

抽水蓄能发变组一次零起升流试验失败原因浅析

蒋洁青，于 辉

(华东宜兴抽水蓄能有限公司，江苏 宜兴 214205)

摘 要：通过机组发变组一次零起升流试验可以检验 500kV 保护用 CT 回路极性以及连接的正确性，本文通过介绍试验过程中发现的异常现象，通过分析、查找故障，找到了试验失败的原因，并根据此次试验失败的教训，针对 500kV 闸刀、地刀操作提出了具体要求。

关键词：零起升流；试验失败；研究分析；操作

1 概述

2008 年 9 月 23 日晚，江苏宜兴抽水蓄能电站为了检查从 4 号发电机中性点到 500kV 地面开关站 I 段短引线各差动 CT 回路极性以及连接的正确性进行了 4 号发变组零起升流试验。其试验方案是 4 号机组启动发电空载方式，合上发电机开关，励磁利用临时交流 400V 电源起励，缓慢调节励磁电流，直到 500kV 桥引线 I 段 CT 的二次侧电流升到 10A。试验开始后，试验人员测得 4 号主变高压侧三相电流不平衡，试验人员进行停机检查。

升流线路如图 1 所示。

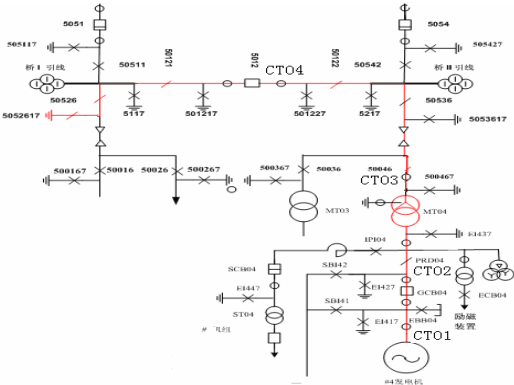


图 1 4 号发变组零起升流一次接线图

升流回路：4 号机开关 GCB04、4 号机换相闸刀 PRD04、4 号主变高压侧 50046 闸刀、2 号电缆线 50536 闸刀、5012 开关桥 II 引线侧 50122 闸刀、500kV 分段 5012 开关、5012 开关桥 I 引线侧 50121 闸刀、1 号电缆线 50526 闸刀、1 号电缆地面侧 5052617 快速地刀均在合位。该条升流回路上所有地刀均在分闸位置并锁上，1 号电缆地面侧 5052617 快速地刀作为升流点。

隔离点：50016、50026、50511、50542、50036、IPI04、SBI41、SBI42 闸刀在分闸位置并锁上。

保护状态：5051、5012、5054 开关失灵保护跳闸回路改信号，5051、5054 开关重合闸停用，4 号发变组保护跳闸回路退出，4 号主变高压侧的 CT 回路接入，500kV 桥 I 引线和桥 II 引线保护跳闸回路退出运行。

2 故障分析查找

2.1 CT 电流测量值

对升流回路录波 CT 电流检查，电流测量数据如表 1。

表 1 升流回路电流测量值

相别	CT01	CT02	CT03	CT04
A 相	24A	23A	7A	7A
B 相	23A	24A	6A	6A
C 相	24A	24A	24A	24A

对表 1 中数据进行分析，机端电流互感器 CT01 和发电机开关靠主变侧电流互感器 CT02 电流测量值 A、B、C 三相电流平衡（忽略误差），主变高压侧电流互感器 CT03 和 5012 开关桥 II 引线侧电流互感器 CT04 电流测量值 A、B、C 三相电流很不平衡；CT01 与 CT02 处电流值相等，CT03 与 CT04 处电流值相等。

2.2 基尔霍夫电流定律分析

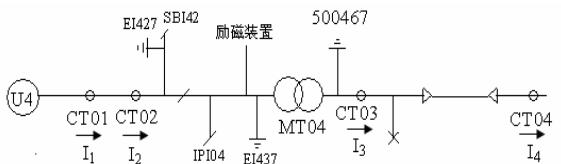


图 2 主回路示意图

基尔霍夫电流定律：任一集总参数电路中的任一节点，在任一瞬间流出该节点的所有电流的代数和恒为零，即 $\sum i=0$ 。主回路示意图见图 2。

根据基尔霍夫电流定律，得出：

$$\sum I_{12}=0 \quad \sum I_{23}=0 \quad \sum I_{34}=0$$

注：I12 是以 CT01 与 CT02 间整体为节点所流出的电流

I23 是以 CT02 与 CT03 间整体为节点所流出的电流

I34 是以 CT03 与 CT04 间整体为节点所流出的电流

取发电机机端出口电流方向为正方向，则由表 1 得出 $I_1=I_2$ 、 $I_3=I_4$ ，即 CT01 与 CT02 之间，CT03 与 CT04 之间没有流出电流，这两段线路排除接地、短路故障。CT02 与 CT03 测得的电流值相差较大 $I_2 \neq I_3$ ，所以判定在 CT02 与 CT03 之间一定存在泄漏电流，即 $\sum I_{23}=I_2+I_3+I_{\text{漏}}=0$ （图 3），CT02 与 CT03 的 A、B 相电流值相差较大，且 CT03 处 A、B 相电流值比 CT02 处 A、B 相电流值明显偏小，即 $I_{2A} \neq I_{3A}$ 、 $I_{2B} \neq I_{3B}$ ，同时 $I_{C2}=I_{C3}$ ，故泄漏电流存在于 A、B 两相，即 $I_{A2}=I_{A3}+I_{A\text{漏}}$ $I_{B2}=I_{B3}+I_{B\text{漏}}$ 。

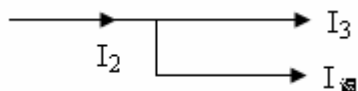


图 3 CT02 与 CT03 间线路等值电路图

另外由表 1 可以得出 $I_{2A}=I_{2B}$ 、 $I_{3A}=I_{3B}$ ，故 CT02 与 CT03 之间一定存在 A、B 两相的相间短路。

2.3 故障排查

1) 检查 CT02 至 CT03 间的各隔离点，未发现异常。

2) 检查 CT02 至 CT03 间地刀状态，发现 4 号主变高压侧 500467 地刀 A、B 两相在合位，C 相在分位。

3) 检查各个 CT 回路及二次回路，未发现异常。

2.4 故障点分析

该厂 500kV GIS 设备采用的是瑞士 ABB 产品，地刀操作机构为 ELK-DH3 型，为单极驱动三极联动操作方式，马达安装在 C 相，通过连接杆驱动 A、B 相联动动作（图 4），C 相驱动机构通过连杆联动 A、B 相，连接部分通过螺杆紧固（图 5），当螺母松动后 A、B、C 相就不再联动动作。

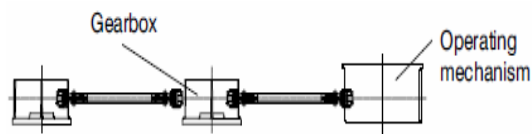


图 4 地刀操作机构及连杆

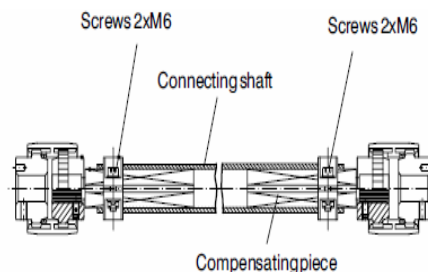


图 5 地刀连杆及连接部分分析细图

我厂 4 号主变高压侧 500467 地刀位置信号取自地刀 C 相，当地刀分开后（C 相在分位，A、B 两相在合位），监控显示地刀为分位，相应的闸刀闭锁也解除，可以顺利合上相应闸刀。

3 解决方法

对于此次发变组零起升流试验失败提出了一些思考和解决方法

(1) 500kV 闸刀、地刀如在观察孔无法用肉眼无法观察到闸刀、地刀本体位置的情况下，在操作完毕后，除了观察现地位置指示和监控状态外，必须使用内窥镜检查闸刀、地刀三相实际位置，确保不发生误操作事故，并将所有现地位置指示的检查步骤写入运行操作票中，用内窥镜检查 500kV 闸刀、地刀三相实际位置的操作步骤也必须写入运行操作票中；

(2) 在操作 500kV 闸刀、地刀前，现地运行人员必须检查相应连杆连接是否紧固，操作时应注意观察相应连杆是否联动；

(3) 在 500kV 闸刀、地刀三相均装设位置开关，将相应位置接点串入控制回路和监控回路。

作者简介：

蒋洁青（1982-），女，江苏宜兴人，助理工程师，从事抽水蓄能电站电气一次检修工作；

于 辉（1981-），男，江苏海安人，工程师，从事抽水蓄能电站安全生产管理工作。