

# 断路器操作箱和就地操作机构内合闸回路的配合问题

朱韬析<sup>1</sup>, 史志鸿<sup>2</sup>, 郭卫明<sup>1</sup>, 何杰<sup>1</sup>

(1. 南方电网超高压输电公司广州局, 广东 广州 510405; 2. 许继电气股份有限公司, 河南 许昌 461000)

**摘要:** 根据某变电站 500 kV 断路器保护定检过程中发现的一断路器单跳单重试验后就地操作机构箱内防跳继电器偶尔不复归以及另一断路器操作箱内合闸保持继电器烧毁的现象, 结合接线方式、设备参数及试验, 分析了采用分相合闸方式的断路器操作箱和采用三相同时合闸的就地操作机构之间的配合所存在的问题, 提出了合理调整合闸回路中各设备的参数、采用断路器操作箱内的防跳回路及采用分相合闸操作的方式等改进建议, 探讨了这些改进方案的优劣。分析和结论对断路器合闸回路的设计有参考价值。

**关键词:** 断路器保护; 操作箱; 就地操作机构; 合闸回路

## Coordination of the closing circuit in operating box and the local control panel

ZHU Tao-xi<sup>1</sup>, SHI Zhi-hong<sup>2</sup>, GUO Wei-ming<sup>1</sup>, HE Jie<sup>1</sup>

(1. GZ Bureau, CSG EHV Power Transmission Company, Guangzhou 510405, China;  
2. XJ Electric Co., Ltd, Xuchang 461000, China)

**Abstract:** Based on the abnormality found in the breaker protection system periodic-examination, in this paper, combined with the configuration of the circuit, parameters of the equipments and the correlative tests, the cooperation of the closing circuit in operating box and the local control panel is analyzed, and some useful suggestions, such as reasonable parameters setting of closing circuit, using the anti-jump relay in operating box or adopting the split-phase closing circuits, are given. The analysis and the conclusion are valuable to the design of the breaker closing circuit.

**Key words:** breaker protection closing circuit; operating box; local control panel; closing circuit

中图分类号: TM56; TM77 文献标识码: B 文章编号: 1674-3415(2010)08-0115-05

## 0 引言

2009年4月,在南方电网某500kV变电站断路器保护定检过程中,发现某500kV断路器完成单跳单重试验后,就地操作机构箱内三相防跳继电器会偶尔出现不复归的现象;而检查另一断路器操作箱,又发现操作箱内A相和C相的合闸保持继电器(HBJ)烧毁。

针对这一问题,本文结合现场所采用的断路器操作箱和就地操作机构内的合闸回路接线方式、继电器设备的参数及相关试验深入分析了异常原因,并提出了改进建议。

## 1 常见的断路器合闸回路简介

断路器作为电力系统的重要元件,其操作回路在断路器合、切一次回路过程中起着重要的辅助和保护作用<sup>[1]</sup>。常见的断路器合闸回路示意图如图1所示。

操作箱是保护装置与断路器之间的接口装置,又是远方操作断路器的执行装置,图中ZHJ为重合

闸辅助触点,SHJ为手合命令的辅助触点;HBJ为合闸保持继电器,通过并接分流电阻1,2,⋯,n,产生合闸所需的电流;HBJ'为其辅助触点。

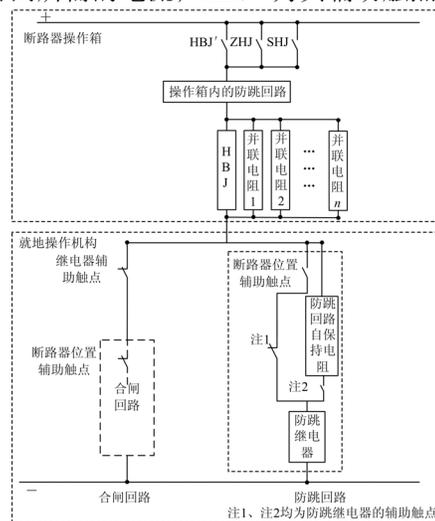


图1 常见的断路器合闸回路

Fig.1 The familiar breaker close circuit

图中的防跳回路分为两类，一类是操作箱内的防跳回路，一类是就地操作机构内的防跳回路。防跳回路的目的是为了防止出现断路器跳跃现象——断路器跳跃指的是合闸回路出现了故障（如触点粘连、机构卡死等），在断路器关合有预伏短路故障电路时，多次分合断路器的现象；或是当断路器机构有问题（如机构脱扣，发生偷跳），不能使断路器正常合闸，而断路器合闸脉冲仍未解除，断路器反复合闸分闸的现象。

如果合闸回路发生故障（如触点粘连）时又发生了系统故障，保护动作启动断路器跳闸的同时，操作箱内的防跳回路将启动，断开合闸回路，从而可靠防止断路器跳跃故障的发生。

而在断路器完成合闸后，随着机构箱内防跳回路中断路器位置辅助触点的闭合，防跳继电器将励磁，并断开它连接在合闸回路中的辅助触点，从而

断开了合闸回路，也防止了断路器跳跃故障的发生<sup>[2-3]</sup>。

不过，设计规程要求，断路器合闸回路中，只能采用一套防跳回路。有的工程中，取消了机构箱内的防跳回路；而有的工程中，则通过短接操作箱内防跳回路的方式实现<sup>[4-5]</sup>。

## 2 断路器操作箱和就地操作机构内合闸回路配合不当可能引发的问题

国内的断路器操作箱往往采用了分相合闸的方式，而就地对操作机构中的合闸回路，部分国外设备采用的却是三相一起合闸的操作方式<sup>[6-7]</sup>。

上述500 kV变电站内，其断路器操作箱选用了国电南自的FCX-22HP型操作箱，断路器选用了日本三菱电机的500-SFMT-63F型HGIS，设计时短接了操作箱内的防跳回路。其合闸回路如图2所示。

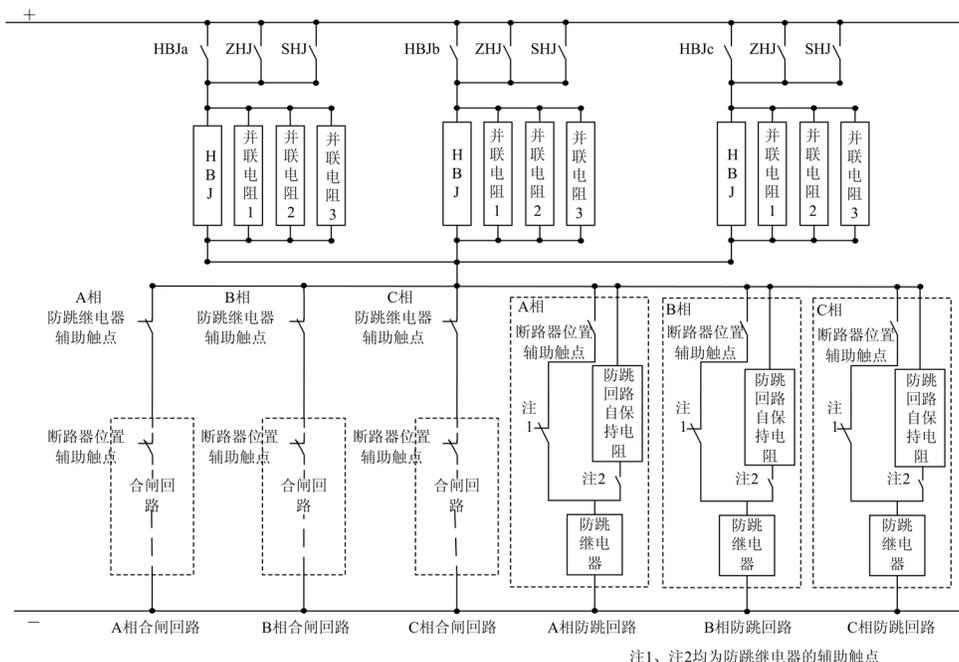


图2 现场断路器合闸回路

Fig.2 Located breaker close circuit

图2中，HBJ继电器型号为JHX-2F/B-025-(10S)-055-2H2D-1，额定电流为0.25A，启动电流为0.15A，释放电流为0.03A，最高允许直流电流为0.3A；通过并联了1个相同等值阻抗、1个0.5倍等值阻抗、1个0.25倍等值阻抗的电阻，产生合闸所需的电流，SHJ型号为ST2-DC24V，工作时间为15ms以下（约10ms）。

就地操作机构内的防跳继电器型号为SRD-N8

CN(4a4b, IKO-53051-1)，启动直流电压为110V，额定直流电压48V，等效阻抗为335Ω，串联自保持电阻为500Ω。

### 2.1 SHJ三相触点闭合的不完全一致性，可能造成HBJ过载烧毁

SHJ三相触点的动作不可能完全一致，对某断路器操作箱生产厂家的多个SHJ/ZHJ三相触点动作时间进行测试，结果如表1、2所示。

表 1 继电器励磁时三相触点的动作时间  
Tab.1 Operated time of three-phased nodes

	继电器励磁时 A 相触点闭合时刻 / ms	继电器励磁时 B 相触点闭合时刻 / ms	继电器励磁时 C 相触点闭合时刻 / ms
样本 1	8	7	9
样本 2	11	10	9
样本 3	8	9	8
样本 4	8	8	8
样本 5	9	9	7
样本 6	6	8	8
样本 7	9	9	6
样本 8	8	6	7

表 2 继电器返回时三相触点的动作时间  
Tab.2 Operated time of three-phased nodes

	继电器返回时 A 相触点释放时刻 / ms	继电器返回时 B 相触点释放时刻 / ms	继电器返回时 C 相触点释放时刻 / ms
样本 1	8	8	8
样本 2	8	7	7
样本 3	8	8	8
样本 4	8	8	8
样本 5	10	8	10
样本 6	8	8	9
样本 7	9	9	8
样本 8	9	8	9

显然, SHJ 三相触点动作存在着一定的不一致性。而对于采用图 2 所示的合闸回路, 如果 SHJ 三相触点的动作不一致, 完全可能出现合闸瞬间仅有单相 SHJ 触点或两相 SHJ 触点闭合, 却必须为三相断路器合闸提供电流, 此时的等效回路图如图 3 或图 4 所示。

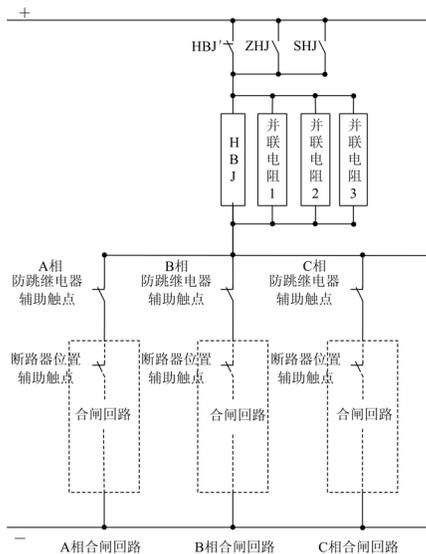


图 3 SHJ 某一相触点动作较快时, 三相合闸瞬间的等效回路  
Fig.3 Equivalent circuit at the moment of closing when one phase node of SHJ operates fast

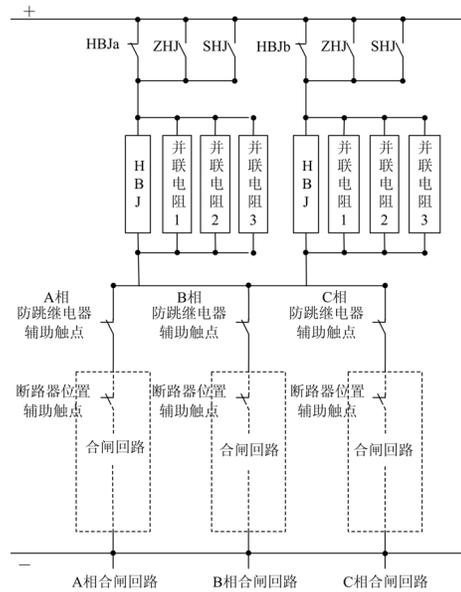


图 4 SHJ 某两相触点动作较快时, 三相合闸瞬间的等效回路

Fig.4 Equivalent circuit at the moment of closing when two phase node of SHJ operates fast

以断路器单相合闸所需的电流为 2 A 进行估算, 这时如图 3 所示的 HBJ 上将承受的电流约为:

$$I = \frac{2A \times 3}{8} = 0.75 A \quad (1)$$

远远超过了其最高允许直流电流 0.3 A, 很有可能造成 HBJ 烧毁。

如果是两相触点闭合稍快, 等效电路图如图 4 所示, 此时这两相 HBJ 上各承受电流约为 0.375 A, 同样超过了其最高允许直流电流 0.3 A, 存在烧毁 HBJ 的可能性。

这也就是上述南方电网 500 kV 变电站断路器操作箱内 HBJ 烧毁的原因, 烧毁的 HBJ 如图 5 所示。



图 5 有明显烧毁痕迹的 HBJ

Fig.5 Module with the fault HBJ

2.2 三相 HBJ 释放电流及返回动作的不完全一致性, 可能造成单跳单重后防跳回路仍然保持三相 HBJ 的释放电流不可能完全一致, 对某

断路器操作箱生产厂家的多个 HBJ (启动电流 150 mA, 释放电流 30 mA) 特性进行测试, 结果如表 3。

表 3 HBJ 特性

Tab.3 Characteristics of HBJ

	启动电流 / mA	释放电流 / mA
样本 1	118.8	60.6
样本 2	118.6	47.0
样本 3	119.5	49.7
样本 4	116.5	36.7
样本 5	117.3	41.5
样本 6	116.0	53.7
样本 7	124.5	47.0
样本 8	113.8	50.5
样本 9	120.5	64.0

显然, 不同 HBJ 继电器的特性差别较大, 尤其是释放电流, 这可能造成保护动作、启动单跳单重后, 某一相或是两相的 HBJ 率先返回, 而所有回路电流将流剩下的 HBJ 继电器, 导致其无法返回, 因此, 机构内的防跳继电器将仍然保持。

假设保护动作、启动单跳单重且单相合闸完成后, 某一相的 HBJ 释放电流稍高或辅助触点断开略慢于其它两相。这种情况下, 动作较快的其它两相 HBJ 复归后, 等效回路图如图 6 所示。

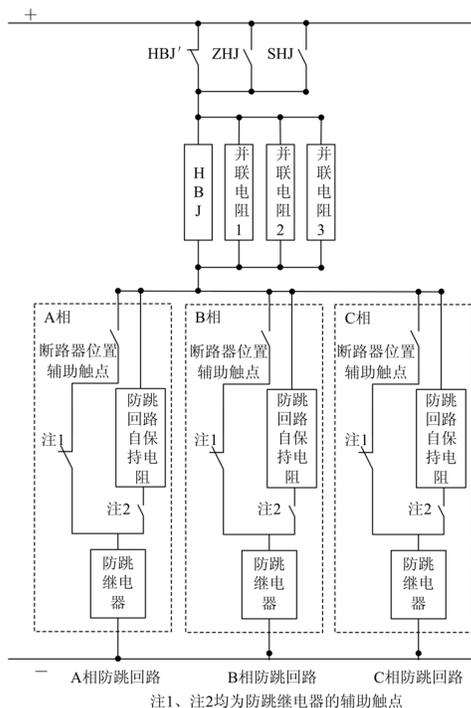


图 6 动作较快的其他两相 HBJ 复归后的等效回路图  
Fig.6 Equivalent circuit when the other two phase HBJ resets

此时, 回路电流为:

$$I \approx \frac{110 \text{ V}}{\frac{1}{3} \times (500 \Omega + 335 \Omega)} = 0.396 \text{ A}$$

流经 HBJ 的电流为:

$$I_{\text{HBJ}} \approx \frac{110 \text{ V}}{\frac{1}{3} \times (500 \Omega + 335 \Omega)} \times \frac{1}{8} \approx 0.05 \text{ A}$$

显然,  $I_{\text{HBJ}} > 0.03 \text{ A}$ , 即使考虑其它干扰因素, 该 HBJ 承受的电流仍大于其释放电流值, 所以将造成 HBJ 仍然保持, 三相防跳回路仍然启动的现象。随着三相防跳继电器的励磁, 三相合闸回路将被断开, 如果再次发生单相故障, 需要启动单相重合闸时将无法实现, 丧失了通过重合闸、恢复正常运行的机会。

### 3 改进建议

#### 3.1 选择参数合适的 HBJ、防跳继电器及其自保持电阻

在不改变原有设计接线的基础上, 合理选择 HBJ、防跳继电器及其自保持电阻的参数, 确保既满足断路器操作电流的要求, 又能在防跳回路导通后保证 HBJ 正确返回。

这种方案实施难度较小, 仅需更换断路器操作箱的板卡。但是, 它并没有从根本上解决问题, 不仅需要合理选择参数, 而且就地操作机构内合闸回路仍采用同相操作, SHJ/ZHJ 仍存在损坏的风险。

#### 3.2 采用断路器操作箱内的防跳回路

设计规程明确要求采用一种防跳措施, 因此, 可以考虑采用断路器操作箱内的防跳回路, 而取消机构防跳回路, 从而可以避免单跳单重后就地操作机构内防跳继电器无法复归的问题。

改进后的回路如图 7。

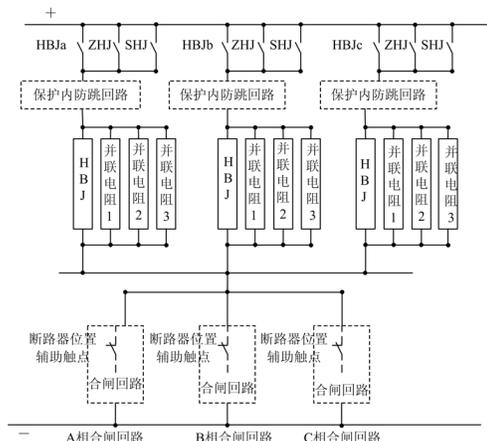


图 7 采用操作箱内防跳回路的合闸回路图  
Fig.7 Closing circuit used the trip-proof circuit in operative box

采取这种改进方案, 实施时需要投入操作箱内的防跳回路、退出机构内防跳回路。但是, SHJ/ZHJ 同样存在损坏的风险。

### 3.3 采用分相合闸操作的方式

大部分断路器合闸操作均采用了分相操作的方式, 但上述变电站断路器就地操作机构采用了三相同同时合闸的方式, 从断路器操作箱内用同一根电缆送出三相合闸信号。对此, 也可以考虑进行如图 8 改进。

采用这种方案改进后, 上述问题都不复存在, 但是, 这种方案工作量较大。

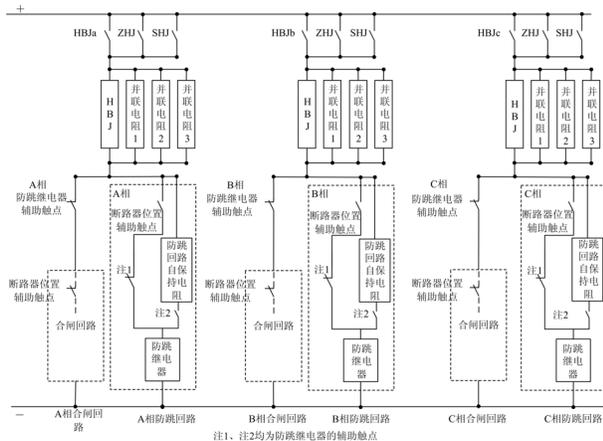


图 8 采用分相操作的合闸回路图

Fig.8 Closing circuit used phase separation control

## 4 结论

断路器操作箱和断路器一般由不同的厂家提供, 目前国内大部分高压断路器采用了分相合闸的操作方式, 但是, 也有少部分国外厂家生产的断路器就地操作机构采用了三相同同时合闸, 实际工作中发现, 采用国内习惯的分相合闸方式的断路器操作箱和采用三相同同时合闸的就地操作机构的配合可能出现问题。

这一问题在理想情况下较难出现, 然而, 由于断路器操作箱内继电器的特性不可能完全一致, 因此, 很可能诱发 SHJ/ZHJ 烧毁、HBJ 无法返回等问题; 如果同时发生触点卡涩或防跳继电器故障, 甚至可能造成断路器跳跃。本文根据某变电站断路器保护定检过程中发现的异常, 结合现场接线、设备参数及相关试验, 对这些问题进行了深入分析, 并提出了改进建议。

采用分相合闸方式的断路器操作箱和采用三相同同时合闸的就地操作机构的配合存在问题, 随时可

能会损坏设备, 甚至可能对电网造成冲击, 因此, 采用了上述设计方案的厂站应尽快考虑改进, 而在今后的设计施工中, 应尽量避免采用这一接线方式。

## 参考文献

- [1] 徐国政, 等. 高压断路器原理和应用[M]. 北京: 清华大学出版社, 2000.  
XU Guo-zheng, et al. Principle and Application of High Voltage Breaker[M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2000.
- [2] 王轶成, 刘波. 断路器防跳回路的典型接线及其应用[J]. 电力系统自动化, 2001, 25 (1): 69-70.  
WANG Yi-cheng, LIU Bo. Typical Connection of Mal trip-proof Circuit of Breaker and Its Application[J]. Automation of Electric Power Systems, 2001, 25 (1): 69-70.
- [3] 赵毅, 李傲. 高压断路器防跳回路的应用[J]. 高电压技术, 2006, 32 (2): 120-121.  
ZHAO Yi, LI Ao. Application of the Antibouncer Loop of High-voltage Breaker[J]. High Voltage Engineering, 2006, 32 (2): 120-121.
- [4] 曹树江, 林榕. 断路器操动机构与继电保护控制回路的协调与配合[J]. 继电器, 2005, 33 (24): 72-77.  
CAO Shu-jiang, LIN Rong. Coordination Between Breaker Control Circuit and Relay Protection Control Circuit[J]. Relay, 2005, 33 (24): 72-77.
- [5] 张志华, 冯辰虎. 220 kV 断路器操作箱与断路器二次回路的配合[J]. 华北电力技术, 2006(11): 48-50.  
ZHANG Zhi-hua, FENG Chen-hu. Coordination between Operative Box and Secondary Circuits of 220 kV Disconnectors[J]. North China Electric Power, 2006(11): 48-50.
- [6] 郭占伟, 原爱芳, 张长彦, 等. 断路器操作回路详述[J]. 继电器, 2005, 32 (19): 67-70.  
GUO Zhan-wei, YUAN Ai-fang, ZHANG Chang-yan, et al. Protection and Control of Breaker Operating Circuit[J]. Relay, 2005, 32 (19): 67-70.
- [7] 谢贤. 西门子 220 kV 三相断路器控制回路的改造[J]. 广西电力技术, 2001(1): 27-32.

收稿日期: 2009-05-19; 修回日期: 2009-06-08

作者简介:

朱韬析 (1980-), 男, 工程师, 从事直流输电维护工作;  
E-mail: taoxi\_zhu@hotmail.com

史志鸿 (1967-), 男, 高级工程师, 从事电力系统自动化研究工作;

郭卫明 (1980-): 男, 工程师, 目前从事直流输电维护工作。