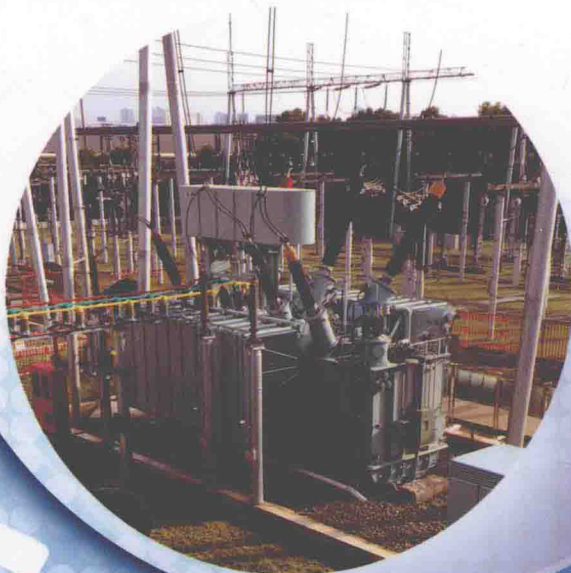


电气设备故障试验诊断 **攻略**

变压器附件

丛书主编 包玉树
本册主编 陈志勇

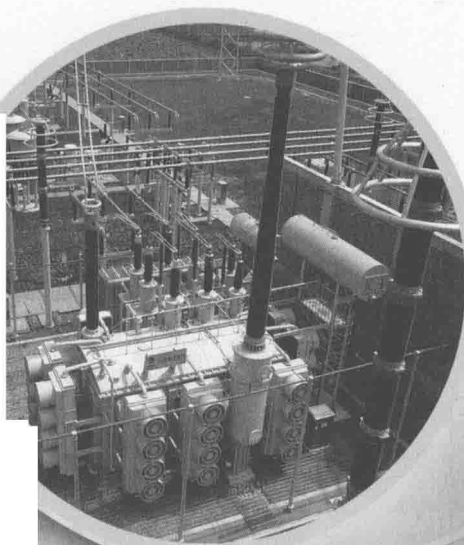


中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

电气设备故障试验诊断 攻略

变压器附件

丛书主编 包玉树
本册主编 陈志勇



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

为加强对电气设备的检查维护及故障诊断力度,确保电气设备安全稳定运行,特编写《电气设备故障试验诊断攻略》丛书。本丛书以生动的案例介绍、真实的场景再现,将基于电气试验的设备故障诊断案例加以剖析。

本书是《变压器附件》分册,共六章,分别为无励磁分接开关、有载分接开关、套管、散热装置、储油柜、非电量保护装置。

本书可供电力系统从事电气设备试验的工程技术人员使用,也可作为高等院校相关专业师生的学习参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

电气设备故障试验诊断攻略. 变压器附件 / 陈志勇主编. —北京: 中国电力出版社, 2018. 6
ISBN 978-7-5198-1875-3

I. ①电… II. ①陈… III. ①电气设备—故障诊断②变压器故障—故障诊断 IV. ① TM07
② TM407

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 059253 号

出版发行: 中国电力出版社
地 址: 北京市东城区北京站西街 19 号 (邮政编码 100005)
网 址: <http://www.cepp.sgcc.com.cn>
责任编辑: 吴 冰 (010-63412356)
责任校对: 太兴华
装帧设计: 郝晓燕 赵姗姗
责任印制: 邹树群

印 刷: 北京雁林吉兆印刷有限公司
版 次: 2018 年 6 月第一版
印 次: 2018 年 6 月北京第一次印刷
开 本: 787 毫米 × 1092 毫米 16 开本
印 张: 8 插页 1
字 数: 172 千字
印 数: 0001—1500 册
定 价: 56.00 元



版权专有 侵权必究

本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换

《电气设备故障试验诊断攻略》丛书编委会 审定委员会

主 任 黄志高

副主任 陈 晟 卞康麟

委 员 (按姓氏笔画排序)

马生坤 王丽峰 水为涟 吉 宏 许焕清 杜 森
李 杰 李瑶红 吴 俊 张红光 祝和明 徐建军
翟学锋

编写委员会

丛书主编 包玉树

丛书参编 (按姓氏笔画排序)

马生坤 马君鹏 王成亮 王伟津 王庆胜 王丽峰
王泽仁 王建刚 卞康麟 甘 强 叶加星 付 慧
司增彦 朱孟周 刘 洋 孙和泰 杜 森 杨小平
杨世海 杨景刚 李夕强 李 军 李瑶红 吴 俊
吴 剑 张兴沛 陈华桂 陈志勇 陈 杰 陈明光
范 忠 周 源 孟 嘉 赵 胤 胡永建 钟子娟
钟永和 祝和明 秦嘉喜 贾勇勇 徐敏锐 殷 峰
高 山 高 嵩 黄亚龙 黄 芬 黄 磊 衡思坤
王如山 李 勇 孙景奕

本册编写人员

主 编 陈志勇

参 编 李海南 朱叶叶 张晓佳 王 宁 雷红才 周志成
陶风波 周 鹏 陕华平 黄国栋 潘晓明 周 阳
徐 俊 高 琦 黄海飞 高 扬 刘 洋 周 飞

前 言



目前,国家电网公司立足自主创新,大力发展特高压和智能电网并取得了重大突破,实现了“中国创造”和“中国引领”,电力事业日新月异,蓬勃向前。国网江苏省电力公司的广大员工随潮而动,逐梦而飞。在此背景下,经过近四年的筹划、组织、立项、编撰、审核、修改,《电气设备故障试验诊断攻略》丛书与读者见面了。

本套丛书按照一次设备的种类分别成册,内容涵盖设备结构、针对性试验、典型故障、诊断攻略等方面,重点放在具有可操作性的故障诊断上。丛书中所列故障案例,既有作者的亲身经历,也有收集借鉴的他山之石,经过筛选、加工一一呈现在读者面前,期望这套丛书能给读者带去不一样的收获。本套丛书各分册内容安排主要以故障描述、缺陷排查、综合分析、诊断攻略的形式呈现,另外对专业领域的试验与诊断新技术做了前瞻性叙述。

《变压器附件》分册共分六章,分别为无励磁分接开关、有载分接开关、套管、散热装置、储油柜和非电量保护装置,从其基本结构原理和试验情况入手,阐述了变压器附件故障分析的理论基础,在此基础上,分析各附件不同类型故障起因及预防措施。之后,从大量故障案例出发,详细介绍不同的故障分析、处理方法,并介绍了目前最新型的故障监测技术,为在实际工作熟练运用现有的技术手段,全面监测附件运行状态以及及时发现缺陷和故障隐患提供参考。

在内容编撰过程中,得到了 MR China、合肥 ABB 变压器有限公司、上海华明电力设备制造有限公司、贵州长征电气有限公司、沈阳天工电力科技有限公司、沈阳海为电力设备有限公司、北京诺德威电力技术开发有限责任公司、南通世睿电力科技有限公司等变压器附件生产厂家的大力支持,提供了大量珍贵资料,同时参考引用了一些研究成果和试验数据,谨在此向其表示衷心的感谢。

在本套丛书的编写过程中,得到了国网江苏省电力公司领导的大力支持,书中参考了其他省市电力公司的事故案例,引用了一些研究成果及试验数据,在此对相关单位的领导和专家表示衷心的感谢。

本套丛书可供电力系统从事电气设备试验的工程技术人员使用,也可作为高等院校相关专业师生的学习参考资料。

由于各分册作者均为在职电力系统专家,利用工作之余的时间编写,时间仓促,书中仍有疏漏与不足之处,敬请读者批评指正。

编 者

2017年11月

目 录



前言

第一章 无励磁分接开关	1
第一节 无励磁分接开关概述	1
第二节 无励磁分接开关常见故障及处理	5
第三节 无励磁分接开关典型故障案例	7
第四节 无励磁分接开关故障诊断攻略	11
第二章 有载分接开关	13
第一节 有载分接开关概述	13
第二节 有载分接开关常见故障及处理	28
第三节 有载分接开关故障案例	30
第四节 有载分接开关故障诊断攻略	47
第三章 套管	51
第一节 套管概述	51
第二节 套管常见故障及处理	59
第三节 套管故障案例	59
第四节 套管故障诊断攻略	81
第四章 散热装置	88
第一节 散热装置概述	88
第二节 散热装置常见故障及处理	92
第三节 散热装置故障案例	94
第四节 散热装置故障诊断攻略	99
第五章 储油柜	100
第一节 储油柜概述	100
第二节 储油柜常见故障及处理	103
第三节 储油柜故障案例	105
第四节 储油柜故障诊断攻略	109
第六章 非电量保护装置	114
第一节 气体继电器	114

第二节	压力释放阀	115
第三节	测温装置	116
第四节	非电量保护装置常见故障及处理	117
第五节	非电量保护装置故障案例	118
第六节	非电量保护装置故障诊断攻略	121

参考文献	122
-------------------	-----

第一章

无励磁分接开关

第一节 无励磁分接开关概述

为了保证变压器供电的稳定性，便于控制电力潮流或负载电流，各级变压器均需要装设电压调整装置。目前最常用的方法是有级调整电压法，即在变压器某一侧线圈上设置接至分接开关的分接线匝，通过切除或增加一部分线匝，改变线圈匝数，从而改变电压比。

变压器的分接开关一般可分为无励磁分接开关和有载分接开关。无励磁分接开关是用于变压器在无励磁状态下进行分接变换的装置，它是通过变换变压器绕组的分接头，来改变变压器的电压比，达到电压调整的目的。

一、无励磁分接开关的分类和标识代号

(1) 按结构方式分类。共分五类，其结构方式的标志代号见表 1-1。

表 1-1 无励磁分接开关结构方式分类

结构方式	盘形	鼓形	条形	笼形	筒形（管形）
结构特征	分接端子分布在一个圆形盘上。立式布置	分接引线柱沿圆周方向均布，并置于绝缘筒内	分接端子分布在一条直线上	分接端子分布在笼式绝缘杆上	在笼形开关上引进了绝缘筒和纯滚动触头
代号	P	G	T	L	C

(2) 按相数分类。分为三相（代号 S）、单相（代号 D）和特殊设计的两相（代号 L）；三个单相无励磁开关组合可由一个操动机构进行机械联动。

(3) 按调压方式分类。分为线性调（Y 接或 D 接）、正反调（Y 接或 D 接）、单桥跨接（中部）、双桥跨接、Y-D 接转换、串并联转换等。

(4) 按操动方式分类。分为手动操作（无标识）和电动操作（代号 D）两类。电动操作按其电动机与无励磁开关连接方式分为复合式（头部电动）和分开式（箱壁安装）。

(5) 按触头结构分类。分为夹片式（代号 A）、滚动的式（代号 B）和楔形式（代号 C）。

(6) 按安装结构分类。分为立式（L）和卧式（W）。

(7) 按安装方式分类。分为箱顶式和钟罩式。

(8) 按调压部位分类。分为中性点调压、中部调压和线端调压三类。调压方式和调

压部位的标志代号见表 1-2。

表 1-2 无励磁分接开关调压方式和调压部位的标志代号

调压方式 结构方式	线性调	中性点调压	正反调	中部调单桥跨接	双桥跨接
盘形无励磁开关	I	Ⅲ	—	Ⅱ	—
条形无励磁开关	—	Ⅲ	—	Ⅱ	—
鼓形无励磁开关	I	—	Ⅵ	Ⅱ	Ⅲ
笼形无励磁开关	Ⅳ	—	Ⅱ	Ⅴ	Ⅶ
筒形无励磁开关	I	—	Ⅵ	Ⅱ	Ⅲ

二、无励磁分接开关的型号标识含义

无励磁分接开关的型号标识含义如图 1-1 所示。

三、无励磁分接开关的结构原理

1. 常用无励磁开关的接线方式

无励磁开关基本接线方式，按线圈抽出分接方式不同，可分为线性调压接线（Y 接或 Δ 接）、单桥跨接调压接线（中部）、双桥跨接接线、正反调压接线（Y 接或 Δ 接）4 种，如图 1-2 所示。

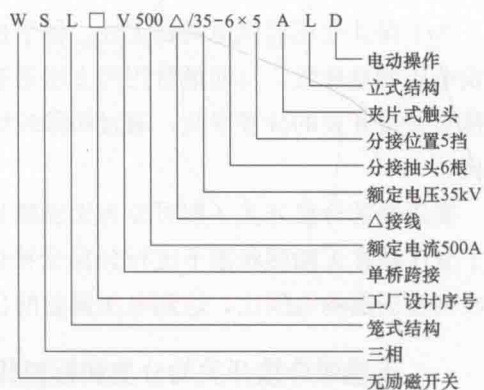


图 1-1 常用无励磁分接开关的型号标识含义

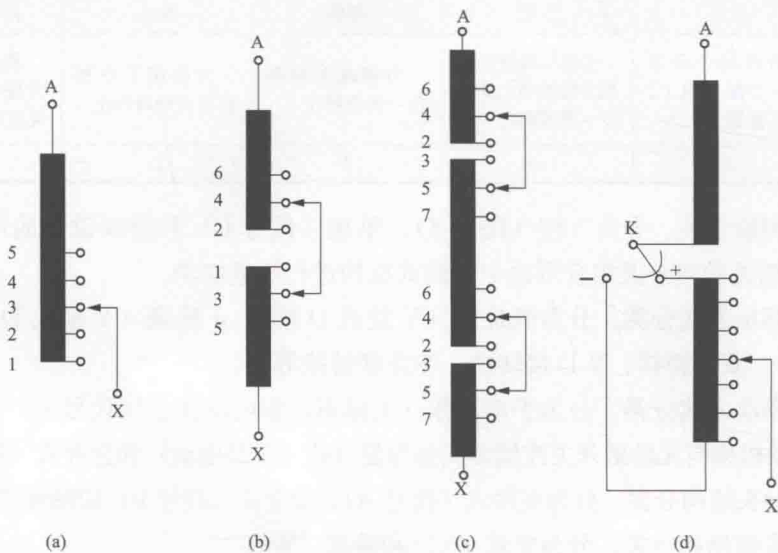


图 1-2 无励磁开关基本接线图

(a) 线性调压接线；(b) 单桥跨接调压接线；(c) 双桥跨接接线；(d) 正反调压接线

图 1-2 (a) 为线性调压接线, 特点为基本绕组加上线性调压绕组, 调压范围一般为 10%, 通常用于电压为 35kV 及以下配电变压器或电力变压器。图 1-2 (b) 为单桥跨接调压接线, 实质是中部调压电路, 也是无励磁调压常用的调压方式, 主要适用 35~110kV 连续绕组。图 1-2 (c) 为双桥跨接接线, 实质是中部并联调压方式, 适用于 66kV 及以上中部出线的大型和特大型变压器。图 1-2 (d) 为正反调压接线, 正反调为基本绕组加上可正接或反接的调压绕组, 在相同的调压绕组上, 调压范围增加了一倍, 或在相同的调压范围内, 可减少调压绕组抽头数目, 一般适用于电力变压器或配电变压器的无励磁调压。

2. 盘形无励磁开关结构原理

(1) 盘形无励磁开关在安装结构上为立式设置。尽管它的结构型式较多, 但结构原理都大同小异。它由接触系统、绝缘系统和操动机构三部分组成, 静触头安装在圆盘形绝缘件上, 动触头在圆盘的中心旋转以改变分接位置, 按其触头结构有滚动式和夹片式两种, 如图 1-3 所示。

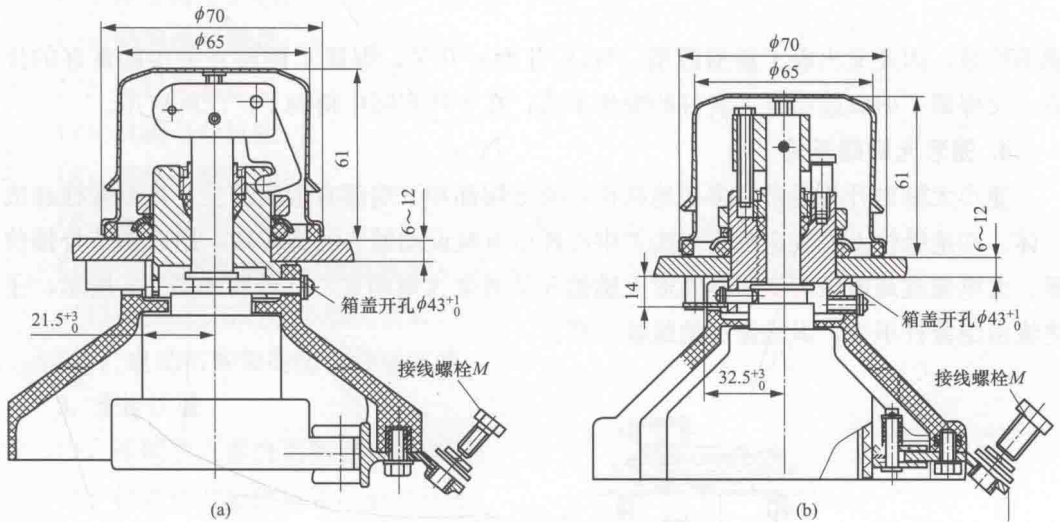


图 1-3 盘形无励磁开关触头结构图

(a) 滚动式; (b) 夹片式

(2) 盘形无励磁开关按其调压方式分为中性点调压、中部调压、线端调压 3 种, 按相数又分为三相和单相两种, 主要供 10~35kV 配电变压器选用。

3. 鼓(楔)形无励磁开关结构原理

鼓(楔)形无励磁开关静触头为多柱触头式, 如图 1-4 所示。动触头嵌入两相邻静触头之间, 并跨接该两分接头。鼓形无励磁开关动触头为鼓形, 弹簧为平面螺旋状盘形弹簧; 楔形无励磁开关动触头为楔形, 弹簧为圆柱形弹簧。

楔形无励磁开关是鼓形的改进版, 可以克服螺旋状盘形弹簧由于制造工艺等问题造成的接触不良发热故障, 但改进的同时带来的是自行定位功能较差, 操作是否到位的手

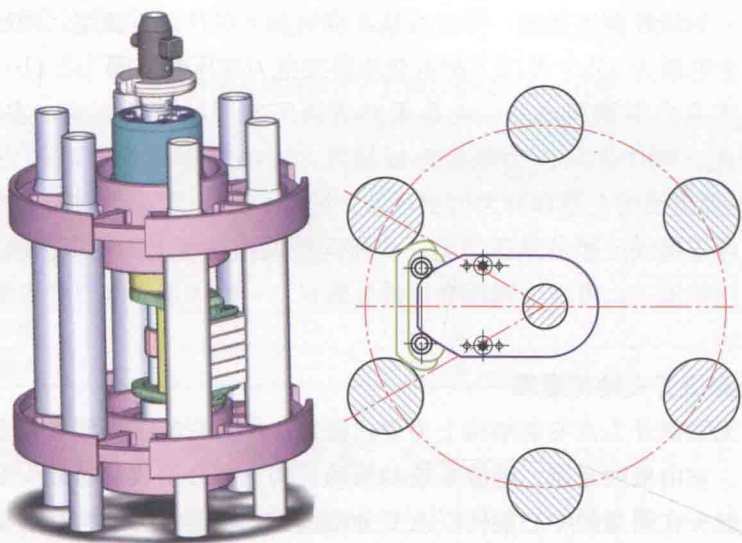


图 1-4 鼓（楔）形无励磁开关静触头结构原理图

感不明显，因此又出现了新型鼓型（WDG II 型）开关，保证了楔形开关接触良好的优点，又保留了旧版鼓型开关良好的操作手感，在生产实际中得到了广泛的应用。

4. 笼形无励磁开关

笼形无励磁开关通常有多根绝缘柱，其上端部和下端部有金属法兰，将绝缘柱连成一体。在绝缘柱上安装定触头，法兰中心部位有装设动触头的旋转轴，用以调节分接位置。大电流或高电压的变压器笼形无励磁开关通常为单相式，其结构如图 1-5 所示，主绝缘由绝缘杆承受，纵绝缘由绝缘油承受。

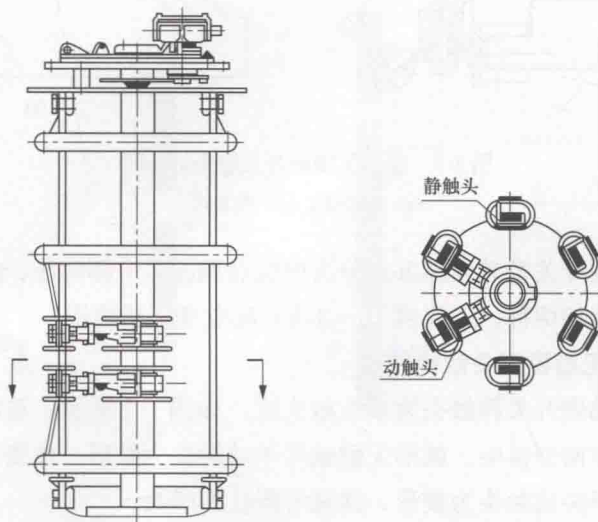


图 1-5 笼形无励磁开关结构原理图

四、无励磁分接开关的试验简介

1. 出厂试验

- (1) 触头接触压力测量；
- (2) 触头接触电阻测量；
- (3) 转动力矩的测量；
- (4) 绝缘工频耐压试验（电动机构辅助线路绝缘试验）；
- (5) 密封试验；
- (6) 电动机构的机械试验。

2. 型式试验

- (1) 触头接触压力测量；
- (2) 触头接触电阻测量；
- (3) 转动力矩的测量；
- (4) 绝缘耐压试验；
- (5) 局部放电测量；
- (6) 密封试验；
- (7) 机械寿命试验；
- (8) 短路电流试验；
- (9) 触头温升试验；
- (10) 电动机构的机械负载试验；
- (11) 电动机构的超越端位试验；
- (12) 电动机构箱的防护等级试验。

3. 交接试验

- (1) 连同变压器绕组测量直流电阻；
- (2) 检查所有分接位置的电压比；
- (3) 无励磁分接开关的电动操动机构或手动机构闭锁试验（保证变压器带电不能进行分接变换；分接变换中变压器不能送电）。

4. 例行试验

- (1) 周期：110（66）kV 及以上基准周期为 3 年，35kV 及以下基准周期为 4 年。
- (2) 项目：连同变压器绕组测量直流电阻。

第二节 无励磁分接开关常见故障及处理

一、触头接触不良导致发热，变压器油色谱分析指标超标

- (1) 故障原因：

- 1) 动触头不到位;
- 2) 触头接触压力不够;
- 3) 部分触头接触面有缺陷;
- 4) 开关接触面烧损。

(2) 处理方法。连同变压器绕组一起做直流电阻,其运行挡位的直流电阻明显升高,若另调整一个挡位再做直流电阻,若直流电阻仍然偏高,可初步判断确为无励磁开关触头过热,必要时进行吊芯检查。

二、变压器箱盖上无励磁开关密封渗漏油

(1) 故障原因:箱盖与无励磁开关法兰盘之间静密封圈失效或转轴与法兰盘或座套之间动密封圈失效。

(2) 处理方法:用扳手轻轻紧固无励磁开关法兰盘螺栓或轴套的压紧螺母,检查螺栓紧固程度;若螺栓已紧固,则需将变压器油位放至箱盖以下,更换密封圈。

三、操动机构失灵,不能实现分接变换

(1) 故障原因:

- 1) 操作杆转轴与法兰盘或座套之间卡涩;
- 2) 无励磁开关触头弹簧失效,动触头卡涩。

(2) 处理方法:

1) 操作杆转轴与法兰盘或座套之间卡涩,调整操作杆转轴与法兰盘或座套之间密封环塞子;

2) 无励磁开关触头弹簧失效,动触头卡涩,则要将变压器进行吊罩,对无励磁开关进行检修或更换。

四、档位变动,电阻值不变

(1) 故障原因:操作杆断裂。

(2) 处理方法:更换操作杆。

五、变压器直流电阻不稳定或增大

(1) 故障原因:

- 1) 分接引线与无励磁开关连接的螺栓松动;
- 2) 触头接触压力降低,弹簧退火;
- 3) 长期不运行的触头表面有油膜或氧化膜。

(2) 处理方法:

1) 分接引线与无励磁开关连接的螺栓松动,检查紧固分接引线与无励磁开关连接的螺栓;

- 2) 触头接触压力降低, 弹簧退火, 更换触头弹簧;
- 3) 长期不运行的触头表面有油膜或氧化膜, 操作 3~5 个循环后再测试。

六、变比不符合规律

(1) 故障原因:

- 1) 分接位置连接有误;
- 2) 分接引线接错。

(2) 处理方法:

- 1) 操动机构和分接开关的连接有误, 重新连接并校验;
- 2) 分接引线接错, 配合直流电阻试验确认, 重新连接分接引线。

第三节 无励磁分接开关典型故障案例

案例一 500kV 主变压器无励磁分接开关支架机械强度不足引起主变压器跳闸

一、故障情况

某日 20 时 10 分, 某变电站内 500kV 电压等级主变压器在小修结束后, 在 220kV 侧对主变压器进行充电时, 当充电进行了仅仅几秒钟后, 变压器轻瓦斯保护、重瓦斯保护和差动保护同时动作, 变压器开关跳闸, 压力释放阀动作喷油, 大约 68ms 后故障被切除。该台变压器为型号是 ODFPS-250000/500 的进口变压器, 1993 年生产, 到事故时运行年限 7 年。

二、故障诊断

对该台主变压器进行事后解体查看发现, 无励磁分接开关已经严重断裂、变形, 部分分接头和均压环断裂, 分接开关支架完全断裂, 调压线圈引出线绝缘损坏, 线圈上部 1、2 段严重变形, 中压线圈最内部一层绝缘破裂。

综合试验结果和解体查看分析可知, 造成此次事故的直接原因是无励磁分接开关支架的机械强度不足, 而变压器的冲击试验又对其产生了作用力, 可能造成一定的损坏, 因此在给变压器充电进入运行状态后, 无励磁开关发生散架的情况, 直接导致了接地短路事故, 从而引起主变压器跳闸的严重后果。

案例二 220kV 主变压器无励磁分接开关调档不到位导致主变压器跳闸

一、故障情况

某日 10 时 03 分, 某 220kV 变电站内轻瓦斯保护先后动作 3 次, 未引起重视并将重

瓦斯保护改至信号位置。运行 1h 后，变压器差动保护动作跳闸，防爆桶喷油。该台主变压器为国内某变压器厂生产的型号为 SFP-80000/220 的电力变压器，当年刚经改造后投入运行。

二、故障诊断

经试验，B 相的直流电阻很大，读不出数据，判断可能存在断股，其他相和抵押线圈直流电阻测试数据正常。对该台变压器进行解体查看（如图 1-6 所示），发现 B 相绕组的高压线圈已严重变形，绕组上下分接线圈全部烧损，B 相无励磁分接开关烧损严重，动静触头基本烧光。

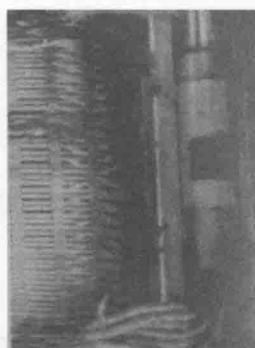


图 1-6 变压器解体查看结果

经分析，该台变压器主要事故原因是，变压器投运前进行分接调整后，外部操动机构分接指示不正确，硬性调到指示位置后，未在投运前进行直流电阻测试，造成分接位置不正确，从而发展形成分接区“大匝”短路，重瓦斯保护投信号，待故障形成达到差动保护动作值时，变压器跳闸，事故进一步扩大。

案例三 110kV 主变压器 35kV 无励磁分接开关触头故障

一、故障情况

某 110kV 变电站 1 号主变压器发生重瓦斯动作、差动保护动作，主变压器三侧断路器跳闸。故障后立即进行油色谱分析，油色谱分析报告显示除 CO、CO₂ 外，油中溶解气体各组分均显著增加，初步诊断该变压器内部故障不涉及固体绝缘。1 号主变压器故障前后油气相色谱分析结果如表 1-3 所示。表中气相色谱分析数据各气体组分对比年度周期性测试结果均有不同程度的增加，主要特征气体是 H₂ 和 C₂H₂，三比值原则 (C₂H₂/C₂H₄、CH₄/H₂、C₂H₄/C₂H₆) 编码为 102，H₂ 产气量超出 150μL/L，C₂H₂ 产气量超出 5μL/L，总烃产气量超出 150μL/L，可以诊断为变压器底部存在电弧放电兼过热故障。

表 1-3 1 号主变压器油气相色谱分析结果 (μL/L)

日期	H ₂	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₂ H ₄	C ₂ H ₂	C ₁ +C ₂	CO	CO ₂	备注
3月7日	1055	2039	495	607	00	3141	81025	90471	年检底部
9月5日	101	212	479	521	00	313	814	908	年检底部
12月30日	481	360	82	190	868	1501	7250	5110	器身中部
12月30日	215	873	116	931	2019	3939	6990	4700	器身底部

二、故障诊断

变压器停运置检修后，进行直流电阻测量，试验数据如表 1-4 所示，数据显示高压

绕组与低压绕组的直流电阻均平衡合格，而在中压绕组 1、2、3 档的直流电阻最大不平衡率均远远超过 2% 的标准值，同时在中压绕组 5 档 B 相无法测量。

表 1-4 主变压器故障后高压测直流电阻测量结果 (mΩ)

测量绕组	分接位置	测量值			最大不平衡率 (%)
		R_{AO}	R_{BO}	R_{CO}	
HV		R_{AO}	R_{BO}	R_{CO}	
	1	295.8	294.2	295.8	0.51
	5	272.0	272.0	273.3	0.59
	9	246.3	246.8	247.6	0.53
	13	269.3	270.4	271.5	0.74
	17	293.4	294.4	295.5	0.68
MV		R_{AmO}	R_{BmO}	R_{CmO}	
	1	39.56	37.42	39.98	5.54
	2	38.49	36.73	37.47	4.69
	3	35.86	35.86	38.19	7.7
	4	34.93	34.63	35.17	1.56
	5	33.33	无	33.21	
LV		R_{ab}	R_{bc}	R_{ca}	0.85
		3.958	3.946	3.980	

查询变压器历史纪录，投运时中压无载开关处于 4 档位置，某年由于系统要求改调至 5 档运行，中压绕组 1、2、3 档不平衡率严重超标，初步判断变压器中压侧 1、2、3 档可能长时期处于非使用档位，动静触头氧化，造成接触电阻过大，以致测量数据超标；初步怀疑中压绕组 B 相无载开关因接触不可靠，致使导电部位接触不良，接触电阻增大，产生局部过热，造成触头烧损。

为了进一步确定变压器故障原因及故障点位置，对该故障主变压器进行吊罩检查，吊罩后检查所有引线连接均未松动，绕组表面无放电痕迹，铁心和夹件也无异常；B 相中压无载分接开关选择器动静触头接触位置有电弧放电烧损痕迹，见图 1-7。



图 1-7 动静触头接触位置烧损痕迹

三、预防措施

对于负荷电流较大的变压器，由于无载分接开关接触不良，会使其触头表面腐蚀、氧化，或触头之间的接触压力下降，使接触电阻增大，而形成变压器的过热性故障，严重时会造成设备损毁。因此无励磁分接开关档位变换后应进行电气试验，测量线圈各分接位置的直流电阻，合格后才能将其投入运行。在运行中加强变压器油色谱测试管理，及时发现缺陷，及时消除隐患。

案例四 110kV 主变压器 35kV 无励磁分接开关动、静触头烧蚀故障

一、故障情况

某日,在对某 110kV 变电站内 1 号主变压器进行停电试验时,发现 110kV 套管 B 相电容量超标,联系厂家将 B 相套管更换。套管更换过程中,对主变压器放油、补油约 200kg。主变压器于 7 月 14 日投入运行,且按预试规程要求对主变压器及时进行绝缘油色谱跟踪分析。在对 1 号主变压器进行变压器油色谱跟踪过程中,发现油中氢气和总烃含量较以往有明显的增加,数据异常。

故障变压器自 2005 年 1 月投运以来,未发生过外部短路故障,没有遭受到大电流冲击,也未在过负荷条件下运行,35kV 侧无载调压开关未进行过换档操作,一直在定档运行。

二、故障诊断

相关人员对变压器油色谱数据进行了分析并做出综合判断:

(1) 通过对油色谱数据分析,其中 C_2H_4 为主要故障组分,并增长迅速,初步判断变压器内部存在高温果然故障,并有加速发展的趋势。

(2) 现场监测变压器铁心接地电流为 43mA 小于规程允许的 100mA,因此不存在铁心多点接地引起过热的现象。

(3) 根据测试结果,将故障点回路接触不良作为重点判断考虑对象,对 110、35kV 套管进行红外测温,均正常;变压器内部导电回路可动部分有:①110kV 有载调压开关;②35kV 无载调压开关触头;③35、10kV 绕组引出线与导电杆连接点测量。

9 月 8 日晚将变压器油放出,进入变压器本体对 35kV 调压开关进行检查发现 A、B、C 三相动、静触头有不同程度的烧伤现象。

设备停电后,进行 110kV 侧直流电阻测试,结果正常,对 35kV 额定档(3 档)进行直阻测试时,三相不平衡度达到 50%,在其他档位测试时,结果正常,经过综合判断,故障点在 35kV 调压开关处,见表 1-5。

表 1-5 直 流 电 阻

档位	$R_{Am0}(m\Omega)$	$R_{Bm0}(m\Omega)$	$R_{Cm0}(m\Omega)$	不平衡系数
1	33.54	33.86	33.92	1.13
2	32.46	32.71	32.90	1.35
3	31.48	32.11	31.19	2.91
4	32.61	32.88	33.05	1.34

9 月 9 日检修人员将调压开关烧损的动、静触头拆除,现场分析认为该调压开关触指烧伤的原因如下: