

直流系统绝缘监测综合判据

贾秀芳 赵成勇

(华北电力大学电力系 071003 保定)

李 黎

(山西朔州供电公司 238500 朔州)

陈 恺

(湖北鄂州供电局 436000 鄂州)

摘 要 分析了现有的检测直流系统接地故障方法存在的死区,包括绝缘监测装置发出接地报警信号时最大接地电阻值,以及直流系统分布电容对变频探测原理查找接地故障的影响。建议用综合判据,即通过检测正负极母线电压、检测正负极绝缘电阻、检测支路漏电流来监视及查找直流系统接地故障。基于该判据的样机经现场试运行,性能良好。

关键词 直流系统 绝缘检测 综合判据

分类号 TM 934.31

0 引言

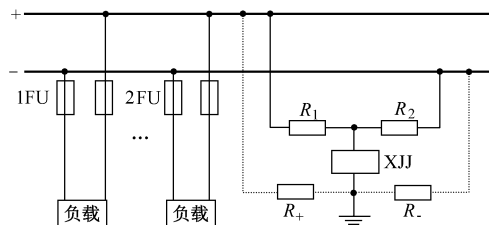
发电厂和变电站的直流电源作为主要电气设备的保安电源及控制信号电源,是一个十分庞大的多分支供电网络,其常见的故障是一点接地故障。在一般情况下,一点接地并不影响直流系统的运行,但如果不能迅速找到接地故障点并予以修复,又发生另一点接地故障,就可能引起信号回路、控制回路、继电保护装置等的误动作。

现有检测直流系统绝缘的方法主要有电桥平衡原理和变频探测原理。根据电桥平衡原理实现的绝缘监测装置被广泛使用,但它不能检测直流系统正、负极绝缘同等下降时的情况;绝缘监测装置即使报警,也不能直接得到系统对地的绝缘电阻大小。经分析,当绝缘监测装置信号继电器的内阻为 30 kΩ 时,人为造成直流系统正极或负极对地有 61 kΩ 接地电阻,并降低了检测接地电阻的灵敏度。用变频探测原理检测接地故障是近几年采用的一种新方法,它所能检测的接地电阻受直流系统对地分布电容的制约^[1,2],且注入的低频交流信号增大直流系统的电压纹波系数。可见,电桥平衡原理和变频探测原理均存在若干难以克服的缺陷^[3]。本文提出一种新的检测方法,可以克服以上两种方法存在的问题,运用多重判据,可以在线检测直流系统的绝缘状况及各支路的漏电流。

1 绝缘监测装置存在的问题

直流系统绝缘监测装置原理如图 1 所示,当绝缘良好时,正极与负极对地绝缘电阻 R_+ 与 R_- 相等, XJJ 中仅有微小的不平衡电流流过,且小于整定

值(1.4 mA),装置不发出报警信号。设负极经 R_- 接地,系统等值电路如图 2 所示。

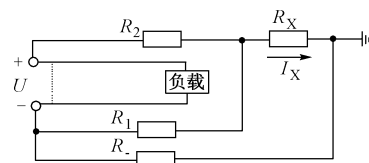


R_1, R_2 为平衡接地支路桥臂电阻, $R_1 = R_2 = 1 \text{ k}\Omega$;

XJJ 为信号继电器,其整定值一般为 1.4 mA; FU 为熔断器。

图 1 直流系统绝缘监测装置原理图

Fig. 1 Principle of DC system insulation monitoring apparatus



R_X 是信号继电器的内阻,一般为 30 kΩ; I_X 是流过信号继电器的漏电流;
 U 是正、负极母线电压,为 220 V。

图 2 负极经 R_- 接地时的系统等值电路

Fig. 2 Equivalent circuit of negative pole earthed through a resistance of R_-

当漏电流为 1.4 mA 时,装置发出报警信号,则:

$$I_X = \frac{U}{(R_X + R_-) // R_1 + R_2} \cdot \frac{R_1}{(R_X + R_-) + R_1} \quad (1)$$

将 $I_X = 1.4 \text{ mA}$, $U = 220 \text{ V}$, $R_X = 30 \text{ k}\Omega$, $R_1 = R_2 = 1 \text{ k}\Omega$ 代入式(1)得: $R_- = 48 \text{ k}\Omega$ 。即当直流系统对地漏电流为 1.4 mA,使绝缘监测装置发出报警信号时,负极或正极对地绝缘电阻已为 48 kΩ。直流系统在正常运行时,要求其绝缘电阻不小于

100 kΩ。从以上分析可知,在直流系统的绝缘电阻为 48 kΩ~100 kΩ 范围内时,绝缘水平已不满足《火力发电厂、变电所直流系统设计技术规定》(DL/T5044—95)的要求,但此时漏电流小于 1.4 mA,绝缘监测装置不发出报警信号。

根据电桥平衡原理,当直流系统正、负极绝缘电阻同等下降时,电桥未失去平衡,绝缘监测装置也不发出报警信号。

当绝缘监测装置发出报警信号后,运行人员需通过拉路的方法确定接地支路,费时、费力且存在安全隐患。

因此用绝缘监测装置监视直流系统绝缘性能,灵敏度低,有检测死区,存在不安全因素。

2 变频探测原理的缺陷

利用变频探测原理研制的直流系统绝缘检测仪需向直流母线交替注入两个同幅值不同频率的低频交流信号,因此与直流系统有电气联系,并存在以下不足:

a. 所能检测到的接地电阻与支路对地分布电容有关。若设交替注入直流系统的信号的频率为 $f_1, f_2 (f_1 < f_2)$, 则经推导,所检测到的接地电阻与分布电容的关系为:

$$R < \frac{1}{2\pi f_1 C} \sqrt{\frac{1 - \alpha^2}{k^2 \alpha^2 - 1}} \quad (2)$$

其中 R 是接地电阻; C 是支路对地分布电容; $f_1/f_2 < \alpha < 1; k = f_2/f_1$ 。

可见,随着支路对地分布电容的增大,所能检测绝缘电阻的最大值将逐步减少。

b. 当系统对地分布电容很大时,该方法找不到接地支路或误判断接地支路。因为对地分布电容大,其容抗小,流过分布电容的电流可能比流过接地电阻所在支路中的电流大得多^[2]。按照变频探测原理就无法正确检测接地支路。

c. 注入的低频交流信号增大直流系统的电压

纹波系数,影响直流系统的安全运行。通常所加低频信号的幅值在 20 V~30 V,频率有 12 Hz 及 35 Hz,也有 10 Hz 及 20 Hz,电压纹波系数约为 10%,不满足《火力发电厂、变电所直流系统设计技术规定》的要求。因此,该类检测仪只宜在自动化水平较低的小变电站应用。

3 综合判据

针对目前检测原理及方法的不足,本课题组提出用综合判据检测直流系统绝缘状况,样机已进行了现场试运行,性能良好。综合判据包括检测正、负极母线电压,检测正、负极对地绝缘电阻。上述两个条件,其中一个条件不满足整定值要求,装置就检测各个支路漏电流,并显示支路号,漏电流值及正、负极母线电压值。

3.1 检测正、负极母线电压

在线检测并由液晶屏显示正、负极母线电压。设 U_+, U_- 分别代表正极、负极电压, U_z 为电压整定值, $U_z > 0$ 。当 $|U_+| < U_z, |U_-| > U_z$, 正极绝缘下降; 当 $|U_-| < U_z, |U_+| > U_z$, 负极绝缘下降; 当 $|U_+| < U_z, |U_-| < U_z$, 正、负极绝缘都下降。

通过检测电压判断绝缘下降后,装置即报警并启动检测电流单元,以确定哪条支路绝缘下降。

3.2 检测正、负极对地绝缘电阻

在保证不对系统产生影响的情况下,装置分别向正、负极母线自动投入一个检测电阻,见图 3。

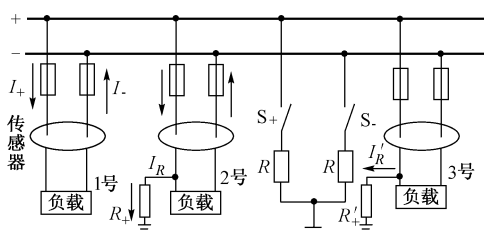


图3 给直流母线投入检测电阻示意图
Fig.3 Putting a resistance into DC bus

投入电阻的目的是:提高检测灵敏度;克服绝缘监测装置的检测死区。

a. 当 S_- 闭合、 S_+ 断开时,检测电阻 R 投入负极母线,由微机测出此时负极母线电压 U_-' 。

b. 当 S_+ 闭合、 S_- 断开时,检测电阻 R 投入正极母线,由微机测出此时正极母线电压 U_+' , 则正、负极对地绝缘电阻由式(3)、式(4)求出:

$$R_- = \left(\frac{U - U_-'}{U_+'} - 1 \right) R \quad (3)$$

$$R_+ = \left(\frac{U - U_+'}{U_-'} - 1 \right) R \quad (4)$$

其中 $U = |U_+| + |U_-|$, 是直流系统总电压。

· 广告 ·

代理

- YUASA 汤浅电池
- APC& 秀康 UPS
- Liebert 避雷器
- 精密机房工程等

深圳市天安源电气有限公司

地址:深圳市蛇口工业大道中南山大厦三楼 邮编:518067

电话:0755-6695000 6813480 传真:0755-6685942

专业电源电气防护 倡导绿色电源概念

3.3 检测漏电流判断接地支路

检测正、负极母线电压以及正、负极绝缘电阻,仅能了解系统整个的绝缘情况,不能确定哪条直流支路接地,需检测支路漏电流来判断接地支路。其原理是:在直流各支路套装传感器,如图3中1号支路所示,正常情况下 $I_+ = I_-$,传感器输出的漏电流为零。当系统绝缘下降,投入检测电阻时,装置检测到传感器输出的漏电流值。

a. 假设某条支路正极经 R_+ 接地,见图3中的2号支路,当 S_- 闭合,检测电阻投入负极,则传感器检测到的漏电流为 $I_R = U/(R_+ + R)$,从而由式 $R_+ = (U - I_R R)/I_R$ 求出该支路的接地电阻,并显示支路号、漏电流和接地电阻值。

b. 假设有2号和3号两条支路经 R_+ 和 R_+' 接地(包括两条以上支路接地),在负极投入检测电阻,则:

$$I_R = \frac{U}{R_+ // R_+' + R} \cdot \frac{R_+'}{R_+ + R_+'}$$

$$I_R' = \frac{U}{R_+ // R_+' + R} \cdot \frac{R_+}{R_+ + R_+'}$$

2号和3号支路的传感器分别输出漏电流 I_R 和 I_R' ,装置显示2号和3号支路号、漏电流值及接地电阻值。

同理对多条支路接地,给负极母线投入检测电阻 R ,能检测出所有绝缘下降的支路。对负极绝缘下降,给正极母线投入检测电阻 R ,能检测出所有绝缘下降支路。

c. 当同一支路正、负极绝缘同等下降或成比例下降时,分别给直流母线投入正、负极检测电阻,同样能检测出正、负极各支路漏电流值。

取代绝缘监测装置和变频探测原理,用综合判据检测直流系统的绝缘情况,具有以下特点:①通过投入检测电阻,可检测直流系统正、负母线绝缘同等

下降,做到无检测死区;②直接采样直流漏电流,无需给直流系统注入交流信号,对直流系统的安全运行没有影响;③所检测的支路不受系统对地分布电容影响;④能检测出多条支路同时接地。

应用综合判据检测直流系统的接地故障,灵敏度高,用液晶屏在线中文显示,能及时了解直流系统绝缘状况。

4 结语

通过微机自动检测直流系统正、负极对地电压,正、负极对地绝缘电阻及支路漏电流来判断直流系统绝缘情况及确定接地支路,无论是多点接地,同一支路正、负绝缘同等下降都能检测出接地支路及接地极性。灵敏度高、可靠性高,配备的液晶屏显示正、负极母线电压、绝缘电阻、线路号和漏电流值,及时掌握直流系统的绝缘情况,给现场运行人员提供很大方便。

参考文献

- 1 Jia Xiufang, Zhao Chengyong, Li Baoshu. Affection of Distributed Capacitance on and a New Method of Detecting on Detecting DC System Earth Fault. In: POWERCON'98 International Conference on Power System Technology Proceedings. 1998, 2:1168~1172
- 2 张次衡. 直流系统接地故障检测装置电容影响的探讨. 河北电力技术, 1995(5):9~11
- 3 冯卓明, 游大海. 直流系统接地检测方法比较. 电测与仪表, 1997, 34(5):27~30

贾秀芳, 女, 1966年生, 硕士, 讲师, 从事电力系统监控及电磁测量等方面的研究。

赵成勇, 男, 1964年生, 博士研究生, 讲师, 从事电力电子技术和谐波治理等方面的研究。

SYNTHESIZED CRITERIA OF DC SYSTEM INSULATION MONITORING AND DETECTING

Jia Xiufang, Zhao Chengyong (North China Electrical Power University, 071003, Baoding, China)

Li Li (Suozhou Power Supply Company, 238500, Suozhou, China)

Chen Kai (Ezhou Power Supply Company, 436000, Ezhou, China)

Abstract The shortcomings of the present method for detecting earth fault in DC system are analyzed. The maximum earth resistance value is discussed while a warning signal is sent out from insulation monitoring apparatus, as well as effect of distributed capacitance on detecting earth fault in DC system by frequency conversion principle. The recommended synthesized criteria on monitoring and detecting earth fault in DC system are: detecting positive pole and negative pole bus voltages, insulation resistance and branch's leakage currents. The insulation monitoring apparatus based on the proposed synthesized criteria has been put into operation and has good performance.

Keywords DC system insulation monitoring synthesized criteria