

# 高压断路器非全相保护浅析

秦川

(四川省电力公司超(特)高压运行检修公司 四川 成都 610041)

**摘要:** 针对中国高电压等级的电力系统的运行工况,阐述了配置高压断路器非全相保护的必要性。结合非全相保护判据,通过对不同类型的非全相保护方法进行了分析和比较,归纳出其各自的优缺点以及不同的应用场合。与此同时,对非全相故障的原因进行了相关的探讨,并结合一起四川省某变电站的开关非全相保护动作而跳闸的案例来作分析,希望所做的工作能为此类高电压等级的故障检修提供有益的参考。

**关键词:** 高压输电; 高压断路器; 非全相保护; 断路器机构箱; 时间继电器; 本体保护

**Abstract:** According to the operating conditions of high-voltage power system in China, the necessity of configuring open-phase protection for high-voltage circuit-breaker is described. Combined with the criterion of open-phase protection, the different types of open-phase protection methods are analyzed and compared, and their advantages and disadvantages are eventually summarized as well as the relative different applications. At the same time, the causes of open-phase fault are discussed by analyzing the relevant cases of switch tripping in a substation in Sichuan, which can give a favorable reference for the troubleshooting in such high-voltage level.

**Key words:** high-voltage power transmission; high-voltage circuit-breakers; open-phase protection; circuit-breaker mechanism housing; time relay; body protection

中图分类号: TK762 文献标志码: B 文章编号: 1003-6954(2011)04-0079-04

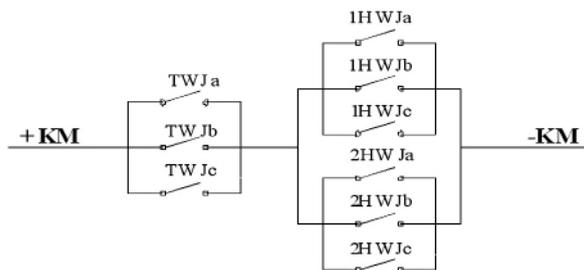
## 0 引言

随着电力需求量的日益扩大,高电压等级的电能输送已成为必然趋势。在高电压等级的电网中一般采用分相操作的断路器,而高电压等级电网在运行时,由于设备运行工况、操作等因素的影响,开关可能出现某一相开关偷跳或是拒动的现象,从而造成系统的非全相运行,其后果是产生的零序、负序等分量对电气设备产生相当大的危害,同时还可能使一些保护动作误跳闸,切断正常运行的线路<sup>[1]</sup>,对系统的稳定运行产生一定的冲击。因此采取非全相保护来防止断路器的误动或拒动事故是非常必要的。

## 1 非全相保护判据

根据分相操作的高压断路器工作原理可以归纳出其非全相保护的判据:(1)断路器非全相保护的硬接点由断路器相应辅助接点构成,并经光电隔离接入开关或线路保护装置或者开关本体三相不一致保护装置,形成必需的硬件控制回路;(2)只要存在任

一相跳闸位置继电器接点闭合,作为判断非全相保护的启动依据。当这两个判据都满足时,经过时间继电器的启动延时,非全相保护出口跳闸,从而保证系统的全相稳定运行。其典型控制回路如图1所示<sup>[2]</sup>。



图中: TWJa、TWJb、TWJc 为断路器 A、B、C 三相跳闸位置继电器动合触点; 1(2) HWJa、1(2) HWJb、1(2) HWJc 为断路器 A、B、C 三相合闸位置继电器动合触点。

图1 非全相保护典型控制回路简化图

## 2 非全相保护的動作类型

非全相保护反映了断路器三相位置不一致的保护控制回路。既可采用断路器辅助触点组合实现,也可采用由操作箱给出的跳闸位置、合闸位置继电器

的接点组合实现。目前,非全相保护的常见类型主要有以下3种。

### 2.1 非全相接点直接启动时间继电器

该动作类型由断路器辅助接点或者由操作箱跳闸位置、合闸位置继电器的接点组合构成,通过判断其相应接点的通断来实现非全相保护,具有结构简单较易实现的特点。其动作逻辑如图2所示。

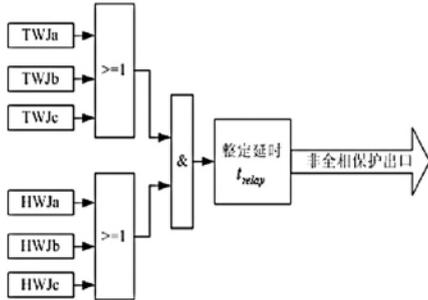


图2 非全相保护动作逻辑图1

### 2.2 非全相接点加零、负序电流闭锁判据来启动时间继电器

该动作类型在2.1类型的基础上增加了零序、负序电流的闭锁判据,通过两个判据共同来判断是否启动时间继电器。较第一种类型相比,该类型增加了非全相保护动作的可靠性和安全性。同时考虑到其零序和负序电流较易获得,使得其在系统中比较广泛应用成为了必然。其动作逻辑框图如图3所示。

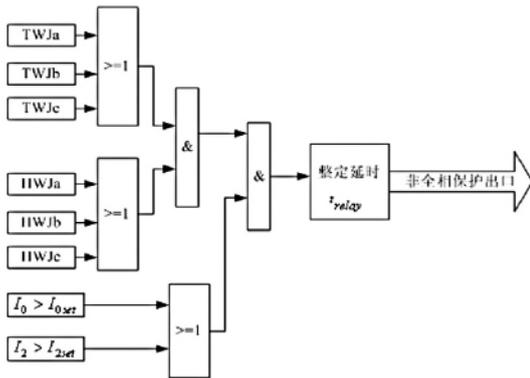


图3 非全相保护动作逻辑图2

### 2.3 非全相接点与保护装置组合来启动时间继电器

在该类型的保护中,非全相位置继电器的接点作为开关输入量引入保护装置,由保护程序自动判别。其依据为:若任一相TWJ动作且无电流则判定该断路器为跳开位置;当任一相断路器在跳开位置而三相不全在跳开位置且控制开关在合后,则确认为非全相故障,保护经延时后跳闸。其动作逻辑框图如图4所示。

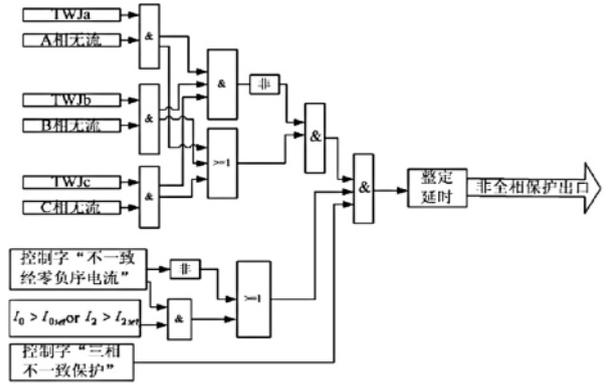


图4 非全相保护动作逻辑图3

## 3 不同类型非全相保护对比分析

通过对非全相保护类型的介绍,可以从中比较分析得到如下结论。

### 3.1 不同类型非全相保护的应用场合有所区别

对于上述3种主要的非全相保护类型,其应用场合有所区别,其中第一种主要应用于断路器机构本机的保护,若各相断路器出现三相不一致的情况,其相应的辅助接点将导通,保护启动;第二种加入了零负序电流判据,使其安全可靠得到进一步加强。该类型主要应用于传统非全相保护微机控制装置中,由于零负序电流能够准确反映出变压器中性点接地和不接地时线路的正常或故障状态信息,因此该类型可以用于末端变压器中性点接地和不接地运行的线路。使用时必须要考虑到零序电流和负序电流的整定,其整定值的大小直接影响保护的灵敏性和可靠性;第三种在兼备前两种优点的基础上结合线路三相电流判据,并通过微机化数据处理来综合判断,大大提高了运行时各种工况下的信息对比,降低了非全相保护的误动率,目前南瑞、许继、四方<sup>[2]</sup>等各主流继电保护厂家大都采用此类型并进一步完善。

### 3.2 500 kV 变电站的非全相保护配置

非全相运行对电力系统运行影响很大:分闸不同期将延长断路器内燃弧时间,使灭弧室压力增高,加重断路器负担;合闸不同期会造成系统在短时间内处于非全相运行状态,从而引起中性点电压漂移引发零序电流,极大降低保护的灵敏度;由于非同期时间差愈大愈增加重合闸时间,对系统稳定性不利;因此应尽量缩短非同期运行时间。为了保证系统可靠稳定运行,在220 kV及以上系统中多采用分相断路器。同时装设能反映断路器非全相运行状态的三相不一

致保护,作用于跳开已处于不正常状态的断路器。根据国家电网有关规定“220 kV及以上电压等级的断路器均应配置断路器本体的三相位置不一致保护<sup>[3]</sup>”。因此针对500 kV变电站的断路器,其非全相保护为双重配置:继电微机保护装置以及自身本体机构箱保护装置。两套配置相互独立,保证在故障发生时某套保护功能失去时仍能正确动作,及时切除故障。

### 3.3 500 kV 变电站非全相保护与重合闸的配置

实际中有可能出现如下情况:即断路器偷跳一相,由于断路器位置不对应,根据保护逻辑,其重合闸保护应当启动,将断路器重合,此时其非全相保护不应动作。而如果断路器有问题,偷跳相又未重合,此时该断路器才应启动非全相保护实现三跳。因此,非全相保护的动作时间必须能够躲过重合闸动作时间,以保证重合闸动作逻辑及过程正确,否则会因非全相保护动作时间短造成保护的误动作。两者时间的分配关系如图5所示。

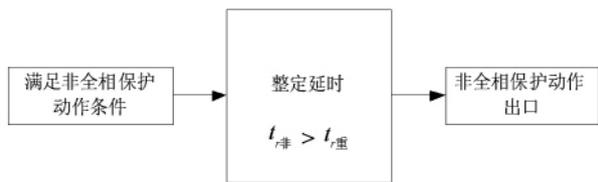


图5 时间分配图

## 4 案例分析

### 4.1 非全相故障的原因

断路器出现非全相运行的原因主要可归纳为断路器机械部分故障和电气方面故障两方面。

机械部分故障主要包括两部分:传动部分故障和断路器本体的故障。传动部分的故障主要有机构所用元件的材料性能不佳;电磁操作阀针杆老化生锈,行程不够;传动机构连接部分脱扣,连接松动等。对于弹簧机构而言,若弹簧未储能或未储能、弹簧储能锁扣不可靠等故障将引起分合闸闭锁;对于液压机构而言,若气压低于其规定者亦将闭锁。断路器每相独立操作时,机构易发生失灵;而三相共用一个操作机构的断路器,如果油、气管配置不恰当,也会引起断路器非全相运行;而断路器本体故障主要是动静触头松动、磨损造成接触不好,行程调整不合理等。

电气故障主要为操作回路的故障;二次回路接触不良;断路器密度继电器闭锁操作回路等机构分合闸回路存在故障。

### 4.2 时间继电器延时设置

根据文献[4]的规定“220 kV及以上电压等级分相操作的断路器本体和线路(或断路器)保护均应配置三相位置不一致保护并同时启用,动作时间应整定相同”,对于机构非全相保护的时间继电器的设置也要注意其规则:必须与保护装置的时间整定值一致,且要和保护的重合闸时间相配合,保证其非全相保护不能影响到单相重合的保护,确保不出现非全相保护的误动作。其结构界面简图如图6所示。

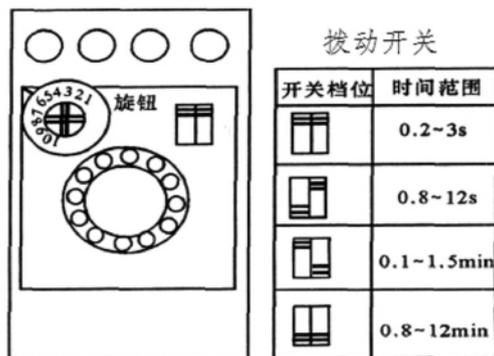


图6 时间继电器的时间设定表

按照ABB厂家所提供的资料可以得出该开关非全相保护时间整定原则:刻度盘上的“6”代表整定时间的百分数,即60%,由于时间范围整定为第1档(0.2~3s),以此实际整定时间为 $3 \times 60\% = 1.8$ (s),而要与实际动作时间相匹配,需将旋钮转到“8”和“9”之间刻度线上,保证其动作延时时间满足2.5s左右。若设置不当将造成保护误动。

### 4.3 非全相保护动作分析

结合工作实际情况,就一起四川某500 kV变电站220 kV线路侧开关调试时出现非全相保护动作的案例,对其故障原因进行进一步的分析和阐释。

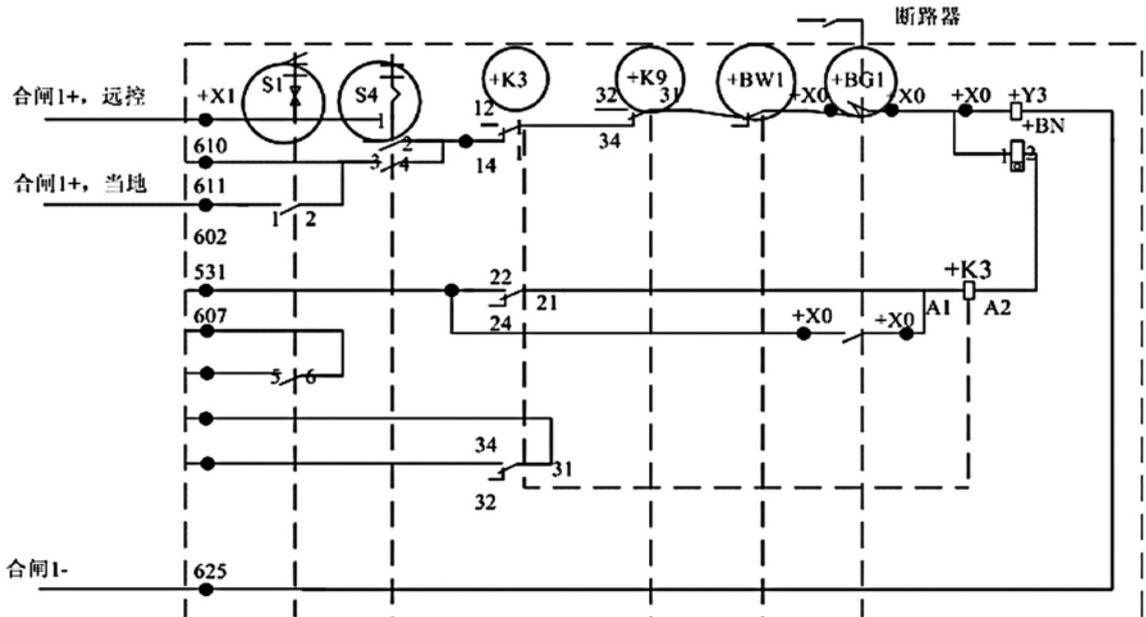
该站220 kV线路侧开关在调试过程中,出现某一线路开关因其C相拒动造成保护动作跳开三相的故障;同时后台给出“该开关非全相保护动作”信号报文,其保护启动报告如表1所示。

表1 保护动作报文

CSC - 103B 动作报文		WXH - 803A/G 动作报文	
相对时间/5	动作元件	相对时间/6	动作元件
	保护启动		保护启动
105	三跳闭锁重合闸	107	三跳闭锁重合闸

保护一为北京四方CSC - 103B电流差动保护,保护二为许继WXH - 803A/G纵联差动主保护及后备保护,两者均适用于220 kV及以上电压等级的高压输电线路保护。

该线路所选ABB公司生产的分相断路器,其型



S1——就地分-合控制开关旋钮; S4——“就地/远方控制”转换开关; K3——防跳继电器; K9——合闸回路 SF<sub>6</sub> 气体监视闭锁继电器; +BW1——储能限位开关; +BG1——断路器的辅助接点; Y3——合闸励磁线圈。

图7 合闸控制回路图

号为 LTB245E1-1P-50kA, 属于弹簧操作机构, 其 C 相的合闸控制回路图(其他两相类同)如图 7 所示。

从图 7 可以分析得到: 远方对开关 C 相进行合闸操作, 必须满足上面所有动作条件。从开关跳闸时所呈现的故障数据中可以得出防跳继电器、SF<sub>6</sub> 气体监视闭锁继电器、储能限位开关等的监控信号均正常显示; 同时经过仔细的查看, 开关的机构箱机械部分完好且工作正常, 无任何零部件的损伤。因此判断其合闸回路不通是由于“就地/远方控制”转换开关的合闸辅助接点接触不良造成回路断线, 从而使得该开关的 C 相拒动, 由于该线路 1 号保护屏的北京四方保护 CSC-103B 装置在判三相不一致时需要有零负序电流判据(保护的相应控制字和软压板都已投入), 由于空投线路, 存在很微弱的负荷电流, 其零负序的电流亦较小, 不足以达到动作值, 保护装置的非全相保护启动但不满足动作条件, 因此只有告警但无出口, 其动作逻辑与第三种非全相保护类型大体一致; 与此同时, 在开关机构箱处, 机构非全相保护则与第一种保护类型一致, 采用断路器辅助触点组合来实现, 由于非全相保护机构箱中的“三相不一致”投切硬压板投入且无零、负序电流闭锁条件, 因此当同时出现 TWJ 信号和 HWJ 的信号时机构箱将立即开放非全相保护条件, 并经过整定的延时(实际现场整定值为 2.5 s 左右, 此时间定值比保护装置重合闸的时间定值大, 因此不存在两者时间错位的问题)保护动

作从而导致三相跳闸。经过 ABB 厂家更换其转换开关并经过多次试验调试后, 该开关再未出现某相拒动的现象。

## 5 结论

非全相运行会给高压输电网的安全稳定运行带来一定的冲击, 对电力系统的非全相及相应的保护进行了适当的整理、分类和分析, 并对其所应用的场合进行了归纳和总结。与此同时, 针对工作的实际情况, 以一起开关非全相保护动作跳闸的案例对其事故原因进行探析和梳理, 希望所做的工作能够为以后其他此类事故的处理提供一定的参考和借鉴。

## 参考文献

- [1] 邹森元. 《电力系统继电保护及安全自动装置反事故措施要点》条例分析[M]. 北京: 中国电力出版社, 2005.
- [2] 北京四方继保自动化股份有限公司. CSC-103B 数字式超高压线路保护装置说明书. 2009.
- [3] 国家电力调度通信中心. 《国家电网公司十八项电网重大反事故措施》(试行) 继电保护专业重点实施要求. 2005.
- [4] 四川省电力公司. 关于加强断路器三相位置不一致保护运行管理的通知. 2008.

(收稿日期: 2011-03-14)