

220 kV 线路故障引起 110 kV 系统保护异常动作的研究分析

薛峰¹, 谢夏寅¹, 孙徐龙², 周瑾¹, 童勤毅¹

(1.苏州供电公司,江苏苏州 215004;2.吴江供电公司,江苏吴江 215200)

摘要:分析了强电源附近的 220 kV 馈供线路发生单相接地故障后,较高的零序电压引起所供 110 kV 系统主变中性点间隙击穿后又造成 110 kV 线路距离保护异常动作的原因。并提出对于强电源附近的馈供线路发生接地故障时抑制零序电压的建议和防止相关保护不正确动作的措施。

关键词:线路故障;中性点间隙;击穿;保护动作

中图分类号:TM761

文献标志码:B

文章编号:1009-0665(2010)03-0051-03

1 故障

2009年4月9日,苏州地区 500 kV 吴江变馈供 220 kV 松陵变的 2527 吴松线发生 C 相金属性单相接地故障,事故造成松陵变 110 kV 系统 1903 庄吴线所供鲈乡变 2 号主变及垂虹变 2 号主变中性点间隙击穿,1903 庄吴线 B 相接地距离 I 段动作,开关跳闸。同一时刻 1925 中山线所供中山变 1 号主变中性点间隙也击穿。

2 间隙击穿分析

(1) 故障前系统运行方式如图 1 所示。

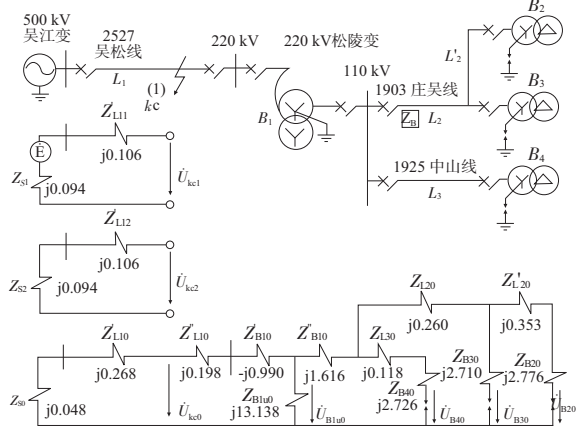


图 1 系统运行方式及序网

(2) 系统相关参数如图 1 标注。标么值基准容量 $S_B=1\ 000\ \text{MV}\cdot\text{A}$, 计算中忽略线路及主变的电阻分量, 不计负荷电流^[1,2]。

(3) 2527 吴松线故障发生时, 在 B_2, B_3, B_4 主变间隙未击穿时的正序、负序、零序网络图, 如图 1 所示。

(4) 2527 吴松线故障发生时, 在 B_2, B_3, B_4 主变间隙未击穿时的复合序网图, 如图 2 所示。

图中: $Z_{1\Sigma} = Z_{S1} + Z'_{L11} = j0.2$

$Z_{2\Sigma} = Z_{S2} + Z'_{L12} = j0.2$

$Z_{0\Sigma} = (Z_{S0} + Z'_{L10}) // (Z''_{L10} + Z''_{B10} + Z_{B10}) = j0.309$

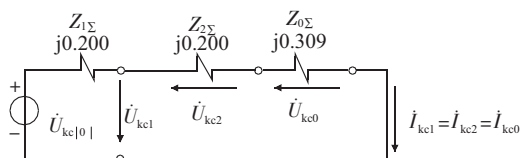


图 2 B_2 和 B_3 主变间隙未击穿时的复合序网

2.5 求故障点零序电压 \dot{U}_{kc0}

设: $\dot{U}_{kc|0|} = 1 \angle 0^\circ$

$$\dot{U}_{kc0} = \frac{\dot{U}_{kc|0|}}{Z_{1\Sigma} + Z_{2\Sigma} + Z_{0\Sigma}} \times Z_{0\Sigma} = \frac{\dot{U}_{kc|0|}}{j0.2 + j0.2 + j0.309} \times j0.309 = -0.436$$

则:

$$\dot{U}_{B10}^* = \dot{U}_{kc0} \frac{Z_{B10}}{(Z_{B10} + Z'_{B10} + Z''_{B10})} \times Z_{0\Sigma} = -0.436 \frac{j13.138}{j13.138 - j0.99 + j0.198} = -0.464$$

由零序网络图可知此时 B_2, B_3, B_4 主变的中性点间隙所承受的零序电压为:

$$3\dot{U}_{B20}^* = 3\dot{U}_{B30}^* = 3\dot{U}_{B40}^* = 3\dot{U}_{B10}^* = 1.392$$

由计算可得 B_2, B_3, B_4 主变中性点零序电压可达 1.392 倍相电压, 按平均基准电压 $115/\sqrt{3}\ \text{kV}$ 计算, 有名值为 92.42 kV。

根据不同变压器中性点的绝缘水平不同, 110 kV 主变中性点放电间隙距离一般为 12~15 cm, 工频击穿电压在 60~75 kV。现实际承受电压为 92.42 kV, 故 B_2, B_3, B_4 主变中性点放电间隙均击穿。从录波图显示, 3 台主变的中性点间隙在 220 kV 线路故障发生的同一时刻击穿。

3 保护异常动作分析

(1) B_2, B_3 主变间隙击穿后的零序网络图如图 3 所示。为保护安装处零序电压 \dot{U}_{m0} , $\dot{I}_{m0} \dot{Z}_{mkc0} = 0.971 \angle 116.9^\circ$ 为保护安装处零序电流。

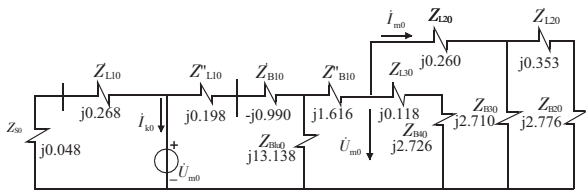


图3 B₂和B₃主变间隙击穿后的零序网络图

(2) 间隙击穿后的复合序网,如图4所示。

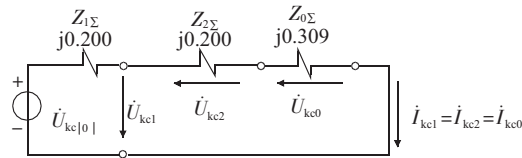


图4 B₂和B₃主变间隙击穿后的复合序网

图中: $Z_{0\Sigma} = (Z_{S0} + Z'_{L10}) // (Z'_{L10} + Z'_{B10} + Z_{B10}) // (Z'_{B10} + (Z_{L30} + Z_{B40}) // (Z_{L20} + Z_{B30} // (Z'_{L20} + Z_{B30})) = j0.259$

计算故障点零序电流 i_{k0} 得:

$$i_{k0} = i_{kc1} = i_{kc2} = i_{kc0} = \frac{\dot{U}_{kc|0|}}{Z_{1\Sigma} + Z_{2\Sigma} + Z_{0\Sigma}} = \frac{1}{j0.2 + j0.2 + j0.259} = -j1.517$$

根据图3可求保护安装处零序电流得: $i_{m0} = j0.142$

有名值 $I_{m0} = 0.142 \frac{1000}{115/\sqrt{3}} = 0.713 \text{ kA}$, 则:

$$3I_{m0} = 2.139 \text{ kA}$$

(3) 计算保护安装处B相电压 \dot{U}_{mb} , 得:

$$\begin{aligned} \dot{U}_{mb} &= \dot{U}_{mc1} e^{j120} + \dot{U}_{mc2} e^{-j120} + \dot{U}_{m0} = \\ & \dot{U}_{kc1} e^{j120} + \dot{U}_{kc2} e^{-j120} + \dot{U}_{m0} = (-i_{kc1} Z_{1\Sigma} + \dot{U}_{kc|0|}) e^{j120} + \\ & (-i_{kc2} Z_{2\Sigma}) e^{-j120} + i_{m0} [Z_{L20} + Z_{B30} // (Z'_{L20} + Z_{B20})] = \\ & 0.971 \angle 116.9^\circ \end{aligned}$$

$\dot{U}_{mc1}, \dot{U}_{mc2}$ 为保护安装处母线正负序电压, 由于不考虑负荷阻抗, 所以保护安装处正负序电压应等于故障点正负序电压, 即 $\dot{U}_{mc1} = \dot{U}_{kc1}, \dot{U}_{mc2} = \dot{U}_{kc2}$ 。

保护安装处电流电压相量图, 如图5所示。

(4) 计算接地距离保护测量阻抗 Z_{m0} 。

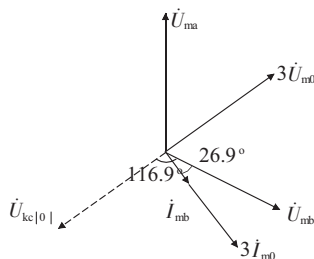


图5 1903庄吴线保护安装处电压电流相量图

$$Z_m = \frac{\dot{U}_{mb}}{i_{mb} + K3i_{m0}} = \frac{\dot{U}_{mb}}{i_{m0} + K3i_{m0}} = 2.523 \angle 26.9^\circ$$

不计负荷电流, $i_{mb} = i_{m0}$ 。根据1903庄吴线定值, 零序补偿系数 $K=0.57$ 。

二次有名值:

$$Z_m = Z_m^* \times \frac{115^2}{1000} \times \frac{600/5}{110/0.1} = 3.64 \angle 26.9^\circ \Omega$$

(5) 阻抗元件动作行为分析。

1903庄吴线保护配PSL621C线路保护, 主要为三段式距离及零序保护。距离保护采用多边形特性, 特性如图6所示粗黑实线, 折线cod为阻抗元件的方向线, ae边下倾 12° 。

1903庄吴线接地距离电阻定值 $R_{ZD} = 7 \Omega$ (二次值); 接地距离I段定值 $Z_{ZD} = 2.51 \Omega$ (二次值); 线路阻抗角 $\varphi_{ZD} = 70^\circ (\angle aod)$; 电流互感器变比 $600/5$; 电压互感器变比 $110/0.1$ 。

将测量阻抗 Z_m 标注在接地距离保护特性图中, 如图6所示。

由图可得: $\angle aoe = 180^\circ - 70^\circ - 12^\circ = 98^\circ$

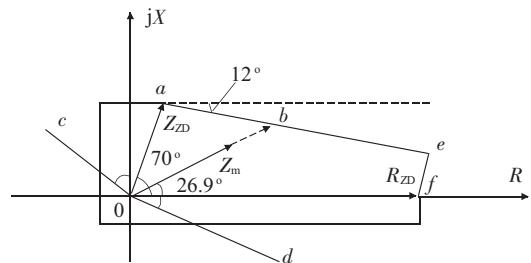


图6 接地距离保护特性图

$$\angle aob = 70^\circ - 26.9^\circ = 43.1^\circ$$

则: $\angle aob = 38.9^\circ$

根据正弦定理 $\frac{\sin \angle oab}{ob} = \frac{\sin \angle abo}{oa} = \frac{\sin \angle abo}{|Z_{ZD}|}$, 得: $ob = 3.96 \Omega$

由于 $|Z_m| = 3.64 < ob$, 则: 阻抗元件动作。

4 结束语

(1) 在强电源附近的馈供线路发生接地故障后, 故障点零序电压将偏高, 特别是强电源长线路馈供, 故障点远离电源中性点时零序电压上升幅度较大, 理论分析最高可达 $9/5$ 的相电压值。针对该种问题, 应考虑在馈供系统中采取抑制零序电压的措施^[3,4], 譬如本案应降低松陵变 220 kV 主变零序励磁阻抗 (Z_{B10}) 来限制零序电压, 松陵变该主变器实为三相五柱式三星型无平衡绕组的自耦变压器, 故零序励磁阻抗较高^[5,6], 若采用三相三柱式变压器将有效降低零序励磁阻抗, 从而限制零序电

压,同时增加平衡绕组也可以在一定程度上限制零序电压。这样就可以减小过高的零序电压对 110 kV 系统的影响。

(2) 对于 110 kV 接地距离保护的异常动作,可考虑采取适当减小接地电阻定值 R_{zd} 的方法来避免;也可考虑增设相电流判据或零序功率方向判据来避免接地距离保护不必要的动作,这对提高供电可靠性是有意义的。

参考文献:

- [1] 崔家佩,孟庆炎,陈永芳,等.电力系统继电保护与安全自动装置整定计算[M].北京:中国电力出版社,2001.
- [2] 刘万顺.电力系统故障分析[M].北京:水利电力出版社,1986.
- [3] 王梅义.电网继电保护应用[M].北京:中国电力出版社,1999.
- [4] 王梅义.高压电网继电保护运行与设计[M].北京:中国电力

出版社,2007.

- [5] 朱声石.高压电网继电保护原理与技术[M].北京:中国电力出版社,1995.
- [6] 江苏省电力公司.电力系统继电保护原理与实用技术[M].北京:中国电力出版社,2006.

作者简介:

- 薛峰(1972-),男,江苏苏州人,高级技师,从事电力系统继电保护管理工作;
- 谢夏寅(1974-),女,江苏太仓人,高级技师,从事电力系统继电保护管理工作;
- 孙徐龙(1981-),男,江苏张家港人,助理工程师,从事电力系统继电保护管理工作;
- 周瑾(1978-),女,江苏苏州人,工程师,从事电力系统继电保护管理工作;
- 童勤毅(1979-),女,江苏苏州人,工程师,从事电力系统继电保护管理工作。

Analysis of Abnormal Relay Action on 110 kV Power System Caused by 220 kV Line Fault

XUE Feng¹, XIE Xia-yin¹, SUN Xu-long², ZHOU Jin¹, TONG Qin-yi¹

(1. Suzhou Power Supply Company, Suzhou 215021, China; 2. Wujiang Power Supply Company, Wujiang 215200, China)

Abstract: After the occurring of single-phase grounding fault of 220kV circuit near large power supply, high zero sequence voltage induces breakdown of the neutral point gap in the 110KV system's main transformer and abnormal actions of distance protection in the 110kV line. The cause of this accident is analyzed in this paper. Suggestions of mitigating zero sequence voltage and measures of preventing incorrect actions of relative protection are proposed when grounding fault occurs near the large power supply.

Key words: line fault; neutral point gap; breakdown; relay action

(上接第 50 页)

技术方案,对在类似变电站进行环境温度控制改造具有很好的借鉴作用。

参考文献:

- [1] 黎洪松.数字视频技术及其应用[M].北京:清华大学出版社,1997.
- [2] 李冬梅,高文焕.通用学习式红外遥控器中数据压缩与识别算法[J].清华大学学报(自然科学版),2000,(7).
- [3] 安颖,刘丽娜.具有学习功能的智能遥控器[J].微计算机

机信息,2005,(3).

- [4] 李晓辉,卢艳,孙康明,等.基于 VC 的自动聚焦视频监视系统软件的开发设计[J].安防科技,2007,(16).

作者简介:

- 朱健(1973-),男,江苏扬州人,工程师,从事变电运行管理和变电站视频监控系统管理工作;
- 侯林海(1976-),男,江苏靖江人,工程师,从事变电站视频监控系统的研究工作。

Substation Indoor Temperature Monitoring Function based on Video Monitoring Unified Platform

ZHU Jian¹, HOU Lin-hai²

(1. Yangzhou Power Supply Company, Yangzhou 210000, China;

2. Jiangsu Frontier Electric Power Technology Co., Ltd., Nanjing 211102, China)

Abstract: The paper introduces the function of substation indoor temperature monitoring which is based on the video monitoring unified platform of Jiangsu Electric Power Company. The control method of environmental temperature and the characteristics of control software are analyzed based on the unified platform; which provides a technical feasible way to control the substation ambient temperature with unified platform access.

Key words: video monitoring; substation; indoor temperature