

# 220 kV 主变开关断口闪络保护设计探讨

汤勇<sup>1</sup>,常胜<sup>2</sup>,赵志华<sup>3</sup>,贺春<sup>3</sup>

(1. 广东珠海发电厂,广东 珠海 519050; 2. 广东省电力设计研究院,广东 广州 510600;

3. 许继日立电气公司,河南 许昌 461000)

**摘要:**介绍了大型发电机变压器组装设开关断口闪络保护的必要性,并通过对珠海发电厂 220 kV 主变开关断口闪络保护的分析,阐述了断口闪络与三相不一致两种故障现象的异同点及开关断口闪络保护原理、动作逻辑的完善。

**关键词:** 开关; 闪络保护; 设计

**中图分类号:** TM77 **文献标识码:** B **文章编号:** 1003-4897(2003)09-0074-04

## 1 引言

在大型发变组并网过程中,断路器断口电压随待发电机与系统等效发电机电动势之间角度差的改变而不断变化,当  $\delta = 180^\circ$  时其值最大,有两倍运行电压作用于断口上,形成断口闪络事故隐患,在发电机刚退出运行时也可能发生此类事故。断口闪络不仅给断路器本身造成损坏,并且还可能引起开关灭弧室绝缘水平降低而诱发接地故障,引起事故扩大,破坏系统的稳定运行。此外,断口闪络一般是在一相或两相上发生,这不仅会对发电机产生有危害的冲击转矩,还会产生负序电流,在转子上引起附加损耗,严重威胁发电机的安全。为迅速排除断口闪络故障,在大机组上装设断口闪络保护(BREAKER FLASHOVER PROTECTION)就变得十分迫切和必要。

开关断口闪络保护作为大型发变组后备保护越来越受到人们的重视,但限于各方面的原因,目前实际应用还有待进一步探讨和总结。我们根据珠海发电厂 220 kV 主变压器开关断口闪络保护装置的设计思路、使用经验去分析其保护原理、动作逻辑等方面存在的不足,并提出具体的改造方案,供同行借鉴。

## 2 220 kV 主变压器开关断口闪络保护设计概述

珠海发电厂装机容量为  $2 \times 700$  MW,整个工程由日本三菱公司总承包,电气部分是由美国雷神(RAYTHEON)公司设计。发电机变压器组为单元接线,主变高压侧装设有 220 kV SF<sub>6</sub> 开关,无发电机出口断路器(GCB)。在主变高压侧装设有 220

kV 开关断口闪络保护。

### 2.1 保护原理

断口闪络保护采用三个型号为 KCGG122(OVERCURRENT RELAY)的电流继电器组成,每相一个,每个继电器都具有高值元件和低值元件。其中继电器的低值元件用于判断该相开关的分合闸状态,高值元件用于判断该相开关是否有电流流过。正常运行时,继电器的各相高值元件通过三个继电器低值元件接点串联闭锁。当一相或两相满足低值元件动作条件而另外一相满足高值元件动作条件时保护动作。即开关在分闸位置时,继电器的低值元件开放闭锁,如此时有任一相继电器的高值元件动作,那么闪络保护将经延时动作。

### 2.2 定值整定

已知参数:主变压器由  $3 \times 270$  MVA 单相变压器组成,额定最大容量  $S_{Nmax} = 810$  MVA;高压侧额定最大电压  $U_{Nmax} = 242$  kV;高压侧 TA 变比  $K = 3000/1$ ,二次额定电流  $I_N$  为 1 A。

a. 高值元件  $I_{0>}$ 、动作时间曲线(CURVE)和延时时间  $t_{0>}/DT$  的整定

$$I_{0>} = (S_{Nmax} \times 1000 \times 10\%) / (1.732 \times U_{Nmax} \times K) = (810 \times 1000 \times 10\%) / (1.732 \times 242 \times 3000) = 0.064 \text{ A}$$
,设定  $I_{0>}$  为  $0.060 I_N$ ;选择定时限(DT)曲线 CURVE 0;延时时间应能够可靠躲过开关操作过程中的三相不同期,以免发生误动,所以设定  $t_{0>}/DT$  为 0.20 s。

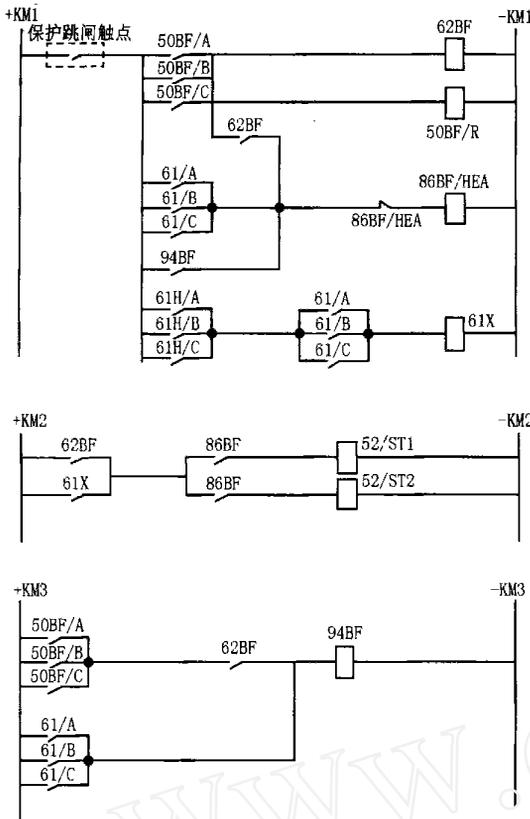
b. 低值元件  $I_{0<}$  和  $t_{Aux2}$  的设定

设定  $I_{0<}$  为继电器最小整定值,即为  $0.005 I_N$ ;延时时间整定为  $t_{Aux2} = 0.00$  s。

### 2.3 动作逻辑

由图 1 原理图及图 2 逻辑图可知闪络保护动作

情况如下:



- 50BF: 开关失灵保护电流检测继电器
- 86BF: 开关失灵保护跳闸继电器
- 62BF: 开关失灵保护延时继电器
- 94BF: 开关失灵保护跳闸继电器
- 50BF/R: 开关失灵保护重跳继电器
- 61: 断口闪络保护电流继电器高值元件
- 61H: 断口闪络保护电流继电器低值元件
- 61X: 断口闪络保护重动继电器
- 74DC: 直流电源检测继电器
- 52ST1/ST2: 操作电源继电器

图1 220 kV 主变开关断口闪络保护原理图  
Fig.1 Schematic diagram of breaker flashover protection for 220 kV main transformer

a. 启动失灵保护出口继电器 86BF、94BF 并跳本台主变开关所在母线上的所有开关。

b. 启动 61X 重动继电器并利用 61X 继电器接点启动 52ST1、52ST2,跳本台主变开关的 110 V 直流操作电源。这也是雷神公司在设计中的特点,可以保证在开关失灵或断口闪络保护动作后禁止再对开关进行任何电气操作,以免对开关造成损坏。

2.4 设计商榷

从上面的介绍中我们了解了雷神 (RAYTHEON) 公司设计的开关断口闪络保护原理

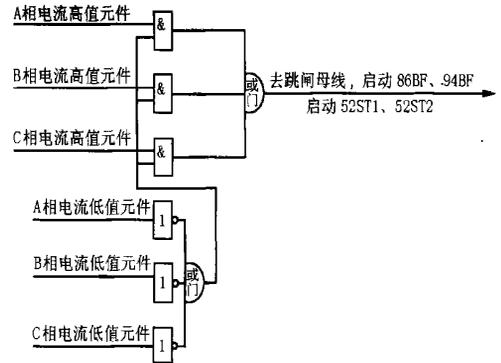


图2 220 kV 主变开关断口闪络保护逻辑图  
Fig.2 Logic diagram of breaker flashover protection for 220 kV main transformer

及动作逻辑,从保护装置实用性的角度出发,应该说这套装置在开关发生闪络时还是能够起到基本保护作用的,但在保护应具备的选择性和可靠性方面,仅仅简单地依靠电流元件来实现保护功能是值得商榷的。

2.4.1 保护原理方面的欠缺

从保护原理上分析,闪络保护无法判断开关真实状态,即不能区分开关是发生断口闪络还是三相不一致。如果由于开关某相偷跳或拒动发生三相不一致时,则至少一相继电器低值元件的输出接点返回,这就使所有继电器的高值元件解除闭锁,那么当一相或两相继电器高值元件动作时,保护也将经过 0.20 s 延时动作。

但是,开关断口闪络保护和三相不一致保护是两种截然不同的故障状态,其区别为:

a. 当开关发生断口闪络时不仅对开关本身造成损坏,而且说明该相开关 SF<sub>6</sub> 灭弧室绝缘水平可能下降,有可能诱发成为单相或两相接地故障,导致事故扩大。并且断口闪络是发生在开关要合或刚分时,仍属于分闸状态。在此种情况下,一方面产生冲击转矩及负序电流作用于发电机上,另一方面由于无发电机出口开关,发电机仍会提供故障能量,严重威胁发电机的安全。

b. 当开关发生三相不一致时会产生非全相负序电流,负序电流在发电机转子中感应出的倍频电流会引起发电机振动,严重时会导致负序电流烧机。通常发电机承受负序电流能力主要是取决于负序电流热效应 ( $I_2^2 t$ ),这也是发电机的一个重要基本参数。

由上可知,开关断口闪络与三相不一致是有区别的,一是产生后果的严重程度不同,比较来讲断口

闪络的后果危害更大。二是两种类型故障发生时,从各相电流上比较二者有相同之处,但实际开关各相分闸位置状态是不同的,断口闪络发生时开关三相是在分闸位置,而三相不一致发生时开关三相合、分闸位置不同,因此我们在保护设计上应区别对待。

2.4.2 动作逻辑方面的疏漏

从动作逻辑上分析主要有以下两点不足之处:

a. 由于发电机变压器组采用的是单元接线,发电机出口无开关,发电机在断口闪络时仍将对故障点提供能量,加剧了故障程度,因此闪络保护动作后发电机应当立即灭磁降低断口电压。

b. 开关失灵保护是作用于跳开母线上的所有开关,为防止保护误动,在保护设计上需经电流检测元件 50BF 闭锁,而闪络保护未经任何其他判断条件直接出口是不合理的,如果在机组正常运行中由于保护继电器本身故障或接线松动等原因导致保护动作,将会造成误跳母线上所有开关的重大事故。

2.5 设计完善

根据对原有闪络保护设计原理及动作逻辑的分析提出如下两种改造方法:

2.5.1 方案一

如图 3 所示,61(A、B 或 C)继电器经 0.20 s 延时动作后,利用开关辅助接点判断是断口闪络还是三相不一致,如是断口闪络则发电机灭磁并启动失灵保护。如是三相不一致则根据《防止电力生产重大事故的二十五项重点要求》继电保护实施细则中 6.9 条要求,在发电机变压器组的断路器出现非全相运行时,首先应采取发电机降出力措施,然后经由快速返回的“负序或零序电流元件”闭锁的“断路器非全相判别元件”,以独立的时间元件以第一时限,

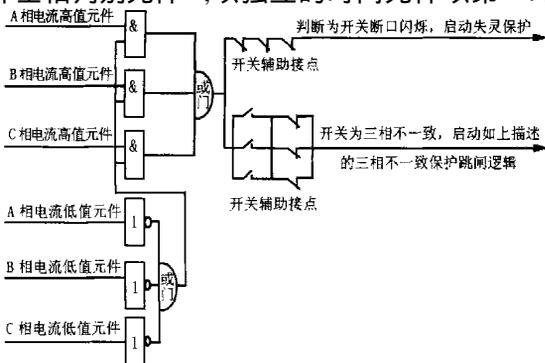


图 3 220 kV 主变开关断口闪络保护逻辑图(方案一)

Fig. 3 Logic diagram of breaker flashover

protection for 220 kV main transformer (Scheme 1)

启动独立的跳闸回路重跳本断路器一次,并发出“断路器三相不一致”的动作信号。若此时断路器的故障仍然存在,可采用以下措施:

1) 以“零序或负序电流”任何一个元件动作、“断路器三相不一致”和“保护动作”三个条件组成的“与逻辑”,通过独立的时间元件以第二时限去解除断路器失灵保护的复合电压闭锁,并发出告警信号。

2) 同时经“零序或负序电流”元件任何一个元件动作以及三个相电流元件任何一个元件的“或逻辑”,与“断路器三相位置不一致”,“保护动作”三个条件组成的“与逻辑”动作后,经由独立的时间元件以第三时限去启动断路器失灵保护并发出“断路器失灵保护起动的信号”。

因为闪络保护及三相不一致保护均采用了启动失灵保护的逻辑,则需分析失灵保护定值、动作逻辑对切除这两种故障的影响。

2.5.1.1 主变开关失灵保护的定值(TA 变比: 3000/1)

电流继电器 50BF:0.4 A;时间继电器 62BF: 0.25 s;

2.5.1.2 主变开关失灵保护的逻辑

当其他保护跳闸接点启动 50BF 时,如 50BF 满足条件动作后利用 50BF - RT 瞬时重跳本开关并启动 62BF,62BF 经 0.25 s 延时启动失灵保护出口继电器 86BF、94BF 并跳所在母线上的所有开关。

因此断口闪络保护及三相不一致保护必须要在失灵保护电流检测继电器 50BF 及时间继电器 62BF 的定值达到时才能出口,这样虽然保证了动作的可靠性,但大大降低了保护灵敏度并且增加了切除故障时间。

2.5.2 方案二

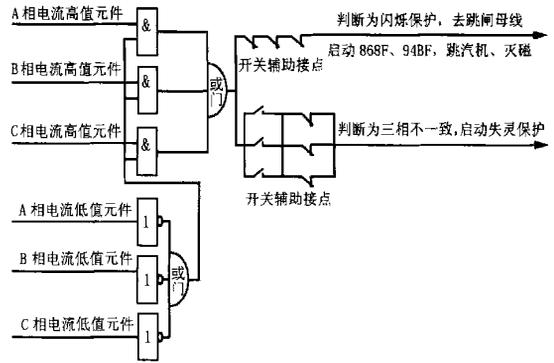


图 4 220 kV 主变开关断口闪络保护逻辑图(方案二)

Fig. 4 Logic diagram of breaker flashover

protection for 220 kV main transformer (Scheme 2)

如图 4 所示,61(A、B 或 C)继电器经 0.20 s 延时动作后,利用开关辅助接点判断是断口闪络还是三相不一致,如是断口闪络则启动失灵保护出口继电器 86BF、94BF 并跳所在母线上的所有开关。同时发电机灭磁,降低断口电压,使之停止闪络。如为三相不一致则启动失灵保护。这种方法虽然降低了保护的可靠性,但在机组正常运行时,开关辅助位置接点可起到闭锁保护出口的作用,保证了保护高灵敏度和快速切除故障的时间。

### 3 小结

综上所述,两种改造方案各有优、缺点,方案一按照国内的有关规定设计,可靠性高,但灵敏度低且切除故障时间长。尤其是实现三相不一致保护不仅要增加判别及时间元件,而且二次接线、定值整定也要进行较大改动,改造比较复杂,不易于实施。方案二更能体现雷神公司整体设计思想,动作逻辑比原

设计更为严谨、合理,与方案一相比虽然可靠性略有不及,但灵敏度高,切除故障时间短。从侧重保证发电设备安全及易于实施改造等方面考虑,方案二对完善保护功能更为适用。

### 参考文献:

- [1] 王维俭. 电气主设备继电保护原理与应用[M]. 北京: 中国电力出版社, 1996.
- [2] 国电调[2002]138号文件.《防止电力生产重大事故的二十五项重点要求》继电保护实施细则[Z].

收稿日期: 2003-02-25; 修回日期: 2003-03-28

### 作者简介:

汤勇(1970-),男,工程师,工学学士,从事电力系统继电保护的运行管理工作;

常胜(1965-),男,高级工程师,工学硕士,从事电力系统继电保护的设计研究工作;

赵志华(1966-),男,高级工程师,从事电力系统继电保护的研究开发与技术管理工作。

### The design and discussion of 220 kV transformer breaker flashover protection

TANG Yong<sup>1</sup>, CHANG Sheng<sup>2</sup>, ZHAO Zhi-hua<sup>3</sup>, HE Chun<sup>3</sup>

(1. Guangdong Zhuhai Power Plant, Zhuhai 519050, China;

2. Guangdong Electric Power Design & Research Institute, Guangzhou 510600, China;

3. Xufi Hitachi Electrical Corporation Ltd., Xuchang 461000, China)

**Abstract:** This paper describes the necessity of providing breaker flashover protection for a large-scale generator-transformer set. Based on analyzing the breaker flashover protection for main transformer installed at Zhuhai power plant, the phenomena of three-phase imbalance and breaker flashover are illustrated. The principle of breaker flashover protection is given and the improvement of operational logic is proposed.

**Key words:** circuit breaker; flashover protection; design

(上接第 73 页) 不便,也非常不利于电网的长期安全运行。其次,作为继电保护专业人员,更重要的是从这次事故中总结经验教训,在以后的类似工作中重点加以防范,必要时,对这些重要保护,除了严格按照规定进行检验外,还要对照设计施工图纸,对二次回路进行认真细致的核对工作,确保回路的正确性,解决那些在短时间或一般情况下不易暴露的问

题,为以后的运行维护打好基础,从根本上杜绝此类事故的发生,切实维护电网的安全稳定运行。

收稿日期: 2002-09-18; 修回日期: 2003-03-20

### 作者简介:

钟成元(1973-),男,助理工程师,从事继电保护安装、调试和运行维护工作。

### Analysis of the accident of # 1 transformer tripping in Yutian 220kV substation

ZHONG Cheng yuan

(Anqing Electric Power Bureau, Anqing 246003, China)

**Abstract:** This paper analyzes the accident of 220kV transformer tripping by incorrect connection. The process of checking and handling with the accident is given. It will benefit for check on delivery of the new substation that will put into operation.

**Key words:** transformer; protection; secondary circuit; accident