

# 主变差动保护误动分析

刘 丹

(启东市供电公司, 江苏 启东 226200)

**摘 要:** 分析某变电站主变差动保护在区外故障时误动的原因, 提出保护装置界面合理布置、加强巡视等建议及防范措施。

**关键词:** 差动; 误动; 防范措施

## 0 引言

差动保护作为变压器的主保护, 在变压器保护配置中占有举足轻重的地位。但由于变压器有载调压、接线方式、流变变比等原因, 正常运行时流入差动保护装置各侧电流相量之和不为零, 即存在稳态不平衡电流。另外, 由于励磁涌流及流变的型号、二次负载等原因, 空投变压器时和外部故障切除后, 流入差动保护装置的各侧电流相量之和也不为零, 即存在暂态不平衡电流。稳态不平衡电流和暂态不平衡电流的存在直接影响了差动保护装置的动作正确性, 因此主变差动保护的误动情况屡见不鲜。本文就某变电站主变差动保护在区外故障时出现的误动情况进行分析, 找出误动原因, 并提出保护装置界面合理布置、加强巡视等建议及防范措施。

## 1 情况概述

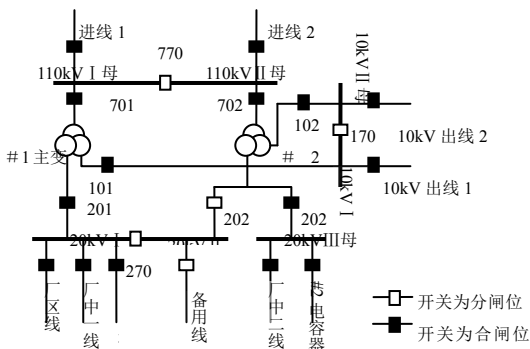


图 1 一次接线 (正常运方) 示意图

某 110kV 用户变电站一次接线情况见图 1, 正常运行行为 110kV 进线 1 供 110kV I 段母线, 110kV 进线 2 供 110kV II 段母线, 分段 770 开关热备用, #1 主变供 20kV I 段、10kV I 段母线, #2 主变供

20kV III 段、10kV II 段母线, 20kV I II 段分段 270 开关、#2 主变 202a 开关冷备用, 10kV 分段 170 开关热备用。由于#1 主变有停电检修工作, 2009 年 11 月 11 日, 该用户站的一次运行方式改为 20kV I、II、III 段母线及 10kV I、II 段母线由#2 主变全供 (见图 2)。15: 19#2 主变差动保护动作, 跳开#2 主变 702、202a、202b、102 开关, 导致该站 20kV、10kV 失电。

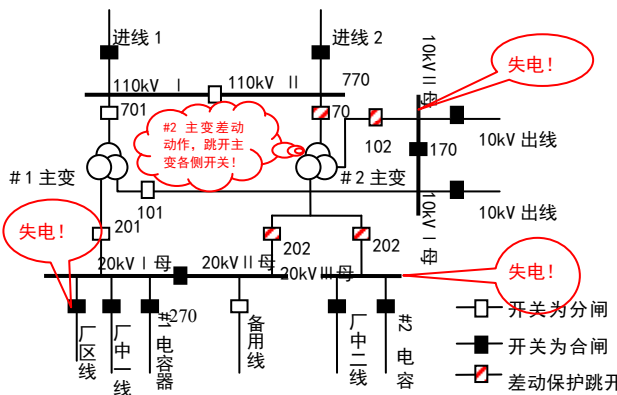


图 2 #1 主变检修时运行方式图

## 2 原因分析









### 2.1 故障分析

#2 主变差动保护动作后, 查看变压器本体、开关及引线等一次设备, 并调阅装置和后台相关动作信息和故障电流值。检查结果为变电站一次设备无故障点, 而保护装置和后台显示, 故障电流和差动动作信息确实存在 (见表 1), 另外调度反映该站 20kV 系统在保护动作前发生间歇性单相接地, 接在 20kV 厂区线上的 20kV 厂区开闭所内间隔有放电起火现象。

## 2.1.1 保护装置故障录波数据

见表 1。

表1 故障电流录波数据

序号	名称	信息及录波图片	说明
1	动作时间		15时15分15秒332ms (相对时间0.008秒), 差动保护动作。
2	差动电流Idc		C相差动电流Idc=15.73A
3	110kV侧A相电流I1a		110kV侧A相电流I1a =-8.2A (一次值: -984A)
4	110kV侧B相电流I1b		110kV侧B相电流I1b =15.1A (一次值: 1812A)
5	110kV侧C相电流I1c		110kV侧C相电流I1c =-7.1A (一次值: -852A)
6	20kV a侧A相电流I2a		20kV a侧A相电流I2a=21.3A (一次值: 10650A)
7	20kV a侧B相电流I2b		20kV a侧B相电流I2b=-21A (一次值: -10500A)
8	20kV a侧C相电流I2c		20kV a侧C相电流I2c=0.7A (一次值: 350A)

## 2.1.2 故障电流模拟计算

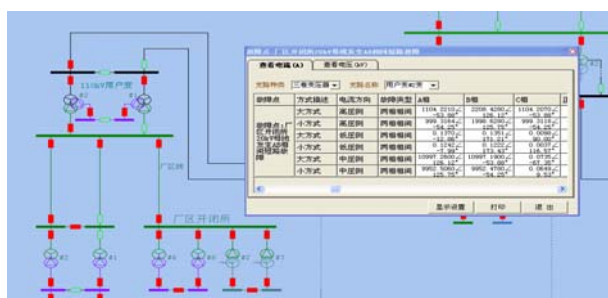


图3 模拟 20kV 厂区开闭所 AB 相间故障时故障电流计算图

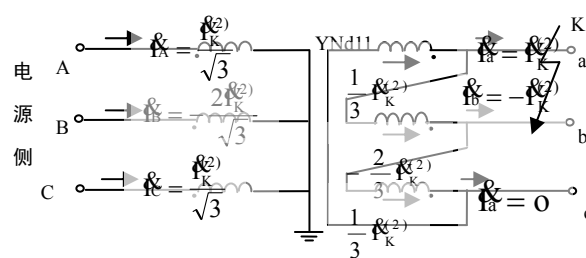


图4 YN, d11 接线组别变压器 d 侧 ab 相短路时各侧电流分布图

由图3、4, 故障电流分析计算可知, 当YN, d11 接线组别变压器d侧发生ab相故障时, Y侧故障电流为: 与d侧两故障相对应的两相中滞后相 (即B相) 的电流最大, 数值上为d侧故障相电流的 $2/\sqrt{3}$ 倍, 其它两相电流大小相等且方向相同, 在数值上为d侧故障相电流的 $1/\sqrt{3}$ 倍, 方向与电流最大的一相相反; d侧故障电流为: ab相故障电流大小相等, 方向相反。

## 2.1.3 20kV 厂区开闭所故障情况

该站#2主变差动保护动作时, 20kV厂区开闭所20kV某间隔里发生放电起火, 在#2主变跳闸后仍足足烧了一个小时, 经分析是由于该开关手车触头接触不良发热引起。(20kV厂区线电流I段停用, 保护全线的电流II段带0.6s延时, 长于差动0s延时, 故20kV厂区线未跳闸。)

## 2.1.4 对主变差动保护动作性质的初步判定

#2主变为YNd, d11接线方式, 结合20kV厂区开闭所故障情况, 从表1和图3数据可看出: 故障时保护装置采样值在数值大小及方向上均与模拟计算结果完全符合, 因此, 初步判断为20kV厂区线AB相间故障 (见图5, 区外故障) 引起#2主变差动保护误动作。

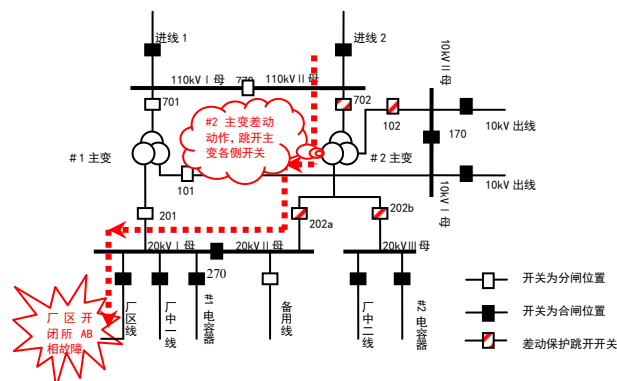


图5 保护动作示意图

## 2.2 差动保护装置误动分析

为查找区外故障, 差动保护装置误动的原因, 现场进行如下检查:

- 1) 检查定值单与现场的定值设置。
- 2) 核对主变各侧CT的变比、极性与准确级。
- 3) 对差动保护装置进行二次升流。

检查结果第1)、2)项均正确,而在升主变202a侧二次电流时,装置差动动作门槛电流与定值有差异。于是联系厂家,在厂家技术人员的指导下,进入装置配置菜单,发现主变20kV a侧接线方式与实际不一致,将Y/△/△/△型错置成Y/Y/△/△型,修改配置后,装置差动动作门槛电流与定值一致。该套差动保护装置为深圳南瑞ISA-387型,差动电流的计算公式(注:相量和)为

- 1) 当置成Y/△/△/△接线方式:

$$ICDa=I_{1ab}+I_{2a}+I_{3a}+I_{4a};$$

$$ICDb=I_{1bc}+I_{2b}+I_{3b}+I_{4b};$$

$$ICDc=I_{1ca}+I_{2c}+I_{3c}+I_{4c};$$

- 2) 当置成Y/Y/△/△接线方式时:

$$ICDa=I_{1ab}+I_{2ab}+I_{3a}+I_{4a};$$

$$ICDb=I_{1bc}+I_{2bc}+I_{3b}+I_{4b};$$

$$ICDc=I_{1ca}+I_{2ca}+I_{3c}+I_{4c}$$

配置错误后,正常运行时,差动保护装置对20kV a侧电流采用了 $I_{2c}-I_{2a}$ (以c相为例)相量差的计算方式,幅值上扩大了 $\sqrt{3}$ 倍,相量上超前了30°,与其它侧电流相位差不再是180°,而是150°,显然会存在差流。在低压侧区外ab两相故障时,C相差流

$$ICDc=I_{ca1}+I_{ca2}+I_{c3}+I_{c4}=I_{c1}-I_{a1}+I_{c2}-I_{a2}+I_{c3}+I_{c4}=(I_{c1}-I_{a1}+I_{c3}+I_{c4}+I_{c2})-I_{a2}=-I_{a2}$$

即C相差流为20kV a侧a相故障电流,Y/Y/△/△接线方式时的20kV侧平衡系数为0.7576,故C相差流为 $ICDc=I_{a2}=21 \times 0.7576=15.9A$ ,与装置录波出的数据一致。

从以上分析可得出:将装置厂家配置文件Y/△/△/△型错置成Y/Y/△/△型是造成这次主变差动保护区外故障的原因。

## 2.3 装置错误配置的原因分析

为查找厂家配置文件中变压器接线组别设置错误的原因,查阅投产试验报告及运行记录。

### 2.3.1 #2主变投产校验报告

见图6。在差动门槛值校验项目中,当根据高压侧差动门槛值换算中压侧差动门槛值时,采用的中压侧平衡系数 $K_{pm}=1.311$ (见校验报告红圈内数据),系按照变压器实际接线组别计算出来的,符合

实际情况(接线方式配置错误后的中压侧平衡系数 $K_{pm}=0.7576$ ),故可证明投产校验时厂家配置文件中变压器接线方式设置是正确的。

图6 #2主变保护投产校验报告(部分)

### 2.3.2 #2主变差动保护带负荷试验报告

#2主变20kV侧带负荷试验报告(见图7),当时20kV a侧带#1电容器、20kV b侧带#2电容器,容量均为6000kvar,反映在保护装置高压侧的二次电流为 $I_a=0.218A$ 、 $I_b=0.219A$ 、 $I_c=0.216A$ ,反映在差动保护装置中压侧的二次电流为 $I_a=0.296A$ 、 $I_b=0.292A$ 、 $I_c=0.296A$ ,差流为0.02A(经计算,若配置文件中接线方式设置错误,差流应为0.2A),这说明在带负荷试验时,厂家配置文件中变压器接线方式设置仍是正确的。

图7 #2主变保护20kV侧带负荷试验报告(部分)

2.3.3 经以上分析,造成配置错误的原因很可能是运行中装置不稳定或人为所致

后查阅,发现,该站#2主变差动保护装置运行中曾发“异常告警”信号,当时厂家服务人员现场处理过此事,并更换过主CPU板(WB722板),CPU芯片未变。与厂家联系后确证:CPU板(CPU芯片未变)更换上电后,装置会初始化,装置的动作逻辑不变,而所有的配置和定值均回到默认值(接线方式的默认值就是Y/Y/△/△)。定值由现场人员根据定值单重新设置并进行核对。因变压器接线方式在配置菜单中,由厂家派到现场的服务人员在装置投运阶段根据现场设备实际接线进行设置,在设定完成后,保护调试人员一般不对配置文件进行修改。

可见,现场厂家在更换CPU板后,未按变压器实际接线对配置文件进行修改,是造成配置错误的原因。

装置正常后,又由于以下原因使错误的设置运行到保护误动:

1) 202a开关正常一直为冷备用,运行人员无法通过差流发现问题。

2) 其他厂家的装置,一些需要用户掌握的参数均设置在定值菜单中,厂家配置则由厂家人员掌握。而该差动保护装置(深圳南瑞 ISA-387G 型),厂家未按常规做法将主变接线方式的设定列入定值菜单,而是列入保护调试人员一般不去触动的配置文件中,且仅放在了配置菜单中,在“查看”菜单中则无此内容。配置文件由厂家人员设定,现场调试人员核对厂家人员配置设定是否正确时,通常是通过“查看”菜单进行核对(因为进入“配置”菜单,则意味着要对配置进行修改,为避免在核对过程中误改配置文件,通常采取进入“查看”菜单进行核对。只有当在“查看”核对过程中发现并确认配置有误时,才会转入“配置”菜单进行修改),厂家说明书对此未作详细介绍及特别提示,且运行中面板上无直观显示(要查阅,只能在配置菜单,输入密码,退出保护,见图8),导致日常运行时中无法巡视到。

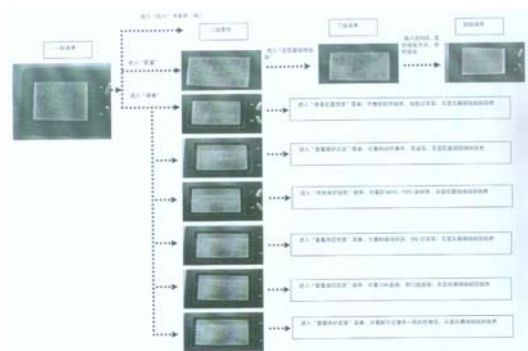


图8 ISA-387G 装置“配置”及“查看”菜单操作示意图

### 3 建议及防范措施

(1) 该保护装置菜单中内容布置不合理,将直接影响到保护装置正确动作的参数,放置在常规由厂家人员掌握的区域中,导致有关专业人员对重要参数不能随时监视掌握,变动后无法及时核对、发现。建议厂家对菜单内容作合理布置,运行巡视界面中应监视到所有运行数据和参数。

(2) 该保护装置说明书过于简单,未提及配置菜单,更未提及变压器接线方式的配置,说明书中内容的缺少导致有关人员对该重要参数的不了解,更无从重视。建议厂家充实说明书内容,将技术原理、使用方法、菜单功能作详细介绍。

(3) 反映出厂家服务人员及现场相关专业人员在现场处理装置异常时对影响保护装置可靠运行的参数不够熟悉。也反映出现场人员与厂家人员之间缺少沟通,现场人员过于依赖于厂家,对服务人员在本次处理后给装置带来的影响未作进一步了解。建议提高相关人员的技术水平,加强与厂家人员沟通,充分熟悉各种保护装置的各种菜单功能。在新设备、新装置投运时,充分了解保护装置的技术和使用说明,放置定值后,与厂家人员确认现场是否另有影响保护正确动作的重要参数,是否需要现场人员掌握,若有,则对装置中的这些特殊项应重点关注,在现场运行规程中重点说明且做到相关人员人人皆知。在处理故障时,不要过分依赖厂家,要变被动为主动,多打疑问,多问为什么。

(4) 充分利用带负荷试验的验证把关作用。对此类关键参数设置不在定值菜单内反映的装置,当装置更换有关部件后,若定值需要重新设定,则除认真核对定值外,还应对有关配置文件的设置,必要时,应申请安排带负荷试验进行验证,试验人员除认真记录并分析试验数据的正确性外,在有条件的情况下,最好再打印或拍摄出装置带负荷试验时的显示数据,为以后分析问题带来更真实、更可信的依据。

(5) 加强保护装置的日常巡视工作,提高巡视质量。对保护装置的巡视不仅仅限于“告警”信息类,要进入菜单,查看装置的采样、运行记录等项。

#### 参考文献:

- [1] 江苏省电力公司.电力系统继电保护原理与实用技术[M].北京:中国电力出版社,2006.
- [2] 深圳南瑞 ISA-300 变电站综合自动化系统技术说明书[Z].

#### 作者简介:

刘 丹(1973—),女,工程师,从事继电保护工作。