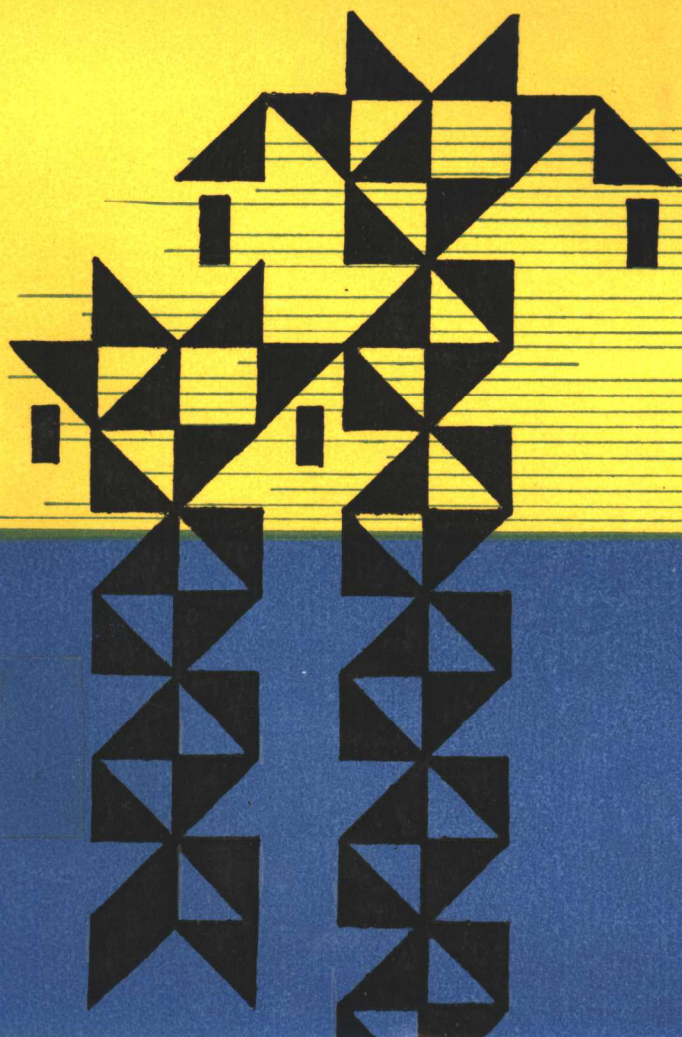


DIAN JI JI QI YUN XING YU JIAN XIU

电机及其运行与检修

(第三册)

保定电力学校 罗慰擎 主编
成都水力发电学校 谈代秀 主审



中国水利水电出版社

电机及其运行与检修

第 三 册

保定电力学校 罗慰擎 主编

成都水力发电学校 谈代秀 主审

中国水利水电出版社

内 容 提 要

本书包括三部分,分为三册。第一册为基础部分,讲述变压器、同步电机、异步电机、直流电机的基本结构、工作原理、工作特性和基本实验方法;第二册为运行部分,讲述变压器、同步电机、异步电机、直流电机的正常运行和非正常运行分析方法,以及运行状态的监视、调整、维护和事故处理方法;第三册为检修部分,讲述变压器、同步电机、异步电机的常见故障、检查处理方法、检修工艺和预防性试验。

本书为电力工业学校发电厂及变电站电气运行与检修专业、发电厂及电力系统运行专业、发电厂及变电站电气设备安装与检修专业及其它电气类专业的教材,也可作为电力中专、技校及各类培训班相关专业的教材,还可供电气工程技术人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

电机及其运行与检修 第三册/罗慰擎主编. —北京:中国水利水电出版社, 1997

ISBN 7-80124-567-9

I. 电… II. 罗… III. ①电机-运行②电机-检修 IV. TM30

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (97) 第 22467 号

书 名	电机及其运行与检修 (第三册)
作 者	保定电力学校 罗慰擎 主编
出版、发行	中国水利水电出版社 (北京市三里河路 6 号 100044)
经 售	全国各地新华书店
排 版	北京金剑照排厂
印 刷	北京市地矿局印刷厂印刷
规 格	787×1092 毫米 16 开本 7 印张 159 千字
版 次	1998 年 3 月第一版 1998 年 4 月北京第一次印刷
印 数	0001—7000 册
定 价	12.00 元

出版说明

南方职业技术教育学会与中国水利水电出版社联合,在全国电力职业技术教育界选聘、组织了一批专家,依据最新审定的电力工业学校教学计划和教学大纲,编审了一套职业技术教材,包括:《电工工艺》、《电器检修与试验》、《发变电站一次系统》、《高压电气绝缘及测试》、《电工测量技术》、《电机及其运行与检修》(第一册,基础部分)、《电机及其运行与检修》(第二册,运行部分)、《电机及其运行与检修》(第三册,检修部分)等,并出版发行。

这套教材针对职业技术学校(含电力工业学校、中专、技校)培养操作型、应用型技术人才的要求和电气类专业特点,突破传统职教教材模式,采用模块组合结构,融讲授、实验、实习内容于一体;结合实际,深入浅出,语言简炼,通俗易懂,便于读者自学和操作训练;同时,编审者着意在教材中融入了当今国内、外有关的先进技术,以利于教育面向现代化。

这套教材可供电力工业学校、中专、技校电气类专业使用,也可供其他职业技术学校电气类专业选用,还可作为电气类专业检修、运行、试验岗位在职职工的培训用书,并供从事电气类专业的技术人员和教学人员参考。

在这套教材的编审过程中,得到电力部职业技术教育研究中心教材建设研究室,有关省、市电力局以及编审者所在单位的积极支持,在此表示衷心的感谢!

读者对这套教材有何意见和要求,请与“邮编 661000,云南开远市南方职业技术教育学会”函件联系。

中国水利水电出版社
南方职业技术教育学会

1997年6月

前 言

本书编写的依据是电力工业学校电气类专业教学计划和教学大纲。电力工业学校是在深化电力中专、技校改革过程中创建的具有电力工业特色的，融合电力中专、技校特长的新型电力职业技术学校。创建电力工业学校是涉及教育结构、教学模式、教学内容、教学方法诸方面的综合性改革。科学地建立新的教学体系尤其是课程体系，是显示电力工业学校优越性的重要举措。本书正是为适应这种需要而编写的。

为了适应多个专业、多种年制的需要，使教学内容得以合理配置和衔接，并便于调整专业方向，本书采用了模块结构。全书包括三个部分，分三册出版。第一册为基础部分，第二册为运行部分，第三册为检修部分。主要适用于发电厂及变电站电气运行与检修专业、发电厂及电力系统运行专业、发电厂及变电站电气设备安装与检修专业以及其它电气类专业。各专业或同一专业的不同年制，可根据实际需要对模块进行叠加组合或对内容作适当取舍。此外还可供电力中专、技校以及各类培训班的相关专业选用。

根据电力工业学校课程体系改革的原则，本书贯穿了以“能力本位”为主导的构建思路，以职业岗位对能力结构的要求作为界定内容的依据。在内容配置上，注意严加精选，删繁就简，知识量以满足职业综合能力的需要为度，简化了某些论证和推导；在知识结构上，注重阐明物理概念、基本原理、基本定律和应用方法，以培养学生分析、解决实际问题的能力；在叙述方法上，不仅注意知识点之间的接口，而且更注意理论同实践的结合，便于在教学过程中贯穿能力培养这一主线，采用以实训为轴心的把讲授、实验、实习融于一体的教学方式。

全书由保定电力学校罗慰擎高级讲师主编并编写第一册全部和第二册的同步电机运行篇，哈尔滨电力学校王佳钦高级讲师编写第二册的变压器运行篇、异步电机运行篇及直流电机运行篇，保定电力学校刘景峰高级讲师编写第三册全部；全书由成都水力发电学校谈代秀教授级高级讲师主审，其中大连电力工业学校刘洪汉高级讲师审阅第一册，云南省滇南发电总厂甘志文高级工程师审阅第二册、第三册；由云南电力技术学校王川波高级讲师负责编审、出版的具体策划。

在编审过程中，得到电力部职业技术教育研究中心、全国电气类专业教学研究会、南方职业技术教育学会以及主编、参编、主审、参审所在单位和其它有关单位的大力支持和帮助，在此谨致谢意。

采取这种教材结构形式，是课程和教材改革的初次尝试，不妥之处，恳望读者提出宝贵意见。

编 者

1997年9月

目 录

出版说明

前 言

第一篇 变压器的检修

第一章 变压器的拆装	1
第一节 变压器的拆卸	1
第二节 变压器的组装	3
小结	5
习题	5
技能练习题	5
第二章 变压器的检修	6
第一节 变压器的大修和小修项目	6
第二节 变压器的常见故障现象、原因及处理方法	7
第三节 变压器的不吊心检修	9
第四节 变压器的吊心检修	11
第五节 其它部件的检修	14
第六节 变压器的干燥	19
第七节 变压器油的处理	22
小结	25
习题	25
技能练习题	26

第二篇 同步电机的检修

第三章 同步发电机的拆装	27
第一节 同步发电机的拆卸	27
第二节 同步发电机的组装	30
小结	31
习题	32
技能练习题	32
第四章 同步发电机的检修	33
第一节 同步发电机的大修和小修项目	33
第二节 同步发电机常见故障现象、原因及处理方法	35
第三节 空冷同步发电机定子的检修	36
第四节 空冷同步发电机转子的检修	43
第五节 空冷同步发电机辅助装置的检修	50

第六节 氢冷和水冷发电机的检修	53
第七节 同步发电机的干燥	57
小结	60
习题	60
技能练习题	61
第五章 同步发电机的试验	62
第一节 轴电压测量	62
第二节 定、转子间气隙的测定	63
小结	64
习题	64
技能练习题	64

第三篇 异步电机的检修

第六章 异步电动机的拆装	65
第一节 异步电动机的拆卸	65
第二节 异步电动机的组装	69
小结	70
习题	70
技能练习题	71
第七章 异步电动机的检修	72
第一节 异步电动机的常见故障原因及处理方法	72
第二节 异步电动机的定期检修	74
第三节 异步电动机定子绕组的故障检修	75
第四节 笼型转子绕组的故障检修	80
第五节 异步电动机的干燥	82
小结	84
习题	84
技能练习题	85
第八章 异步电动机定子绕组重绕	86
第一节 原始数据记录	86
第二节 定子绕组的拆除	88
第三节 定子绕组的线圈绕制和嵌线	89
第四节 定子绕组的极性测定及空载试验	101
第五节 定子绕组的绝缘浸渍及烘干	103
小结	105
习题	106
技能练习题	106

第一篇 变压器的检修

在变压器的运行过程中，由于受到发热、电磁振动、化学腐蚀、电腐蚀等影响，以及遭受过载、短路、接地等故障的危害，都可能引起变压器某些部件的结构、性能变坏，致使变压器不能安全可靠地运行。因此，必须对变压器进行临时或定期检修，将那些不符合技术要求的部件修复或更换，使部件恢复原来的完好状态，从而保证变压器能长期、安全、可靠地工作。

本篇主要介绍变压器的拆装、故障检修方法及质量标准。

第一章 变压器的拆装

当变压器内部发生故障或进行大修时，必须将其拆开，对故障部件进行检修，修复后再把变压器的部件组装起来，经过检验合格后，才能重新投入运行。

第一节 变压器的拆卸

一、拆卸前的准备工作

在拆卸变压器之前，应作好充分的准备工作，以保证检修的顺利进行。准备工作大致有以下几个方面。

1. 收集变压器的各种缺陷项目

- (1) 查阅运行记录，了解变压器运行中已经暴露出来的缺陷和异常情况。
- (2) 查阅上次大修记录，了解变压器在上次大修时遗留的技术缺陷。
- (3) 查阅试验记录（包括油的化验和色谱分析），了解变压器的绝缘状况。
- (4) 检查渗漏油部位并作出标记。

根据收集到的缺陷项目，到现场一一进行核对，确定缺陷在当前的状态和严重程度，列出设备缺陷一览表，并制订缺陷的消除对策。

2. 确定变压器检修中的特殊项目

在检修中，可能对变压器的某些部件作程度不同的改进工作或消除某些特殊的重大缺陷等，都要事先经过技术人员研究确定，并列出特殊项目。

3. 制订检修技术、组织措施

其主要内容包括：

- (1) 人员组织及分工。

- (2) 检修项目及进度表。
- (3) 特殊项目的施工方案。
- (4) 确保检修安全、质量的技术措施和现场防火措施。
- (5) 主要检修工具、设备明细表，主要材料明细表。
- (6) 绘制必要的施工图。

4. 检修工具、器材的准备

在检修变压器前应准备的工具和器材包括：

(1) 起重工具，如大、小吊车等。应事先校对起重设备的起吊能力与变压器器身重量是否相适应。

(2) 对于户外安装的变压器需要运到检修间去检修时，应根据运输方式准备运输工具，如地锚卷扬机、铁路交叉口接头等。

(3) 准备好真空泵、齿轮泵、滤油机等滤油设备。

(4) 油罐和补充油的准备。对于变压器油，如需调换新油时，则必须准备好足够数量的新油，并过滤到符合技术标准；如不需调换新油，也必须准备一部分补充用油。

(5) 备品备件、常用工具材料及特殊材料的准备。

(6) 专用工具的准备。

二、变压器的拆卸

变压器的拆卸就是将整个变压器解体。

1. 拆卸步骤

(1) 办理工作票；设备停电后，拆除变压器的高、低压套管连接引线；断开风扇、温度计、气体继电器等附件的电源线，并用胶布把线头包扎好，做好记号；拆开氮气管；拆掉变压器接地线及变压器轮下垫铁，在变压器轨道上做好定位标记，以便检修后变压器就位。

(2) 将油罐、滤油设备均安排就绪，放出变压器油、清洗油箱。放油时应预先检查好油管，以防跑油。

(3) 拆卸套管、储油柜、防爆管、冷却器、气体继电器、净油器、温度计等附件。拆卸 60 kV 以上电压等级的充油套管时，引线须用专用的细尼龙绳慢慢系下去。拆下的套管须垂直稳妥地放置在套管架上。

(4) 拆卸无励磁分接开关操作杆或有载分接开关顶盖及有关部件。

(5) 对于采用桶式油箱的中小型变压器，拆卸油箱顶盖与箱壳之间的连接螺栓，将器身吊出油箱（即吊心），如图 1-1 所示。但在吊出器身之前，应拆除心部与顶盖之间的连接物。对于采用钟罩式油箱的大型变压器，拆卸中腰法兰的连接螺栓，吊起钟罩，器身便全部暴露在空气中，如图 1-2 所示。

2. 拆卸注意事项及安全措施

(1) 拆卸的螺栓等零件应清洗干净，妥善保管。

(2) 拆卸套管时应注意不要碰坏瓷套。对拆下的套管、油位计、温度计等易损部件要妥善保管，做好防潮措施。

(3) 冷却器、防爆管、净油器及储油柜等部件拆下后，应用盖板密封，以防雨水浸入

变压器内。

(4) 拆卸无励磁分接开关操作杆时，应记录分接开关的位置，并作好标记；拆卸有载分接开关时，分接头应置于中间位置（或按制造厂的规定执行）。

(5) 吊心（或吊罩）一般宜在室内进行，以保持器身的清洁。如在露天场所，应选在无尘土、灰烟、水汽及其它污染的晴天进行。器身在空气中暴露的时间不应超过以下规定：

- 1) 空气相对湿度不大于 65% 时为 16 h；
- 2) 空气相对湿度不大于 75% 时为 12 h；
- 3) 器身暴露时间是从变压器放油时起至开始注油时为止。

器身温度应不低于周围环境温度，否则应用真空滤油机循环热油，将变压器加热，使器身温度高于环境温度 5℃ 以上。只有在这样的情况下才能进行吊心（或吊罩），以免器身受潮。

(6) 起吊之前，必须详细检查钢丝绳的强度和吊环、U 型挂环的可靠性。起吊时，钢丝绳的夹角不应大于 60°，否则应采用专用吊具或调整钢丝绳套。起吊 100 mm 左右时应停留检查悬挂及捆绑情况，确认可靠后再继续起吊。

(7) 吊心（或吊罩）时，应有专人指挥，器身（或钟罩）四角应系缆绳，由专人扶持，使其平稳吊起，以防铁心和绕组及绝缘部件与箱壳碰撞损坏。

(8) 吊心（或吊罩）后，如果起吊设备不能移动，对于吊心式，则在吊起器身后，把油箱拉走，然后落下器身于枕木上进行检修；对于吊罩式，钟罩可不必落在地面上，应在变压器器身的夹铁两端用枕木支撑住钟罩，同时不要摘去吊钩，以保证检修工作的安全。

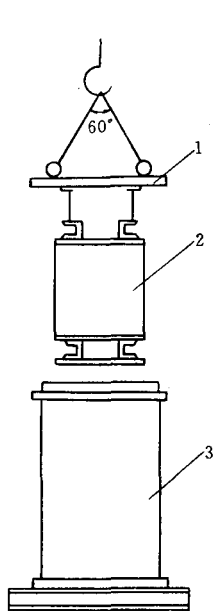


图 1-1 中小型变压器吊心示意图

1—油箱顶盖；2—器身；3—箱壳

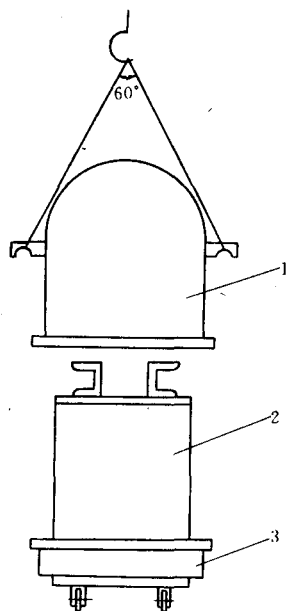


图 1-2 大型变压器吊罩示意图

1—钟罩；2—器身；3—底壳

第二节 变压器的组装

变压器的器身检修完毕后，应及时将器身（或钟罩）回装，并将其它附件组装好。

一、组装前的准备工作

(1) 清理零部件：

- 1) 组装前必须将油箱内部、器身和箱底内的异物、污物清理干净。
- 2) 彻底清理冷却器（散热器）、储油柜、防爆管、油管、套管及所有零部件。用合格的变压器油冲洗与油直接接触的零部件。

3) 对所附属的油、水管路必须进行彻底的清理，管内不得留有焊渣等杂物，并作好检

查记录。

(2) 准备好全套密封胶垫和密封胶。

(3) 准备好合格的变压器油。

(4) 注油设备的清理。

将注油设备、抽真空设备及管路清扫干净，新使用的油管也应先冲洗干净，以去除油管内的脱模剂。

二、组装步骤及注意事项

变压器的组装步骤如下：

1. 器身与大盖的回装（或钟罩的回装）

(1) 器身各部检查、清理完毕后，吊起器身，将油箱移至器身下（若系吊罩，则吊起钟罩，将器身随油箱底部小车移至钟罩下）。

(2) 将器身（或钟罩）徐徐放下，同时四周应有专人监视线圈或木支架不要被碰坏。

(3) 将大盖（或钟罩）新胶条顺箱沿放好，做好防止胶条跑偏的措施，以免胶条安装质量不好，引起漏油，给检修工作带来麻烦。

(4) 沿箱沿站人，用钢钎子四角对眼，当周围螺孔都对正后，落下大盖（或钟罩）。上螺丝，沿周围多次紧固至严密。

2. 附件的回装

分接开关、储油柜、气体继电器、冷却器（散热器）、净油器、防爆管、温度计等附件与油箱的相对位置和角度需按照拆前标记或安装使用说明书进行组装。

3. 向变压器油箱注油

先将油注至淹没过绕组顶部，其余的油待装完套管后再补注。

4. 低压套管的回装

(1) 检查瓷套表面应光滑、无闪络痕迹，并经交流耐压试验合格后，按相位及拆前标记进行回装。

(2) 更换新的耐油胶垫。

(3) 稳固套管压盘。紧固螺丝时，先徒手将螺丝拧紧，然后用扳手按对角紧，最好一人进行，防止用力不均而损坏法兰或瓷套。

(4) 接下部引线。应先将连接下部引线的螺母、平垫用 00 号砂纸打磨，去掉氧化物及引线上的脏物，上引线时一定要紧固，螺母要上紧，以免松脱引起套管下部连接处发热。

5. 高压套管的回装

(1) 吊套管前应旋下均压帽，检查帽内应无积水，否则应擦干净。

(2) 起吊套管，穿入拉线，将套管装入套管座内。拉引线接头时应注意线芯不要打弯。

(3) 紧固套管螺丝，保持密封良好。

6. 补注油至标准油位

注油时要及时排放大盖下和套管座等突出部位的积气。

7. 做电气试验

静止 24 h 后，做检修后的电气试验。

组装变压器时应注意以下几点：

- (1) 各部件应装配正确、紧固、无损伤。
- (2) 各密封衬垫应质量优良、耐油、化学性能稳定，压紧后一般应压缩原厚度的 $1/3$ 左右。
- (3) 各装配结合面应无渗漏油现象，阀门的开关应灵活，无卡涩现象。
- (4) 油箱和储油柜间的连通管应有 $2\% \sim 4\%$ 的升高坡度（以变压器顶盖为基准）。
- (5) 气体继电器安装应“水平”（以变压器顶盖为基准），变压器就位后，应使其顶盖沿气体继电器方向有 $1\% \sim 1.5\%$ 的升高坡度。
- (6) 变压器组装完毕后，应进行油压试验 15 min（其压力对于波状油箱和有散热器油箱应比正常压力增加 2400 Pa）、各部件结合面密封衬垫及焊缝应无渗漏。

小 结

变压器内部故障或定期大修时，都必须将变压器拆开，对其内部故障部件进行检查和修理，修复后再把各部件组装起来。因此，变压器的拆装工艺和质量对大修是十分重要的。

变压器的拆卸步骤是：停电拆线→放油→拆卸箱体上各部件→吊心（或吊罩）。对采用钟罩式油箱的大型变压器，一般为吊罩；对采用桶式油箱的中小型变压器，一般为吊心。吊心（或吊罩）时要注意周围环境符合规定要求，并采取必要的安全保护措施。

变压器的组装步骤是：器身（或钟罩）回装→箱体上各部件回装→注油→高低压套管回装→补注油。变压器各部件的组装要符合技术要求。

习 题

1. 拆卸变压器前应做好哪些准备工作？
2. 简述变压器的拆卸步骤。
3. 对变压器吊心的场地、天气及器身在空气中暴露时间都有哪些要求？
4. 变压器组装前应做哪些准备工作？
5. 简述变压器的组装步骤。
6. 组装变压器时应注意哪些问题？

技 能 练 习 题

1. 若干同学一组，在教师指导下进行变压器的吊心操作练习。
2. 若干同学一组，在教师指导下进行变压器的组装操作练习。

第二章 变压器的检修

变压器的检修分为大修和小修。大修一般要吊出器身（或钟罩）进行检修；小修一般为不吊器身（或钟罩）的检修。

第一节 变压器的大修和小修项目

一、变压器的大修期限及项目

变压器的大修可分为正常运行的定期大修和因故障而进行的大修。

1. 变压器的大修期限

变压器的大修期限一般可按下列情况确定：

(1) 发电厂和变电所的主变压器及主要厂用变压器一般在投入运行后的 5 年内应大修一次，以后每隔 10 年大修一次。

(2) 箱沿焊接的全密封变压器或制造厂另有规定者，若经过试验与检查并结合运行情况判定有内部故障或本体严重漏油时，才进行大修。

(3) 在电力系统中运行的主变压器当承受出口短路后，经综合诊断分析，可考虑提前大修。

(4) 运行中的变压器，当发生异常状况或经试验判明有内部故障时，应提前进行大修。

2. 变压器的大修项目

(1) 吊器身（或钟罩）后对器身进行外部检查。

(2) 铁心和绕组的检修。

(3) 检修分接开关。

(4) 油箱及其附件（包括高低压套管、储油柜、防爆管、温度计等）的检修。

(5) 气体继电器的检修。

(6) 冷却装置的检修。

(7) 变压器油的处理或换油。

(8) 清扫油箱及涂漆。

(9) 进行规定的测量和试验。

二、变压器的小修期限及项目

变压器的小修是根据它的重要程度、运行环境、运行条件等因素，为了了解和及时防止变压器故障而进行的短期间隔的检修工作。

1. 变压器的小修期限

(1) 一般每年小修 1 次。

(2) 运行在恶劣环境（严重污染、腐蚀及高原、高寒、高温）的变压器，其小修期限可适当缩短。

2. 变压器的小修项目

- (1) 处理已发现的缺陷。
- (2) 清扫油箱，必要时进行补漆。
- (3) 清扫套管并检查导电接头。
- (4) 检查储油柜的油位，清除储油柜中的污泥，必要时加油。
- (5) 检修调压装置并进行调试。
- (6) 检查全部阀门及密封衬垫，处理渗漏油。
- (7) 检修气体继电器和防爆管。
- (8) 检查和清扫冷却装置。
- (9) 检查接地系统。
- (10) 按有关规程规定进行测量和试验。

第二节 变压器的常见故障现象、原因及处理方法

在变压器发生的故障中，主要包括绕组故障、铁心故障及套管和分接开关等部分的故障。其中，绕组的故障最多，其次是铁心故障，其余部分的故障较少。应根据故障现象，查找并判明故障原因，采取相应的处理方法进行检修。表 2-1 列出了变压器常见故障的种类、现象、产生原因及处理方法。

表 2-1 变压器常见故障的种类、现象、产生原因及处理方法

故障种类	故障现象	故障原因	处理方法
绕组匝间或层间短路	(1) 变压器异常发热 (2) 油温升高 (3) 油发出特殊的“吱吱”声 (4) 电源侧电流增大 (5) 三相绕组的直流电阻不平衡 (6) 高压熔断器熔断 (7) 气体继电器动作 (8) 储油柜盖冒黑烟	(1) 变压器运行年久，绕组绝缘老化 (2) 绕组绝缘受潮 (3) 绕组绕制不当，使绝缘局部受损 (4) 油道内落入杂物，使油道堵塞，局部过热	(1) 更换或修复所损坏的绕组、衬垫和绝缘筒 (2) 进行浸漆和干燥处理 (3) 更换或修复绕组 (4) 清除油道中的杂物
绕组接地或相间短路	(1) 高压熔断器熔断 (2) 防爆管薄膜破裂、喷油 (3) 气体继电器动作 (4) 变压器油燃烧 (5) 变压器振动	(1) 绕组主绝缘老化或有破损等重大缺陷 (2) 变压器进水，绝缘油严重受潮 (3) 油面过低，露出油面的引线绝缘距离不足而击穿 (4) 绕组内落入杂物 (5) 过电压击穿绕组绝缘	(1) 更换或修复绕组 (2) 更换或处理变压器油 (3) 检修渗漏油部位，注油至正常油位 (4) 清除杂物 (5) 更换或修复绕组绝缘，并限制过电压的幅值

续表 2-1

故障种类	故障现象	故障原因	处理方法
绕组变形与断线	(1) 变压器发出异常响声 (2) 断线相无电流指示	(1) 制造装配不良, 绕组未压紧 (2) 短路电流的电磁力作用 (3) 导线焊接不良 (4) 雷击造成断线 (5) 制造上缺陷, 强度不够	(1) 修复变形部位, 必要时更换绕组 (2) 拧紧压圈螺钉, 紧固松脱的衬垫、撑条 (3) 割除熔蚀或截面缩小的导线或补换新导线 (4) 修补绝缘, 并作浸漆干燥处理 (5) 修复改善结构, 提高机械强度
铁心片间绝缘损坏	(1) 空载损耗变大 (2) 铁心发热, 油温升高, 油色变深 (3) 吊出器身检查可见硅钢片漆膜脱落或发热 (4) 变压器内发出异常响声	(1) 硅钢片间绝缘老化 (2) 受剧烈振动, 片间发生位移摩擦 (3) 铁心紧固件松动 (4) 铁心接地后发热烧坏片间绝缘	(1) 对绝缘损坏的硅钢片重新涂刷绝缘漆 (2) 紧固铁心夹件 (3) 按铁心接地故障处理方法
铁心多点接地或接地不良	(1) 高压熔断器熔断 (2) 铁心发热, 油温升高, 油色变黑 (3) 气体继电器动作 (4) 吊出器身检查可见硅钢片局部烧熔	(1) 铁心与穿心螺杆间的绝缘老化, 引起铁心多点接地 (2) 铁心接地片断开 (3) 铁心接地片连接松动	(1) 更换穿心螺杆与铁心间的绝缘管和绝缘垫 (2) 更换新接地片或将接地片压紧
套管闪络	(1) 高压熔断器熔断 (2) 套管表面有放电痕迹	(1) 套管表面积灰脏污 (2) 套管有裂纹或破损 (3) 套管密封不严, 绝缘受潮 (4) 套管间掉入杂物	(1) 清除套管表面的积灰和脏污 (2) 更换套管 (3) 更换密封垫 (4) 清除杂物
分接开关烧损	(1) 高压熔断器熔断 (2) 油温升高 (3) 触头表面产生放电声 (4) 变压器油发出“咕嘟”声	(1) 动触头弹簧压力不够, 或过渡电阻损坏 (2) 开关装配不当, 造成接触不良 (3) 连接螺栓松动 (4) 绝缘板绝缘性能变劣 (5) 变压器油位下降, 使分接开关暴露在空气中 (6) 分接开关位置错位	(1) 更换或修复触头接触面, 更换弹簧或过渡电阻 (2) 按要求重新装配并进行调整 (3) 紧固松动的螺栓 (4) 更换绝缘板 (5) 补注变压器油至正常油位 (6) 纠正错位
变压器油质变劣	油色变暗	(1) 变压器故障引起放电造成油分解 (2) 变压器油长期受热氧化使油质劣化	对变压器油进行过滤或换新油

第三节 变压器的不吊心检修

一、变压器的不吊心检查

变压器大修解体前和小修时无需将器身吊出，可先进行不吊心的检查和故障维修。

1. 检查导电接头状况

检查套管引线接头及各处铜铝接头的紧固螺栓有否松动，接头处有无过热现象。若有接触不良或接点腐蚀，则应进行修理或更换。各种引线接头的紧固螺栓应拧紧、无松动现象。

2. 清扫并检查套管

清扫高低压套管表面的积灰和脏污，检查瓷瓶有无裂痕、破损和放电痕迹。检查后，要针对故障情况及时处理。套管表面应保持清洁，无放电痕迹，无裂痕，裙边无破损。

3. 清扫、检查油箱

清扫变压器油箱及散热管，检查油箱（或钟罩）法兰结合处、油箱和散热管焊接处及其他部位有无漏油及锈蚀。若是密封衬垫老化、断裂引起渗漏，应予以更换；若是焊缝渗漏，应进行补焊或用胶粘剂补漏；油箱及散热管的锈蚀处应铲锈涂漆。更换密封衬垫时，要使衬垫平整、放正，压紧螺丝要均匀地拧紧。

4. 检查储油柜

检查储油柜上油位计是否完好明净，对于磁力油位计应检查其传动机构是否灵活，有无卡轮、滑齿现象；检查储油柜的油位是否正常，并观察储油柜内的实际油面，对照油位计的指示进行校验；检查并清除储油柜积污器内的油污。检查后，若油位计指示不准，应及时修复，并使油位指示明确；若变压器缺油应及时补注新油。

5. 吸湿器的检查和处理

检查、清扫吸湿器玻璃罩，应清洁、无裂纹和破损。观察吸湿器内的变色硅胶颜色，根据表 2-2 判别硅胶的吸潮程度，若硅胶已变成粉红色，说明硅胶失效，应取出放入烘箱内，在 120~160℃ 左右进行烘干脱水处理。烘干后的硅胶呈蓝色，可重新加入吸湿器内使用。

表 2-2 变色硅胶在不同相对湿度时的颜色

相对湿度 (%)	硅胶颜色
<10	深蓝色
<30	淡蓝色
<50	淡粉红色
<100	粉红色

6. 检查气体继电器

检查气体继电器是否漏油；阀门的开闭是否灵活；接点动作是否正确可靠；控制电缆及继电器接点的绝缘电阻是否良好。

7. 接地线的检查

检查变压器接地线是否完整、良好，有无腐蚀现象，接地是否可靠。

8. 检查、清扫冷却系统

清扫冷却系统表面的积灰和脏污，检查散热器有无渗漏，冷却风扇、潜油泵工作是否正常。对于强迫油循环水冷式变压器，还应检查冷却水泵的工作是否正常，冷油器表面有无渗油、漏水现象。若有渗漏点，应采用气焊或电焊进行补焊并作涂漆处理；对不合格的密封胶垫进行更换，保持整体密封良好。

9. 校验温度计

校验测量上层油温的温度计。

10. 做油样的耐压试验和化学试验

在变压器本体、充油套管、净油器内取油样作耐压试验和简化化学试验。

11. 做电气试验

按规程规定做电气试验。

二、故障变压器的检查

变压器发生故障后，不能盲目地进行大拆大修。首先应进行详细的检查和必要的试验，通过分析确定故障原因和部位，制定出小修或大修方案，再做有针对性的检修。

故障变压器一般应进行下述的检查项目。

1. 查看运行记录

搜集变压器在运行中已暴露出并被运行人员记录下来的缺陷，对照这些缺陷到现场变压器上一一核对。

2. 检查气体继电器动作情况

若气体继电器动作，则说明变压器内产生了大量气体，应首先检查继电器内的油面和变压器内的油面高度，并用收气瓶在气体继电器放气阀门收集气体，尽快鉴别气体的颜色、气味和可燃性，从而初步判断变压器故障的类型和原因。例如，气体为黄色且不易燃烧，表明是木质故障；气体为淡灰色带强烈臭味且可燃烧，表明是纸和纸板故障；气体为灰色或黑色且易燃烧，表明是油故障。

若差动继电器动作，应在其保护范围内进行检查，并配合电气试验分析故障原因。

3. 检查变压器外观

变压器发生故障后，应尽快检查储油柜的油位情况、防爆管薄膜是否破裂、油箱外有无绝缘油溅出、油箱是否破裂、高低压套管是否完整、上层油温计指示的最高温度、引线接头是否牢固和有无发热现象等。通过外部检查，可发现上述部件的故障，并进一步推测变压器的内部故障。

4. 检查变压器的内部

变压器的内部故障需通过试验和测量的方法来检查、判断。

(1) 测定绕组的绝缘电阻。用兆欧表测量绕组的绝缘电阻，若测得的绝缘电阻值很小，接近于零时，则说明绕组有接地或短路故障；若测得的绝缘电阻值小于规定值，则说明绕组绝缘受潮，需进行烘干处理。为判明绕组绝缘受潮情况，可测量其吸收比，当测得的吸收比 $\frac{R_{60s}}{R_{15s}} \geq 1.3$ 时，表明绝缘干燥。

(2) 做直流泄漏和交流耐压试验。变压器绝缘击穿后，常常出现变压器油浸入击穿点