

# 500 kV 变电站主变压器中压侧失灵判据缺陷分析及应对策略

李凡红, 肖启繁, 邹瑜, 庄秋月

(国网四川省电力公司检修公司, 四川 成都 610041)

**摘要:** 500 kV 变电站主变压器中压侧失灵判据的目的是为了中压侧开关失灵之后通过主变压器后备保护来跳三侧开关, 隔离中压侧故障点, 避免电网事故的扩大。失灵启动必须满足两条件: 一是保护动作不返回; 二是存在失灵电流。当在特殊区域发生故障时, 若两者配合不好将引起保护的拒动, 故障不能及时切除, 将会影响主变压器设备的安全及电网的稳定。基于此, 以某 500 kV 变电站主变压器保护配置为例来分析其隐患, 并提出相应的对策, 希望对此类工程设计和二次验收提供一定的实用参考价值。

**关键词:** 中压侧失灵判据; TA 配置; 故障假定模拟; 断路器

**Abstract:** The failure criterion in medium-voltage side of main transformer in 500 kV substation are designed to trip three sides through the backup protection of main transformer when the medium-voltage side breaker failed to jump, so as to isolate the fault point in medium-voltage side and avoid the expansion of the accident in power grid. The malfunction start-up must meet the following two conditions: the protection lasting action and failure current. When the failure occurs in a special area, a bad combination of the two factors will cause the protection to refuse to trip, and the fault cannot be removed, which will influence the security of main transformer equipment and the stability of the grid. On this basis, taking the protection configurations of main transformer in a 500 kV substation for example, the hidden dangers are analyzed and the appropriate countermeasures are proposed, which provides some practical references for such engineering design and secondary acceptance.

**Key words:** medium-voltage side failure criterion; configuration of current transformer; fault hypothesis simulation; circuit breaker

中图分类号: TM835 文献标志码: A 文章编号: 1003-6954(2013)05-0069-04

## 0 缺陷描述

该 500 kV 变电站采用自耦变压器来作为能量传输载体, 其三侧分别为: 500 kV 部分为 3/2 接线方式, 220 kV 部分为双母单分段方式, 35 kV 部分为单母接线方式, 如图 1 所示。作为电能汇聚点的 220 kV 部分, 其安全稳定运行将直接决定 500 kV 主结构网架的安全。其三侧保护 TA 配置如图 2 所示, 为简要起见, 省略其刀闸和地刀。

虚框内为主变压器套管 TA, 其余为各侧开关 TA, 其详细配置及用途如表 1 所示。

当主变压器保护或母差保护动作后, 主变压器中压侧开关跳不开, 此时位置③的故障(即开关 TA 与主变压器套管 TA 之间的故障)将不能及时切除,

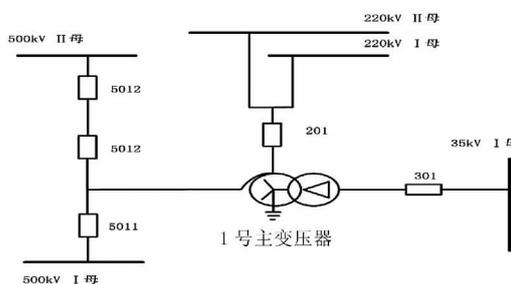


图 1 主变压器三侧主接线简图

只能靠其他的后备保护来延时切除(四川电网主变压器零序后备、复压过流后备保护的时间整定一般在 2~3 s 左右), 这明显会扩大事故范围或严重影响主变压器的性能, 是不允许的。

## 1 缺陷分析

主变压器三侧的保护由高、中、低三侧构成纵差

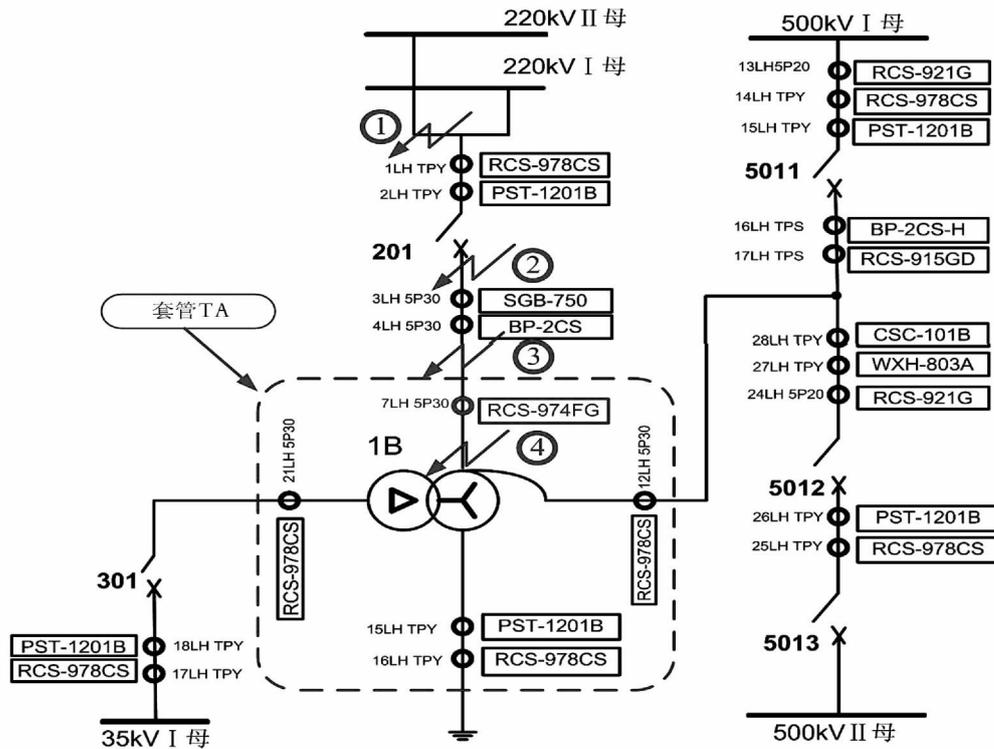


图2 主变压器三侧保护 TA 配置图

表1 各侧保护配置细则表

名称	保护部位	生产厂家	型号
母差保护	220 kV 部分 500 kV 部分	长园深瑞	BP-2CS
		国电南自	SGB-750
		长园深瑞	BP-2CS-H
		南瑞继保	RCS-915GD
主变压器保护	本体三侧	南瑞继保 国电南自	RCS-978CS + RCS-974FG PST-1201B
线路保护	500 kV 部分	北京四方 许继电气	CSC-101B WXH-803A
断路器保护	500 kV 部分	南瑞继保	RCS-921G

表2 失灵保护动作细则

故障位置	是否感知失灵电流	跳令方式	失灵是否动作	是否存在死区
位置①	是	母差保护	是	否
位置②	无故障电流	母差保护、主变压器保护	否	否
位置③	否	主变压器保护	否	是
位置④	是	主变压器保护	是	否

保护,高、中、公共三侧构成分侧差动,两者共同构成其主保护。对于失灵保护而言,500 kV部分由断路器保护来完成,而220 kV部分由RCS-974FG来实现。如图1的各侧TA配置,500 kV部分的失灵启动分别由线路保护、主变压器保护以及母差保护动作的跳令加各自开关TA故障电流来实现,不存在死区;而220 kV部分的失灵启动则是采用中压侧套

管TA电流(7LH)作为RCS-974FG的电流判据,而跳令来自主变压器保护或母差保护。当故障发生在如图1所示各位置时,其失灵动作情况如表2所示(仅考虑220 kV侧开关失灵的单一故障)。

由表2不难分析其设计存在一定的安全隐患如下。

位置①故障:主变压器保护为区外故障,母差保

护为区内故障,此时母差保护瞬动,跳开220 kV部分与主变压器开关侧相连的所有支路;若主变压器侧开关失灵,此时仍有来自500 kV部分及35 kV部分的电流,RCS-974FG可以感受到故障电流,且母差跳令将动作不返回,因此将能启动失灵跳开主变压器高、低压侧开关来隔离故障点。

位置②故障:主变压器保护、母差保护均为区内故障,两者瞬动,跳开三侧开关;即使中压侧开关失灵,故障点处亦将无电流,故障点得以隔离。

位置③故障:主变压器保护为区内故障,母差保护为区外故障,此时主变压器保护瞬动,跳开三侧开关;若主变压器侧开关失灵,此时仍有来自220 kV部分的电流,但RCS-974FG感受不到故障电流,虽主变压器跳令将动作不返回,亦不能启动失灵跳开220 kV部分与主变压器中压侧相连的支路开关来隔离故障点,存在保护死区。

位置④故障:情况与位置③故障相同,唯一的区别在于RCS-974FG能够感受到故障电流,且主变压器跳令将动作不返回,可以启动失灵跳开220 kV部分与主变压器中压侧相连的支路开关来隔离故障点。

综上所述,当存在中压侧开关TA和主变压器套管TA之间的故障时将存在保护死区,此时只能靠后备保护逻辑来延时跳开,这将影响到故障进一步扩大。

## 2 应对策略

由上述分析可以看出:其失灵不能启动的关键因素在于RCS-974FG不能感受到故障电流所致。这里将提出3种应对方案:一是选择主变压器保护TA用的电流作为RCS-974FG电流判据;二是选择母差保护TA用的电流作为RCS-974FG电流判

据;三是采用无需用户整定的失灵保护装置(目前部分厂家已经将其整合在主变压器保护中)。下面主要对两种方案的优劣进行比对。

方案1:模拟故障类型如图1所示,其各点处的保护动作行为如表3所示。

各点失灵保护动作行为正确,可以实现保护的无死区。

方案2:模拟故障类型跟方案1一样,分析发现失灵保护均能正常动作,不存在死区。

方案3:采用无需用户整定的失灵保护装置,目前部分厂家已经将其功能整合在主变压器保护装置中,取消其外部的失灵判别电流,此时失灵电流将不受其各位置的故障影响,只要保证母差保护、主变压器保护能够正确动作且不返回就能够启动相应失灵逻辑。如北京四方CSC-326C主变压器保护装置,其失灵连跳主变压器各侧断路器保护的逻辑如图3所示。结合图3分析出:只要保证其两组失灵开入均正常,就可以保证在主变压器某侧开关失灵后逻辑正确动作并出口。

表3 保护动作行为细则

故障位置	是否感知失灵电流	跳令方式	失灵是否动作	是否存在死区
位置①	是	母差保护	是	否
位置②	无故障电流	母差保护、主变压器保护	否	否
位置③	是	主变压器保护	是	否
位置④	是	主变压器保护	是	否

从3种方案分析比对中可以看出:3种方案均可实现失灵逻辑,但前两种存在一定的风险。对于主变压器、母差保护TA电流而言,其一般情况下均按照在各保护装置处进行电流收口,若串接的保护装置愈多,则中转环节出故障概率将会增加,这会对二次设备的安全稳定运行会构成一定的隐患;而方

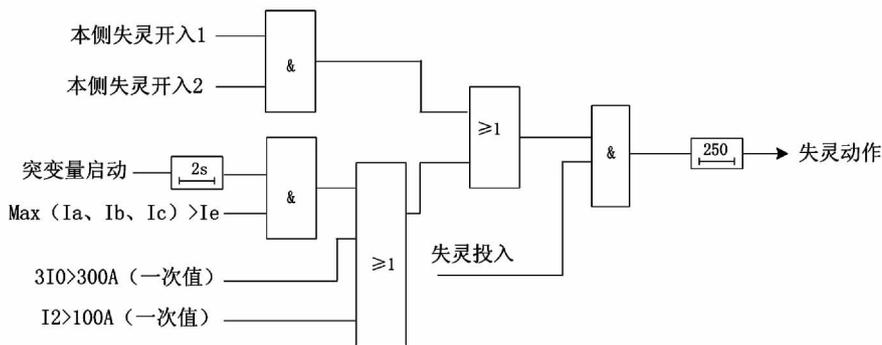


图3 失灵动作逻辑简图

案3避免了直接引入电流的问题,由保护装置自身来判别,可以做到失灵的正确动作,此外,为避免失灵开入的误开入,保护装置特设定双开入来进行信号的正确性预判,有效防止保护装置的误动。

因此,针对不同的现场实际来采取针对性的措施进行防范:对于部分投运站已配置失灵装置(需采外部电流),可以采用方案1或方案2,但必须确保相应二次回路的正确性,避免出现电流开路造成主变压器保护和母差保护误动;对于新建变电站的主变压器保护可采用方案3,其目的在于避免使用各侧套管TA,可以大大简化二次回路且提高二次设备的可靠性。

### 3 结论

就现场中压侧失灵判据存在的安全隐患进行了

(上接第12页)

#### 3.3 结温估算

参数见表1。

表1 TOSA 参数列表

参数名	取值
$a/m$	$0.9e^{-3}$
$b/m$	$0.9e^{-3}$
$U/V$	3.1
$I/A$	$62.8e^{-3}$
$P_{光}/W$	$0.0141e^{-3}$
$b_0/m$	$1.65e^{-3}$
$b_1/m$	$2.2500e^{-04}$
$b_2/m$	$1.2500e^{-04}$
$L/m$	$2.7e^{-3}$
$\lambda_1/(W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1})$	0.299
$\lambda_2/(W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1})$	121
$\lambda_3/(W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1})$	377
$t_3/^\circ C$	100

注:其中 $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ 、 $\lambda_3$ 为查表所得其在100~150℃下的数值。

根据表1参数,利用式(16)计算结温得: $T_A = 123.2760^\circ C$ 。

分析,在此基础上提出了3种处理方案,对其进行优劣比对并结合现场实际进行相应的措施决策,为此类存在隐患的保护提供一种实用的参考。

#### 参考文献

[1] 舒逸石,魏民,马勇. 500 kV 主变压器保护失灵回路分析[J]. 电力系统保护与控制, 2011(2): 134-136.

作者简介:

李凡红(1984),男,硕士、工程师,现从事电力系统继电保护调试方面的工作;

肖启繁(1980),男,工程师,现从事变电运行管理及变电检修管理工作;

邹瑜(1984),男,工程师,现从事变电检修管理工作;

庄秋月(1986),女,硕士,工程师,现从事电力系统变电运行管理工作。

(收稿日期:2013-06-19)

### 4 结束语

通过对傅里叶传热定律的研究和对多层壁传热模型的讨论,得出了一种粗略估算SFP内发光部分芯片结温的方法,对其他需要建立温度模型的工程应用提供了参考。如果要更进一步的温度估算,还需要考虑到物体的肋化,搭建更加复杂的热分析模型。

#### 参考文献

[1] 王晓春. 材料现代分析与测试技术[M]. 北京: 国防工业出版社, 2010: 171-213.

[2] 姜任秋. 热传导、质扩散与动量传递中的瞬态冲击效应[M]. 上海: 科学出版社, 1997: 1-199.

[3] 童钧耕. 热工基础[M]. 北京: 高等教育出版社, 2009: 36-61.

[4] SFF Committee. SFF-8472 Specification for Diagnostic Monitoring Interface for Optical Transceivers[S].

[5] 刘俊俏,苗福生,李星. 二维各向异性功能梯度材料热传导的边界元分析[J]. 西安交通大学学报, 2013, 47(5): 77-81.

(收稿日期:2013-07-03)