

继电器线圈接地故障现象分析

徐林峰¹, 徐玉凤², 张曼诗³

(1. 广东电网公司电力科学研究院, 广东 广州 510600; 2. 广州市仟顺电子有限公司, 广东 广州 510660;
3. 东莞供电局, 广东 东莞 523120)

摘要: 保护控制设备中, 存在大量的逻辑控制、出口跳合闸等继电器回路, 此类继电器的误动作, 可直接导致保护、控制设备的误动或拒动。当继电器线圈回路发生直流接地故障时, 该继电器是否发生误动作, 与接地检测的桥电阻、直流系统正负极对地绝缘电阻、正负极对地分布电容, 继电器线圈内阻、实际动作电压、动作时间等有关。从理论计算、试验和现场检验等方面对这些问题进行了研究探讨, 研究结果验证了分析的正确性。

关键词: 直流系统; 绝缘电阻; 分布电容; 继电器; 线圈接地故障

Research on grounding fault of relay coils

XU Lin-feng¹, XU Yu-feng², ZHANG Man-shi³

(1. Electric Power Research Institute, Guangdong Power Grid Corp, Guangzhou 510600, China;
2. Guangzhou Qianshun Electronics Co.,Ltd, Guangzhou 510660, China;
3. Dongguan Power Supply Bureau, Dongguan 523120, China)

Abstract: There are many relay circuits such as logical control, closing exports and export trip, etc. in protective and control apparatus. The misoperation of this kind of relay may result in malfunction or vibration of the related protective and control apparatuses directly. It is proved that the maloperation are related with the bridge resistance, the pole insulation resistance of DC system, the spray capacitance between poles, the resistance of relay coils, actual operative voltage and action time, etc. Such problems are discussed in this paper from theoretical calculation, laboratory experiments and field tests. The correctness of the analysis is verified by the results.

Key words: DC system; insulation resistance; distributed capacitance; relay; grounding fault of coils

中图分类号: TM58 文献标识码: B 文章编号: 1674-3415(2008)17-0084-03

0 引言

为保护控制等设备提供工作电源的直流系统, 是一个不接地供电网络。通常分别在正负母线对地之间接入一个电阻, 用于检测直流系统是否发生接地, 以免出现 2 点或 2 点以上接地故障, 造成保护控制等设备的误动和拒动。

实际运行中, 当直流系统绝缘下降, 但未达到直流接地告警设定值时, 绝缘检测装置不发告警信号, 使这类绝缘下降不能得到及时处理而长期存在。

开关电源以其体积小、可靠性高等优良性能, 在直流系统中得到非常广泛的应用, 但也给微机化保护装置带来了抗干扰问题。为避免开关电源的高频干扰, 在保护装置电源进线都增加了正负极对地滤波电容, 该滤波电容总容量与接入直流系统的设备成正比。尽管每个滤波电容容量较小, 但由于设

备众多, 该滤波电容总量还是相当可观。实测东莞某 110 kV 变电站, 正负极各有 25 μF 左右。

另外, 微机化的保护装置体积很小, 选择的继电器体积也大为减小, 其动作功率自然也小了, 据了解保护装置内继电器额定动作功率, 一般在 5 W 或以内, 动作时间也很短。

当直流系统正极绝缘下降而未达到绝缘检测装置的告警整定值, 继电器线圈回路再接地时, 由于上述滤波电容的蓄能作用, 在继电器较短的动作时间内, 线圈两端的电压还能达到其动作电压, 从而使这种小功率继电器动作, 导致保护的误动或拒动。

本文从理论计算、试验和现场检验等方面, 对以上继电器线圈回路接地故障现象进行了分析。

1 直流系统等效电路

如图 1 所示, 直流系统等效电路中, 包含: 由

充电机和蓄电池组成的直流电压源 U ; 直流系统正负极对地电容 C_+ 、 C_- ; 正负极对地绝缘电阻 R_+ 、 R_- ; 用于直流系统接地故障检测的桥电阻 R_1 、 R_2 。当 $R_1=R_2$, 为常见的平衡桥检测原理, 而 $R_1 \neq R_2$ 时, 为乒乓原理或双桥原理等, 亦可统称为非平衡桥检测原理。

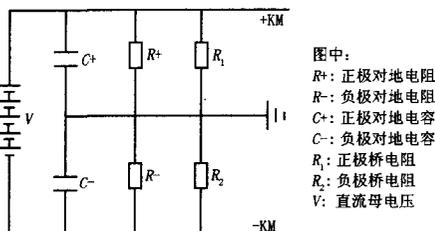


图1 直流系统等效电路

Fig.1 Equivalent circuit of DC system

2 继电器线圈接地故障分析

保护装置中, 继电器常见接线如图2虚线方框内, 电阻 R_3 是继电器线圈回路总电阻, 包含继电器线圈内阻和限流电阻。用开关“K”模拟继电器线圈接地。 U_1 、 U_2 为正负母线对地电压。

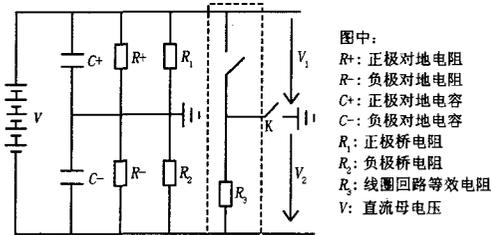


图2 线圈回路接地故障等效电路

Fig.2 Equivalent circuit of coil loop in grounding fault

在继电器线圈接地瞬间, 继电器线圈两端的电压即为 U_2 。一般情况继电器回路动作电压为直流系统电压 U 的 50~70%。当直流系统绝缘良好即 R_+ 、 R_- 为无穷大, 则 $U_1=U_2=0.5U$, 各为 50% 的直流系统电压, 继电器线圈回路接地一般不会动作。只有当接地瞬间的线圈电压大于 50% 的直流系统电压, 才可能导致继电器动作。因此, 我们主要讨论当直流系统正极绝缘下降时, 发生继电器线圈回路接地是否导致保护误动的问题。

为简化计算, 在这里以平衡桥检测原理为例, 即 $R_1=R_2=R$ 。

设 $C_+=C_-=C$; 设负极绝缘电阻 $R_-=\infty$ 。负极绝缘电阻不为无穷大的情况, 可用改变平衡桥电阻值来体现。

设接地前负极对地电压为 $U_{2(0)}$, 电容的充放电

结束, 负极对地电压为 $U_{2(t)}$, 电容充放电过程中负极对地电压为 U_2 , 据图2可得出:

$$U_{2(0)} = U * R / (R + R // R_+) \quad (1)$$

$$U_{2(t)} = U * R // R_3 / (R // R_3 + R // R_+) \quad (2)$$

$$U_2 = U_{2(t)} - (U_{2(t)} - U_{2(0)}) * e^{-t/\tau} \quad (3)$$

其中: $\tau = R // R_3 * C$

线圈两端的电压 U_2 与直流系统电压 U 、桥电阻 R 、正极绝缘电阻 R_+ 、线圈回路电阻 R_3 、直流系统对地电容 C 以及充放电时间 t 有关。当接地经过继电器的动作时间延时, 如果线圈两端的电压 U_2 仍然大于或等于继电器的动作电压, 则继电器动作。

在下列条件下:

- 1) 电器线圈回路电阻 $R_3=10; 12.1 \text{ k}\Omega$
- 2) 直流系统正负极对地电容 $C=10; 20; 30 \mu\text{F}$
- 3) 继电器动作时间 $T=5; 10; 15 \text{ ms}$
- 4) 继电器动作电压: $60\% * U$
- 5) 平衡桥电阻 $R=50; 100 \text{ k}\Omega$

继电器线圈回路接地并刚好能动作, 采用公式 (1)~(3), 可计算出对应的正极绝缘电阻值如表1。也就是说, 要确保继电器线圈发生接地故障不误动, 正极绝缘电阻必须大于表1中对应电阻值。

表1 最小正极绝缘电阻值

Tab.1 Minimal insulation resistance of positive pole kΩ

R_3		10				12.1			
$C/\mu\text{f}$		10	20	30	30				
T/ms	R	50	50	50	50				
5	R_+	76.0	88.13	90.8	91.3				
10		60.2	76.1	82.9	83.9				
15		49.1	67.4	76.1	77.4				
T/ms	R	100	100	100	100				
5	R_+	147.7	170.8	179.7	180.5				
10		113.6	147.7	162.6	163.9				
15		89.9	129.0	147.8	149.6				

从表1不难发现, 继电器线圈回路电阻越大(动作功率越小)、动作时间越短; 直流系统对地电容越大; 平衡桥电阻越大, 则对正极绝缘水平要求越高, 即要确保继电器线圈回路接地, 继电器不误动作, 对应的正极绝缘电阻更大。

据 DL/T856-2004“电力用直流电源监控装置”A.1 直流系统发生接地故障或绝缘电阻低于整定值(见表2)时, 直流绝缘检测装置应可靠动作。

显然, 直流系统发生表1中正极电阻绝缘下降, 都未达到表2绝缘电阻整定值, 直流绝缘检测装置不告警, 此时再发生继电器线圈回路接地, 继电器将误动作。

表 2 绝缘电阻整定值

Tab.2 Normalized value of insulation resistance

系统电压/V	绝缘整定值/kΩ
220	25
110	7
48	1.7

3 试验结果与分析

3.1 用直流接地校验仪试验

3.1.1 试验接线

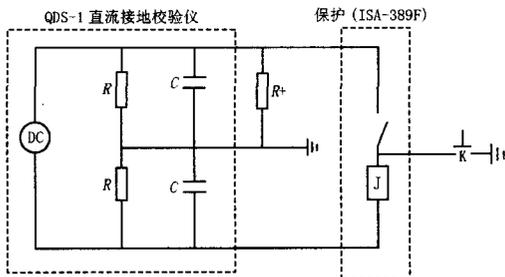


图 3 直流接地校验仪试验接线

Fig.3 Test circuit of DC grounding tester

如图 3, 用 QDS-01 直流接地校验仪, 模拟输出直流系统电压 DC, 平衡桥电阻 R , 直流系统正负极对地电容 C , 将 ISA-389F 非电量保护接入校验仪直流电压 DC 的输出端。外接电阻 R_+ 模拟正极绝缘电阻, 开关 K 模拟重瓦斯出口继电器回路接地。

3.1.2 试验数据

通过 QDS-01 直流接地校验仪改变平衡桥电阻 R , 直流系统正负极对地电容 C , 模拟重瓦斯线圈接地并可可靠动作, 对应的正极绝缘电阻 R_+ 如表 3, 其中重瓦斯线圈回路电阻 R_3 为 16 kΩ。

表 3 正极绝缘电阻值

Tab.3 Insulation resistance of positive pole

R_3	16				
$C/\mu F$	10	5	1	0	
$R/k\Omega$	47	60	47	47	47
$R_+/k\Omega$	190	220	150	100	13

3.2 变电站现场试验

3.2.1 试验接线

试验接线如图 4, 图中: R 为直流绝缘检测装置平衡桥电阻 ($R=60\text{ k}\Omega$), C 为直流系统正负极对地总电容, 实测为 22.4~25.6 μF , J 为该变电站非电量保护装置 ISA-389F 重瓦斯出口继电器, 其线圈回路电阻 R_3 为 16 kΩ。 R_+ 为外接正极绝缘电阻。

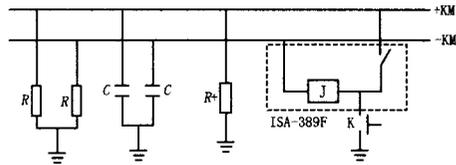


图 4 现场试验接线

Fig.4 Field test connection

3.2.2 试验数据

通过开关 K 模拟重瓦斯线圈接地并可可靠动作, 对应的正极绝缘电阻如表 4。

表 4 现场试验结果

Tab.4 Results of field test

R_3	R	C	R_+
16 kΩ	60 kΩ	25 μF	220 kΩ

3.3 结果分析

试验室与现场对非电量保护装置 ISA-389F 的试验结果均表明, 由于分布电容影响, 当直流系统正极绝缘下降到一定程度, 而绝缘检测装置又不告警, 继电器线圈回路再接地, 继电器将误动作。同时也验证了上述的理论计算。

4 结束语

直流系统接地故障及检测, 尤其是保护控制等设备中继电器线圈回路接地, 关系到保护控制设备是否正确动作。因此, 有必要开展这方面的系统研究, 以满足电力系统的安全运行需要。

参考文献

- [1] 白忠敏, 於崇干, 刘百震. 现代电力工程直流系统[M]. 北京: 中国电力出版社, 2003.
BAI Zhong-min, YU Chong-gan, LIU Bai-zhen. DC System of Modern Electric Power Engineering[M]. Beijing: China Electric Power Press, 2003.
- [2] 尹星光, 余国雄, 徐玉凤. 一起 220kV 变电站直流系统接地故障查找及分析[J]. 广东电力, 2006, 19(3): 52-54.
YIN Xing-guang, YU Guo-xiong, XU Yu-feng. Detection and Analysis of a DC System Grounding Fault in a 220kV Substation[J]. Guangdong Electric Power, 2006, 19(3):52-54.

收稿日期: 2008-07-16

作者简介:

徐林峰(1957-), 男, 本科, 高级工程师, 从事电器试验研究工作; E-mail: gdxlf@126.com

徐玉凤(1965-), 男, 硕士研究生, 从事直流系统接地故障检测设备的研究与开发工作;

张曼诗(1950-), 男, 高级技师, 长期从事继电保护运行、维护管理工作。