

浅议高压变电所屏蔽电缆接地

曾健

(陕西省电力设计院, 陕西 西安 710054)

摘要: 高压变电所内屏蔽电缆屏蔽层的正确接地, 对降低外部电磁场对微机型二次设备的干扰水平, 起着重要作用。该文浅议屏蔽电缆屏蔽层一点、两点接地对电磁场屏蔽的机理, 并提出了两点接地时应注意的问题。

关键词: 电磁干扰; 单点接地; 两点接地

中图分类号: TM63 文献标识码: B 文章编号: 1003-4897(2004)13-0078-02

0 引言

近年来, 耐受电磁干扰能力极低的微机型二次设备, 在高压变电所中得到了广泛的应用, 为保证微机型二次设备在这样一个高强度电磁场、强电磁干扰环境下的安全可靠运行, 需要在两方面取得一致, 一是这些二次设备应具有一定的耐受电磁干扰的能力, 二是必须确保进入设备的电磁干扰水平必须低于设备自身的耐受水平。后者要求电力设计及相关人员对可能的最大干扰值预测, 并采取各种切实可行的措施。

结合产品的特点合理地进行地线设计, 是性价比最高的抗干扰措施。这也是各级电力部门制定的二次反事故措施反复强调二次地线设计的原因。本文对二次地线设计中比较重要的屏蔽电缆接地进行简要分析。

1 屏蔽电缆接地

屏蔽电缆屏蔽层不接地、一点接地、两点接地将直接影响屏蔽电缆电缆芯的电场屏蔽、磁场屏蔽效果。

1.1 屏蔽层接地产生的电场屏蔽

由于两根平行导线之间存在耦合电容, 屏蔽层与电缆芯也存在耦合电容, 这样电场耦合会产生串联干扰, 如图 1、图 2 所示(虚线表示屏蔽层接地) 假定一根为理想屏蔽电缆, 置于干扰电路中。不考虑干扰源导线对电缆芯的耦合, 则源导线的干扰电压 U_1 会通过 C_{12} 耦合到屏蔽层上, 再通过 C_{23} 耦合到芯线上。

芯线上耦合电压为

$$U_2 = \frac{C_{12}}{C_{12} + C_3} \left(1 - \frac{1}{j C_{23} R_{S2} + 1} \right) \cdot U_1 \quad (1)$$

如果屏蔽层接地, C_3 被短接, C_3 为 ∞ , 则 $U_2 = 0$, 即 U_1 通过 C_{23} 被屏蔽层短路接地, 切断了耦合到

芯线上的路径, 从而起到了电场屏蔽的作用。

如果屏蔽层不接地, 根据文献[3], $C_{12} = (\epsilon_0 / \ln(2h/r))$, h 为两导线间距, r 为导线半径。

由于屏蔽电缆 r 值比普通电缆大, 耦合电容 C_{12} 值更高, 再根据式(1)产生的耦合电压 U_2 也更高, 其结果是不仅不能降低电场干扰水平, 而且将比采用普通电缆产生更大的电场干扰。

可以看出对抑制电场干扰来说, 屏蔽层必须接地, 两点接地可靠性高于一点接地。因为一点接地必须保证屏蔽层的完整无损。

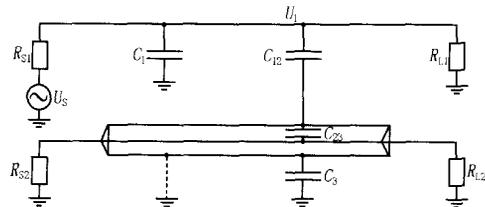


图 1 接线图

Fig. 1 Connection diagram

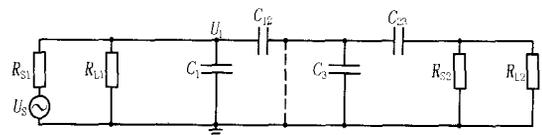


图 2 等效电路图

Fig. 2 Equivalent circuit

1.2 屏蔽层两点接地对磁场的屏蔽

1) 先分析电缆内芯线产生的磁场干扰如何被屏蔽层屏蔽。

设 U_s 为干扰源, 其产生的干扰电流 I_1 流过电缆芯, 在屏蔽层感应的屏蔽电流为 I_2 , 如图 3 所示。

屏蔽电缆可认为是一个平行平面磁场, 如图 4 所示。磁场的分布与电缆的长度无关。电缆是圆的, 它所产生的磁场对称于电缆的轴线, 据安培环路定律

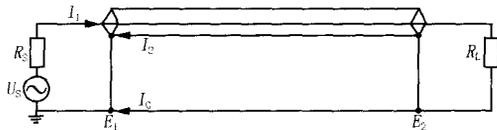


图3 接线图

Fig.3 Connection diagram

$$\oint B \cdot dl = \mu_0 I \quad (2)$$

即有 $2 \pi r \cdot B = \mu_0 I$, 式中: $I = (I_1 - I_2)$; r 为电缆外一点至电缆中心距离; B 为电缆外一点磁场强度。

则电缆外的磁感应强度应为

$$B = \frac{\mu_0}{2} \frac{I_1 - I_2}{r} \quad (3)$$

如果屏蔽电缆不接地或单端接地, 则干扰电流从地面返回, 屏蔽层上无电流通过, 即 $I_2 = 0$, 屏蔽层不起作用。

当屏蔽层两端接地, 则屏蔽电缆的芯线和屏蔽层之间可等效为一个互感耦合电路, 设互感为 M , 如图5所示, 接地点为 E_1 点和 E_2 点, I_1 在 E_2 将分为 I_2 和 I_G 经 E_1 流回源点, 屏蔽层中的电流为 $I_2 = \frac{j M I_1}{L_s + r_s}$, $I_2 = \frac{j I_1}{Z_s + 0}$, 式中, $0 = r_s / z_s$, 即有 $I_2 < I_1$ 。在理想情况下, $Z_s \gg 0$, $I_2 \ll I_1$, 代入式2, 可知, $B \approx 0$ 。即使不是理想状态, 也可明显降低对屏蔽电缆外部磁场干扰水平。

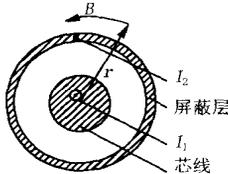


图4 接线图

Fig.4 Connection diagram

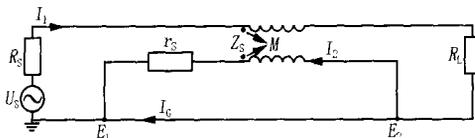


图5 等效电路图

Fig.5 Equivalent circuit

2) 同理, 在屏蔽层两点接地的条件下, 当电缆被外部干扰电流产生的磁通包围时, 在电缆屏蔽层将感应出方向相反的电流和磁通, 将抵消外部干扰电流产生的干扰磁通对电缆芯的影响。理想状态 $B = 0$ 。

3) 综上所述, 屏蔽层通过两点接地对磁通包围屏蔽电缆产生的磁场干扰形成一个法拉第笼, 使其

内部芯线受干扰程度显著降低。

1.3 屏蔽层两点接地应注意的问题

如果屏蔽电流不是由于磁通包围屏蔽电缆产生, 如两个接地点地电位不等产生屏蔽电流, 将引起额外的冲击干扰电压。这是因为如果两个接地点地电位不等, 其产生的干扰电流必然会流过屏蔽层, 通过屏蔽层与缆芯的转移阻抗回路耦合到电缆芯上, 形成附加干扰。

这就要求对此干扰水平进行预测, 就高压变电所而言, 对全所接地电阻有严格要求, 且大部分二次设备为强电输入, 模拟量回路也加装了滤波电容。根据运行经验, 只要接地电阻满足相关规程要求, 地电位差引起的附加干扰不会影响设备运行。如果特殊情况不满足要求, 可通过技术经济比较采用如下两种方法: 一是并行敷设大截面铜导体, 降低电位差, 二是采用双层屏蔽电缆, 这种电缆在芯线外有两个互相绝缘的屏蔽层, 内屏蔽层作信号回流线, 外屏蔽层两端接地, 流过地环路电流, 不会影响信号回路。

如果变电所与相距较远的通信站之间通过屏蔽电缆连接, 屏蔽层两点接地时, 应并行敷设一根或多根大截面铜导线, 以防止大入地电流流通过流容量极小的屏蔽层, 烧毁屏蔽层。

当然以上这些问题不应成为反对屏蔽电缆屏蔽层两点接地的理由。

2 结论

为降低高压变电所电磁干扰水平, 所有屏蔽电缆应在开关场和二次室两点接地。并应对屏蔽层两点接地产生的问题, 作好预测和防范。

参考文献:

- [1] 王梅义 (WANG Mei-yi). 电网继电保护应用 (Applications of Relay Protection in Power Network) [M]. 北京: 中国电力出版社 (Beijing: China Electric Power Press), 2000.
- [2] 白同云, 吕晓德 (BAI Tong-yun, LÜ Xiao-de). 电磁兼容设计 (Designing on EMC) [M]. 北京: 北京邮电大学出版社 (Beijing: Beijing University of Posts and Telecommunications Press), 2001.
- [3] 冯慈璋 (FENG Ci-zhang). 电磁场 (Electromagnetic Field) [M]. 北京: 高等教育出版社 (Beijing: Higher Education Press), 1993.
- [4] 江辑光 (JIANG Ji-guang). 电路原理 (Circuit Principles) [M]. 北京: 清华大学出版社 (Beijing: Tsinghua University Press), 2001.

(下转第 81 页 continued on page 81)

4 采取的继保反事故措施和办法

针对以上分析,技术人员即采取了以下对应技术措施:

1) 向该系列保护生产厂家通报了以上存在的问题和分析,希望在设计、生产中改进,避免今后同类情况发生;

2) 针对该装置信号回路没有自检、监视和告警的功能,马上组织人员对运行中同系列的保护装置进行检查,采取临时措施:解除所有本体重瓦斯、有载分接开关油流继电器等跳闸输入回路上并联的信号回路,避免了出现同类问题的可能;

3) 最终确定了反事故措施,即在装置外部加装3个中间继电器,使本体重瓦斯、有载油流继电器、压力释放阀等本体触点分别对应中间继电器,再利用中间继电器的重动触点分别启动装置的跳闸回路和信号回路,即把跳闸、信号回路的输入部分进行电气上的

隔离,彻底处理了该设备缺陷,避免事故的再次发生。

4) 组织人员对保护二次回路的接地情况和变电站地网情况进行了检查,结果均满足运行要求。对于二极管击穿的问题,技术人员认为要厂家注重元件质量,同时必须加强变电站二次弱电设备防雷技术研究。

5 结论

通过此次主变本体保护装置误动事故的分析和处理,及时发现了该CSR系列本体保护装置本身存在的设计缺陷,采取了继保反事故措施,避免今后变电运行中重复性事故的发生。

收稿日期: 2003-09-24; 修回日期: 2003-12-21

作者简介:

徐忠伟(1965-),男,硕士研究生,高级工程师,从事电力系统生产技术管理; E-mail: qyd2002@yahoo.com.cn
张步涵(1950-),男,教授,从事电力系统技术研究。

Analysis of a maloperation of main transformer's protection

XU Zhongwei, ZHANG Burhan

(Huazhong University of Science & Technology, Wuhan 430074, China)

Abstract: A maloperation of transformer protection caused by inner diode breakdown is expatiated. Based on the fault analysis, this paper puts forward the improved methods to electrically disconnect tripping circuit and signal circuit, which avoids the maloperation repeatedly.

Key words: transformer; protection; fault

(上接第 73 页 continued from page 73)

Analysis of imported overexcitation protection in 500 kV power transformer

YANG Biao, DONG Jianda, JIN Naizheng

(Shaoxing Power Supply Bureau, Shaoxing 312000, China)

Abstract: The application of imported overexcitation protection in Shaoxing 500 kV substation is introduced. Taking overexcitation protection from ABB employed in Fengyi 500 kV No. 3 transformer as an example, the paper focuses on the principle of overexcitation protection, its cooperation with overexcitation characteristic curves, its protection dead zone, and relevant debugging.

Key words: power transformer; overexcitation; curves; protection; coordination; debugging; dead zone

(上接第 79 页 continued from page 79)

[5] DL/T 5136-2001,火力发电厂、变电所二次接线设计技术规程(Technical Code for Designing of Electrical Secondary Wiring in Fossil Fuel Power Plants and Substations[S].

收稿日期: 2003-05-26;

作者简介:

曾健(1972-),男,工程师,从事电力工程设计工作。

Brief discussion on the earthing of shielded cable in HV substation

ZENG Jian

(Shaanxi Electric Power Design Institute, Xi'an 710054, China)

Abstract: The proper earthing of the shielded layer of cable in HV substation plays an important part in reducing electromagnetic interference to the microcomputer-based secondary facilities. This paper makes brief discussion on the mechanism of the electromagnetic field screening by means of single-point and two-point grounding of the shielded layer of cable and proposes some problems that have to be paid attention to in two-point grounding.

Key words: electromagnetic interference; single-point grounding; two-point grounding