

# 10 kV 母线故障主变差动保护动作 和 10 kV 备投装置连续动作三次的分析

李少谦

(咸阳供电局, 陕西 咸阳 712000)

**摘要:** 备用电源自投装置是保证电网连续可靠供电的重要安全自动装置, 在运行中如果备用电源自投装置出现不正确动作行为, 同样会对电网造成冲击并加重故障设备的损坏。通过对一次 10 kV 母线故障中备用电源自投装置连续三次动作行为的分析, 发现了这类备用电源自投装置在自身设计方面存在的缺陷, 使我们能及时采取相应的防范措施, 防止此类现象重复发生, 以提高备用电源自投装置的正确动作率。

**关键词:** 备用电源自投装置; 不正确动作; 分析; 防范措施; 正确动作率

## Analysis of main transformer's differential protection action for 10 kV bus bar's failure and action of consecutively operating 3 times of 10 kV reserved auto-switch-on device

LI Shao-qian

(Xianyang Power Supply Bureau, Xianyang 712000, China)

**Abstract:** Reserved auto-switch-on device is an important automatic security device to make sure consecutive and reliable power network supply. During operation, when the switch on device operates incorrectly, it will lead to impulsion to the network, and accelerate the damage to the devices which have problems. This paper finds out the default in design of the switch-on device by analyzing it working three times consecutively when there was 10 kV bus bar failure. Then relevant countermeasures can be adopted to avoid such problems, and improve the correct working ratio of device.

**Key words:** reserved auto-switch-on device; incorrect operation; analysis; countermeasure; correct operation ratio

中图分类号: TM77 文献标识码: B 文章编号: 1003-4897(2007)19-0063-03

## 0 引言

继电保护和安全自动装置是保障电网一次设备发生故障时能有选择、快速、可靠地切除故障, 减小停电范围, 将故障造成的损失减少到最低程度的必不可少的二次设备。因此, 继电保护和安全自动装置能否正确动作直接影响电网安全稳定运行, 对运行中发生的继电保护和安全自动装置不正确动作通过认真分析, 查找原因, 制定有效的防范措施, 才能不断提高正确动作率, 为电网安全运行奠定基础。本文通过对我局一座 110 kV 变电站 10 kV 母线故障时 10 kV 备自投装置多次动作的分析, 发现了在我们地区电网广泛使用的一种型号的备自投装置存在的设计缺陷, 使我们采取相应措施防止再发生类似的问题。

## 1 故障经过和保护动作情况

故障经过: 2006年10月12日14:02左右, 我局一座 110 kV 变电站(电气主接线图和运行方式如图 1 所示)发生了由于 10 kV I 母故障而导致 1B 差动保护动作, 10 kV 100 开关被 10 kV 备自投装置在 40 min 内合上三次, 使 2B 通过 100 开关向 10 kV I 母故障点三次提供故障电流, 致使 1B 的 101 开关柜严重烧毁。

该站 110 kV 为内桥接线, 10 kV 为单母分段接线。在故障发生前, 线路 1 通过 1DL、1B、101DL 供 10 kV I 母负荷; 线路 2 通过 2DL、2B、102DL 供 10 kV II 母负荷; 3DL、100DL 均处在热备用状态。110 kV 配能自动实现一线带两变的线-线备投方式和两线带两变的内桥开关备投方式的备自投装置一套; 10 kV 配能自动实现 100DL 备投方式的备自投装置一套。故障发生前两台 50 MVA 主变均带 26 MW 左右的有功负荷, 由于 101 开关进线柜上动触头与静触头接触不良导致发热严重, 使相与相触

头之间的绝缘损坏从而引起短路,造成 101 开关上触头(与 10 kV I 母连接处如图 1 的 d 点)发生短路。

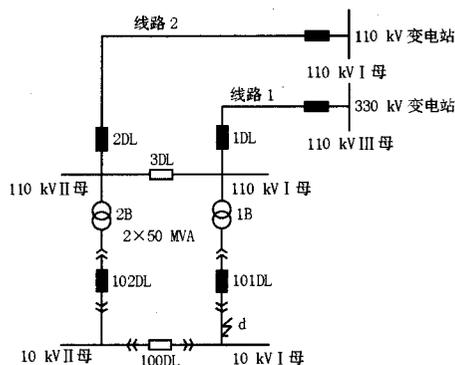


图 1 电气主接线图和运行方式

Fig.1 Main electric connecting diagram and operation mode

保护动作情况: 14:02 左右在 d 点发生故障后, 该站保护动作情况如下:

1) 1B 的 CST31A 差动保护动作, 1DL 和 101DL 开关跳闸。CST31A 动作 14:02:24:458 保护启动, 14:02:24:865 差动 A、差动 B、差动 C 出口。

2) 10 kV CSB21A 备自投装置动作灯亮, 动作报告中只有 14:10 和 14:40 的 15 ms 备投启动, 192 ms 出口 3 动作的报告, 而 14:02 左右的动作报告已被冲掉(10 kV CSB21A 定值整定为有压值 70 V, 无压值 20 V, 无流判别值 0.5 A, 备投时限 3 s, CT 变比 3000/5)。

3) 2B 的后备保护装置 CST220B 动作灯亮, 其动作报告显示在 14:02; 14:10; 14:40 这三个时刻其低压复压过流保护动作, 动作时限为 1512 ms (2B 低压侧复压闭锁过流定值为  $U_{低}=70$  V;  $U_2=8$  V;  $I_{dz}=2.9$  A;  $T_1=1.5$  s 跳 100DL,  $T_2=1.8$  s 跳 102DL, CT 变比 3000/5, 1B 低压侧复压闭锁过流定值同 2B)。

4) 调取 330 kV 变电站线路 1 的录波图, 发现在 14:02 左右线路 1 的三相故障电流持续了约 900 ms, 故障电流约 1700 A。调取 110 kV 变电站线路 2 录波图, 发现在 14:02; 14:10; 14:40 这三个时刻故障录波器三次启动, 每次均有持续时间约 1540 ms 左右的故障电流。

从上面的保护动作和故障录波情况综合分析, 当 14:02 左右 d 点发生故障后, 先是 1B 的差动保护跳开 1DL、101DL, 紧接着 10 kV 备投动作合上 100DL, 2B 低后备动作跳开 100DL。但在 14:10 和 14:40 这两个时刻, 10 kV 备投又两次动作合上 100DL, 造成 2B 低后备又两次动作跳开 100DL。所

以在 d 点发生故障后, 为什么 1B 差动 CST31A 会动作而不是 1B 低后备动作, 10 kV CSB21A 备投为什么会在 14:10 和 14:40 这两个时刻会再次动作合上 100DL, 这是值得我们认真分析的。

## 2 保护动作行为分析

### 2.1 1B 差动保护 CST31A 动作行为分析

如图 2 示意图所示, 1B 的 10 kV 母线桥从穿墙套管出来后向下进入 101 开关柜内, 经 101 开关 CT→101 开关下触头→101 开关→101 开关上触头接 10 kV 母排上。起弧点在上触头与 10 kV I 母排之间, 很显然故障点在 1B 差动保护范围之外, 但是随着弧光短路燃烧的发展, 上面产生的弧光造成下面的 CT 二次线被烧坏, 使 CT 二次发生短路或接地(101CT 差动保护二次接地点在 CT 处), 使从 1B 穿越的故障电流在差动二次不能被平衡掉, 从而造成差动保护动作。这就是为什么从线路 1 故障录波图中发现在 14:02 第一次故障电流持续了约 900 ms 的原因(从 1B 的 CST31A 动作报告也可证明这一点), 事后我们通过检查 CT 二次线发现原来的黄、绿、红三相线均已被烤烧成黑色, 二次线绝缘已严重损坏。

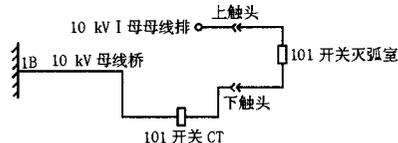


图 2 101 开关柜结构示意图

Fig.2 Diagrammatic sketch of 101 switch construction

### 2.2 10 kV 备自投装置 CSB21A 动作行为的分析

该站的 10 kV CSB21A 整定在自动方式下, 定值预置了第一组预置定值, 整定并运行在 00 区, 能自动实现 10 kV 母线分段开关(100 开关)的备投方式, 当 10 kV I、II 母均有压, 101、102DL 处在合位, 100DL 处在分位, 该装置经过 12 s 左右的充电时间, 充电序列显示 1111, 该备投装置就处在备投状态。

#### 1) 14:02 时 10 kV CSB21A 动作分析

由于在此之前 10 kV CSB21A 已完成充电, 当 1B 的差动保护先于低后备保护动作将 101DL 跳开后, 由于差动保护动作不闭锁 10 kV CSB21A 备投装置, 所以 10 kV I 母失压 101DL 无流, 在 10 kV CSB21A 检测到 101DL 处在分闸位置(其采集 101DL 操作箱 TWJ 动合触点作为判据)且 10 kV II 母有压, 则立刻发出合 100DL 的命令, 造成线路 2 通过 2B 向故障点提供短路电流, 2B 的低后备保护

经 1 512 ms 动作将 100DL 跳开, 所以 14:02 时 10 kV CSB21A 及 2B 低后备保护的的动作均正确。

2) 14:10 和 14:40 这两次 10 kV CSB21A 动作分析

当 14:02 10 kV CSB21A 动作合上 100DL 且 2B 低后备保护动作又将 100DL 跳开后, 这时 10 kV I 母已无压, 101DL 处在分位, 10 kV CSB21A 已不能完成 1111 的充电序列, 为什么 10 kV CSB21A 还会再次动作? 带着疑问我们查阅了从 14:02 到 14:40 之间的详细运动信息, 发现在 14:10 和 14:40 这两个时刻在 10 kVCSB21A 及 2B 低后备保护动作之前, 均出现了 1B 的 101DL 控制回路断线动作和复归的信息, 而且控制回路断线动作到复归这两个信息之间相差 13 s 以上, 因此我们当时初步判断可能由于 101DL 的 TWJ 继电器不正常的返回和又动作造成了 10 kVCSB21A 动作合上了 100DL。

2.3 101DL 的 TWJ 继电器为什么会出这种不正常的返回和又动作现象?

如图 3 所示, 虚线框内为 101DL 手车柜内的设备。

SLK: 手车开关试验位置行程触点 (手车开关在试验位置时动合触点闭合)。

GLK: 手车开关运行位置行程触点 (手车开关在运行位置时动合触点闭合)。

CLK: 手车开关摇把门触点 (摇把插入时动合触点断开)。

ZJ: 手车开关弹簧储能重动继电器动合触点

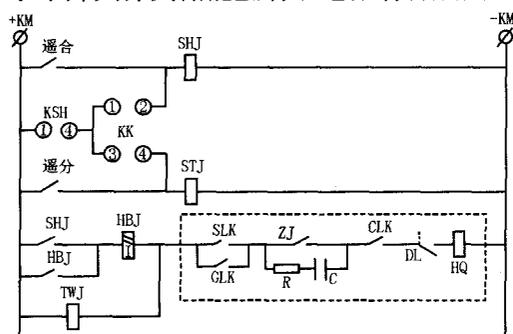


图 3 101 开关部分电气控制回路

Fig.3 Electric control circuit of 101 switch section

101DL 手车开关在运行位置跳闸后 GLK、CLK、ZJ 触点均闭合, 101DL 的 TWJ 继电器动作。通过检查 SLK、GLK、CLK、DL、HQ 相关触点及二次线绝缘均无问题, 而 ZJ 继电器由于安装在 101 手车开关小室前后间隔铁隔板上, 在弧光短路燃烧的过程中该塑胶材料的电磁式继电器已严重变形。因此在 14:10 和 14:40 由于 ZJ 在变形过程中造成

ZJ 的动合触点出现了断开和闭合的行为, 使 TWJ 继电器出现由动作→返回→动作的过程, 也就出现了两次控制回路断线的信息。

2.4 当 101DL 的 TWJ 触点发生返回→动作的过程, 10 kV CSB21A 会不会发出合 100DL 的命令?

第二天我们对 10 kV CSB21A 进行了模拟试验, 该 CSB21A 的 CPU 版本为 B21V3.51, C0=C1=2BEE, 定值运行在 00 区, KG1=8100; 跳闸时间  $t_{01}=t_{02}=3$  s, 合闸时间  $t_{03}=200$  ms;  $U_1$  接 10 kV I 母 CT 二次电压,  $U_3$  接 10 kV II 母 CT 二次电压;  $I_1$  接 101DL 的 CT,  $I_2$  接 102DL 的 CT; TWJ<sub>1</sub> 接 101DL 的 TWJ 动合触点, TWJ<sub>2</sub> 接 102DL 的 TWJ 动合触点, TWJ<sub>0</sub> 接 100DL 的 TWJ 动合触点。

1) 模拟 1B 差动保护跳开 101DL 时 10 kV CSB21A 动作行为

在  $U_1$ 、 $U_2 > U_Y$  (有压值),  $I_1$ 、 $I_2 > I_W$  (无流值), TWJ<sub>1</sub>、TWJ<sub>2</sub> 触点打开, TWJ<sub>0</sub> 触点闭合, 备投充电序列为 1111。

在  $U_1 < U_W$  (无压值),  $I_1 < I_W$  的同时, 模拟 101DL 开关由合位变成分位使 TWJ<sub>1</sub> 触点由打开变成闭合, 此时 CSB21A 出口动作灯亮, 合上了 100DL 模拟断路器。CSB21A 动作报文为 15 ms 备自投启动, 192 ms 序列 3 出口, 即装置不经  $t_{01}$  时限直接以  $t_{03}$  时限合上 100DL。而且让  $U_1 < U_W$ ,  $I_1 < I_W$ , 在小于  $t_{01}$  时限 (将  $t_{01}$  由 3 s 该成 9 s) 内, 模拟 101DL 开关由合位变成分位使 TWJ<sub>1</sub> 触点由打开变成闭合, CSB21A 动作行为仍为 15 ms 备自投启动, 192 ms 序列 3 出口, 合上了 100DL 模拟断路器。因此在运动信息中当 1B 差动保护动作后, 紧接着出现备投动作信息是 CSB21A 装置程序设计的原因。

2) 模拟 10 kV CSB21A 第二次和第三次的动作行为

在  $U_1 < U_W$ ,  $U_2 > U_Y$ ,  $I_1 < I_W$ ,  $I_2 > I_W$ , TWJ<sub>1</sub> 触点闭合 (101DL 分位), TWJ<sub>2</sub> 触点打开 (102DL 合位), TWJ<sub>0</sub> 触点闭合 (100DL 分位), 此时 CSB21A 的充电序列为 0100。让 TWJ<sub>1</sub> 触点打开 (模拟 101DL 合位) 约 10 s 后, 充电序列变成 0110, 然后让 TWJ<sub>1</sub> 触点闭合 (模拟 101DL 分位), 此时 CSB21A 出口动作灯亮, 合上了 100DL 模拟断路器, CSB21A 动作报文为 15 ms 备自投启动, 192 ms 序列 3 出口。通过试验证实 CSB21A 装置动作出口不需要完成 1111 的全部充电序列, 只要充电序列的位 3 或位 4 为 1, 若此时动作 III 或动作 IV 条件满足, 备投装置就可以  $t_{03}$  时限直接合上 100DL。通过试验证实了

(下转第 83 页 continued on page 83)

- 113-118.  
ZOU Li, LIU Pei, ZHAO Qing-chun. Series Multi-resolution Morphological Gradient and Applications in Protection Relaying[J]. Proceedings of the CSEE, 2004, 24 (12): 113-118.
- [32] 李学鹏, 全玉生, 黄徐, 等. 数学形态学用于高压直流输电线路行波保护的探讨[J]. 继电器, 2006, 34 (5): 5-9.  
LI Xue-peng, QUAN Yu-sheng, HUANG Xu, et al. Study of Travelling Wave Protection of HVDC Transmission Line on Mathematical Morphology[J]. Relay, 2006, 34 (5): 5-9.
- [33] 林湘宁, 刘沛, 刘世明, 等. 电力系统超高速保护的形态学-小波综合滤波算法[J]. 中国电机工程学报, 2002, 22 (9): 19-24.  
LIN Xiang-ning, LIU Pei, LIU Shi-ming, et al. A Novel Integrated Morphology-wavelet Filter Algorithm Used for Ultra-high Speed Protection of Power Systems[J]. Proceedings of the CSEE, 2002, 22 (9): 19-24.
- [34] 马静, 王增平. 基于小波-形态学的串补线路超高速保护新方法[J]. 电网技术, 2006, 30 (11): 77-81.  
MA Jing, WANG Zeng-ping. A Novel Method of Ultra-high Speed Protection for Series Compensated Lines Based on Wavelet-Morphology[J]. Power System Technology, 2006, 30 (11): 77-81.
- [35] Goutsias J, Heijmans H J A M. Multi-resolution Signal Decomposition Schemes, Part 2: Morphological Wavelets[J]. IEEE Trans on Image Processing, 2000, 9 (11): 1877-1896.
- [36] 潘泉, 张磊, 孟晋丽, 等. 小波滤波方法及其应用[M]. 北京: 清华大学出版社, 2005. 120-124.
- [37] 陈祥训. 对几个小波基本概念的理解[J]. 电力系统自动化, 2004, 28 (1): 1-6.  
CHEN Xiang-xun. Some Basic Concepts of Wavelets[J]. Automation of Electric Power Systems, 2004, 28 (1): 1-6.
- [38] 任获荣. 数学形态学及其应用[D]. 西安: 西安电子科技大学, 2004.  
REN Huo-rong. Mathematical Morphology and Its Application[D]. Xi'an: Xidian University, 2004.
- [39] 赵林度. 大型机电系统故障诊断技术[M]. 北京: 中国石化出版社, 2001. 19-38.
- [40] LI Geng-yin, ZHOU Ming, LUO Yan, et al. Power Quality Disturbance Detection Based on Mathematical Morphology and Fractal Technique[A]. In: IEEE/PES Transmission and Distribution Conference & Exhibition, Asia and Pacific Dalian[C]. China: 2005. 1-6.
- [41] Kandil N, Sood V K, Khorasani K, et al. Fault Identification in an AC-DC Transmission System Using Neural Networks[J]. IEEE Trans on Power Systems, 1992, 7 (2).
- [42] 刘云鹏, 律方成, 李成榕. 局部放电灰度图像数学形态谱的研究[J]. 中国电机工程学报, 2004, 24 (5): 179-183.  
LIU Yun-peng, LU Fang-cheng, LI Cheng-rong. Study on Pattern Spectrum of Partial Discharge Grayscale Image[J]. Proceedings of the CSEE, 2004, 24 (5): 179-183.

收稿日期: 2007-01-24; 修回日期: 2007-05-10

作者简介:

尹文琴 (1983-), 女, 硕士研究生, 研究方向为电力系统保护、控制与自动化; E-mail: qwenqin@126.com

刘前进 (1967-), 男, 博士, 副教授, 主要研究方向为继电保护软件、硬件的开发, 电力系统图模一体化数字仿真系统, 电力系统 EMS 中各类管理软件的设计和开发。

(上接第 65 页 continued from page 65)

由于 101DL 手车开关柜内的 ZJ 继电器触点的打开和经过一定延时后再闭合, 造成 101DL 操作箱的 TWJ 继电器有一个动作→返回→动作的过程, 使得 10 kV CSB21A 在 14:10 和 14:40 两次动作合上 100DL。

### 3 结论

由于 101 开关的 TWJ 继电器出现了两次不正常的动作行为, 导致 CSB21A 发生后两次误合 100DL 的情况, 通过联系厂家也证实了我们上述二种试验结果。我们认为通过这次 CSB21A 的多次动作暴露出该装置在软件设计上有些缺陷, 一是该装置在没有完成一个完整的充电序列时也能动作出口, 使其抗干扰能力不强。我们对其它厂家的备投装置也进行了试验, 未发现此问题。虽然可将 CSB21A 装置

软件升级至 V3.61 版本及以上并将  $KGZ_7=1$  (装置本身动作后闭锁备自投), 但如果就地按下装置的复归按钮仍能将备投装置再次投入, 一旦这时 TWJ 触点输入发生变化, 各自投装置仍然会误动。二是当某一段母线失压、无流和 TWJ 触点变位同时发生或在小于  $t_{01}=t_{02}$  时限内全部满足, 该装置会不经过  $t_{01}$  或  $t_{02}$  时限直接以  $t_{03}$  时限动作出口。这样如果有小水、火电厂在变压器低压侧并网, 当分列运行的变压器跳闸, 很容易造成解列装置还未将小水、火电厂解除, 各自投装置就动作出口, 造成非同期合闸, 对小水、火电厂的发电机造成损坏。

收稿日期: 2007-03-02; 修回日期: 2007-06-14

作者简介:

李少谦 (1963-), 男, 工程师, 大专, 从事电网电力系统继电保护技术监督和运行管理工作。E-mail: xylsq5402@126.com