

比相式母差保护保护死区的消除

王世祥, 宗秀红

(广东电网公司深圳供电局, 广东 深圳 518020)

摘要: 母差保护在 220 kV 及以上电压等级的变电站中广泛应用, 是一种不可缺少的重要保护。由于比相式母差保护需要根据母联电流的相位来确定故障母线, 在两条母线发生相继故障时, 存在一定的保护死区。基于母联电流比相式母差保护保护死区的缺点, 对控制回路进行了必要的改进。改进后的控制回路能够有效地消除比相式母差保护的死区。深圳市 220 kV 水贝站的实际应用验证了改进后控制回路的有效性。

关键词: 相继故障; 相位比较; 母线保护; 二次差流

Elimination of the protection dead-zone for phase-comparison busbar differential protection

WANG Shi-xiang, ZONG Xiu-hong

(Shenzhen Power Bureau, Gungdong Power Grid Company, Shenzhen 518020, China)

Abstract: The busbar differential protection, which is necessary, is widely used in the transformer substations of which the voltage grade is equal to or upper 220kV. Since the phase-comparison busbar differential protection demands to determine which busbar has fault according to the busbar-tie current phase, there exists protection dead-zone as the dual busbars has faults one after the other. Based on the shortcoming, the control loop is improved in this paper. With the reformative control loop, the protection dead area can be eliminated effectively. Also, the improved control loop is validated on the system of the 220 kV Shuibei transformer substation in Shenzhen City.

Key words: faults one after the other; phase comparison; busbar protection; secondary differential current

中图分类号: TM77 文献标识码: B 文章编号: 1003-4897(2007)21-0071-05

0 引言

在 35 kV~220 kV 的双母线保护中, 母联电流比相式母差保护有着广泛的应用, 它通过比较母联断路器电流与两条母线和电流的相位关系来判断故障母线, 从而有选择地切除故障段母线, 以确保非故障母线的正确运行, 减小了停电范围。如图 1 所示。

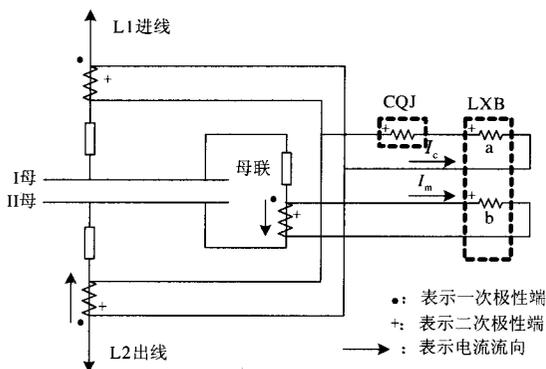


图 1 比相式母差保护原理图

Fig.1 Theory chart of phase comparison busbar differential protection

母联电流比相式母差保护主要由启动元件 CQJ 和比相元件 LXB 组成。正常运行或母差保护区外故障时, 尽管比相元件 LXB 的线圈 b 中可能流过较大的母联电流 I_m , 但是启动元件 CQJ 中流过的不平衡电流 I_c 却很小, CQJ 不启动, 保护不动作。当发生区内故障时, 启动元件 CQJ 和比相元件 LXB 的线圈 a 中将会流过很大的不平衡电流 I_c , 差动继电器 CQJ 启动。此时, 保护可根据比相元件 LXB 的 b 线圈中流过的母联电流 I_m 与其 a 线圈中流过的差动电流 I_c 的相位关系来判断哪条母线发生故障, 并启动该母线的执行元件来切除故障母线上的所有单元。

然而, 在两条母线发生相继故障时, 由于母联断路器已经断开, 对后发生故障的母线无法进行相位比较, 保护不能切除后发生故障母线的单元; 另一种情况是当两母线同时发生故障, 这种情况概率特别小, 在现场几乎不考虑, 即使存在要根据该站两条母线上的负荷大小来定, 也就是决定当时母线上的负荷电流方向来确定, 只要母联开关跳开后, 也无法进行相位比较, 保护不能切除另半母线故障

母线的单元。因此，这种比相式母线保护是存在保护死区的。

针对母联电流比相式母差保护的保护区，本文从控制回路考虑进行回路改进，解决了保护的死区问题，使两条母线在发生相继故障时能够有效地切除所有故障母线，减小系统的停电范围，提高系统的稳定性。

1 母联电流比相式母差保护工作原理

1) 当母线发生短路故障时，母线上各有源线路的电流均流向故障点。显然，I母发生短路故障时，一次电流及二次电流的方向由图2所示（为方便分析，这里对每条母线只给出一条线路）。由图2可以看出，差动电流 I_c 流过比相元件LXB的a线圈，母联电流 I_m 流过比相元件LXB的b线圈，且 I_c 与 I_m 相位相同（如图4(a)）。

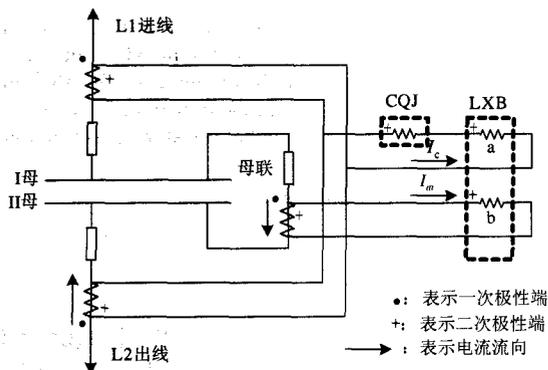


图2 I母短路故障时相位分析图
Fig.2 Phase analysis as busbar I fault

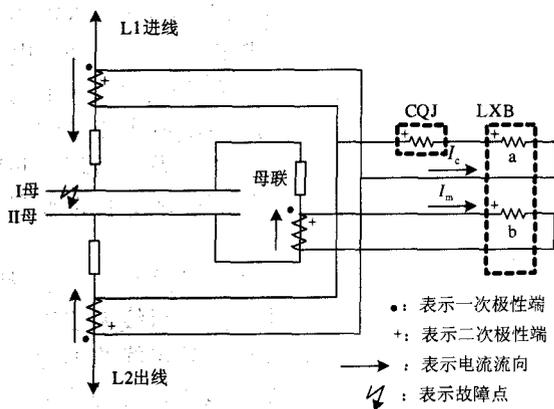


图3 II母短路故障时相位分析图
Fig.3 Phase analysis as busbar II fault

元件LXB线圈a的差动电流 I_c 与流过比相元件LXB线圈b的母联电流 I_m 相位相反（如图4(b)）。

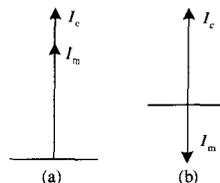


图4 短路故障相位图
Fig.4 Phase map of short faults

根据I、II母线各自发生短路故障时，流过比相元件LXB线圈a的差动电流 I_c 与流过比相元件LXB线圈b的母联电流 I_m 相位关系，如果 I_c 与 I_m 同相位，比相元件LXB的I母执行元件动作，切除I母上所有单元；反之，如果 I_c 与 I_m 相位相反，则比相元件LXB的II母执行元件动作，切除II母的所有单元。值得注意的是：

① 在两条母线发生相继故障时，如I母先发生短路故障，保护动作并切除母联断路器和I母的其他所有线路。此时，如果II母发生相继故障，比相元件LXB的a线圈中流过的电流为不平衡差动电流，但是由于母联断路器已经断开，比相元件LXB的b线圈中无电流流过，从而无法进行相位比较，因此，保护装置在II母发生相继故障后不能有效地切除故障母线II。反之，II母先发生故障，I母再发生相继故障时，保护装置将不能有效地切除故障母线I，见参考文献[1]。

② 当两母线同时发生故障，这种情况虽然概率特别小，在现场几乎不考虑，即使存在要根据该站两条母线上的负荷大小来定，如当时负荷电由I母流向II母，此时 I_c 与 I_m 相位相反，则比相元件LXB的II母执行元件动作，保护动作并切除母联断路器和II母的其他所有单元后；从而无法进行相位比较，不能有效地切除故障母线I所有单元；如当时负荷电由II母流向I母，此时 I_c 与 I_m 相位相同，则比相元件LXB的I母执行元件动作，同样保护动作并切除母联断路器和I母的其他所有单元后；也无法进行相位比较，同样也不能有效地切除故障母线II所有单元。

③ 母联断路器和母联断路器CT之间发生故障，保护根据相位相同切除I母的所有单元，母联断路器虽然已切除，而短路故障却仍然存在，由II母流向故障点的差流与母联CT中流过的电流仍然相位相同，比相元件将不能切除II母的单元。但这种情况虽然可以由母联失灵保护来将故障切除，假

2) 同理，当II母发生短路故障时，一次电流及二次电流流向如图3所示。由图3可知，流过比相

如在母联失灵保护由于某种原因（如直流消失等）拒动，同样存在保护死区。

下面针对母联电流比相式母差保护的这种保护死区控制回路上进行改进。

2 母联电流比相式母差保护控制回路的改进

母联电流比相式母差保护改造前的控制回路如图 5 所示。由图 5 当 I 母或者 II 母发生短路故障时，CQJ 继电器的重动触点闭合，启动 BCJ 继电器并发保持信号。BCJ 继电器的重动触点出口跳开母联开关。

如果短路故障发生在 I 母，经过比相后， I_c 与 I_m 相位差为 0° ，则 I 母上的 LXBa1、b1、c1 触点

闭合，启动 1BCJ 和 3BCJ 继电器。其中 1BCJ 继电器启动后跳开 I 母上的所有单元开关，3BCJ 继电器的触点是保持功能，同时发 I 母动作信号。同理，如果短路故障发生在 II 母上，经过比相后， I_c 与 I_m 相位差为 180° ，II 母上的 LXBa2、b2、c2 触点闭合，启动 2BCJ 和 4BCJ 继电器。2BCJ 继电器启动后跳开 II 母的所有单元开关，4BCJ 继电器的触点是保持功能，同时发 II 母动作信号。

若母线相继发生故障，因 BCJ 继电器在先发生故障的母线动作时跳开了母联开关，使得比相元件无法进行电流相位比较，则比相元件的输出触点 LXBa、b、c 不通，导致后发生故障的母线无法启动出口继电器，形成保护死区。

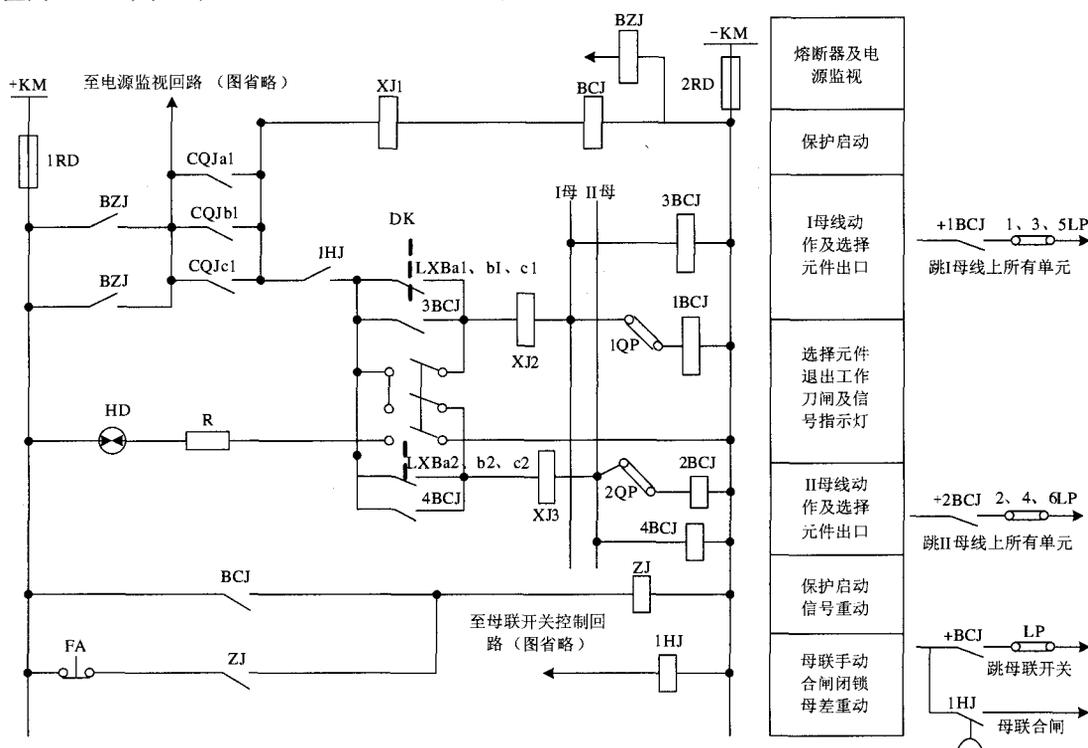


图 5 改进前的控制回路图

Fig.5 Control loop before improvement

为解决此保护死区问题，本文从控制回路上进行改进，改进后的控制回路如图 6 所示。由图 6，I 母发生短路故障时，经过 1BCJ 和 3BCJ 继电器重动，1BCJ 继电器启动后跳开 I 母的所有单元开关。由于在改进回路中取用了 3BCJ 和 1BCJ 的备用触点并联来重动一时间继电器 1SJ，并取 1SJ 的瞬动触点 1SJ1 和复归按钮 FA1 串接后再与触点 3BCJ 和 1BCJ 并联使 1SJ 继电器具有保持功能，此外，又取了 1SJ 继电器的延时闭合触点 1SJ2（延时 150 ms）与 II 母

的复压动作触点串联。因此，在 I 母发生短路故障时，1BCJ 和 3BCJ 的备用触点闭合，重动时间继电器 1SJ，1SJ 的瞬动触点 1SJ1 又使 1SJ 保持励磁，从而使得 1SJ 继电器的延时闭合触点 1SJ2 经过延时后闭合，此时如果 II 母发生相继故障，则 II 母的复压元件必然启动，2FVJ 触点闭合，从而来启动 II 母的 2BCJ 和 4BCJ 继电器，并出口跳开 II 母的所有单元开关。继电器 XJ4 同时发 II 母相继动作信号。

同理，如果 II 母发生短路故障，经过 2BCJ 和

4BCJ 继电器重动, 2BCJ 继电器启动后跳 II 母上所有单元开关。2BCJ 和 4BCJ 的备用触点闭合重动时间继电器 2SJ, 2SJ 的瞬动触点 2SJ1 闭合使 2SJ 继电器具有保持功能, 使得 2SJ 的延时触点闭合 (延

时 150 ms), 此时如果 I 母发生相继故障, I 母的复压元件必然启动, 1FVJ 触点闭合, 从而启动 I 母的 1BCJ 和 3BCJ 继电器, 并出口跳开 I 母的所有单元开关。继电器 XJ5 同时发 I 母相继动作信号。

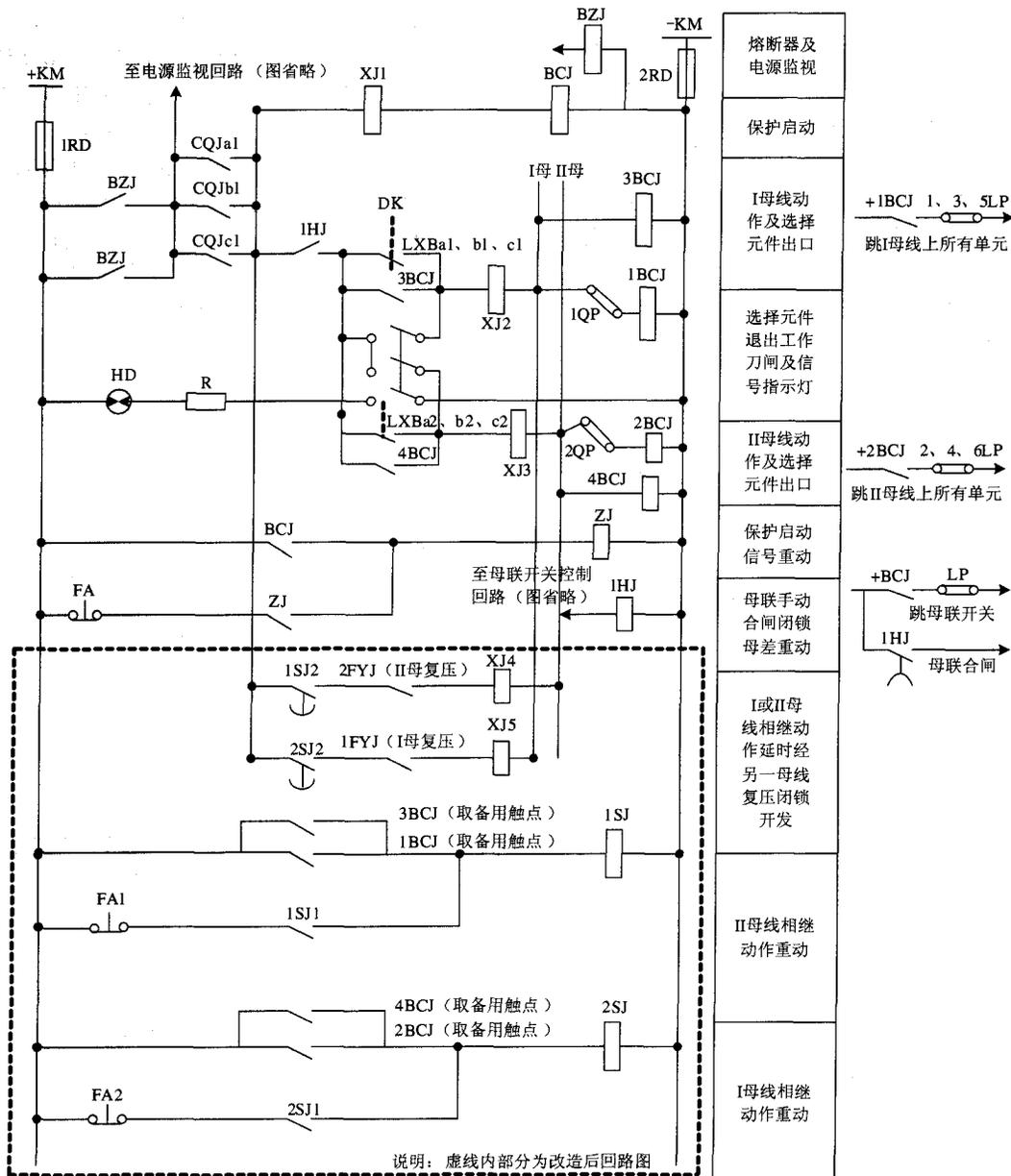


图 6 改进的控制回路
Fig.6 Improved control loop

如果母联断路器和母联断路器 CT 之间发生故障, 并且比相元件根据相位相同已经切除了 I 母的所有单元, 母联断路器已经断开, 类似于 I 母先故障, 1SJ 继电器的延时闭合触点 1SJ2 经过延时后闭合。而此时短路故障仍然存在, 由 II 母流向故障点的差流与母联 CT 中流过的电流仍然相位相同, 故

障母线 II 不能通过比相元件启动 2BCJ 和 4BCJ 继电器来切除故障, 但是可以通过 II 母的复压开放使得 2FVJ 触点闭合, 从而直接启动 2BCJ 和 4BCJ 继电器跳开 II 母的单元。解决了母联失灵保护拒动时形成的保护死区问题。

由上分析, 改进后的控制回路使得发生相继故

障(或同时发生故障)母线不经过母联电流比相元件, 而是经过该母线的复压元件来开放的, 从而能够有效地切除发生相继故障的母线单元, 减小了系统的停电面积, 提高了系统的稳定性。

3 实际应用

深圳市 220 kV 水贝站 110 kV 母线采用比相式母差保护, 并进行了上述控制回路的改进。当时运行情况如图 7 所示。母联 1012 开关在合位, 两母线并联运行, 水黄 I 线、水笋 I 线、#1 主变运行于 I 母; 水黄 II 线、水笋 II 线、#2 主变运行于 II 母。

2002 年 9 月 2 日, 在“杜鹃”强力台风影响下, 水贝站发生母线故障, 录波图见图 8 所示。20 时 05 分 I 母发生短路故障, 由图 8(a), I 母的 C 相先故障, 持续 13 ms 后发展为 BC 相间故障, 17 ms 后发展为 ABC 三相故障, 故障持续时间最长约 63 ms, 保护正确动作跳开 I 母的所有单元。在继保人员没有及时赶到现场处理事故的情况下, 于 20 时 11 分水黄 II 线又发生三相短路故障, 即 II 母在 I 母故障后又发生了区外相继故障, 水黄 II 线的线路保护跳

开水黄 II 线开关未重合; 两分钟后即 20 时 13 分 II 母又发生相继短路故障, 由图 8(b), II 母开始也是 C 相故障, 故障电流约为 18.1 kA, 故障持续 10 ms 后发展为 BC 相间故障, 17 ms 后发展为 ABC 三相故障, 故障电流约为 23 kA, 故障持续时间最长约 70 ms, 由于差流继电器启动, II 母的复压元件开放, 保护正确动作, 跳开 II 母的所有单元, 将故障全部切除。见参考文献[2]。

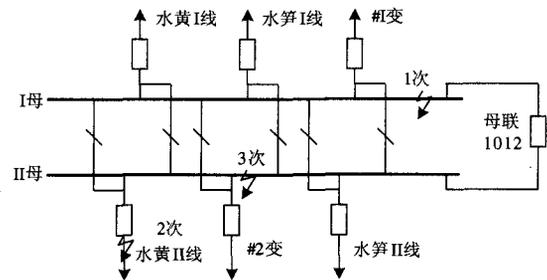
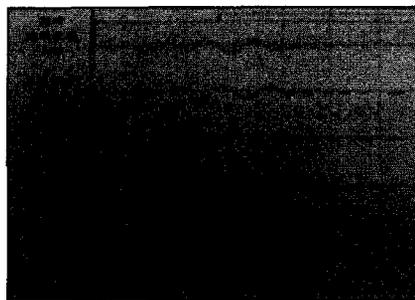
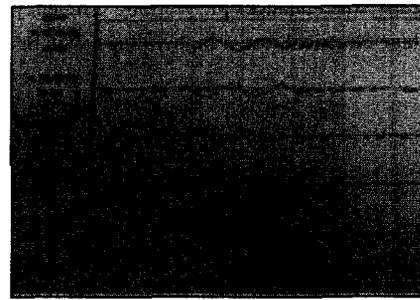


图 7 220 kV 水贝站 110 kV 系统运行方式

Fig.7 Function mode of the 110 kV systems for the 220 kV Shuibei transformer substation



(a)



(b)

图 8 水贝站 110 kV 系统故障录波图

Fig.8 Fault wave of the 110 kV systems for the 220 kV Shuibei transformer substation

4 结论

1) 通过控制回路的改进, 有效地解决了母线相继故障时的保护死区问题, 同时克服了母联断路器与母联 CT 之间故障且母联失灵保护拒动时引起的死区问题;

2) 如果一条母线发生故障并且该故障已经切除, 当另一条母线发生区外相继故障时, 由于差流元件 CQJ 不启动, 从而保证了区外故障不会切除第二条母线的的所有单元;

3) 需要考虑的一种小概率事件是, 如果一条母线先发生故障, 在差流元件 CQJ 继电器还没返回

时, 另一条母线发生区外故障, 保护将会判为母线的相继故障, 从而扩大事故范围。

不考虑小概率事件的情况下, 本文在控制回路上的改进克服了母联电流比相式母差保护的保护区, 事故案例也证明了改进后控制回路的可行性和实用性, 对电力系统的安全稳定运行具有重大的意义。

参考文献

[1] 国家电力调度通信中心. 电力系统继电保护实用技术问答[M]. 北京: 中国电力出版社, 1999.

(下转第 80 页 continued on page 80)

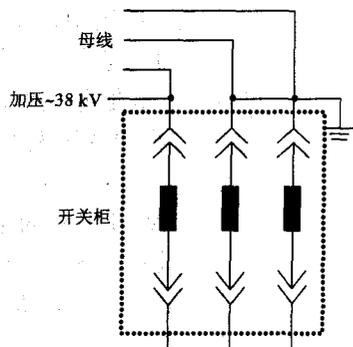


图 8 开关整组耐压试验接线图 (改进后)

Fig.8 Connection diagram of phase to earth voltage resistance test of switchgear (after improving)

这样, 简化了试验操作步骤, 省去了大量的重复性操作, 减少了试验时间。

4.2 实施效果

通过采用上述措施后, 我们对变电站 10 kV 开关柜交接试验的耗时进行了统计, 见表 4。

表 4 高压室 10 kV 开关柜交接试验耗时表 (采取措施后)

Tab.4 The commission test time-consuming of 10 kV switchgear (after improving)

	礼村站 #2 高压室	沙湾站 #1 高压室	北流站 #2 高压室
试验日期	2006.12.7	2007.1.5	2007.1.19
试验总耗时	3.2 小时	3.4 小时	3 小时
平均耗时	3.2 小时		

由此可见, 采取我们归纳的三点有效措施后, 试验时间得到了大幅度缩短, 从改进前的 6 个小时缩短至 3.2 个小时, 大大减少了工作人员的工作压力。

5 结论

本文将番禺局的 10 kV 开关柜交接试验作为实例, 通过对试验过程的具体分析和探讨, 找出了 10 kV

开关柜交接试验耗时长三个主要原因, 并针对这些主要原因采取了相应的改进措施, 提出了新的试验方法, 使 10 kV 开关柜交接试验的工作时间大大减少, 提高了工作效率。

参考文献

- [1] 吴江, 刘成鹏. 高压开关柜常见故障及使用介绍[J]. 大众科技, 2004, (9).
WU Jiang, LIU Cheng-peng. Instruction of the Common Usage and Fault of High Voltage Switchgear[J]. Popular Science, 2004, (9).
- [2] 彭晓, 黄绍平. 国内外高压开关柜的技术发展[J]. 大众用电, 2003, (04).
PENG Xiao, HUANG Shao-ping. Development of Domestic and International Technology of High Voltage Switchgear[J]. Public Consumption, 2003, (4).
- [3] 张宗九. 高压成套开关柜运行问题及对策[J]. 江苏电力技术, 1999, (1).
ZHANG Zong-jiu. Operating Problems and Solutions of High Voltage Switchgear[J]. Jiangsu Power Technology, 1999, (1).
- [4] 中国电力企业联合会. 电气装置安装工程电气设备交接试验标准[M]. 北京: 中国计划出版社, 2006.
China Power Enterprise Association. Commission Test Standards of Electrical Equipment Installation Engineering[M]. Beijing: China Plan Press, 2006.
- [5] 何仰赞, 温增银, 汪馥瑛, 等. 电力系统分析[M]. 武汉: 华中理工大学出版社, 1995.
HE Yang-zan, WEN Zeng-yin, WANG Fu-ying, et al. Power System Analysis[M]. Wuhan: Huazhong University of Science and Technology Press, 1995.

收稿日期: 2007-04-02; 修回日期: 2007-05-07

作者简介:

胡政 (1981-), 男, 硕士, 助理工程师, 研究方向为电力系统稳定分析与控制; E-mail: lyfe_hz@hotmail.com

苏向东 (1973-), 男, 高工, 主要从事高压电气试验工作;

梁伟南 (1970-), 男, 高工, 主要从事高压电气试验工作。

(上接第 75 页 continued from page 75)

State power Dispatch Communication Center of China. The Applied Technology of Power System Relay Protection [M]. Beijing: China Electric Power Press, 1999.

- [2] 国家电力调度通信中心. 电力系统继电保护典型事故分析[M]. 北京: 中国电力出版社, 2003.

State Power Dispatch Communication Center of China. Typical Fault Analysis of power System Relay Protection [M]. Beijing: China Electric Power Press, 2003.

收稿日期: 2007-04-02; 修回日期: 2007-05-17

作者简介:

王世祥 (1970-), 男, 本科, 工程师, 从事继电保护及二次回路维护和检修工作; E-mail: wangshx123@tom.com

宗秀红 (1978-), 女, 博士, 从事继电保护及二次回路维护和检修工作。