

# 一起事故引起的保护误动分析

刘建波

(广东国华粤电台山发电有限公司, 广东 台山 529228)

摘要: 通过对一起事故的调查分析,发现电网中电流互感器的型式选择和电压回路中性线的接线方式并未得到足够重视,为避免类似事故的发生,应加强对保护配置和技术的管理。

关键词: 保护; 动作分析; 配置

中图分类号: TM77 文献标识码: B 文章编号: 1003-4897(2004)20-0052-03

## 1 事故描述

2003年8月3日02时00分,110 kV变电站五里堆#1主变5105主变侧旁路母线A相绝缘子突然炸裂,A相导线随即落在与之交叉的110 kV母线B、C两相上引起I段母线三相短路,I段母线失压。五里堆短路约2s后,茶山变502线路高频距离出口,约4s后,茶山变506线路距离三段出口,第一次切除故障。约8.5s后,五里堆电源备自投动作,由荷叶变516转供负荷。由于故障仍然存在,此时,荷茶线茶山侧604的GXW15-103Y屏高频负序动作跳开604线路。荷叶变516经距离二段0.5s跳闸出口。事故时系统接线方式如图1,从图1可看出,茶侧110 kV 502线路属反方向区外故障,220 kV 604线路属正方向区外故障,两线路保护均属于典型的保护误动。

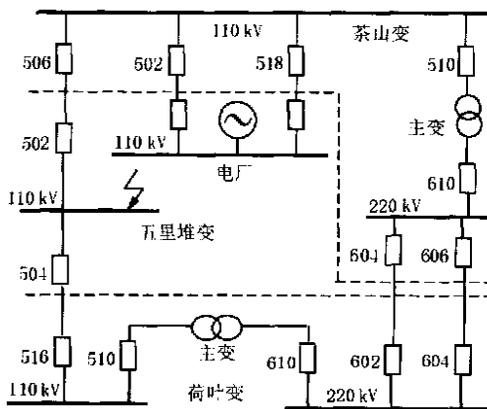


图1 系统接线图

Fig. 1 Connections of power system

## 2 动作行为分析

事故发生后,有关人员对事故情况进行调查,从故障录波图及打印报告看出:

1) 02时00分9.47秒,五里堆瓷瓶发生放电现象。

此时,荷茶、线两侧高频保护均启动发信。放电持续100多毫秒后中断。在00分10.27秒,五里堆母线三相短路造成第一次故障。从放电开始至第一次故障的800ms时间里,茶变506线路距离保护进入了振荡闭锁,闭锁了距离保护、段,保护因而在第一次故障后3.86s即00分14.13秒距离三段出口(距离三段定值4s,实测3.88s),在绝对时间00分14.16秒时,506线路跳开,第一次切除故障。茶506保护属正确动作。

2) 第一次故障切除后,五里堆备自投约为4.6s动作(定值4.5s),五侧504线路备用电源自投合闸。五里堆转由荷叶变516线路供电,516送电后因故障依然存在。荷516由距离二段延时0.5s于00分19.2秒动作出口516跳闸(516线路保护距离段退出)。荷516保护动作正确,具体时间见表1。

表1 时间表(02时00分00.00秒开始计时)

时间	1	2	3	4	5	6	7	8
绝对时间	09.47	10.27	11.87	14.13	14.16	18.76	18.8	23.76
相对时间	0	0.8	1.6	2.26	0.03	4.6	0.04	0.46

注: 1为高频启动,放电开始; 2为第一次故障开始; 3为502保护出口; 4为506距离保护三段出口; 5为506切除故障; 6为第二次故障开始; 7为茶侧602高频负序方向出口; 8为荷侧516出口

3) 220 kV茶侧604线路保护为正方向区外故障,其动作行为属于典型的保护误动。

第一次故障时,荷侧为正方向,茶侧为反方向,荷侧正方向停信,茶侧反方向可靠启动,闭锁了两侧的高频保护。发生第二次故障时,茶侧转为正方向,从系统发生放电至第二次故障开始时间为:

$$T_{13} + T_{34} + T_{45} + T_{56} = 2.4 + 2.26 + 0.03 + 4.6 = 9.29 \text{ s}$$

即在相对时间9.29s时,保护第二次启动,而此时荷侧正处于第一次交换信号过程中的发信收尾阶段。从录波图及中调LCU看出茶侧604线路保护从第一

次高频启动发信至高频负序出口时间为 9330 ms。茶侧第二次启动时因感受正方向而保护停信,而第二次故障又未能启动荷侧收发信机发信。事故后试验测得,荷侧 3 个 5 s 交换信号过程时间分别为 5.35 s、9.32 s、14.67 s。从装置录波图得知,荷侧方向高频未启动原因是第二次故障电流约为 0.12 A (CT 变比 1200/1),处于启动定值  $I_{QD} = 0.12$  A 的动作临界值,因此荷侧未能启动高频发信,而茶侧故障电流为 0.65 A,  $I_{QD}$  为 0.6 A (CT 变比 1200/5),茶侧启动了发信。通过现场试验证明:当一侧正处于发信阶段时,如果保护启动或远方启动在此时间内启动又返回则不能形成第二次交换信号过程。因此,第二次故障发生时,茶侧判为正方向,保护停信;其远方启信虽能启动对侧,但因对侧正处于发信阶段,因此未能形成有效的第二次交换信号过程,因此荷侧在 9.32 - 9.29 = 0.03 = 30 ms 时收发信机停信,正好满足高频保护的出口条件:

本侧判为正方向,动作于停信,驱动 TXI;

启动后,先收到高频信号不小于 5 ~ 7 ms,后又收不到信。

所以在事故发展过程中,先由茶侧因反方向启动荷侧远方发信 10 s,荷侧方向高频在第二次故障时因未能启动,故荷侧持续发信 9.32 s 后停信,满足了茶侧正方向高频出口的所有条件,造成了茶侧负序方向高频出口跳闸,跳开了 220 kV 602 线路开关。

4) 茶侧 110 kV 502 线路故障属反方向区外故障,其动作行为也属于误动。

茶 502 线路保护采用 SEL - 311C 型微机保护。故障后对茶 502 线路保护进行检查,从保护装置的顺序记录中我们可以找到这样一段记录:

```
03/08/03 02:00:17.446 IN105 Asserted
03/08/03 02:00:17.451 SV6T Asserted
03/08/03 02:00:20.131 M3P Asserted
03/08/03 02:00:20.141 SV9T Asserted
03/08/03 02:00:20.141 OUT104 Asserted
03/08/03 02:00:20.156 M3P Deasserted
03/08/03 02:00:20.176 SV9T Deasserted
03/08/03 02:00:20.176 OUT104 Deasserted
03/08/03 02:00:27.519 IN105 Deasserted
03/08/03 02:00:27.619 SV6T Deasserted
```

其中: Asserted 表示该继电器动作逻辑置 1; Deasserted 表示逻辑置 0,动作返回; IN105 表示保护收到对侧高频信号; SV6T 表示收到高频信号且延时已到; M3P 为偏移圆特性距离三段元件动作; SV9 为保护

出口继电器; OUT104 表示保护装置出口。

从以上记录中我们可以看出保护收到了对侧的闭锁信号 (IN105),但 SV9 继电器依然动作了,最终导致保护装置出口 (OUT104) 跳闸。为什么呢? 进一步检查保护定值和保护程序,发现该微机装置中高频保护逻辑存在问题。其程序软件中保护动作逻辑应为:

$$SV8 = SV6T * (M3P + 67G4)$$

$$SV9 = SV8 * !IN105$$

其中:“SV6T”表示收到高频信号且延时已到达;“M3P”为偏移圆特性距离三段元件动作;“67G4”表示零序元件动作(不可能动作);“SV8”相当于保护装置中间继电器;“!IN105”表示对侧高频停信信号动作。

而厂家现场技术人员在导入逻辑时,遗漏了“!IN105”,变成了“SV9 = SV8”(表示本侧高频保护只要判为正方向,不需收对侧闭锁信号即可出口)。故五里堆发生故障时,M3P 偏移圆特性距离三段动作后无需对侧停信便可出口。

但这时还有一个问题是 M3P 偏移特性圆阻抗距离三段在反方向故障时为什么会动作呢? 从 SEL 保护故障记录中调出其故障前 8 个周波的数据进行分析(见表 2,表中数值均为一次值)。

表 2 录波数据分析

Tab. 2 Filter data analysis

$I_a$	$I_b$	$I_c$	$I_g$	$U_a$	$U_b$	$U_c$	$U_s$
58	-345	298	2	13.5	3.5	-17.9	-14.9
214	-392	192	14	7.6	9.5	-18.0	-8.8
342	-372	54	24	0.6	14.1	-15.1	-1.2
415	-289	-97	29	-6.5	16.5	-10.1	6.4
428	-159	-238	31	-12.5	16.4	-3.6	13.0
368	1	-343	26	-16.7	13.9	3.5	17.6
252	165	-397	20	-18.3	9.2	10.0	19.5
89	306	-386	8	-17.1	3.1	15.0	18.6
-91	402	-316	-4	-13.3	-3.4	17.6	14.7
-259	433	-190	-16	-7.6	-9.4	17.7	8.7
-392	397	-31	-27	-0.7	-13.9	15.0	1.4
-462	292	137	-33	6.3	-16.3	10.1	-6.1
-463	140	286	-37	12.4	-16.3	3.6	-12.7
-385	-39	391	-33	16.5	-13.8	-3.4	-17.4
-248	-217	438	-26	18.1	-9.1	-9.8	-19.3
-65	-361	412	-14	17.0	-3.2	-14.7	-18.4

由表 2 中数值可计算出,在整个故障过程中 M3P 阻抗值落入了其正方向区域内。是什么原因造成了这种结果呢? 查阅线路带负荷检查结果及以往运行记录,均未发现异常。经仔细地检查其保护屏

接线,发现其电压回路的 N 相在端子排上悬空,未引入装置内部,即装置的电压回路中性线并未与系统中性点连接,只有 A、B、C 相电压接入了装置,三相交流电压为悬浮电位,造成阻抗方向摇摆。故在故障过程中,由于其电位漂移,其测量阻抗恰好落入了 M3P 的正方向阻抗圆范围内,造成 M3P 继电器置 1。在带负荷检查和运行中均没有发现此问题。

因此,在故障发展过程中,SV6T 条件一直满足,M3P 测量阻抗一落入正方向计算范围内 10 ms 即造成 SV8 动作,又因程序中遗漏了 IN105 的闭锁条件,最终造成 SV9 出口,保护动作跳开茶山变 502 线路开关。

### 3 检查结论及采取的措施

通过对整个事故的发展过程我们可以看出,五里堆变电站母线故障未能闭锁备用电源自动切换是造成此次事故扩大最根本的原因。通过对茶 220 kV 604 线路、110 kV 502 线路开关的动作行为分析,我们可以初步认定造成 220 kV 604 线路保护误动的主要原因是因为两侧变电站的电流互感器的选型配合不当,荷侧为 1200/1,茶侧为 1200/5,两 CT 误差曲线、伏安特性的不同,造成其暂态特性的差异,引发测量误差,引起保护动作行为在定值临界值

时,两装置的动作逻辑不一致,从而引起保护误动;造成 110 kV 502 线路保护误动的根本原因是由于其电压回路的中性线(N 相)未被引入保护装置,造成电位漂移,落入了 M3P 偏移阻抗圆计算范围内,加上厂家保护逻辑的整定遗漏,最终引起保护的反方向无选择性动作。

针对上述问题,应采取的措施为:

1) 加强对继电保护的技术管理,对线路两侧的保护应尽可能选择型式一致的保护装置,配置相同的一、二次设备,加强继电保护选型管理;

2) 对电流、电压回路,在带负荷检查时,必须在检查其相位关系,幅值大小是否满足一次潮流的基础上,认真检查其接地点和中性线是否满足装置的运行要求;

3) 对一些可能引起事故扩大的保护装置(如备用自投),必须认真研究其各种可能的运行工况和故障类型,完善其闭锁条件和保护功能。

收稿日期: 2004-01-05; 修回日期: 2004-03-02

作者简介:

刘建波(1970-),男,学士,工程师,现从事电力系统自动化及继电保护工作。E-mail: jbl-cn @126.com

### Analysis of a protection maloperation caused by an accident

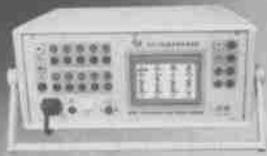
LIU Jianbo

(Guangdong Guohua Taishan Power Generator Co., Ltd, Taishan 529228, China)

**Abstract:** With the investigation and analysis of an accident, this paper finds that the type selection of current transformer and the connection methods of neutral line in voltage circuit have not been paid enough attention. In order to prevent the similar accident to happen again, the type selection of protection configuration and management of relay protection technology should be improved.

**Key words:** protection; action analysis; configuration

## 县级电力局继电保护测试专家



**DJC-100 微机继电保护测试仪**

- ◆ 输出: 交流电压 3×0~120V 100VA/相
- ◆ 输出: 交流电流 1×0~100A 900VA/相, 或 (2×0~50A)
- ◆ 输出: 直流电压 0~250V, 60W, 3×125V 100W
- ◆ 输出: 直流电流 0~40A 700W
- ◆ 移相: 0~360° 精度 <0.2°
- ◆ 频率: 0~1kHz 精度 15~100Hz <0.001Hz, 100~1kHz, <0.01Hz
- ◆ 时间测量范围 0~999.999s 精度<1ms
- ◆ 五对输出接点, 五对输入接点
- ◆ 电源: AC220V±10%, 50Hz
- ◆ 外型尺寸: 440mm×200mm×328mm
- ◆ 重量: 18kg



**JJC-2A 计算机控制继电保护测试仪**

- ◆ 交流电压: 3×30A/相, 三井 90A, 功率 480VA/相
- ◆ 交流电压: 3×75V/相, 120V/3U0, 四串 340V
- ◆ 直流电压: 0~250V, 直流电流 0~30A, 交流滤波用
- ◆ 输出频率范围: 0~1000Hz
- ◆ 主机尺寸: 42cm×32cm×19cm
- ◆ 工作电源: AC220V±20%, 50Hz
- ◆ 主机重量: 16kg

**中山市正宇电气有限公司** <http://www.zszhengyu.com>

ZHONGSHAN ZHENGYU ELECTRONICS CO., LTD E-mail: zy@zszhengyu.com

地址: 广东省中山市南安路悦服街7号2楼 邮编: 528400 电话: 0760-8810580 8906108 传真: 0760-8906108