

小接地系统两相接地短路的分析

余水忠

(福建建阳市电力公司, 福建 建阳 354200)

中图分类号: TM713

文献标识码: B

文章编号: 1003-4897(2000)02-0025-03

1 概述

电力系统中性点不接地和经消弧线圈接地的系统称小接地短路电流系统(简称小接地系统),其短路类型有:三相短路、二相短路、两相接地短路。

小接地系统的两相接地短路是指两相接地不在同一点,它可以是同一小接地系统的不同出线,也可以是同一出线的不同点。其短路电流及母线各相对地电压的变化受接地点和接地电阻的影响很大,常规的继电保护难以准确反映两点接地故障及切除故障线路,导致故障长时间的存在,严重威胁电网安全。发生两相接地短路的过程一般如下:任一相绝缘受到破坏而接地,非故障的两相对地电压升高为线电压,绝缘薄弱点被击穿而形成两点接地。小接地系统电压较低,架空线路的导线截面一般较小,电阻在短路电流计算过程中不可忽略。三相电缆线路通过两相接地短路电流后极易转换为相间短路。本人就小接地系统架空线路两相接地短路作一些分析,以供继电保护设计与运行人员参考。

2 计算方法

根据故障地点不同,两相两点接地短路有三种型式:

2.1 两接地点在非双回线的两条出线上。

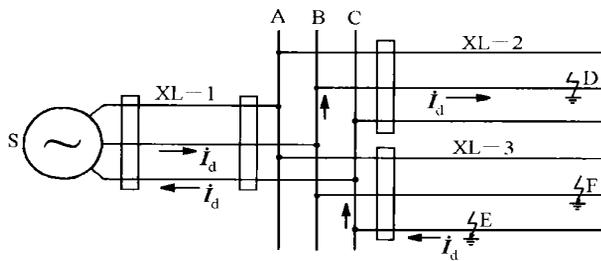


图1

图1为出线XL-2 B相D点与出线XL-3 C相E

点两相两点接地短路的电流路径图。流过电源和线路XL-1的三相电流之和等于0,其序阻抗与二相短路相同。流过XL-2和XL-3的三相电流之和等于 I_d ,其序阻抗与单相接地短路相同。复合序网络如图2。

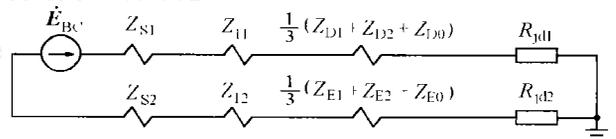


图2

根据克希荷夫第二定律有:

$$\dot{E}_{BC} - \dot{I}_d (Z_{s1} + Z_{11} + R_{jd1} + R_{jd2} + Z_{12} + Z_{s2}) - \frac{\dot{I}_d}{3} (Z_{D1} + Z_{D2} + Z_{D0} + Z_{E1} + Z_{E2} + Z_{E0}) = 0$$

\dot{E}_{BC} 为电源的线电势;

Z_{s1} 、 Z_{s2} 、 Z_{11} 、 Z_{12} 分别为系统和线路XL-1的正、负序阻抗。

Z_{D1} 、 Z_{D2} 、 Z_{D0} 、 Z_{E1} 、 Z_{E2} 、 Z_{E0} 分别为D、E点到母线的正序阻抗、负序阻抗、零序阻抗。

R_{jd1} 、 R_{jd2} 为D、E点的接地电阻。

2.2 两接地点在双回线的两条出线上

设图1中XL-2与XL-3为双回线,且E点更靠近母线,则D、E两相两点接地短路时,流过电源和XL-1的三相电流之和等于0,E点到母线的双回线电流之和等于0,其序阻抗与二相短路相同。D点到E点流过双回线的电流之和等于 I_d ,其序阻抗与单相接地短路相同。复合序网络如图3。

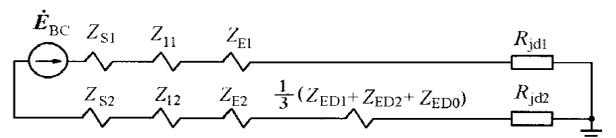


图3

根据克希荷夫第二定律有

$$\dot{E}_{BC} - \dot{I}_d (Z_{s1} + Z_{11} + Z_{E1} + R_{jd1} + R_{jd2} + Z_{E2} +$$

收稿日期: 1999-08-10

作者简介: 余水忠(1967-),男,助工,从事电力系统的运行管理工作。

$$Z_{l2} + Z_{S2}) - \frac{1}{3} \dot{I}_d (Z_{DE1} + Z_{DE2} + Z_{DE0}) = 0$$

Z_{DE1} 、 Z_{DE2} 、 Z_{DE0} 分别为 D 、 E 点间线路的正序、负序、零序阻抗。

2.3 两接地点在同一出线上

如图 1 出线 XL-3 的 F 、 E 两相接地短路, 设 E 点更靠近电源, 则 E 点到电源的三相电流之和等于 0, 其序阻抗与二相短路相同, F 点到 E 点三相电流之和等于 \dot{I}_d , 其序阻抗与单相接地短路相同, 复合序网络如图 3。

小接地系统的线路一般不设架空地线, 一般取 $X_0 = 1.4 / \text{km}$ 。钢筋混凝土单杆, 接地电阻 R_{jd}

0.2; 拉线钢筋混凝土单、双杆, 接地电阻 $R_{jd} = 0.1$ 。

为所在电杆处的土壤电阻率。

3 计算实例

3.1 计算图 1 所示 D 、 E 两点接地短路的短路电流及母线处各相对地电压。其中电网电压 37kV, 系统阻抗忽略。线路 XL-1 的导线用 LG-120 全长 20km, 线路 XL-2 的导线用 LG-95, D 点到母线 30km; 线路 XL-3 的导线用 LG-70, E 点到母线 20km。各线路用拉线混凝土单杆且没有架空地线, 全线的土壤电阻率取 $\rho = 200 / \text{m}$

解: $Z_{S1} = Z_{S2} = 0$

$$Z_{l1} = Z_{l2} = 0.255 \times 20 +$$

$$j0.4 \times 20 = 5.1 + j8$$

$$Z_{D1} = Z_{D2} = 0.315 \times 30 +$$

$$j0.4 \times 30 = 9.45 + j12$$

$$Z_{D0} = 0.315 \times 30 + j1.4 \times 30 = 9.45 + j42$$

$$R_{jd1} = R_{jd2} = 0.1 \times 200 = 20$$

$$Z_{E1} = Z_{E2} = 0.432 \times 20 + j0.4 \times 20 = 8.64 + j8$$

$$Z_{E0} = 0.432 \times 20 + j1.4 \times 20 = 8.64 + j28$$

复合序网络如图 4:

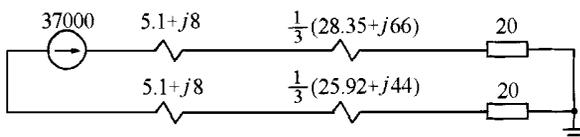


图 4

设 $\dot{E}_{BC} = 37000 \angle 0^\circ \text{ V}$

$$\dot{I}_d = \frac{3 \times 37000 \angle 0^\circ}{3(5.1 + j8 + 5.1 + j8 + 20 + 20) + 28.35 + j66 + 25.92 + j44} = 340 - j262 = 429 \angle -37.6^\circ \text{ A}$$

$$\dot{U}_{BM} = \dot{I}_d [R_{jd1} + \frac{1}{3} (Z_{D1} + Z_{D2} + Z_{D0})] = 15768 - j242.5 = 15770 \angle -0.88^\circ$$

$$\dot{U}_{CM} = - \dot{I}_d [R_{jd2} + \frac{1}{3} (Z_{E1} + Z_{E2} + Z_{E0})] = -13580 + j2517 = 13812 \angle 169.5^\circ$$

$$\dot{U}_{BCM} = \dot{U}_{BM} - \dot{U}_{CM} = 29348 - j2760 = 29478 \angle -5.4^\circ$$

$$\dot{U}_{B0} = \dot{I}_d [Z_{l1} + R_{jd1} + \frac{1}{3} (Z_{D1} + Z_{D2} + Z_{D0})] = 19607 + j1148 = 19641 \angle 3.4^\circ$$

$$\dot{U}_{AM} = \dot{U}_{A0} = \dot{U}_{B0} + \dot{E}_{AB} = 1107 + j33191 = 33209 \angle 88.1^\circ$$

从电源到接地点的电压向量变化过程如图 5。

3.2 计算图 6 所示 E 、 F 两点接地短路的短路电流。

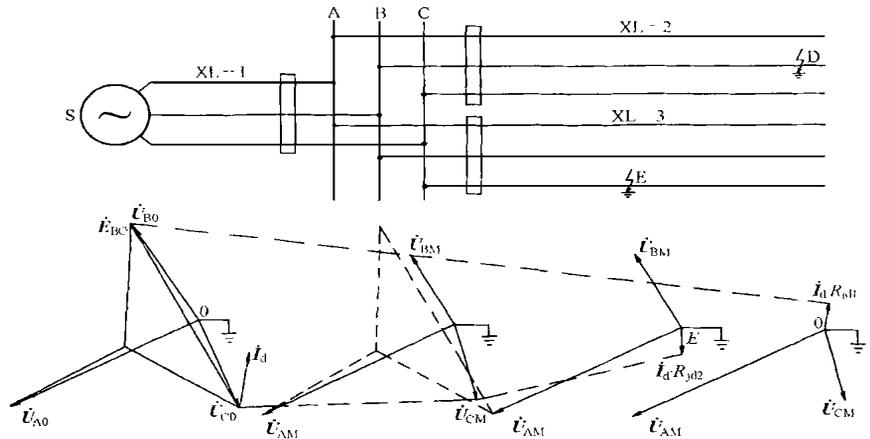


图 5

其中电网电压 10.5kV, 系统阻抗 $Z_{S1} = Z_{S2} = 0.1 + j1.3$, 线路的导线用 LG-120, E 点到母线 5km, F 点到母线 2km。线路采用钢筋混凝土单杆且无架空地线, 土壤电阻率 $\rho = 150 / \text{m}$ 。

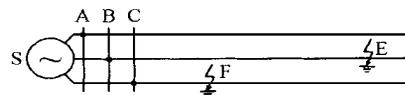


图 6

解: $Z_{S1} = Z_{S2} = 0.1 + j1.3$

$$Z_{F1} = Z_{F2} = 0.255 \times 2 + j0.4 \times 2 = 0.51 + j0.8$$

$$Z_{EF1} = Z_{EF2} = 0.255 \times 3 + j0.4 \times 3 = 0.765 + j1.2$$

$$Z_{EF0} = 0.255 \times 3 + j1.4 \times 3 = 0.765 + j4.2$$

$$R_{jd1} = R_{jd2} = 0.2 \times 150 = 30$$

复合序网络如图7:

设 $\dot{E}_{BC} = 10500 \quad 0^\circ \text{V}$

$$\dot{I}_d = \frac{3 \times 10500 \quad 0^\circ}{3 \times 2(0.1 + j1.3 + 0.5 + j0.8 + 30) + 2.295 + j6.6} = 168 - j17 = 168.6 \quad -5.9^\circ \text{A}$$

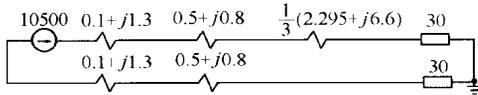


图7

4 小结

由上面两例分析可知,小接地系统两相两点接地短路的短路电流小,母线残压高。本人分析了所在单位几次保护拒动扩大事故后,建议校验保护装置灵敏度时应列入两相两点接地短路故障,以杜绝拒动。灵敏度不满足要求时,可采取以下措施:

- 解除电流、电压联锁保护的电压元件。
- 在多支配电线路较长的支线加装柱上断路器或跌落开关保护。
- 负载电流较大的线路设置负序电流保护。

Analysis of two-phase short circuit fault in the power system with floating neutral

YU Shui-zhong

(Jianyang Electric Power Corporation of Fujian Province, 354200, China)

(上接第13页) 而文献^[4]中第2级控制域内包含节点集为14、15节点。分析13、15两节点情况,二者的调节裕度(B_2)和优先级(B_3)均无差别,而13节点的灵敏度(B_1)却优于15节点的灵敏度,(文献^[4]中的特征指标 x_1 也体现了这一点)所以第2级控制域中包含13节点更具合理性。再分析2节点与3节点,以及8、9、10、11、12节点的分域结果与上述情况相同,从而证实本文方法合理、有效。

关于故障节点的控制节点最佳排序过程,即是无功电压紧急分域过程,无需选择阈值。事实上文献^[4]中 $1, 2 \dots n$ 与本文中的控制节点最佳序列具有相同的物理意义。

参考文献:

[1] Zaborsky J, Hnuang G and Lu S Y. Control of Reactive Power

and Voltage in Emergency. Automatic, 1985, 21(3): 237 ~ 246.

- [2] 孙锦鑫. 电力系统电压稳定分析与控制. 哈尔滨工业大学与华北电力学院博士论文, 1990.
- [3] 鲁宝春, 郭志忠, 柳焯, 孟祥萍. 电力系统局部电压紧急分域的新方法. 中国电力, 1998, 31(1): 36 ~ 38.
- [4] 鲁宝春, 郭志忠, 柳焯. 逐次扩展环域法. 全国高等学校电力系统及其自动化专业第十四届学术年会论文集, 884 ~ 889.
- [5] 王连芬, 许树柏. 层次分析法引论. 北京中国人民大学出版社, 1990.
- [6] 王应明, 傅国伟. 广义最小偏差排序方法. 清华大学学报, 1993, 33(3): 10 ~ 17.
- [7] 鲁宝春. 基于广义特勒根定理的灵敏度计算. 辽宁工业学院学报, 1996, (4).

Method of forming local voltage control regions based on analytic hierarchy process

ZHAO Cai-hong¹, LI Xiu-qing¹, JIANG Ke-zhi²

(1. Northeast Power College, Jilin 132012; 2. Jilin Power Bureau, Jilin 132001, China)

Abstract: This paper presents a new method to divide voltage control regions based on analytic hierarchy process. Through analog example, the method proves effective and feasible and analog results are ideal.

Keywords: analytic hierarchy process; optimal sequence; sensitivity; reactive power and voltage region