

直流系统接地点探测新原理

李晓明¹, 梁 军¹, 张沛云², 苏文博²

(1. 山东工业大学电力工程学院, 济南 250061; 2. 山东电力研究院, 济南 250002)

摘要: 对现有几种直流系统接地点探测方法进行了比较分析, 指出它们的优缺点。提出了一种简便、操作安全、灵敏度高的直流系统接地点探测新原理——电流相位比较法。该方法使用两个低频电流钳型探头, 比较这两个探头测量到的低频电流相位, 落后相的低频电流回路即为故障接地回路。

关键词: 直流系统; 接地点; 探测

中图分类号: TM 711

0 引言

当电力变电所或发电厂中的直流系统发生一点接地时, 由于不构成对地电流回路, 所以不影响直流系统的正常运行。但是, 必须尽快找出接地点, 排除接地故障。不然, 如果直流系统再发生另一点接地, 两接地点将短接某一部分直流电路, 这部分电路失去直流电源, 另一些电路可能产生新的直流电流回路, 从而造成这些电路中二次控制装置拒动或误动, 破坏电力系统的安全运行, 甚至造成大范围停电事故。如果直流系统接地点是金属性短路, 利用我国目前生产的直流接地点探测器寻找出接地点, 一般没有什么困难。但是, 如果接地点经大电阻(例如: 阻值大于 20 kΩ)接地, 直流系统分支线对大地的分布电容又比较大(例如: 电容值大于 20 μF), 接地点的寻找就比较困难。为此, 本文提出了一种简便、操作安全、灵敏度高的直流系统接地点探测新原理。

1 原理与分析

当电力变电所中的直流系统发生一点接地时, 首先由接地报警装置发出报警音响信号, 装置同时指示出是与正电源母线有关的线路发生接地, 还是与负电源母线有关的线路发生接地。确定好接地线路的母线后, 把直流接地探测仪的低频信号发生器(DXF)接入该母线与大地之间, 如图 1 所示。DXF 发出的低频信号经母线、线路、接地点形成一交流回路。没有接地的线路, 不形成交流回路。用直流接地探测仪的低频信号接收器, 依次探测低频交流信号的流动路径, 最终寻找到接地点的位置, 这就是直流接地探测仪的一般工作原理。

当直流系统发生金属性短路时, 低频信号在故

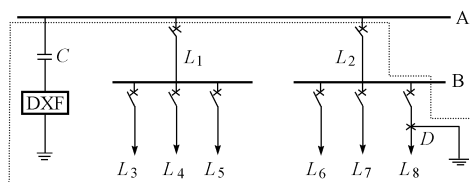


图 1 金属性接地短路时的低频电流回路示意图
Fig. 1 Path of low-frequency current in the DC system with grounding point

障回路中的电流幅值较大, 而非故障线路的低频电流几乎为零, 所以很容易找出接地点的位置。

当直流系统经过渡电阻 R_g 接地短路时, 如图 2 所示, 低频交流电流流经过渡电阻 R_g , 在 R_g 两端产生电压, 接于 R_g 一端的导线对地有交流电压, 导线对地存在分布电容, 导线愈长, 分布电容愈大, 所以, 将在非故障线路产生交流的容性电流。这时, 要区别故障电流回路和非故障电流回路就比较困难, 特别是故障电流回路中既含有阻性的接地电流, 又包含有容性的分布电容电流时。

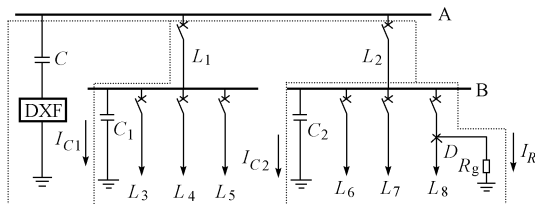


图 2 考虑分布电容时的低频电流回路示意图
Fig. 2 Path of low-frequency current in the DC system with grounding point and distributed capacitance

本文提出的电流与电流相位比较法, 需要 2 只结构一样的钳型电流探头, 分别称为 A 探头、B 探头, 2 根被测导线分别钳于 A 探头、B 探头中。钳型探头中的感应线圈把感应出的导线中的低频电流信号送到低频信号接收器, 低频信号接收器首先计算

这两个低频电流信号的幅值,只有当这两个电流信号的幅值都大于某一门槛电压值时,才进行相位比较;否则,直接认定低于门槛电压值的电流回路为非故障电流回路。要求2个电流量的幅值都大于门槛电压值的目的是为了保证比相结果的正确性。因为电流幅值太小,比相误差将会很大,引起错误的结果。

确定这两根导线中的电流都大于要求值后,进行相位比较,并计算相位差。一般以钳于A探头中导线的电流为参考量,计算B探头中导线的电流相位;然后,A探头不动,取第3条导线代替第2条导线钳于B探头中,继续测量第3条导线与第1条导线中低频电流之间的相位差;由此类推,测出所有导线与第1条导线之间的相位差。由于非故障回路中的低频电流主要是分布电容引起的容性电流,并含有少量漏电流引起的阻性电流,而接地回路中的低频电流,既有分布电容引起的容性电流,又有接地的阻性电流,接地的阻性电流一定大于漏电流,其相位落后容性电流 90° ,所以,相位最落后者必定是故障接地电流回路,顺着接地电流回路即可找到接地点。

以图2所示直流系统低频电流回路为例,说明相位法的灵敏度优于变频法。图2中 $L_3 \sim L_5$ 线路的分布电容用集中参数电容 C_1 表示, $L_6 \sim L_8$ 线路的分布电容用 C_2 表示,且 $C_1 = C_2 = 20 \mu\text{F}$, $R_g = 20 \text{ k}\Omega$,在A处要用变频法区别故障回路与非故障回路就很困难,这是因为当DXF发出10 Hz频率信号时, L_1, L_2 回路在A处的视在阻抗由

$$Z_{C1} = -j \frac{1}{\omega_1 C_1}$$

$$Z_{C2} = \frac{R_g \left(-j \frac{1}{\omega_1 C_2} \right)}{R_g - j \frac{1}{\omega_1 C_2}}$$

计算得到 $Z_{C1} = 0.7958 \angle -90^\circ \text{ k}\Omega$

$Z_{C2} = 0.7953 \angle -87.7^\circ \text{ k}\Omega$

同理,当DXF发出20 Hz频率信号时, L_1, L_2

回路在A处的视在阻抗分别为:

$$Z_{C1} = 0.3979 \angle -90^\circ \text{ k}\Omega$$

$$Z_{C2} = 0.3978 \angle -88.9^\circ \text{ k}\Omega$$

从以上分析可知, L_1 回路与 L_2 回路在2种频率下幅值的变化几乎是一样的,几乎不可能用变频法把这两条回路区别开来。而当DXF发出10 Hz频率时, L_1 回路的低频电流与 L_2 回路的低频电流相位差 2.3° ,因此用相位法还是有可能把这两条回路区别开来。

为了消除探头和接收器引起的相位测量误差,可以进行2次测量。第1次用A探头测 L_1 线路,B探头测 L_2 线路。假设 L_1, L_2 线路电流的相位分别为 θ_1, θ_2 ,A探头、B探头回路引起的测量误差分别为 δ_1, δ_2 ,则 L_1, L_2 线路电流的相位差为 $\Delta\theta = (\theta_1 + \delta_1) - (\theta_2 + \delta_2)$ 。第2次用A探头测 L_2 线路,B探头测 L_1 线路,则可得它们的相位差为 $\Delta\theta = (\theta_1 + \delta_2) - (\theta_2 + \delta_1)$ 。把这两次的测量结果相加后除以2,即可消除测量误差。

电流与电流相位比较法在测量两电流之间的相位差时,是用两钳型探头通过电磁感应的方法获取导线中的低频电流信号,钳型探头不与导线直接接触,操作安全性高,不会因误操作而使直流系统形成新的故障点。

2 结论

本文提出的电流与电流相位比较法新原理,保留了相位法测量精度高的优点,又克服了电压与电流相位法取电压作为参考相量,操作不方便、安全性差的缺点,将获得广泛应用。

李晓明,男,副教授,主要研究方向为继电保护、电力系统自动化、微机在电力系统中的应用。

梁军,男,教授,主要研究方向为电力系统稳定、电力系统自动化、计算机在电力系统中的应用。

张沛云,女,讲师,主要研究方向为继电保护、微机在电力系统中的应用。

A NEW METHOD OF DETECTING GROUNDING POINT IN DC SYSTEM

Li Xiaoming¹, Liang Jun¹, Zhang Peiyun², Su Wenbo²

(1. Shandong University of Technology, Ji'nan 250061, China)

(2. Shandong Electric Power Research Institute, Ji'nan 250002, China)

Abstract: After comparing and analyzing several methods of detecting grounding fault point in DC system, this paper points out their advantages and shortcomings. Then a simple, secure method with high sensitivity is proposed that is the method of comparing current phase positions. Two low-frequency current probes are used in this method. By comparing the phase positions of low-frequency currents measured by these two probes, the conclusion may be drawn that the grounding fault point is on the circuit with lagging phase angle.

Keywords: DC system; grounding fault point; detection