

# 大接地电流系统中变压器间隙保护的应用

田国林<sup>1</sup>, 刘宏<sup>2</sup>

(1. 湖北省襄樊供电公司调通中心, 湖北 襄樊 441002; 2. 湖北省襄阳供电公司, 湖北 襄阳 441104)

**摘要:** 通过对大接地电流系统脱离主网后的接地故障情况及断线和非同期合闸造成的非全相运行的分析, 阐述了大接地电流系统脱离主网和非全相运行时, 造成变压器中性点电压位移而带来的危害, 提出了主变间隙保护在大接地电流系统中的应用及建议。

**关键词:** 孤网运行; 非全相运行; 间隙保护

**中图分类号:** TM772 **文献标识码:** B **文章编号:** 1003-4897(2006)02-0013-03

## 0 引言

国家电力公司颁发的 DL755 - 2001《电力系统安全稳定导则》的 2.2.3 条规定: 电网应遵循分层分区的原则, 避免和消除严重影响电网安全稳定的不同电压等级的电磁环网, 以及发电厂不宜装设构成电磁环网的联络变压器。在我国大电网中, 基本形成以 500 kV 网络为骨干, 以 220 kV (或 330 kV) 网络为主体的格局, 而 110 kV 及以下的网络是放射状结构或树状结构, 即使形成了环状结构的网络, 为避免对电网稳定不利的电磁环网, 以及考虑保护配合等方面的问题, 也多为开环运行, 故 110 kV 及以下的网络均为开式网络, 作末端运行, 甚至部分 220 kV 变电站为末端变电站, 也相当于是开式运行。

众所周知, 由于在电压等级较高的系统中, 绝缘费用在设备总价格中占相当大比重, 降低绝缘水平带来的经济效益很显著, 所以对于 110 kV 及以上系统, 一般采用中性点直接接地方式, 以解决系统接地故障时的非故障相电压升高问题, 降低设备绝缘水平, 减少投资。在系统出现单相接地故障时, 接地点与中性点构成短路回路, 接地相电流很大, 故称之为大接地电流系统。

## 1 问题

### 1.1 问题 1

由于在电网实际运行中, 为限制单相接地故障时的短路电流, 简化零序网络, 并非所有变压器的中性点均直接接地运行, 这样在开式运行的网络中, 因故造成局部小网与主网连接的线路跳闸后, 可能会形成孤网运行的现象, 此时若孤网发生单相接地故障, 且在孤网内无中性接地点直接接地运行, 则可能造成非故障相对地电压升高且无法切除故障, 导致

非故障相和变压器中性点绝缘击穿。

以襄樊地区的电网为例: 目前襄樊地区电网有 7 座 220 kV 变电站, 作为地区电网的电源点, 40 多座 110 kV 变电站组成地区电网的 110 kV 网络, 110 kV 网络多已形成环状网络, 但均为开环运行。在开式运行的网络中通常接有不少小水发电机组, 在靠近主网侧线路故障跳闸时, 出现小网孤立运行的状况, 而多数情况下小网侧主变中性点未直接接地。

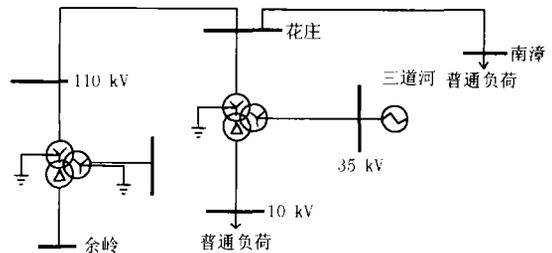


图 1 余岭 - 花庄 110 kV 网络接线

Fig 1 Yuling-Huazhuang 110 kV network line connected

如图 1 所示, 220 kV 余岭变电站经 110 kV 余花线送电至花庄 110 kV 母线供花庄、南漳负荷。在 110 kV 余花线线路出现单相接地故障时, 系统侧线路开关保护动作跳闸后, 因 110 kV 余花线花庄侧开关未跳闸, 花庄、南漳与三道河电厂及其它小水电厂形成孤网继续运行。

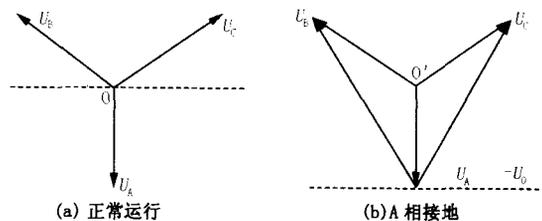


图 2 电压向量分析

Fig 2 Voltage vector analysis

由于花庄、南漳主变中性点均未直接接地运行,此时孤网 110 kV 系统成为中性点不直接接地的小接地电流系统,由于系统单相接地故障仍然存在,金属性接地时会造成故障相对地电压为零,非故障相的相对地电压升高为 $\sqrt{3}$ 倍相电压即 110 kV,同时主变中性点对地电位升高为相电压 63.5 kV 左右,如图 2 所示。这种电压升高,对于非故障相的绝缘和主变压器中性点的绝缘会产生危害,尤其是目前不少 110 kV 变压器的中性点为半绝缘水平,会造成中性点的绝缘击穿,毁坏变压器。

### 1.2 问题 2

在大接地电流系统出现非全相运行(如开关非同期合闸、线路断线)时,引起的过电压问题也不容忽视。非全相运行时,尽管相对地电压不会发生改变,但是会引起非线性谐振过电压。这种谐振会导致中性点电压位移、绕组及导线出现过电压,严重时可使绝缘闪络、避雷器爆炸、电气设备损坏。在某些特殊情况下,负载变压器相序可能反转,还有可能将过电压传递到变压器的低压侧而造成危害,不亚于孤网运行失去中性点时单相接地造成的危害。

它将会通过一、二次之间的电容  $C_{12}$  和低压系统的对地电容  $3C_0$  传递至低压绕组,对低压绕组的绝缘构成威胁,如图 3 所示。若低压系统电容  $3C_0$  远小于  $C_{12}$ ,低压侧过电压最大可达 10 倍,将损坏变压器。

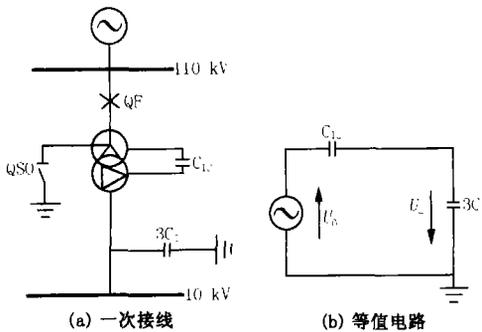


图 3 非全相运行时传递过电压示意图

Fig 3 Voltage transmitting sketchmap while non-complete phase operating

## 2 解决方法

根据上述情况分析,笔者以为可利用现有设备,在很少投资的情况下,有效解决上述问题。即配置间隙保护(零序过压、间隙过流保护)来解决问题。

加装间隙保护后,以 110 kV 系统为例,利用 110 kV 母线电压互感器开口三角抽取零序电压,在

大电流接地系统孤网运行且无中性点直接接地时,若系统单相接地故障仍然存在,金属性接地时会造成故障相对地电压为零,非故障相的相对地电压升高为 $\sqrt{3}$ 倍相电压即 110 kV,若放电间隙放电,则有零序电流流过间隙 CT,间隙过流可动作切除变压器,摆脱故障,避免损坏变压器;若放电间隙不放电,因 110 kV 及以上母线电压互感器的二次侧额定电压为 100 V,则开口三角电压达 300 V,根据零序过压(间隙过压)保护整定原则,其整定值为 180 V,零序过压可动作切除变压器,摆脱故障。

同样,在大接地电流系统出现非全相运行(如开关非同期合闸、线路断线)时,间隙过流和零序过压也可动作切除变压器,避免损坏变压器。

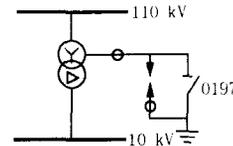


图 4 零序 CT 及间隙 CT 安装位置示意图

Fig 4 Schematic diagram of zero-sequence CT and interval CT erection

## 3 建议

对以上的解决方法中,笔者还有两点建议,在此提出供大家参考。一是建议间隙过流保护的 CT 使用独立的间隙 CT,而不使用中性点零序套管 CT 如图 4 所示,以免推上中性点刀闸时须退出间隙过流保护,以降低运行操作错误的几率;二是建议在整定零序过压保护时,整定为 150 V,以保证在大接地电流系统出现非全相运行(如开关非同期合闸、线路断线)时,零序过压可靠动作,因零序过压和间隙过流均有 0.5 s 的延时,所以在开关瞬时非同期时可保证不动作切除变压器,避免对用户的停电。

## 参考文献:

- [1] DL755-2001, 电力系统安全稳定导则[S]. DL755-2001, Safety and Stability Code for Power Systems[S].
- [2] 崔家佩,等. 电力系统继电保护与安全自动装置整定计算[M]. 北京:中国电力出版社,1993. CUI Jia-pei, et al. Relay Protection and Security Automatics of Power System are Calculated Wholly Definitely[M]. Beijing: China Electric Power Press, 1993.
- [3] 国家电力调度通信中心. 电力系统继电保护实用技术问答[M]. 北京:中国电力出版社,1997. National Power and Commutation Center. Relay Protection Practical Technique Question and Answer of the Power System[M]. Bei-

jing: China Electric Power Press, 1997.

- [4] 钱振华. 电气设备倒闸操作技术问答 (第一版) [M]. 北京:水利电力出版社, 1992.
- QIAN Zhen-hua Floodgate Operating Technology Question and Answer of the Electric Equipment, First Edition [M]. Beijing: China Electric Power Press, 1992.

收稿日期: 2005-06-07; 修回日期: 2005-08-14

作者简介:

田国林 (1966 -), 男, 高级工程师, 主要从事电力调度运行管理工作; E-mail: tiangl@dt.xfdl.com.cn

刘宏 (1970 -), 男, 工程师, 从事电力生产管理。

## Application of transformer gap protection in the power system with grounded neutral

TIAN Guo-lin<sup>1</sup>, LIU Hong<sup>2</sup>

(1. Xiangfan Power Supply Company Dispatch and Communication Center, Xiangfan 441002, China;

2. Xiangyang Power Supply Company, Xiangyang 441100, China)

**Abstract:** This paper analyses the non-complete phase operation caused by the conditions of fault grounding, breakdown and asynchronous switch-in after direct grounded neutral system breaks away from the main nets. It is dangerous of neutral voltage displacement of transformer when non-complete phase operation. Main transformer's gap protection is proposed to be employed in power system with direct grounded neutral.

**Key words:** isolated operation; non-complete phase operation; gap protection

(上接第 9 页 continued from page 9)

- CHEN De-shu, ZHANG Zhe, YIN Xiang-gen Microcomputer-based Relay Protection [M]. Beijing: China Electric Power Press, 2000.
- [3] 丁书文, 黄训诚, 胡起宙. 变电站综合自动化原理及应用 [M]. 北京: 中国电力出版社, 2002.
- DING Shu-wen, HUANG Xun-cheng, HU Qi-zhou Principle and Application of Electric Substation Automation [M]. Beijing: China Electric Power Press, 2002.
- [4] 杨大地, 涂光瑜. 数值分析 [M]. 重庆: 重庆大学出版社, 1998.
- YANG Da-di, TU Guang-yu Numerical Analysis [M]. Chongqing: Chongqing University Press, 1998.
- [5] 王毅非. 最小二乘算法的研究与改进 [J]. 继电器, 2000, 28 (3): 5-8.
- WANG Yi-fei Study and Improvement of Least Squares Algorithm [J]. Relay, 2000, 28 (3): 5-8.
- [6] 周大敏, 龙燕. 一种不受衰减非周期分量影响的最小二乘滤波

算法 [J]. 电网技术, 1999, 23 (3): 31-33.

ZHOU Da-min, LONG Yan An Efficient Method to Eliminate the Effects of Decaying DC Component on the Least Square Algorithm [J]. Power System Technology, 1999, 23 (3): 31-33.

- [7] 苏文辉, 李钢. 一种能滤去衰减直流分量的改进全波傅氏算法 [J]. 电力系统自动化, 2002, 26 (23): 42-44.

SU Wen-hui, LI Gang An Improved Full-wave Fourier Algorithm for Filtering Decaying DC Component [J]. Automation of Electric Power Systems, 2002, 26 (23): 42-44.

收稿日期: 2005-06-17

作者简介:

刘和平 (1957 -), 男, 教授, 长期从事单片机、数字信号处理器、微机在电力系统中的应用等研究工作;

徐育军 (1970 -), 男, 硕士研究生, 电气工程师, 主要从事电力系统微机保护的研究工作; E-mail: xuyujun18@mail.china.com

张学涛 (1972 -), 男, 电气工程师, 长期从事电力通讯及水电站厂内经济运行等高级应用研究。

## Analysis of measurement error of least squares algorithm

LIU He-ping<sup>1</sup>, XU Yu-jun<sup>1</sup>, ZHANG Xue-tao<sup>2</sup>

(1. Institute of Electric Engineering, Chongqing University, Chongqing 400044, China;

2. XJ Electric Co., Ltd, Xuchang 461000, China)

**Abstract:** Least squares algorithm is carried out in microcomputer-based protection to calculate the current value of fundamental wave and harmonics. This paper analyses the impact of the coefficient matrix in the algorithm on the measurement error and compares the result with the impact of the coefficient in full-wave Fourier algorithm. The difficulties of realizing short data window least squares algorithm are discussed and conclusions are reached as well.

**Key words:** microcomputer-based protection; least squares algorithm; full-wave Fourier algorithm