电网网架优化规划中的应用[J]. 电网技术, 1999, 23(9): 35-37.
ZHOU Ling, WANG Xing-nian, DING Xiao-qun, et al. Application of Genetic Algorithm/Tabu Search Combination Algorithm in Distribution Network Structure Planning [J]. Power System Technology, 1999, 23(9): 35-37.

[18] 倪秋龙,黄民翔. 基于支路交换的模拟退火算法在配电网规划中的应用[J]. 电力系统及其自动化学报, 2000, 12(4): 31-35.
NI Qiu-long, HUANG Min-xiang. Power Distribution System Planning Using Branch Exchange Based Simulative Annealing Algorithm [J]. Proceedings of the EPSA, 2000, 12(4): 31-35.

[19] 王志刚,杨丽徙,陈根永. 基于蚁群算法的配电网网架优化规划方法[J]. 电力系统及其自动化学报, 2002, 14(6): 73-76.
WANG Zhi-gang, YANG Li-xi, CHEN Gen-yong. Ant Colony Algorithm for Distirbution Network Planning [J]. Proceedings of the EPSA, 2002, 14(6): 73-76.

[20] 赵强,敬东,李正. 蚁群算法在配电网规划中的应用[J]. 电力自动化设备, 2003, 23(2): 52-54.
ZHAO Qiang, JING Dong, LI Zheng. Application of Ant Colony Algorithm for Distribution System Planning [J]. Electric Power Automation Equipment, 2003, 23(2): 52-54.

收稿日期: 2005-03-23; **修回日期**: 2005-04-11

作者简介:

王同文 (1981 -),男,硕士研究生,研究方向为电力系统分析运行与控制; E-mail: wtwen@xinhuanet.com

许文格 (1967 -),男,主要研究方向为中低压配网规划、设计和工程管理;

管 霖 (1970 -),女,博士,副教授,主要研究方向包括人工智能在电力系统的应用、电力系统安全分析与控制等。

Methods for optimal programming of the electric power grid structure

WANG Tong-wen[1], XU Wen-ge[2], GUAN Lin[1]
(1. Electric Power College, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China;
2. Qingxi Power Supply Company, Dongguan 523640, China)

Abstract: Structure optimization of the electric power grid is a multi-target, multi-step, discrete, nonlinear and constrained hybrid integral programming problem. Traditional optimal algorithms are usually incapable of solving the problem and the artificial intelligence (AI) based algorithms now become widely accepted in this area. This paper introduces the recent research progress obtained around the world in the domain of power grid optimal programming. Because of the quite different features in structures of the transmission power grid and the 10kV & 380V distribution network, the choice of mathematical models as well as the enhancement in the AI based optimization algorithms are presented and discussed respectively for the programming of these two types of networks. The problems existing in models and algorithms, and the works for further researches are also discussed.

Key words: power system planning; power grid optimization; distribution network; optimization algorithm

(上接第 20页 continued from page 20)

Discussion about settings checking of ground fault protection from two external ground faults

LIU Jin-tao[1], BI Da-qiang[2], QI Jun[1], REN Chun-yu[1]
(1. Hebei Harv Power Generation Co., Ltd, Hengshui 053000, China; 2. Tsinghua University, Beijing 100084, China)

Abstract: As one of important protections, the principle and settings of zero-sequence fundamental voltage protection are simple and easy. However, the requirement of checking ground fault protection is not clearly described in the guide of relay protection setting, it is not benefit to the settings of protection in practice. By analyzing two external faults causing the maloperation of ground fault protection, this paper represents the necessity and method of checking the setting value of zero-sequence fundamental voltage in ground fault protection for generators.

Key words: generator; stator ground fault; setting; checking

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net