

35kV 不接地系统两相异地接地故障分析

刘俊才¹ 刘晓华² 杨自光¹

(1. 鄂尔多斯电业局, 内蒙古 鄂尔多斯 017200;

2. 呼和浩特供电局, 呼和浩特 010020)

摘要 本文主要针对目前 35kV 不接地系统发生两相异地接地故障后, 35kV 系统整体电压与不同出线电流会发生怎样的变化, 通过建立等效电路对此类故障的基本特征进行介绍。同时, 通过对保护装置及录波器的数据进行分析, 验证了两相异地接地故障保护动作行为。

关键词: 35kV 不接地系统; 两相短路故障; 保护动作

Ground Faultanalysis of 35kV Ungrounded Systems in Different Places

Liu Juncal¹ Liu Xiaohua² Yang Ziguang¹

(1. Ordos Power Supply Bureau, Ordos, Inner Mongolia 017200;

2. Hohhot Power Supply Bureau, Hohhot 010020)

Abstract This paper mainly aims at the ground fault analysis of 35kV ungrounded systems in different places the 35kV overall voltage system and different wire current will occur, the fault characteristics are introduced through the establishment of equivalent circuit. At the same time, the protection action of this kind of fault is verified through analyzing the data of protection device and recorder.

Keywords: 35kV ungrounded system; two phase short circuit fault; protections

35kV 不接地系统的两相短路故障类型主要有 3 种类型, 即两相相间不接地短路故障、两相相间同一地点接地短路故障, 两相相间不同地点接地短路故障。两相相间不同地点接地故障主要包括两种情况, 同一出线的不同地点接地, 不同出线的不同地点接地。不同相不同地点发生短路故障后, 短路电流及母线都将会收到受接地点与接地电阻值的大小影响, 所以发生两点不同地点接地后, 常规的继电保护装置不能准确地反映出故障的情况, 只能通过对本变电站内及下一级变电站内保护装置的报文及保护装置的動作情况进行总体分析, 才能确定故障地点。不同地点接地故障的存在, 严重威胁电网的安全稳定运行。下面通过一起小电流接地系统异地两点接地故障为例, 进行分析探讨。

1 故障相关情况简介

故障前 220kV 库布其站#1、#2 主变并列运行, 35kV 母联断路器 310 在合位, 其余 5 条 35kV 线路均为运行状态。

354 振库线情况: 3 月 14 日 13 时 26 分 32s966ms, 354 振库线 CSC-213 保护装置保护起动, 27ms 后分相差动保护动作出口, 跳开 354 断路器。 I_A 相电流为 0.127A, I_B 相电流为 0.308A, I_C 相电流为 52.3A。

经检查主变故障录波器发现, 1 号主变故障录波器 351 低压侧 B、C 相发生大电流起动, 2 号主变故障录波器 352 低压侧 B、C 相发生大电流起动。1 号主变、2 号主变低压侧保护装置均起动, 未动作出口跳闸。

352 恩库线情况: 3 月 14 日 13 时 26 分 33s017ms, 352 恩库线 RCS9613 保护装置保护起动, I_A 电流为 0.91, I_B 电流为 26.8A, I_C 电流为 22.6A。保护未动作出口跳闸。

352 对侧变电站进线 313 断路器保护起动, 未动作出口跳闸。

35kV 系统现场运行的接线方式如图 1 所示。事故后, 经巡查发现, 354 振库线 C 相发生接地故障。而 352 恩库线线路无故障, 保护未动作。初步判断

为 352 对侧变电站内下一级发生 B 相接地故障。

2 故障分析

2.1 不接地系统异地两相接地故障理论分析

如图 2 所示, 为中性点不接地 35kV 系统的等效电路图, 假定 L_1 线路的 B 相在 K_1 点发生接地故障, 此时, L_1 线路在 K_1 点的接地电流为 $I_{KB}^{(1,1)}/3$, 如果 L_2 线路的 C 相在同一时间 K_2 点也发生了接地故障, 那么 L_2 线路在该点的零序电流为 $I_{KC}^{(1,1)}/3$, L_1 出线与 L_2 出线的故障相别分别是 B、C 两相, 即同时接地故障, 对于主变压器的低压侧 M 侧与母线侧来说, 相当于 BC 相间短路故障。

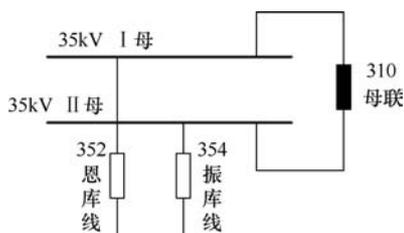


图 1 系统正常运行方式接线图

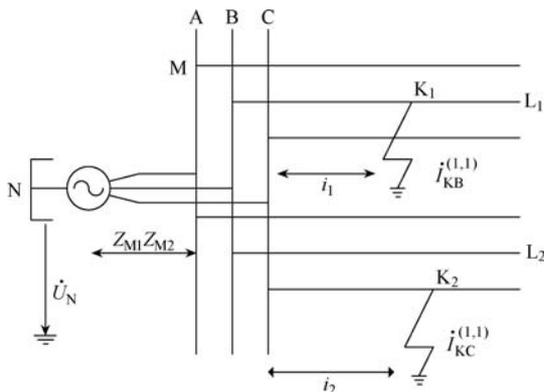


图 2 两条出线不接地系统简化电路图

对于 L_1 出线、 L_2 出线来说, 母线侧保护安装处的某一相的相电压等于短路点的该相电压与输电线路上所发生电压降之和, 即

$$\dot{U}_{MB} = \left(i^{(1,1)} + 3K \frac{i_{KC}^{(1,1)}}{3} \right) Z_1 l_2 \quad (1)$$

$$\dot{U}_{MC} = \left(i_{KB}^{(1,1)} + 3K \frac{i_{KB}^{(1,1)}}{3} \right) Z_1 l_1 \quad (2)$$

M 侧与母线侧 (即主变低压侧), 当中性点电压为 \dot{U}_N 时, 则 B 相、C 相电压平衡方程如下式所示, 其中 E_B 、 E_C 为母线 B、C 点电压, Z_1 、 Z_2 为线路 B、C 故障点阻抗, Z_{M1} 、 Z_{M2} 分别为主变侧阻抗值。

$$\dot{U}_N + \dot{E}_B = i_{KB}^{(1,1)} Z_{M1} + i_{KB}^{(1,1)} (1+K) Z_1 l_1 \quad (3)$$

$$\dot{U}_N + \dot{E}_C = i_{KC}^{(1,1)} Z_{M2} + i_{KC}^{(1,1)} (1+K) Z_2 l_2 \quad (4)$$

正如前面所述, 当不同线路的异地两相同时发生单相接地故障时, 对于母线侧与主变低压侧来说, 相当于相间故障, 电流关系式为

$$i_{KB}^{(1,1)} = -i_{KC}^{(1,1)} \quad (5)$$

将式 (3) 减式 (4), 得

$$i_{KB}^{(1,1)} = -i_{KC}^{(1,1)} = \frac{\dot{E}_{BC}}{2Z_{M1} + (1+K)Z_1(l_1+l_2)} \quad (6)$$

将式 (3) 加式 (4), 得

$$\dot{U}_N = \frac{\dot{E}_A}{2} + \frac{1}{2} i_{KB}^{(1,1)} (1+K) Z_1 (l_1-l_2) \quad (7)$$

令系数 $\rho = \frac{(1+K)Z_1(l_1-l_2)}{2Z_{M1} + (1+K)Z_1(l_1+l_2)}$, 则式 (7)

可简化为

$$\dot{U}_N = \frac{\dot{E}_A}{2} + \rho \frac{\dot{E}_{BC}}{2} \quad (8)$$

主变侧 A 相电压 $\dot{U}_{MA} = \dot{U}_N + \dot{E}_A$, 结合式 (6)、式 (1) 和式 (2), 可作出 B 相、C 相不同线路异地两点接地故障时的电流与电压的相量关系图。

根据图 3 的相量图可以看出, 小接地电流系统异地两相接地有如下特征:

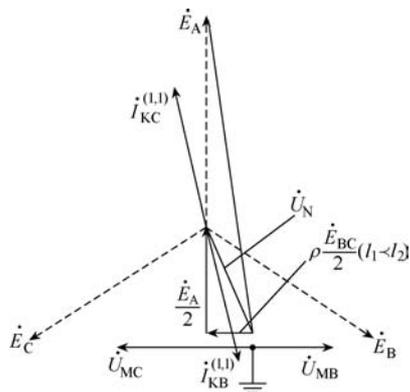


图 3 主变低压侧电流电压向量图

1) 发生接地相的相电压为地电压, 不接地的另两相电压升高为线电压。

2) 当发生接地任两相在同一地点接地时, 这两相电压同时降低, 大小相等。

3) 当发生接地的任两相不在同一地点接地时, 这两相电压均降低, 但是电压小的一侧靠近电源及母线侧, 电压大的远离母线侧。

4) 当有接地电阻时,接地点不在同一位置的两相电压降低,但是有接地电阻接地电压数值较发生直接接地的电压数值高。

不同线路不同地点接地故障与同一线路同一地点两相短路不同的是两相短路非故障相电压保持不变,而是两点异地接地故障时非故障相电压升至约 1.5 倍原相电压。

2.2 主变低压侧故障录波数据分析

查看录波器显示,1号主变低压侧电流、电压的波形图可以判断系统发生的是线路 B、C 相两相接地故障。1号主变低压侧保护装置起动,B、C 相均有短时间的大电流。

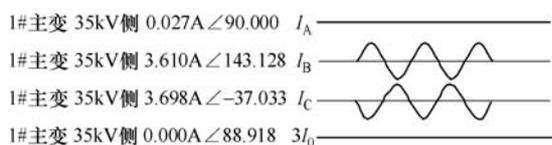


图 4 1号主变低压侧录波图

2.3 35kV 线路故障录波数据分析

经查证有关保护的定值,354 振库线分相差动起动电流为 2A,差动动作电流为 4A;过流二段为 25A,时间为 0.5s;过流三段为 7A,1.2s(CT 变比为 250/5)。352 恩库线差动起动电流为 5A;过流一段为 35A,时间为 0s;过流二段为 15A,时间为 0.5s;过流三段为 7A,1.2s。

两条线路保护动作情况如下所述。

354 振库线情况:354 振库线发生 C 相单相接地时,C 相无差流,装置不会动作。但保护装置发生 C 相分相差动出口跳闸。A 相电流为 0.027A,B 相电流为 0.000A,C 相电流为 52.3A。初步判定 35kV 系统内存在另一点 B 相接地。随后查看所有 35kV 保护装置,发现 352 恩库线保护起动,2017 年 03 月 14 日 B 相电流从 13:24:42.797 至 13:24:42.829 存在。

大小约峰值 38A(有效值 22A)左右<过流一段定值 35A,持续时间约为 32ms。C 相电流在 B 相电流一个周波之后发生,C 相电流大小约 32A 左右,持续时间约一个周波。故障发生点超出过流 I 段保护范围,过流 I 段保护未动作;由于故障持续时间太短,时间小于过流 II、III 段定值,过流 II、III 段也未动作。

随后,对 352 恩库线对侧恩格尔光伏电站 313 进线调查发现,03 月 14 日 B 相电流从 13:24:42.797 至 13:24:42.829 存在,大小约峰值 38A(有

效值 26.8A)左右,持续时间约为 32ms。C 相电流在 B 相电流一个周波之后发生,C 相电流为峰值 32A(有效值 22.6A),持续时间约 20ms,发展成 B、C 相相间故障持续时间约 20ms。由于 313 保护未投过流保护,313 进线保护起动,未动作出口。

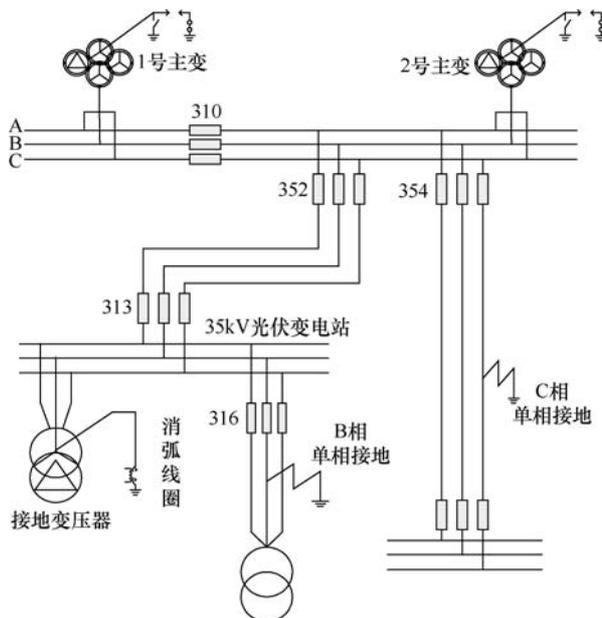


图 5 系统整体接线一次图

经过对比,352 与 313 大小相等,相位相反。可以判断出,该电流为穿越性电流,差动保护不动作,属于区外故障。然后继续向下一级巡视,发现恩格尔光伏电站 35kV 母线下一级进线 316 开关跳闸。

316 3#光伏进线 3 月 14 日 13:25:31.195,保护整组起动;13:25:31.215,B 相 I_{bmax} 为 74.67A,过流 I 段单相接地故障。

通过上面的分析可以看出,如图所示,352 恩库线对端电厂的 316 3#光伏进线至光伏升压变压器段从 2 月 17 日开始发生过多相 B 相单相接地,BC 相间故障,过流 I 段动作。316 3#光伏进线至光伏升压变压器段 B 相电缆绝缘较弱,导致 B 相发生接地故障。

3 结论

本文利用 35kV 不接地系统不同线路发生两点异地接地故障的保护动作的报文,最终明确了线路故障点。通过电流电压公式的推导,作出故障后相量图,并通过分析系统一次接线图,将此类故障进行明确展示。同时,对本次故障主变、线路录波数

(下转第 151 页)