

# 一个大容量变压器复电失败案例分析及应对措施

侯杰

广东红海湾发电有限公司 广东 汕尾 516623

**【摘要】**广东某发电有限公司#4主变压器2017年修后复电失败。电气专业技术人员查阅专业资料,进行分析,确认复电失败原因为励磁涌流,变压器剩磁过大。特制定限制大容量变压器剩磁过大的措施,该措施经历其后3年7次主变检修后复电验证,效果良好。本文对消除励磁涌流,限制大容量变压器剩磁过大,保证大容量变压器复电成功有较强的参考意义。

**【关键词】**变压器;复电;励磁涌流;剩磁

## 引言

2017年07月10日广东某发电有限公司#4主变完成检修,开展复电工作。复电瞬间,现场发现主变高压侧升高座区域有大量火花闪过后立即消失,500kV GIS 5033断路器合闸后自动跳闸,复电失败。电气专业人员结合保护录波情况,判断为失败原因为“励磁涌流”,其后查阅资料分析励磁涌流产生的原因,并对试验步骤及标准的进行优化,应对措施经历其后3年的7次主变检修中验证,通过现场复电现象、录波波动对比,确认措施可行,效果明显,以此分享,共同勉励。

## 1 主变压器参数及外观结构

广东某发电有限公司升压站为500kV GIS结构,采用的是3/2接线模式,#4主变修复复电范围见图1云曲线标注范围。

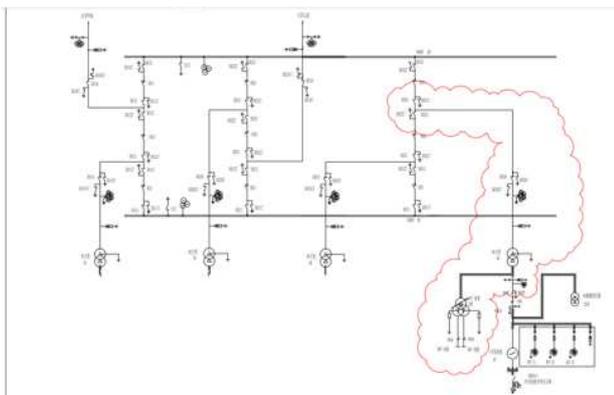


图1 #4主变复电范围

#4主变是国内某电气股份有限公司产品,型号为

作者简介:侯杰(1981—),男,河北秦皇岛人,工学学士,工程硕士。电气高级工程师/电机检修工技师,电话:13560550968。

SFP-780000/500TH,电压组合 $525 \pm 2 \times 2.5\%$  /22 kV,高压侧额定分接头对应的额定电流:839.9 A,低压侧额定分接头对应的额定电流:20470 A,联结组别号YNd11,冷却方式为强迫油循环导向风冷,采用手动无励磁调压,总重量:469.5 t。

## 2 复电经过

复电前测量结果为:主变高压侧测绝缘500 M $\Omega$ ,厂高变低压侧A侧测绝缘18.2 M $\Omega$ ,B侧测绝缘23.7 M $\Omega$ 。

合上500kV#4主变5033开关,5033开关合闸后即跳开。NCS系统报“5033开关A相事故跳闸”“5033开关B相事故跳闸”“5033开关C相事故跳闸”;CRT光字牌报“#4主变保护动作跳闸”;电子间4号机发变组保护屏报“主变高压侧方向过流”保护动作。

就地目视到主变高压侧C相CT及升高座区域、高压侧箱沿周边区域有较大火花出现,出现瞬间后即消失。

就地检查#4主变本体无明显异常无焦味,检查500kV GIS 5033开关无明显异常,油压正常,气压正常,开关位置就地显示与汇控柜显示一致,处于分闸状态。

## 3 过程核查

### 3.1 检修及试验过程核查

对主变高压套管及引线、低压侧封闭母线及引线、厂高变高压套管及引线、低压套管及引线、低压封母、主变压器本体进行检查,未见异常。

对主变高压侧C相CT及升高座区域重点检查,未见异常,判断该区域出现的火花是由于充电瞬间涡流导致。

查阅试验记录,根据电力设备预防性试验规程相关内容,判断套管介损无异常。判断绕组介损无异常,判

断直流电阻无异常, 直流泄漏电流试验合格。已按作业文件完成 #4 主变消磁工作, 见图 2。



图 2 #4 主变消磁试验记录

### 3.2 继电保护波形核查

查阅发变组故障录波波形 (如图 3 所示), 发现主变高压侧电流瞬时值最大达到 3704 A, B、C 相电流波形严重畸变。

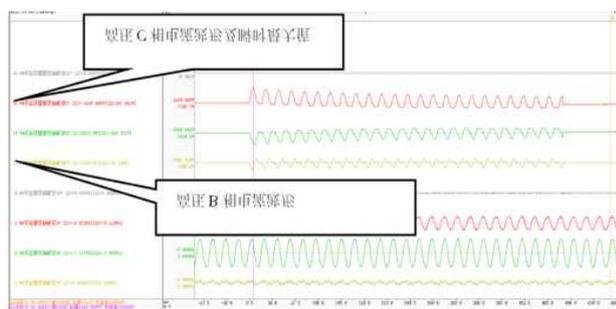


图 3 发变组故障录波波形

### 3.3 分析、研究及判断

检修符合程序, 就地无故障痕迹, 可以确认检修过程无问题, 试验数据合格, 可以判断复电前变压器各项参数合格。发变组故障录波波形显示 B、C 相电流波形严重畸变, 含有数值很大的高次谐波分量, 波形为尖顶波, 开始瞬间电流的数值很大, 衰减很快, 以后逐渐减慢, 符合励磁涌流的基本特征, 初步判断 #4 主变复电失败原因为: 主变空载充电时产生的励磁涌流导致 #4 主变差动保护动作。

从过程核查可以清晰地看到, 变压器复电前各项试验数据正常, 并有按要求开展消磁工作。但在变压器空载充电时仍出现了较大励磁涌流, 可见变压器复电前其内部剩磁仍然非常严重。

剩磁大小由原磁场强度大小和被磁化的物质性质有关。不同的被磁化物质放到相同的环境中, 最终得到的剩磁大小是不同的。电力变压器绕组直流电阻测试后, 会在铁芯中残留剩磁。一般说来, 直流磁化的安匝数愈

大, 剩磁愈严重。

### 3.3 变压器消磁的本质

测量直流电阻时已经对铁芯充磁做好饱和, 通过加反向测量电流, 反向充磁, 或单次充至饱和, 或不断正反变化充电, 直至达到某个点, 即完成消磁工作。

### 3.4 试验过程细节确认

电气试验人员在做 #4 主变直流电阻试验时, 为缩短试验时间, 选择较大的电流开展直流电阻试验, 高压侧试验直流选择 20 A, 低压侧试验直流选择 50 A。

直流电阻测试仪使用说明则明确标注: 建议测试变压器高压绕组时选择 10 A 以下电流进行测试。

### 3.5 判断

结合剩磁和消磁的原理分析判断为: #4 主变消磁试验后, 剩磁仍然非常严重的根本原因为电气试验人员选择大电流导致安匝数过大, 消磁仪器虽然完成消磁工作, 但消磁效果不理想, 致使剩磁仍足以引起较大励磁涌流, 导致 #4 主变复电失败。

## 4 处理措施

后续对 #4 主变补充开展消磁后, 成功完成复电工作。

根据本次经验和教训, 作者制定后续应对措施, 修订检修作业及本公司“电气一次检修规程”如下:

- 1) 主变直流电阻试验电流要求: 高压不高于 5 A, 低压不高于 20 A。
- 2) 高低压侧直阻试验完毕后, 需调换极性对变压器绕组再进行一次充电 (电流为测试电流的 1/10), 充电时间与测试直流电阻时间一致。
- 3) 使用消磁仪器开展补充消磁试验一次。

## 5 应用证明

自 2017 年 #4 主变复电失败后, 其后 3 年时间里, 共开展主变检修 7 次, 其中 6 次严格按照“防止主变剩磁应对措施”开展, 1 次采用助磁法开展直流电阻测试结合消磁仪消磁, 查阅充电波形, 得到试验总结见表 4。

表 4 主变复电情况总结表

序号	复电时间	复电主变	冲电电流	就地观察	复电结果
1	2018.01.17	#3 主变	未记录	无异常	成功
2	2018.04.17	#1 主变	1424 A	无异常	成功
3	2018.11.19	#1 主变	3311 A	打火	成功
4	2019.12.16	#4 主变	1188 A	无异常	成功
5	2019.10.12	#3 主变	1893 A	无异常	成功
6	2020.04.20	#2 主变	2254 A	无异常	成功
7	2020.03.16	#1 主变	2254 A	无异常	成功

除 2018 年 11 月 19 日 #1 主变检修未严格“防止主变剩磁应对措施”外, 其余 6 次均有严格执行应对措施, 从表 4 可以看出严格执行“防止主变剩磁应对措施”的

6次主变检修,明显可大幅度降低主变复电冲击电流。达到了降低剩磁的目的,减少了励磁涌流,保证了大型变压器成功可靠复电。

## 6 结束语

针对大型变压器剩磁和充电时的励磁涌流问题,正确做好防范措施,规范检修和试验工序有重要意义。本案例的过程分析及应对措施,对同类问题分析判断及处理具有参考指导意义。

## 【参考文献】

- [1] 钱春年,侯建明,樊蕾.变压器试验剩磁的产生及消磁方法研究[J].电力系统设备,2017,12:146-147.
- [2] 卢宁,王洋.关于变压器试验后剩磁的消除问题探析[J].数字通信世界,2015.06:189.
- [3] 张国旗,邓维,蒋和平.大容量变压器试验剩磁的产生原理及消磁措施[J].通讯世界,2014,12:97-98.
- [4] 梁汉城,陈向胜,苏全.降低大型变压器剩磁的方法和相关测试[J].电世界,2013,6:38-39.
- [5] 中华人民共和国电力工业部.电力设备预防性试验规程(DL/T596-1996).北京:中国电力出版社出版,2010.09:77.