

# 断路器操动机构与继电保护控制回路的协调与配合

曹树江<sup>1</sup>, 林榕<sup>2</sup>

(1. 河北电力调度通信中心, 河北 石家庄 050021; 2. 河北省电力勘测设计研究院, 河北 石家庄 050031)

**摘要:** 在分析断路器操动机构压力闭锁的设置和使用方式的基础上, 针对存在的问题, 提出了线路间隔断路器操动压力低闭锁重合闸回路的解决方案; 明确了断路器操动机构压力和 SF<sub>6</sub> 气体压力低闭锁功能的实现方式。通过对操作箱和机构箱内防跳功能的分析比较, 给出了防跳功能的推荐方案; 还对线路保护带断路器传动试验中的时序配合问题进行了分析。

**关键词:** 断路器; 操动机构; 压力低闭锁; 继电保护; 重合闸; 断路器跳跃

**中图分类号:** TM77; TM561 **文献标识码:** B **文章编号:** 1003-4897(2005)24-0072-05

## 0 引言

电力系统改造工程中一次设备和二次回路不协调, 在运行中暴露出断路器控制与继电保护重合闸配合的问题: 线路发生故障, 断路器经过一次“分—合分”的循环之后, 发生非预期再合闸; 在综自站的断路器检修期间, 停、投控制直流电源时, 发生断路器意外合闸等; 继电保护操作箱与断路器机构箱防跳回路配合不当造成线路永久性故障, 断路器跳开后合闸回路被断开的现象等。这些问题分别影响了现场试验分析工作、延误系统恢复时间, 对断路器设备的安全和电网的稳定构成了威胁; 必须采取防范措施, 加以解决。

## 1 断路器操动机构

### 1.1 断路器操作机构及控制回路

断路器操作机构大致可分为弹簧、液压(含弹簧液压机构)、气动操作机构(含弹簧气动机构)等几大类型。断路器操动机构箱内电气控制回路包括: 合闸和分闸操作回路, 电气防跳跃回路, 操动机构压力低闭锁回路, 灭弧介质压力低闭锁回路, 电机控制回路, 加热器回路, 重合闸闭锁回路。

### 1.2 断路器操作机构压力低的闭锁方式

液压操动机构以高压油推动活塞实现合闸与分闸, 其压力闭锁由高到低一般设有“重合闸闭锁”、“合闸闭锁”、“分闸闭锁”3级。气动操动机构的分闸操作靠压缩空气来完成, 而合闸操作则靠在分闸操作时储能的合闸弹簧来完成, 其压力闭锁一般设有“重合闸闭锁”和“操作闭锁”2级。弹簧操动机构设“弹簧未储能”1级闭锁。

## 2 断路器操动机构“压力低”与断路器重合闸的配合

断路器操动机构压力低闭锁重合闸的接点经过转换后, 作用于相应的重合闸装置。该回路对于保护断路器、避免多次重合是必需的, 也是有效的。但由于近几年来断路器本体控制回路不断完善, 该回路的重要性却常常被人们所忽视。有错误观点认为: 断路器合闸回路已串有压力低闭锁合闸的接点, 就不需要再将“压力低闭锁重合闸”接点接入保护装置, 因此而带来了一些问题。

### 2.1 “压力低闭锁重合闸”回路缺失带来的问题

断路器操动机构“压力低闭锁重合闸”是对操作循环的闭锁, 此时不允许执行“分—0.3s—合分”这样的操作循环, 而只能执行单分或单合的操作; 在保护或重合闸启动前出现“压力低闭锁重合闸”信号, 应闭锁重合闸, 启动后出现“压力低闭锁重合闸”信号, 应允许重合闸发出一次合闸命令。“压力低闭锁重合闸”回路的缺失将带来如下问题:

1) 断路器运行中操动机构实际压力因故低于“重合闸闭锁”的压力, 此时线路发生故障, “分—合分”的重合闸循环可能损坏断路器, 甚至导致断路器爆炸。

2) 断路器传动试验或者运行中线路发生故障时, 断路器完成一个“分—合分”的操作循环后, 操动机构压力如果低于“合闸闭锁”或“操作闭锁”值, 断路器本体控制回路将断开合闸回路或分、合闸回路, 结果是: 虽然断路器在分闸位置, 但操作箱跳闸位置继电器 TWJ 因合闸回路被断开而不能动作, 重合闸装置具备了“充电”条件。只要操动机构启动

打压、压力恢复至“合闸闭锁解除”或“操作闭锁解除”所需的时间长于重合闸装置“充电”时间(一般为15s),则重合闸装置即可以“充满电”。待操动机构压力恢复、合闸回路接通时,TWJ动作启动重合闸,经过重合闸延时后就会发出合闸命令,控制断路器再次合闸。

显然,上述情形的断路器再次合闸行为是非预期的,将给断路器传动试验带来不必要的混乱;而在线路发生永久性故障的情况下,重合闸和线路保护交替动作,则会造成断路器循环合、跳的现象,是极其危险的。

2005年3月6日,某220kV线路发生吊车碰线导致的单相接地故障,两侧保护均正确动作,跳开故障相,重合不成功三跳。约30s后,一侧的LFP-901A型保护误发重合闸命令,开关重合成功。万幸的是,此时故障已消除,否则将会造成断路器循环分、合的严重后果。

本线路的另一套保护CSL101B,因分相接入断路器跳闸位置继电器接点,单重方式下,重合闸被“放电”。LFP-901A保护采用TWJ三相并联的接入方式,在轻负荷断路器偷跳或上述案例的情形下不能区分单、三相跳闸。要求在组屏设计中将“单重”方式把手接点与三相跳闸位置接点串联后接至闭锁重合闸的回路。尽管如此,三重方式下,非预期重合闸的问题仍然需要通过断路器操动机构压力低闭锁重合闸的方式来解决。

## 2.2 断路器与继电保护控制回路整改原则

### 2.2.1 线路断路器“压力低闭锁重合闸”回路

1)线路断路器,应提供操动机构“压力低闭锁重合闸”的触点。必须说明的是,“合闸闭锁”断开合闸回路,或者“操作闭锁”断开合、分闸回路的作用均不能代替“压力低闭锁重合闸”的作用。

2)断路器操动机构“压力低闭锁重合闸”的触点应经操作箱转换后接至对应断路器重合闸装置的“机构压力低”端子。当正常运行中出现“压力低至不允许重合”时,可靠闭锁重合闸。当然也就保证压力再低至分合闸回路被断开时,重合闸不被充电。

微型重合闸的“机构压力低”和“闭锁重合”的含义有别:“闭锁重合”端子一直有效;“机构压力低”仅在正常运行程序中监视,启动后即不再判别,旨在避免断路器跳闸、操动机构正常的压力降低误闭锁重合闸。

在常规重合闸二次回路中,重合闸启动继电器(CQJ)的常开触点串接在压力低对重合闸“放电”的

回路中(图1),两者异曲同工。

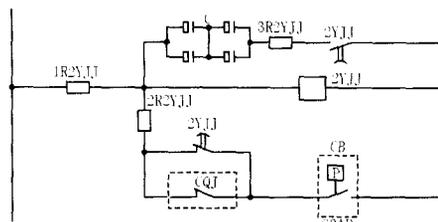


图1 常规的压力低闭锁重合闸回路原理图

Fig 1 Normal diagram of the reclosure blocking by operating pressure of the circuit breaker

在正常运行情况下,操作箱带电,断路器操动机构压力触点63AR打开,压力继电器励磁,其2YJJ接点打开。

压力触点经过操作箱内继电保护进行转换,除取得下述第4)条所述的时序配合外,还可以将机构箱内接点从开关场引至保护室、经强弱电隔离,再接入重合闸装置,有利于减少二次回路的电磁干扰。

3)双母线接线断路器随线路保护而双重化配置的重合闸,“压力低闭锁重合闸”回路应分别接入。

4)操作箱内压力触点转换继电器应具有延时特性,或者重合闸装置本身应具备对“机构压力低”延时确认的功能,以保证断路器偷跳时能够可靠重合。

为了保证重合闸装置对断路器操动机构压力低判别的可靠性,并在断路器偷跳时TWJ动作启动重合闸与“压力低闭锁重合”触点能够取得时序上的配合,实现可靠重合,机构箱的“压力低闭锁重合”接点经操作箱内转换的继电器应具有延时返回(采用常闭触点时)特性。当重合闸具备“机构压力低”延时确认功能时,转换继电器的延时可以不作要求。

5)操作箱内的“压力低闭锁重合触点”转换继电器宜以常闭型触点的方式接入重合闸的回路。

断路器检修、其控制电源断开等情况下,采用常闭型触点接入重合闸装置的“压力低”回路,其常闭触点闭合,可以保证重合闸不充电,从而避免停送断路器控制电源时重合闸装置误合断路器的问题。

6)对于分相操作断路器,分相操动机构压力低闭锁重合闸采用“或门”逻辑,即任一相操动机构压力低均闭锁重合闸。

7)线路间隔断路器,液压、气动操动机构的“压力低闭锁重合”触点应闭锁相应的重合闸装置。无此触点的可以采用“压力低闭锁合闸”触点代替;



路保持的方式,有的为同一继电器电流线圈启动、电压线圈保持的方式,2组线圈极性需要配合。机构内的防跳继电器用断路器常开辅助触点启动,防跳继电器为单线圈、自保持方式,不存在极性问题。

### 3.4 防跳功能使用中存在的主要问题

继电保护操作箱的TWJ线圈回路与机构箱中防跳继电器线圈构成的串联回路造成合令收回后机构内防跳继电器不返回,合闸回路一直被断开,只有人为断开断路器控制直流电源后才能将跳闸回路接

通。

由于如上原因,在运行中曾出现线路永久性故障重合不成功,再手合断路器而拒合的现象,延误了系统恢复的时间<sup>[2]</sup>。在图3中,断路器机构箱中的防跳继电器52Y与操作箱内TWJ回路串联分压后的电压超过了防跳继电器52Y的返回电压,合闸命令撤销后,防跳继电器52Y依然不返回,从而断开了合闸回路。此时,只有通过人为断开断路器控制直流电源,合闸回路才恢复接通。

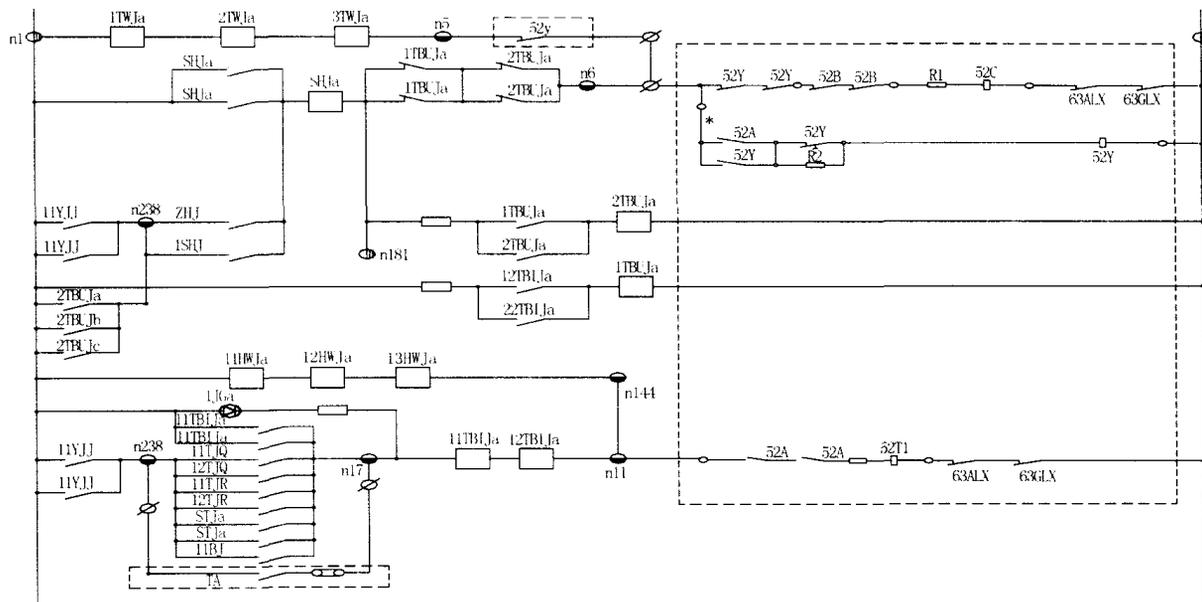


图3 操作箱与机构箱防跳回路配合图

Fig 3 Coordination between circuits defending breaker bounding in operating realies box and breaker control box

### 3.5 防跳功能的解决方案

断路器防跳功能的选择应以简化二次回路、提高可靠性、减少较少典型设计变更等为原则。

#### 3.5.1 仅使用操作箱内的防跳功能

采用操作箱 TBJ防跳功能,取消机构箱内防跳功能。需要将机构箱内合闸回路控制回路中的防跳继电器常闭接点短接,使得合闸回路不受机构箱内防跳继电器的控制。此外,由于操作箱中TWJ与机构箱内防跳继电器线圈回路串联保持,除造成机构箱内防跳继电器不返回外,还可能造成操作箱内TWJ动作后不返回,进而影响保护装置和重合闸的逻辑。因此,还需要将机构箱内防跳继电器线圈回路断开或将防跳继电器拆除。

#### 3.5.2 仅使用机构箱的防跳功能

采用机构箱内 TBJ防跳功能,取消操作箱 52Y防跳功能。在操作箱内将合闸控制回路中 TBJ防跳继电器的常闭接点两端通过引出端子短接。为解决

在 TWJ回路与机构内防跳继电器不返回的问题,应在 TWJ继电器线圈回路串入防跳继电器的常闭接点(图3中虚框所示)。

#### 3.5.3 同时使用操作箱和机构箱的防跳功能

为使得机构箱内防跳继电器能够正确返回,同时保留操作箱内 TWJ的功能,可采取如下措施之一:

方案 1):在 TWJ回路中串入防跳继电器的常闭触点(图3中虚框所示)

方案 2):将 TWJ回路单独摘出,直接接至断路器机构箱内常闭辅助触点。

该方案中,操作箱合机构箱内防跳功能均可返回作用。在手动合闸到永久故障的情况下,合闸过程中机构箱内防跳继电器 52Y首先动作,保证仅合闸一次;随后保护动作于跳闸时,操作箱内 TBJ动作。先后两次在两处将合闸回路断开,防跳功能的冗余度更高。

### 3.5.4 防跳方案的比较分析

方案 3.5.1 仅需要在机构箱内改线。方案 3.5.2 在操作箱加设短接线、同时将机构箱内触点引至操作箱。方案 3.5.3 1) 需要将机构箱内触点引至操作箱; 3.5.3 2) 则变更操作箱 TWJ 回路接线, 并增加其至机构箱的二次线。从减少对典型二次线改造的角度看, 应首先推荐方案 3.5.1。如果考虑进一步提高防跳功能的冗余度, 可采用方案 3.5.3。从合闸控制回路的整体分析看, 经过双重接点的防跳功能对合闸回路可靠性的影响几乎可以不计。如采用双操作箱, 因两操作箱相互独立, 不能实现箱一跳/合闸与箱二合/跳闸交叉闭锁, 机构箱内的防跳功能必须保留, 只能选用方案 3.5.2 或方案 3.5.3。

### 3.6 关于双操作箱的问题

单操作箱停运检验需要断路器陪停, 双操作箱可解决此问题, 跳合闸压板由保护出口改至操作箱出口的跳合闸回路。但双重化的操作箱增加了机构箱与操作箱的跳合闸控制、压力低闭锁重合等二次回路。考虑到操作箱可靠性较高, 可将其视为机构箱的延伸, 与其一并检修, 则可不考虑单独为操作箱的检验问题而增设操作箱, 单操作箱设置的原则不宜改变。

## 4 线路保护带断路器传动试验中保护出口与断路器动作的时序配合

现场进行线路保护带断路器传动试验中, 通常采用如下方法: 将测试仪输出交流量接入保护装置, 保护装置备用跳闸触点、合闸触点反馈至测试仪。常现如下问题: 单重方式下, 模拟单相永久性故障时, 最终结果故障相断路器还在合位、其余两相在跳位; 三重方式下, 结果三相断路器最终在合位。原因如下:

第一次故障, 保护发跳闸令跳开断路器, 测试仪输出的故障量被保护跳令撤销; 装置重合令一发出, 控制测试仪即输出第二次故障量, 保护发第二跳令, 在此期间, 跳开相的断路器尚未重合到位、辅助触点未完成转换, 跳闸回路不通, 而在跳开断路器重合到位之前, 测试仪输出的第二次故障量又被保护第二跳令控制撤销, 保护跳闸令因故障量消失而返回, 导致故障相断路器最后在非预期的合闸状态。而在实际运行中, 断路器重合后到位, 才可能再故障, 断路

器跳开后, 故障才消失, 保护跳闸令才返回。针对上述问题, 可采取如下改进措施:

- 1) 在测试仪内模拟断路器合闸时间, 保护重合令反馈后到测试仪后, 经此延时再输出故障量。
- 2) 采用三相合闸位置继电器常开接点串联后, 再与重合闸触点串接控制测试仪输出永久性故障量。
- 3) 试验中在跳令发出之后、重合令发出之前, 人工断开备用跳闸出口至测试仪器的连接。

## 5 结语

- 1) 为了保护断路器、防止断路器非预期重合, 线路间隔断路器操动机构压力低闭锁重合闸回路是必需的, 不能由其它闭锁回路代替。
- 2) 线路间隔断路器操动机构压力低闭锁重合闸回路应经继电保护操作箱转换、以延时返回的常闭触点的方式接入对应重合闸装置的“机构压力低”回路。
- 3) 断路器防跳跃功能宜采用继电保护操作箱内的方式。
- 4) 线路保护带实际断路器进行传动试验方法必须考虑断路器动作与继电保护跳、合闸命令的时序配合。

## 参考文献:

- [1] 林榕, 曹树江. CSL101与LFP-901线路重合闸应用问题的分析[J]. 电网技术, 2003, 27. (10): 78-81.  
LN Rong, CAO Shu-jiang. Analysis to the Application of Auto-reclosure Accomplished by CSL101 and LFP-901 Line Protections[J]. Power System Technology, 2003, 27 (10): 78-81.
- [2] 华北电力调度局文件. 《印发“关于进口及引进技术生产的开关防跳回路的反事故措施”的通知》[Z].  
The Document of North China Power Dispatching Bureau The Message About Anti-accident Measure for Circuits Defending Bound in Import or Import Technology Breakers [Z].

收稿日期: 2005-08-26; 修回日期: 2005-09-18

作者简介:

曹树江(1968-), 男, 硕士, 高级工程师, 从事继电保护运行管理和整定计算工作; E-mail: csj@hbpc.com.cn

林榕(1968-), 男, 高级工程师, 从事继电保护设计工作。

# 开关动作速度对保护的影响分析

闫晓丁, 郭亚成, 金丽萍, 万红艳

(保定供电公司, 河北 保定 071051)

**摘要:** 通过对一起由刀闸引起母线接地故障, 母差和线路保护动作报告和故障录波信息的分析, 讨论了在不同情况下开关动作速度对继电保护动作行为可能产生的影响, 提出了防保护误动的建议。

**关键词:** 母差保护; 线路保护; 开关动作速度

**中图分类号:** TM564; TM77      **文献标识码:** B      **文章编号:** 1003-4897(2005)24-0077-03

## 0 引言

2005年1月31日, 某220kV变电站(运行方式见图1)110kV #5母线故障, 母差保护动作, 跳开母线上所有运行元件。由于母联开关145、主变开关103较出线开关111跳闸快, 造成111开关对端112开关保护零序I段动作, 跳开112开关。尽管此次事故并未引起事故扩大, 但对正常方式的恢复有一定影响。本文对这次事故原因进行分析, 并分析母联开关与出线开关动作时间对保护的影响。

1月31日16时11分某变电站(A站)事故喇叭响, 110kV母联145、#5母线上出线运行开关跳闸。运行人员检查至该站112-5刀闸时, 发现112-5刀闸A相母线侧设备线夹断裂, 造成引线对地放电, 母差保护动作。正常方式下112开关在#4母线运行。同时, 111开关对端(B站)112开关保护零序I段动作跳开112开关。

## 2 保护动作行为分析

112-5刀闸线夹断裂引起引线对地放电造成母差保护动作是此次事故的直接原因。既然母差动作切除了故障, 而111开关又不存在另外的故障点, 线路保护就不应该再动作。但111开关对侧112开关保护零序I段动作, 保护动作行为是不是正确? 零序保护的范围是否伸到了母线内部? 如果动作行为正确, 什么原因造成母线切除故障的情况下线路保护还动作? 我们对这一系列的问题进行了深入的分析。以下是A站110kV母差保护及B站112开关保护的故障报告。

A站母差保护装置报告(BP-2B)  
故障类型: 差动

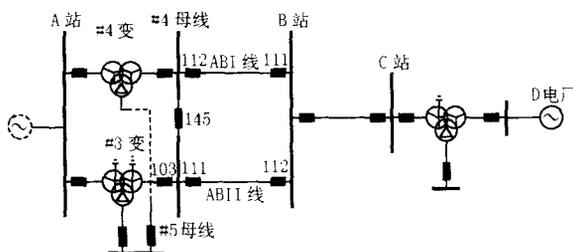


图1 一次运行方式

Fig 1 Primary operating mode

## 1 事故发生经过

### Coordination between breaker control circuit and relay protection control circuit

CAO Shu-jiang<sup>1</sup>, L N Rong<sup>2</sup>

(1. Hebei Electric Power Dispatching and Communication Center, Shijiazhuang 050021, China;

2. Hebei Electric Power Design and Research Institute, Shijiazhuang 050031, China)

**Abstract:** Based on the analysis to settings and blocking methods of operating pressure in any kind of circuit breakers, a scheme for reclosures blocking by operating pressure of the circuit breaker is brought forward. In addition, the realization method for operating pressure and SF6 gas blocking in circuit breakers is given. Comparing the functions of defend circuit breaker bounding in operating relays box and breaker control box, an appropriate project is recommended.

**Key words:** circuit breaker; operating machine; blocking by low pressure; protective relay; auto-reclosure; bounding of the breaker