

高压电网中性点接地技术探析

邹一琴, 袁 昌

(常州工学院, 江苏 常州 213002)

摘要: 随着变电站等规模的不断扩大, 接地技术已成为电力系统非常关心的问题, 其直接影响到电力系统的安全运行, 结合实际深入探讨了当前高压电力网中性点接地数目对电网的短路电流和电气设备的影响, 最后, 通过实例分析总结出有关中性点接地技术的相关结论。

关键词: 中性点; 接地; 短路电流; 接地技术

Analysis of neutral point grounding technology in high voltage power network

ZOU Yi-qin, YUAN Chang

(Changzhou Institute of Technology, Changzhou 213002, China)

Abstract: The grounding technology in power network is much more concerned as the scale of substations has sharply increased in recent years. The safe operation of electric power system lies on neutral grounding technology. The number of neutral grounding point's influence on short circuit current in high voltage power network and electric equipment is analyzed in detail. Finally, related conclusion in neutral grounding technology is given combined with a project example analysis.

Key words: neutral point; grounding; short circuit current; technique of grounding

中图分类号: TM71 文献标识码: B 文章编号: 1673-3415(2008)15-0088-03

0 引言

中性点接地方式对电力系统的运行十分重要, 是一个涉及到短路电流大小、供电可靠性、过电压大小等许多方面的综合性问题。近年来, 随着变电站规模的不断扩大, 关于中性点接地方式的研究日益普遍。但对于中性点直接接地系统中, 中性点接地数目的不同, 对短路电流、避雷器、断路器及继电保护等会产生哪些影响, 该方面研究较少, 本文就这一问题展开研究, 并提出了解决方案^[1-3]。

1 中性点接地对电网的影响

1.1 短路故障时对短路电流的影响

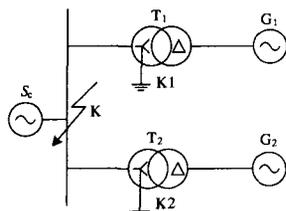


图1 某电力系统图

Fig.1 An electric power system

现以接地数目为2个的电力系统为例来进行分析, 如图1。设该系统变压器中性点经刀闸开关直接接地, 当接地刀闸K1、K2闭合运行过程中k点发生接地短路时, 可得出如图2(a)所示的零序网络; 当K1断开、K2闭合运行中k点发生接地短路时, 零序网络如图2(b)所示。可以比较得出, 接地数目减少, 接地的并联支路减少, 网络零序电抗增大。反之, 网络零序电抗减小。

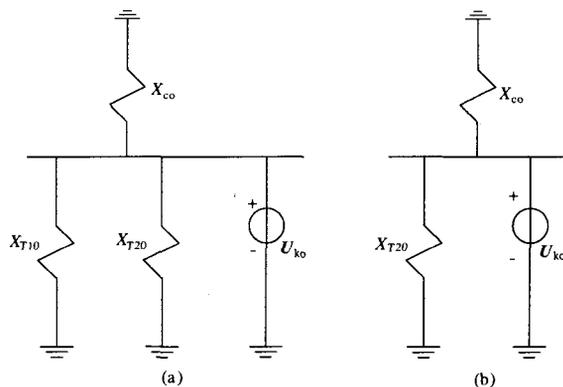


图2 接地短路时的零序网络图

Fig.2 Zero sequence network of short grounding

同理, 当系统接地数目为多个时, 可以得出相同的结论, 即: 当接地数目增多时, 系统发生单相接地, 由于网络零序电抗减小, 正序短路电流 $I_{k1}^{(1)}$ 增大, 短路点故障相短路电流 $I_k^{(1)}$ 增大。如果 $X_{0\Sigma} < X_{1\Sigma}$, 则单相短路电流大于三相短路电流。

1.2 雷击时对避雷设备的影响

中性点直接接地系统发生单相接地故障时, 非故障相对地电压为:

$$\sqrt{3} \frac{\sqrt{X_{1\Sigma}^2 + X_{1\Sigma} X_{0\Sigma} + X_{0\Sigma}^2}}{2X_{1\Sigma} + X_{0\Sigma}} U_\phi \quad (1)$$

设 $K = \frac{X_{1\Sigma}}{X_{0\Sigma}}$, 则有

$$U = \sqrt{3} \frac{\sqrt{K^2 + K + 1}}{2K + 1} U_\phi \quad (2)$$

上式中: 当 $K=1$ 即 $X_{0\Sigma} = X_{1\Sigma}$ 时, $U=U_\phi$; 当 $K<1$ 即 $X_{0\Sigma} > X_{1\Sigma}$ 时, $U>U_\phi$; 当 $K>1$ 即 $X_{0\Sigma} < X_{1\Sigma}$ 时, $U<U_\phi$, 当 $X_{0\Sigma}=\infty$ 时, 系统为小接地电流系统, $U = \sqrt{3}U_\phi$ 。

可见, 当 $X_{0\Sigma} > X_{1\Sigma}$ 时, 单相接地产生过电压, 零序电抗愈大, 过电压数值愈高。实际应用中, 当雷击输电线路, 可能使一相接地, 又使另一相有过电压出现, 使该相避雷器动作, 此时避雷器应可靠熄弧, 切断工频续流^[2]。因此, 避雷器的灭弧电压 $U_{\text{灭}}$ 应大于单相接地电压, 即:

$$U_{\text{灭}} > U \quad (3)$$

若减少中性点接地数目, 发生单相接地时 $X_{0\Sigma}$ 增大, 使避雷器的火花间隙数增多, 其工频放电电压、冲击放电电压增大, 使避雷器保护特性变差。因此, K 值应限制在一定的范围内。

1.3 短路故障时对断路器的影响

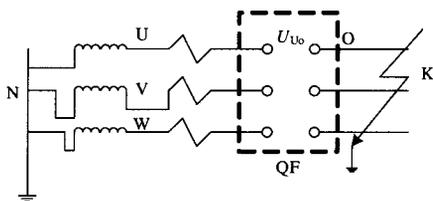


图3 中性点直接接地系统三相接地短路

Fig.3 Three phases short grounding in neutral-point grounding system

某中性点直接接地系统发生三相接地短路时 (如图3所示), 断路器跳闸, 产生电弧, 由于三相电流不同时过零, 灭弧有先后。设 U 相电弧先熄灭, 此时, 加在 U 相断路器两端工频电压为两相接地短路时非故障相对地电压, 其值为:

$$U_{u0} = \frac{3X_{2\Sigma}X_{0\Sigma}}{X_{1\Sigma}X_{2\Sigma} + X_{1\Sigma}X_{0\Sigma} + X_{2\Sigma}X_{0\Sigma}} U_\phi \quad (4)$$

当短路点距电源较远时, 有 $X_{1\Sigma} = X_{2\Sigma}$ 。将式(4)

分子、分母同除以 $X_{1\Sigma}^2$, 得:

$$U_{u0} = \frac{3}{K+2} U_\phi \quad (5)$$

当 $K<1$ 时, U_{u0} 大于 U_ϕ , 即 K 值愈小, U_{u0} 愈

大, 断路器愈难熄弧^[4]。

1.4 对继电保护的影响

对于中性点直接接地系统来讲, 一般均装有反应接地短路的继电保护, 动作于零序电压、零序电流。

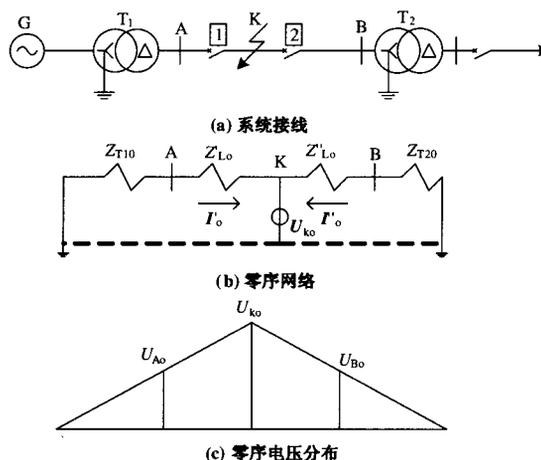


图4 接地短路时的零序等效网络

Fig.4 Zero sequence equivalent network of short grounding

图4(a)为中性点直接接地系统的继电保护设置系统图, 当电力系统发生单相接地短路时, 短路电流的零序等效网络如图4(b), 可以看出, 零序电流可以看成是在故障点出现一个零序电压 U_{k0} 而产生的, 它必须经过变压器接地的中性点构成回路。故障点的零序电压最高为 U_{k0} , 离故障点越远处的零序电压越低, 变压器中性点的零序电压为零, 在变电所A母线上零序电压为 U_{A0} , 变电所B母线上零序电压为 U_{B0} 等^[5,6], 如图5(b)所示。由于零序电流是由 U_{k0} 产生的, 故零序电流的分布, 主要决定于输电线路的零序阻抗和中性点接地变压器的零序阻抗, 而零序阻抗显然和中性点接地数目有关, 当变电所运行方式改变, 虽然零序阻抗和零序等效网络不变, 但电力系统正序阻抗和负序阻抗要随着系统运行方式而变化, 从而间接影响零序分量的大

小。因此当中性点接地数目和电力系统运行方式变化较大时,必须修改继电保护整定值,从而使继电保护更加复杂化。

2 实例分析

目前国内大部分地区电网已进入大机组、超高压、高参数的现代化电网行列,使得配电网越来越复杂密集,因此中性点接地变压器的台数、容量及其分布情况对电网中不同地点的零序电压和零序电流有很大的影响。图5为多电源网络系统,发电厂A和B都有两台变压器,可以采用各一台变压器接地运行,一方面减少了中性点直接接地数目,减小了短路电流对系统的影响;另一方面,当接地的变压器检修或由于其他原因停止运行时,可将另一台变压器接地,以保持变压器中性点接地数目不变,从而保持零序电流的分布基本不变,可满足保护装置简化的要求^[7]。

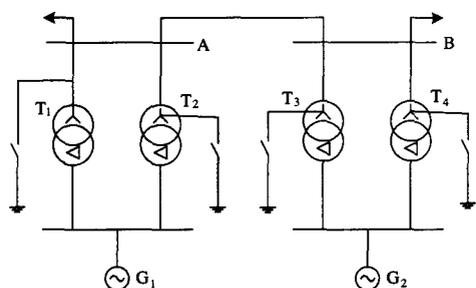


图5 发电厂(变压器)中性点接地示意图

Fig.5 Diagram of neutral-point grounding in power plant(transformer)

3 中性点接地技术总结

(1) 根据运行经验可知,中性点直接接地系统发生单相接地短路的概率为75%左右,三相短路的概率为5%左右^[8],因此可重点考虑单相接地的情况。为避免断路器开断最大短路电流,一般通过减少中性点接地数目,从而减小单相接地短路电流 $I_d^{(1)}$,使其小于三相短路电流 $I_d^{(3)}$ 。当 $K > 1$ 时,可使 $I_d^{(1)} < I_d^{(3)}$ 。一般地, $X_{1\Sigma}$ 较小时, K 取较大值; $X_{1\Sigma}$ 较大时, K 取较小值,一般取 $K > 1.5$ 即可满足要求^[9]。

(2) 选择避雷器时,为改善阀型避雷器的保护特性,其灭弧电压按大于等于 $0.8\sqrt{3}U_\phi$ 设计^[10],为使单相接地时,非故障相电压小于避雷器的灭弧电压,令:

$$U = 0.8\sqrt{3}U_\phi \quad (6)$$

将式(6)代入式(2),可求得 $K=2.5$ 。

因此,一般取 $K=1.5\sim 2.5$,既可满足 $I_d^{(1)} < I_d^{(3)}$,又可以满足阀型避雷器的灭弧要求,同时,根据 K 值大小可确定中性点的数目。

(3) 电力网中中性点接地数目的确定应满足继电保护的要求,应保证在各种运行方式下短路时,零序电压、零序电流大小及分布保持基本不变,使保护整定值不变,从而简化继电保护的整定过程。

参考文献

- [1] 陆国庆,姜新宇,等.一种新型配电网中性点接地方式的研究与实践[J].电力设备,2005,6(4):8-9.
LU Guo-qing,JIANG Xin-yu,et al.Study and Practice of a New Kind of Neutral Grounding Operation Mode for Distribution Network [J].Electrical Equipment,2005,6(4):8-9.
- [2] 刘明岩.配电网中性点接地方式的选择[J].电网技术,2004,28(16):86-88.
LIU Ming-yan. Selection of Neutral Grounding Modes in Power Distribution Network[J].Power System Technology,2004,28(16):86-88.
- [3] 司小庆,等.配电网中性点接地技术的优化与展望[J].西安建筑科技大学学报,2003,35(2):202-204.
SI Xiao-qing,et al. Optimizing the Neutral Point Grounding Mode of Distribution Network[J].Optimizing the Neutral Point Grounding Mode of Distribution Network,2003,35(2):202-204.
- [4] 王锡凡.电力工程基础[M].西安:西安交通大学出版社,1998.
WANG Xi-fan. Basis of Electrical Engineering[M]. Xi'an: Xi'an Jiaotong University Press,1998.
- [5] 施围.电力系统过电压计算[M].西安:西安交通大学出版社,1988.
SHI Wei. Power System Transient Overvoltage Calculation[M]. Xi'an: Xi'an Jiaotong University Press,1988.
- [6] 解广润.电力系统过电压[M].北京:水利电力出版社,1985.
XIE Guang-run. Transient Overvoltage in Power System [M].Beijing:Hydraulic and Electric Power Press,1985.
- [7] 周泽存.高电压技术[M].北京:水利电力出版社,1988
ZHOU Ze-cun. High Voltage Engineering[M]. Beijing:Hydraulic and Electric Power Press,1988.
- [8] 李学博.发电厂变电所电气部分[M].西安:西北工业大学出版社,1990.
LI Xue-bo. Electrical System of Power Plants and Substations[M].Xi'an: Northwestern Polytechnical University Press,1990.

(下转第93页 continued on page 93)

接地报警后,通常变电站值班员要进行拉路选择接地支路,控制和保护回路不能停电时间太长,拉开后时间太短,监测装置正处在检测状态,还未来得及报警,开关又合上了,所以经常出现找不到接地支路的现象。为了解决这一难题,我们装设了支路绝缘监测装置,并采用指示灯直接指示接地支路。此接地指示装置只有当检测到的母线绝缘电阻小于设定值而发生接地报警后检测才有效。原理见图5。

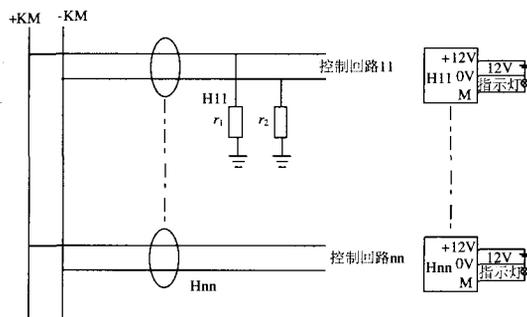


图5 支路绝缘监测原理图

Fig.5 Principle diagram of insulation monitoring of branch circuit

当回路出现接地时,只要 r_1 、 r_2 的值不绝对相等,漏电流采样传感器H11或Hnn就有输出,传感器输出量与原边输入接地电流成正比,当接地电流大于4 mA时,指示灯被点亮,该回路出现了接地。母线绝缘报警复归后,支路接地报警也自动复归。

3 特殊情况的解决方法

a. 如果出现正负母线绝缘同时下降,且下降阻值相同,系统不能自动检测到,为防止这种极少出现的故障,本装置采用了每天自动巡检和手动巡检来检测接地电阻。

b. 在控制母线和合闸母线分离系统中,两种母线可能共正极或共负极,通常合闸母线的电压高于控制母线,当其高端的正极或低端的负极接地时,因计算所依据的母线变动电压是控制母线电压,与合闸母线电压有一定的偏差。此时所得的绝缘电阻

值可能小于实际绝缘电阻值,误差则正比于两种母线的电压差,装置将提前绝缘报警。

c. 一般变电站的控制回路和合闸回路的I段和II段经常出现并列运行,而不是独立运行,由于I段和II段并列运行,造成电流分布不均,漏电流传感器二次有输出,点亮漏电指示灯,但这时并没有接地,出现误指示。解决方法有两个:1)拉开一路开关,由两路供电改为一路;2)找到两段之间的联络点,切断联络线,分别由各自回路供电,即可消除。

4 本装置的优点及实际应用

a. 本装置使用可编程序控制器控制,触摸屏显示,全软件化的功能控制,完善的人机界面,操作运行过程有全程屏幕提示,接地回路采用指示灯指示,简单、直观、可靠,与现在使用的单片机检测装置相比,成本大大降低。

b. 可实现“四遥”功能,便于变电站综合自动化改造。

c. 本装置在胜利油田近百座变电站、海洋平台上等运行多年,特别是支路绝缘监测装置效果非常明显,给检修和运行人员对接地故障的判断提供了依据和帮助。

参考文献

- [1] 白忠民,於崇干,刘百震. 电力工程直流系统设计手册[M]. 北京:中国电力出版社,1999.
BAI Zhong-min, YU Chong-gan, LIU Bai-zhen. Design Manual of Electric Power Project Direct Current System[M]. Beijing:China Electric Power Press,1999.

收稿日期:2008-06-13

作者简介:

陈元平(1967-),女,工程师,从事电力系统继电保护及直流操作电源的研发和制造工作;

李树君(1966-),男,工程师,从事电力系统继电保护及自动化设备的安装、调试工作;E-mail:xjbrond@163.com

张玉奎(1967-),男,高级工程师,从事电力系统继电保护及自动化工作。

(上接第90页 continued from page 90)

[9] 庞元俊,叶予光. 电力系统中性点接地方式运行分析[J]. 煤炭工程,2003,(11):13-14.

PANG Yuan-jun, YE Yu-guang. Modes of the Neutral-point Earthing in the Power System and the Related Performance Analysis[J]. Coal Engineering, 2003,(11):13-14.

[10] 谭武光. 浅谈电力系统中性点接地方式[J]. 云南电力技术,2002,30(3):17-19.

TAN Wu-guang. Discussion About the Selection of the

Foundation Disposal Scheme for High Building[J]. Yunnan Electric Power, 2002,30(3):17-19.

收稿日期:2007-09-24;

修回日期:2008-01-10

作者简介:

邹一琴(1970-),女,硕士研究生,讲师,研究方向为电力系统及其自动化;E-mail:zouyq@czu.cn

袁昌(1966-),男,技师,研究方向为电力系统及其自动化技术。