

# 直流系统微机型绝缘监测装置电阻选择

孙鸣, 马娟

(合肥工业大学电气与自动化学院, 安徽 合肥 230009)

**摘要:** 随着微机型绝缘监察装置的大量应用, 虽然解决了传统绝缘监察装置的缺点, 但存在着电压波动等问题。通过分析直流系统接地故障检测原理, 确定所选装置的优越性。在理论推导的基础上, 分析在不同运行状态时, 正负极对地电压及电阻值之间的相互关系。依据相关规定, 在确保防止二次设备误动、保证装置检测精度的基础上, 对接地故障检测用的平衡桥和切换桥电阻值的选择提出了选择依据, 对于解决绝缘监察装置存在的缺陷具有参考意义。

**关键词:** 直流系统; 绝缘监察装置; 接地检测; 平衡桥; 切换桥

## The resistor selection of microcomputer-based insulation monitor for DC system

SUN Ming, MA Juan

(Institute of Electrical and Automation, Hefei University of Technology, Hefei 230009, China)

**Abstract:** With the extensive application of the microcomputer-based insulation monitor, the issues such as voltage fluctuation are brought forward, though the shortcomings of the traditional insulation monitor relay are solved. Based on studying the principles of DC system ground fault detection, the superiority of the selected mechanism is defined, and the relationships between positive and negative-to-ground voltage and between the resistance values in different operating status are analyzed by theoretical derivation. According to relative regulations, based on avoiding the malfunction of the secondary equipment and ensuring the detection precision of devices, we propose the selection criteria of the balanced bridge and the switch bridge resistance value, which are used in ground fault detection. It is of reference value for solving the shortcomings of insulation monitoring devices.

**Key words:** DC system; insulation monitor; grounding inspection; balanced bridge; switch bridge

中图分类号: TM72 文献标识码: A 文章编号: 1674-3415(2011)04-0128-04

## 0 引言

目前国内的绝缘监测装置, 一般采用母线绝缘监测和支路巡检相结合的方式<sup>[1]</sup>。常用直流系统母线绝缘检测方法有电桥法及注入低频交流信号法。支路巡检在工作中广泛应用的主要是交流小信号注入法和直流漏电流测量法。交流小信号注入法需要向直流网络注入低频、小幅值的交流信号<sup>[2]</sup>。为了保证测量精度, 先要用繁杂的数学预处理从采集的信号中分离出与注入信号同频率的低频分量, 还需排除网络中对地电容的影响, 分离出同相位的阻性电流分量, 最后计算出绝缘电阻。对于直流漏电流法不注入任何信号, 也不需要复杂的数学运算, 但因漏电流的数值等于直流母线电压和直流系统正负极对地电阻的数值之和的比值, 所以直流母线对地的等效电阻值较大时, 漏电流数值较小, 难以在重要场合中使用<sup>[3-4]</sup>。

微机型绝缘监察装置是目前被大量应用的一种在线式绝缘监察设备, 可以检测母线电压, 母线正、负极对地电压, 母线正、负极对地绝缘电阻值以及正、负极接地电阻及接地电流值<sup>[5]</sup>, 它针对现有的各种问题做了相应的改进, 但是在检测过程中也会造成对地电压大幅度波动, 不仅给运行维护带来麻烦, 而且也是诸多保护控制设备误动的主要原因, 因此如何做出合理的参数设计至关重要。

## 1 微机型绝缘监测装置分析

### 1.1 原理分析

最近几年, 各大生产厂家分别推出了不同原理的绝缘监察装置, 其中微机型绝缘监察装置在电力系统中已得到了大量应用, 其工作的主要原理如图1所示<sup>[5]</sup>。

装置主要由平衡桥电阻  $R$  和切换电阻  $R_s$  组成,  $R_z$ 、 $R_f$  分别为系统正负极对地绝缘电阻。其中平衡

桥电阻固定接在正负极对地之间, 切换桥电阻由绝缘监察装置 CPU 控制开关投向位置 1 或位置 2, 使切换电阻交替接入正极或负极对地之间<sup>[5]</sup>。

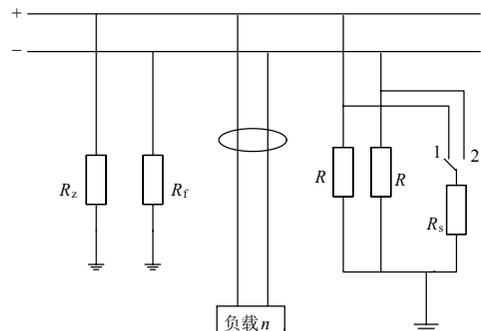


图 1 微机绝缘监察装置原理图

Fig.1 Microcomputer-based insulation monitor

该装置分平衡桥和不平衡桥两种运行方式。平衡桥运行方式下, 切换电阻不投入; 不平衡桥运行时, 通过测量切换开关在不同位置时的正、负极对地电压, 可计算出正、负极对地绝缘电阻<sup>[6]</sup>。当直流系统接地时, 接地支路会产生对地漏电流, 根据各支路的直流漏电流传感器是否输出为 0 和输出电压的极性即可判断出该支路是否有接地故障和接地极性, 具体的接地电阻值的计算则要根据支路接地点的情况进行分析和计算<sup>[7]</sup>。

### 1.2 优缺点分析

微机绝缘监察装置的优点: 微机绝缘监察装置利用平衡电桥与不平衡电桥相结合的方式, 减小了系统正负极对地电阻值, 当直流系统发生接地时, 接地支路的漏电流便于检测, 同时克服了不能正确反应正、负极绝缘同时降低的动作死区问题, 提高了直流系统的安全可靠性<sup>[8]</sup>。

微机绝缘监察装置的不足: (1) 在不平衡桥运行方式下, 此时各漏电支路的电流传感器检测到的电流数值比实际的要小, 计算出的结果比实际接地电阻值要大, 其将无法准确计算出各支路的接地电阻, 但仍能进行接地故障支路定位和接地极性判断<sup>[9]</sup>。(2) 平衡电阻与不平衡电阻的参数选择不合理, 会造成直流系统正、负极对地电压波动过大的问题<sup>[10-11]</sup>。

论文将针对平衡电桥与切换电阻的选择依据做出详细论述。

## 2 平衡桥电阻与切换电阻的选择

平衡运行方式状态时, 直流母线正、负极对地等值电路如图 2 所示。

$$\frac{U_+}{U_-} = \frac{\frac{1}{R} + \frac{1}{R_f}}{\frac{1}{R} + \frac{1}{R_z}} = \frac{RR_z + R_z R_f}{RR_f + R_z R_f} \quad (1)$$

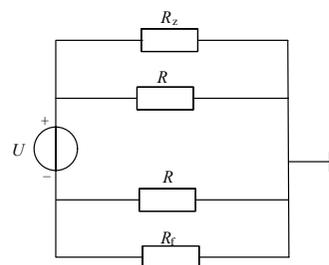


图 2 平衡桥等值电路

Fig.2 Balanced bridge equivalent circuit

不平衡运行状态时,  $K_1$  处于位置 1 时, 等值电路如图 3, 此时测得正母线对地电压  $U_+$  和负母线对地电压  $U_-$ ;  $K_1$  处于位置 2 时, 等值电路如图 4, 再次测得  $U'_+$  和  $U'_-$ , 分别代入式 (2)、(3)。

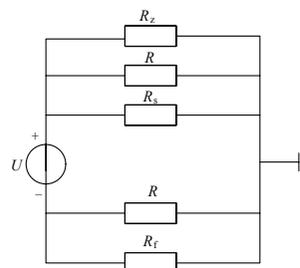


图 3 切换电阻处于位置 1 时

Fig.3 Switch resistance in position 1

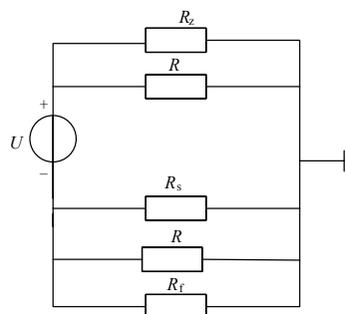


图 4 切换电阻处于位置 2 时

Fig.4 Switch resistance in position 2

$$\frac{U_+}{U_-} = \frac{\frac{1}{R} + \frac{1}{R_f}}{\frac{1}{R} + \frac{1}{R_z} + \frac{1}{R_s}} = \frac{RR_z R_s + R_z R_f R_s}{R_z R_f R_s + RR_f R_s + RR_z R_f} \quad (2)$$

$$\frac{U'_+}{U'_-} = \frac{\frac{1}{R} + \frac{1}{R_f} + \frac{1}{R_s}}{\frac{1}{R} + \frac{1}{R_z}} = \frac{R_z R_f R_s + R R_z R_s + R R_z R_f}{R R_f R_s + R_z R_f R_s} \quad (3)$$

当系统正常运行时， $R_z$ 、 $R_f$ 均趋近于无穷大，则上式化为：

$$\frac{U_+}{U_-} \approx \frac{R_s}{R_s + R} \quad (4)$$

$$\frac{U_+}{U_-} \approx \frac{R_s + R}{R_s} \quad (5)$$

平衡桥电阻的主要作用是确保直流系统正常运行时正负极对地电压保持在 50% 的母线电压，当发生单极接地时，接地极对地电压降低，非接地极电压升高，因而可测量对地电压的变化，感知是否有接地故障<sup>[10-11]</sup>。平衡桥电阻越大，对地电压偏移幅度越大，接地电阻检测灵敏度越高，但平衡桥电阻越大，绝缘降低时对地电压越容易发生偏移，越容易造成一点接地引起误动。根据规定，220 V 直流系统绝缘装置桥电阻不小于 20 kΩ，110 V 系统不小于 10 kΩ，所以 220 V 系统平衡桥电阻一般取 20~30 kΩ，110 V 系统平衡电阻取 10~15 kΩ<sup>[12]</sup>。

同样，切换桥电阻的投切，亦会造成正负极对地电压变化，切换电阻越小，电压波动越大，检测灵敏度也会越高，但从防止保护误动的角度应选择合适的切换电阻值以减小对地电压的波动。一般保护控制等二次设备的出口跳闸继电器、光耦合器等元件的动作电压设计为 (55%~70%)  $U$ ，而发生直流系统接地故障，易造成保护误动的是施加在这些元件上的电压为接地发生时刻的直流系统负极对地电压<sup>[12]</sup>。通过分析可知，当切换电阻处于位置 1，继电器一侧发生金属性接地，此时若切换电阻过小，则可能导致保护误动，所以继电器两侧电压要求小于 55%  $U$ 。

当系统对地绝缘电阻为无穷大，则如图 5 所示，得到：

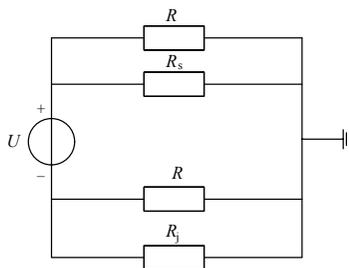


图 5 继电器侧一点接地

Fig.5 A grounding in one side of the relay

$$\frac{U \frac{R R_f}{R + R_f}}{\frac{R R_f}{R + R_f} + \frac{R R_s}{R + R_s}} < 0.55U$$

即：
$$R_s > \frac{0.45R}{0.55 \frac{R}{R_f} + 0.1} \quad (6)$$

按继电保护反措要求，对于 220 V 系统来说， $R_f$ 应不大于 9.6 kΩ，110 V 系统应不大于 2.4 kΩ。

从检测精度看，对地电压有 5% 的变化幅度，就能精确测量出正、负极绝缘电阻，即正、负极电压差 10% 的变化幅度。所以由式 (4)、(5) 分别得：

$$\frac{U_+ - U_-}{U_-} = -\frac{R}{R + R_s} < -\frac{10\%U}{55\%U}$$

$$\frac{U_+ - U_-}{U_-} = \frac{R}{R_s} > \frac{10\%U}{45\%U}$$

即：
$$R_s < \frac{9}{2}R \quad (7)$$

因此通过计算，我们得到切换电阻取值范围为：

$$\frac{0.45R}{0.55 \frac{R}{R_f} + 0.1} < R_s < \frac{9}{2}R \quad (8)$$

### 3 结论

本文通过对微机型绝缘监察装置的原理分析，从降低电压波动范围，以及防止保护误动的角度，对装置的桥电阻及切换电阻的选择进行了分析并提供了相应的取值范围，为微机型绝缘监察装置的正确应用提供了参考。

### 参考文献

[1] 赵梦欣, 陈国峰, 余伟成. 直流系统绝缘监测的直流漏电流法改进方案[J]. 电力系统自动化, 2009, 33 (14): 83-88.  
ZHAO Meng-xin, CHEN Guo-feng, YU Wei-cheng. Modification of the DC leakage method for DC system insulation monitoring[J]. Automation of Electric Power Systems, 2009, 33 (14): 83-88.

[2] 郭靖滔, 吴田. 小电流接地系统故障选线方法综述[J]. 电力系统保护与控制, 2010, 38(2): 146-152.  
GUO Jing-tao, WU Tian. The summary about detecting the fault line in small current grounding power system[J]. Power System Protection and Control, 2010, 38(2): 146-152.

[3] 向小民, 李洁琪. 对直流系统接地故障检测方法的研究[J]. 电气开关, 2009, 5: 48-50.  
XIANG Xiao-min, LI Jie-qi. Study on detecting ground fault methods to DC system[J]. Electrical Switching,

- 2009, 5: 48-50
- [4] 贾秀芳, 赵成勇, 李宝树, 等. 变频探测直流系统接地故障装置存在的问题[J]. 继电器, 1999, 27 (3): 50-52.  
JIA Xiu-fang, ZHAO Cheng-yong, LI Bao-shu, et al. The existing questions of frequency conversion detection earth fault apparatus for DC system[J]. Relay, 1999, 27(3): 50-52.
- [5] 李瑞平, 温泉. 直流系统接地故障的分析[J]. 华电技术, 2008, 30(2): 58-61.  
LI Rui-ping, WEN Quan. Earth fault analysis of direct current system[J]. Huadian Technology, 2008, 30(2): 58-61.
- [6] 陈志强, 宋凡峰, 刘畅. 一种新颖的直流系统在线绝缘检测方法[J]. 电工电气, 2009, 6: 40-42.  
CHEN Zhi-qiang, SONG Fan-feng, LIU Chang. Novel measurement method for on-Line detection in DC system[J]. Electrotechnics Electric, 2009, 6: 40-42.
- [7] 王瑞祥, 刘峰, 熊小伏, 等. 变电站直流电源在线监测新方法[J]. 电力自动化设备, 2009, 12: 65-67.  
WANG Rui-xiang, LIU Feng, XIONG Xiao-fu, et al. On-line insulation monitoring of substation DC power supply[J]. Electric Power Automation Equipment, 2009, 12: 65-67.
- [8] 黄海宏, 全成, 黄锦. 基于差流检测法的分布式直流接地巡检系统[J]. 电子测量与仪器学报, 2009, 23(11): 36-41.  
HUANG Hai-hong, QUAN Cheng, HUANG Jin. Development of distributed DC grounding detecting system based on differential current detecting method[J]. Journal of Electronic Measurement and Instrument, 2009, 23(11): 36-41.
- [9] 赵兵, 胡玉岚. 直流系统微机绝缘监察装置问题的探讨[J]. 广东电力, 2009, 22(4): 43-45.  
ZHAO Bing, HU Yu-lan. Problems of microcomputer-based insulation monitor for DC system[J]. Guangdong Electric Power, 2009, 22(4): 43-45.
- [10] 李红梅, 张贺伟, 胡立峰. 直流系统接地检测问题分析及改进[J]. 电力情报, 2002, 3: 61-63.  
LI Hong-mei, ZHANG He-wei, HU Li-feng. Analysis and improvements on detection problems of DC system grounding[J]. Information on Electric Power, 2002, 3: 61-63.
- [11] 鲁改凤, 化雨, 金小兵, 等. 小电流接地系统单相接地故障选线方法探究[J]. 电力系统保护与控制, 2010, 38(12): 44-49.  
LU Gai-feng, HUA Yu, JIN Xiao-bing, et al. The research to detect fault line in small current grounding power system[J]. Power System Protection and Control, 2010, 38(12): 44-49.
- [12] 赵兵, 张曼诗, 徐玉凤. 直流系统微机绝缘监察装置桥电阻选择的依据[J]. 中国新技术新产品, 2009, 23: 160-161.  
ZHAO Bing, ZHANG Man-shi, XU Yu-feng. The resistor selection of microcomputer-based insulation monitor for DC system[J]. China New Technologies and Products, 2009, 23: 160-161.

收稿日期: 2010-03-13; 修回日期: 2010-06-02

作者简介:

孙鸣(1957-), 男, 教授, 主要研究方向为电力系统继电保护及调度自动化;

马娟(1985-), 女, 硕士研究生, 从事电力系统继电保护及调度自动化。E-mail:majun\_8586@163.com

(上接第 112 页 continued from page 112)

- [2] GB/T 14285-2006 继电保护和安全自动装置技术规程[S]. 北京: 中国电力出版社, 2006.  
GB/T 14285-2006, Technical code for relaying protection and security automatic equipment[S]. Beijing: China Electric Power Press, 2006.
- [3] 查卫华, 王建成, 李德佳. WFB-100 微机保护在秦山第二核电厂的应用[J]. 继电器, 2003, 31(6): 73-77.  
ZHA Wei-hua, WANG Jian-cheng, LI De-jia. Application of WFB-100 microprocessor-based protection in Qinshan nuclear power station[J]. Relay, 2003, 31(6): 73-77.
- [4] 刘伟良, 陈宏, 刘宇, 等. 由一起发电机失磁事故谈失磁和逆功率保护的设置[J]. 电力系统保护与控制, 2009, 37(23): 164-169.

LIU Wei-liang, CHEN Hong, LIU Yu, et al. Discussion about loss-of-field and reverse-power protection configuration from the generator loss-of-field fault[J]. Power System Protection and Control, 2009, 37(23): 164-169.

收稿日期: 2010-01-02; 修回日期: 2010-05-25

作者简介:

管新娟(1965-), 女, 高级工程师, 从事发电厂电气工程设计和研究; E-mail: gxj@ecepdi.com

朱忠亭(1981-), 男, 工程师, 从事发电厂电气工程设计和研究;

李东岭(1976-), 男, 工程师, 从事发电厂继电保护设计、研究与开发。