



中等职业教育规划教材
职业教育电力技术类专业培训用书

电机检修

(第二版)

刘景峰 主编



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>



中等职业教育规划教材
职业教育电力技术类专业培训用书

电机检修

(第二版)

主 编 刘景峰
编 写 刘 瑾
主 审 孙福泉

江苏工业学院图书馆
藏书章



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>

内 容 提 要

本书为中等职业教育规划教材。

全书分三篇共九章,主要包括变压器的拆装、变压器的检修、变压器的试验、同步发电机的拆装、同步发电机的故障检修、同步发电机的试验、异步电动机的拆装、异步电动机的故障检修、异步电动机定子绕组重绕。本书以讲解中小型变压器、同步发电机、异步电动机的拆装、检修工艺为基本内容,同时介绍大型变压器和电机的拆装、检修工艺基本要领,达到举一反三,触类旁通的目的。书末以电机检修常用电工材料作为附录,以增加学生对电机检修中常用电工材料的认识。

本书主要作为中等职业教育电力技术类相关专业的教学用书,也可作为初、中级电机检修技术工人的培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

电机检修/刘景峰主编. —2版. —北京:中国电力出版社, 2008

中等职业教育规划教材

ISBN 978-7-5083-6343-1

I. 电… II. 刘… III. 电机—检修—专业学校—教材
IV. TM307

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 192406 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://jc.cepp.com.cn>)

航远印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2005 年 7 月第一版

2008 年 1 月第二版 2008 年 1 月北京第三次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 12.5 印张 299 千字

定价 18.00 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失
本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

前言

本书第一版是全国电力工业学校重点教材、劳动与社会保障部优秀教材。

本书第二版是在第一版教学使用的基础上,征求广大师生的意见,并结合电力行业变压器检修工、电机检修工职业技能鉴定规范要求,进行修改、补充后编写而成的。

与第一版比较,第二版内容进行了部分修改和补充。一是根据职业技能鉴定规范要求,增加了部分试验和电机检修常用电工材料的内容;二是按国标要求对全书的文字和图形符号进行了统一修改。

全书主要讲解变压器、同步发电机、异步电动机的拆装和检修工艺。为加强检修工艺和技能操作的训练指导,在各章安排了技能实训项目,每章后附有小结和思考题。电机检修常用电工材料作为附录,使学生了解电机检修中的常用导磁材料、导电材料和绝缘材料。

目前我国发电厂及变电站多采用大型变压器、同步发电机、异步电动机,而校内检修实训受设备、场地、技术和经济等条件的限制,多以中小型变压器、同步发电机和异步电动机为检修实例进行实训教学。因此,本书以讲解中小型变压器、同步发电机、异步电动机的拆装、检修工艺为基本内容,同时介绍大型变压器和电机的拆装、检修工艺基本要领,达到举一反三,触类旁通的目的。

本书第二版由保定电力职业技术学院刘景峰副教授主编。第一篇和附录部分由保定天威集团保菱变压器有限公司刘瑾同志编写,其余部分由刘景峰副教授编写。

本书第二版承蒙保定天威集团特变电气有限公司孙福泉高级工程师主审,在此表示衷心感谢。

由于编者水平所限,书中难免有错误之处,恳请广大读者批评指正。

编 者

2007年5月

第一版前言

电机检修是电力工业学校发电厂及变电站电气运行与检修专业的一门主干课程，是按照中国电力企业联合会教育培训部 1996 年 11 月颁发的教学计划（试行）和全国电力职教委电气类专业教研会组织审定的教学大纲为依据进行编写。

本书是电力工业学校教材编审委员会确定的重点教材，按照电力职业技术教育课程改革的原则和基本思路，力求贯彻以能力为本位的思想。

本书由保定电力学校刘景峰编写，并由武汉电力学校侯经枢高级讲师主审。

对于本书中存在的缺点和不足之处，恳切希望广大读者批评指正。

编者

1999 年 3 月

目 录

前言

第一版前言

第一篇 变压器的检修

第一章 变压器的拆装	1
第一节 变压器的基本结构	1
第二节 变压器的拆卸	12
第三节 变压器的组装	15
第四节 油浸式电力变压器的拆装实训	16
小结	17
思考题	18
第二章 变压器的检修	19
第一节 变压器的大修、小修项目及期限	19
第二节 变压器的常见故障现象、原因及处理方法	20
第三节 变压器的不吊芯检修	22
第四节 变压器的吊芯检修	24
第五节 其他部件的检修	26
第六节 变压器的干燥	30
第七节 变压器油的处理	34
第八节 油浸式电力变压器的检修实训	37
小结	40
思考题	40
第三章 变压器的试验	42
第一节 变压器的绝缘电阻和吸收比的测定	42
第二节 变压器绕组连同套管的直流泄漏电流试验	44
第三节 变压器绕组连同套管的介质损失角的正切值测定	47
第四节 变压器绕组的直流电阻测量	50
第五节 变压器油的试验	53
第六节 变压器的交流耐压试验	57
第七节 变压器的试验实训	59
小结	60
思考题	61

第二篇 同步电机的检修

第四章 同步发电机的拆装	62
第一节 同步发电机的基本结构	62
第二节 同步发电机的拆卸	72
第三节 同步发电机的组装	75
第四节 同步发电机的拆装实训	77
小结	77
思考题	78
第五章 同步发电机的故障检修	79
第一节 同步发电机的大修和小修项目	79
第二节 同步发电机的常见故障现象、原因及处理方法	81
第三节 空冷同步发电机定子的检修	82
第四节 空冷同步发电机转子的检修	89
第五节 空冷同步发电机辅助装置的检修	96
第六节 氢冷和水冷发电机的检修	100
第七节 同步发电机的干燥	103
第八节 同步发电机的检修实训	106
小结	108
思考题	108
第六章 同步发电机的试验	110
第一节 轴电压的测量	113
第二节 定、转子间气隙的测定	114
第三节 同步发电机轴电压和气隙的测量实训	115
小结	116
思考题	116

第三篇 异步电机的检修

第七章 异步电动机的拆装	117
第一节 异步电动机的基本结构	117
第二节 异步电动机的拆卸	121
第三节 异步电动机的组装	125
第四节 异步电动机的拆装实训	126
小结	127
思考题	127
第八章 异步电动机的故障检修	129
第一节 异步电动机的常见故障现象、原因及处理方法	129

第二节 异步电动机的定期检修	131
第三节 异步电动机定子绕组的故障检修	132
第四节 笼型转子绕组的故障检修	137
第五节 异步电动机的干燥	139
第六节 异步电动机的检修实训	141
小结	144
思考题	144
第九章 异步电动机定子绕组重绕	146
第一节 原始数据记录	146
第二节 定子绕组的拆除	148
第三节 定子绕组的线圈绕制和嵌线	149
第四节 定子绕组的极性测定	162
第五节 异步电动机的试验	164
第六节 定子绕组的绝缘浸渍及烘干	167
第七节 定子绕组的重绕实训	168
小结	171
思考题	172
附录 电机检修常用电工材料	173
第一节 导磁材料	173
第二节 导电材料	175
第三节 绝缘材料	180
参考文献	190

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,以及遭受过负荷、短路、接地等故障的危害,都可能引起变压器某些部件受损,结构性能或电气性能变坏,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、故障检修与试验方法及质量标准。

第一章 变压器的拆装

教学要求:在掌握三相电力变压器基本结构的基础上,了解变压器的拆卸和装配方法,熟悉变压器的拆卸和装配工艺。

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,经过试验合格后,才能重新投入运行。

拆卸变压器之前,必须了解它的基本结构,以便顺利、正确地进行拆装和检修工作,起到事半功倍的作用。

第一节 变压器的基本结构

变压器的基本结构可分为器身和附件两大部分。器身是铁芯和绕组组装了绝缘和引线后的整体。附件包括油箱、套管、分接开关、冷却装置、油保护装置、安全装置及检测装置等。油浸式电力变压器的主要结构如图 1-1 所示。

一、铁芯

铁芯是变压器的磁路部分,又是器身的骨架。为了提高导磁性能,减小磁滞损耗和涡流损耗,铁芯通常用厚度为 $0.23\sim 0.35\text{mm}$ 的两面涂绝缘漆的硅钢片叠成。铁芯叠片的叠装采用交叠式,使相邻两层叠片的接缝相互错开,以便减小接缝间隙,降低磁阻。图 1-2 (a) 为直接缝的三相铁芯叠积图。大型变压器常采用冷轧硅钢片,由于这种硅钢片顺着轧制方向的导磁性能最好,为了减小转角处的附加损耗,宜采用 45° 斜接缝或半直半斜接缝,如图 1-2 (b) 或图 1-2 (c) 所示。

变压器的铁芯型式分为芯式和壳式两种。由于芯式铁芯结构简单,绕组安置和绝缘处理比较容易,目前我国生产的电力变压器都采用芯式铁芯结构,如图 1-3 所示。芯式铁芯主要由铁芯柱和铁轭等组成。铁芯柱用环氧玻璃布带绑扎紧固,其截面一般为外接圆的阶梯状多边形。铁轭两侧装有槽形断面的铁轭夹铁,用螺栓穿过铁轭夹铁和铁芯叠片把铁轭夹紧。铁轭穿芯螺栓与铁轭、铁芯叠片间均应保持良好的绝缘,如图 1-4 (a) 所示。图中钢座套 4 是当起吊铁芯或短路轴向力作用使螺栓受弯曲力时,增加电木绝缘筒 6 承受挤压的面积。

铁轭夹铁的腹板上装有压紧绕组的压钉 9 和压板 14, 如图 1-4 (b) 所示。其中, 压钉和压板与绕组间应有良好绝缘垫 13。

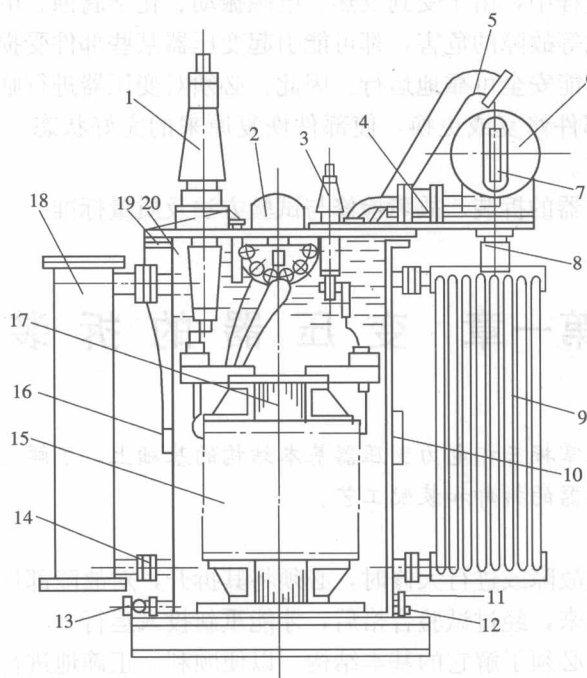


图 1-1 油浸式电力变压器结构示意图

- 1—高压套管; 2—分接开关; 3—低压套管; 4—气体继电器; 5—安全气道;
6—储油柜; 7—油位计; 8—吸湿器; 9—散热器; 10—铭牌; 11—接地螺栓;
12—油样阀门; 13—放油阀门; 14—活门; 15—绕组; 16—信号温度计;
17—铁芯; 18—净油器; 19—油箱; 20—变压器油

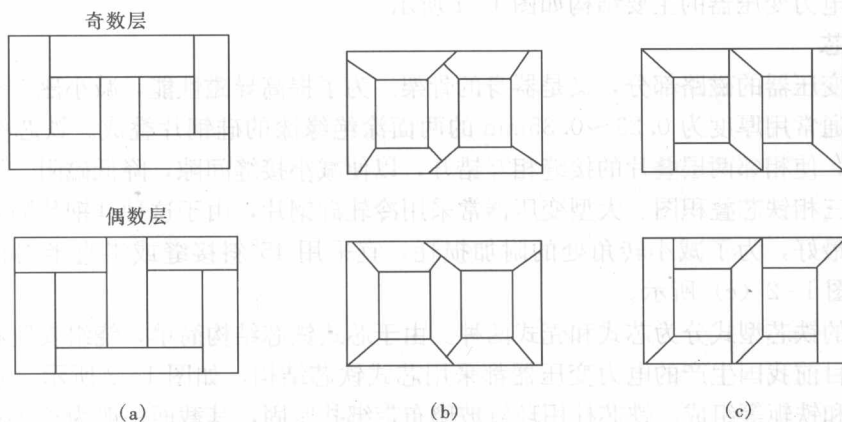


图 1-2 三相铁芯叠片叠积图

- (a) 直接缝; (b) 斜接缝; (c) 半直半斜接缝

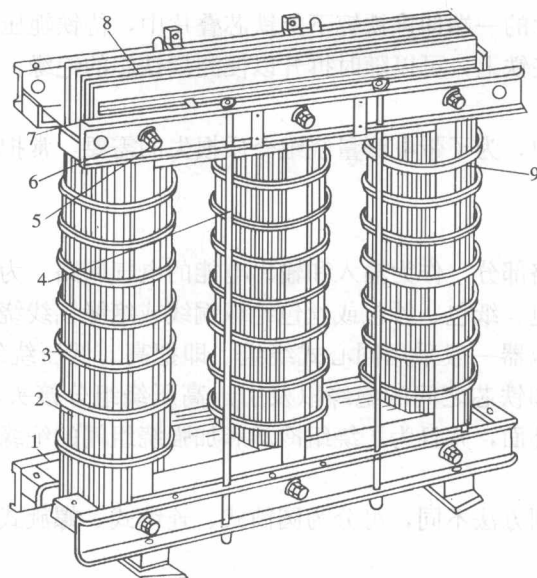


图 1-3 三相三柱芯式铁芯结构

1—下夹铁；2—叠片铁芯；3—芯柱绑扎；4—拉螺杆；5—穿芯螺栓；
6—上夹铁；7—接地片；8—铁轭；9—芯柱

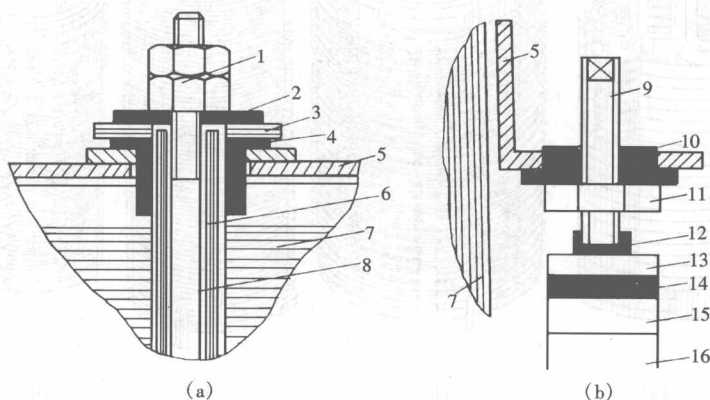


图 1-4 夹紧铁芯和压紧绕组的绝缘结构示意图

(a) 穿芯螺栓的绝缘结构；(b) 压钉和压板的绝缘结构

1—螺帽；2—钢垫圈；3—绝缘垫圈；4—钢座套；5—夹铁；6—绝缘筒；7—铁轭；
8—穿芯螺栓；9—压钉；10—压钉螺帽；11—螺帽；12—钢垫碗；
13—压板绝缘垫；14—钢压板；15—绕组端部绝缘；16—绕组

在大型变压器的上铁轭夹铁上焊有 4 个吊板，作为起吊铁芯之用。中小型变压器的铁芯，将连接上、下铁轭夹板的拉螺杆上端与油箱顶盖固定在一起，做成一个整体，吊芯时连同油箱顶盖一同起吊。

为了避免变压器在运行过程中由于铁芯和金属零件处于不同的电位而放电，需将这些部件和油箱连在一起，共同接地。中小型变压器通常利用铁轭夹铁与油箱连接并接地，因此，只需把铁芯的任何一个叠片与铁轭夹铁连接即可（铁芯叠片间绝缘电阻很小）。铁芯与铁轭

用镀锡铜片连接,将铜片的一端伸进铁轭下的铁芯叠片中,待铁轭压紧后成为死端;另一端用螺栓将其固定在铁轭夹铁上,可以随时拆开以便测量铁芯的绝缘。铁芯的接地铜片通常装在低压引线的一侧。

在许多大型变压器中,为了带电测量绕组介质损失的需要,常把铁芯接地铜片通过套管引出,在外部接地。

二、绕组

绕组是变压器的电路部分,作为输入和输出电能的电气回路。为了提高导电性能,减小电路损耗,绕组常用漆包、纸包、纱包或丝包绝缘铜线或绝缘铝线绕制而成。

我国生产的电力变压器一般采用同心式绕组,即把高、低压绕组同心地套装在铁芯柱上。为了便于处理绕组和铁芯之间的绝缘以及引出高压绕组分接头,常把低压绕组装在里面,而把高压绕组套在外面,并且为了绕组冷却和加强绕组间的绝缘,在高、低压绕组之间留有油道。

同心式绕组按其绕制方法不同,可分为圆筒式、连续式、螺旋式和纠结式等形式,如图1-5所示。

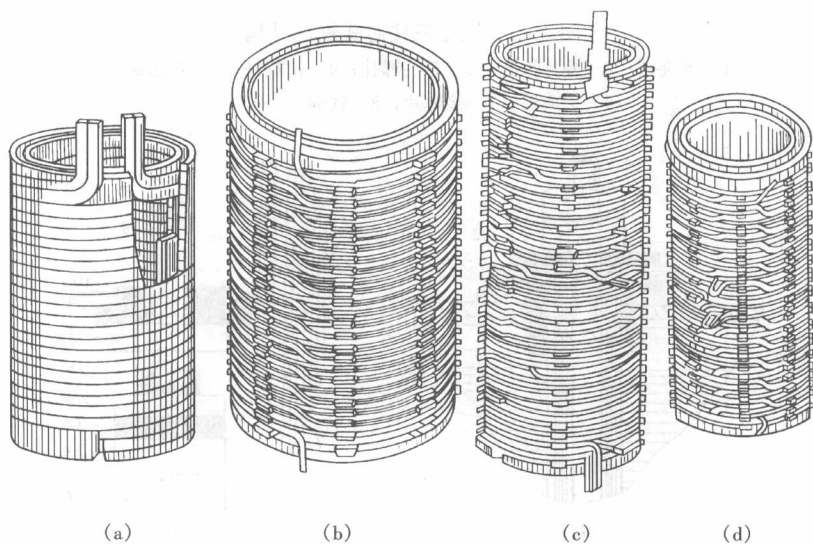


图1-5 同心式绕组的几种形式

(a) 圆筒式; (b) 连续式; (c) 螺旋式; (d) 纠结式

圆筒式是同心式绕组最简单的一种形式,以它作低压绕组时,因电流较大,通常用单根或多根扁导线绕制成双层圆筒式;作高压绕组时,因电流较小,匝数较多,则用圆导线绕成多层圆筒式。连续式绕组的特点是把绕组分成若干盘形线圈,沿铁芯柱高度分布,盘形线圈之间没有焊接头,而是“连续”绕制。螺旋式绕组的外形与连续式相似,每匝由多根扁导线并联,沿着径向排列,一匝接着一匝,形同螺旋。纠结式绕组的线匝不是依次排列,而是前后交叉纠结的,其目的是增加盘形线圈之间的等效电容,以改善冲击电压作用时绕组上的电压分布,防止绝缘击穿。

绕组的绝缘分为主绝缘和纵绝缘。主绝缘是指绕组与铁芯、油箱等接地部分之间的绝缘,高、中、低压绕组之间的绝缘及各相绕组之间的绝缘。纵绝缘主要是指绕组匝间、层

间、段间的绝缘。

油浸式电力变压器所使用的绝缘材料包括变压器油、电缆纸、电话纸、绝缘纸板、白布带、白绸布、木材、酚醛压制品、浸渍漆等。

纯净的变压器油为浅黄色或无色液体，其特点是绝缘电气强度高（为空气的4~7倍），故变压器油可大大减少绕组相间和相对地之间的距离，使变压器尺寸减小。纸、纸板、木材等绝缘材料经变压器油浸过后，绝缘电气强度会大幅度提高。电缆纸外观呈淡黄色，具有较高的机械强度，它有DL-08型（厚0.08mm）和DLZ-12型（厚0.12mm）两种型号，常用作匝间绝缘、层间绝缘和绕组端部以加强绝缘。电话纸的用途与电缆纸类似，其型号为DH-50（厚度为0.05mm）。绝缘纸板型号为DY-100/100，厚度分0.5、1、1.5、2、2.5、3mm几种，多用作绝缘纸筒、油道撑条、垫圈等。酚醛压制品有酚醛层压纸板、酚醛层压玻璃布板（或布棒）、环氧酚醛层压玻璃布板（或布棒）、酚醛层压纸管等多种，主要用来制作变压器绕组的绝缘隔板（如绝缘筒、角环和相间隔板等）、油道撑条等绝缘零件。

图1-6所示为110kV变压器主绝缘的结构图。

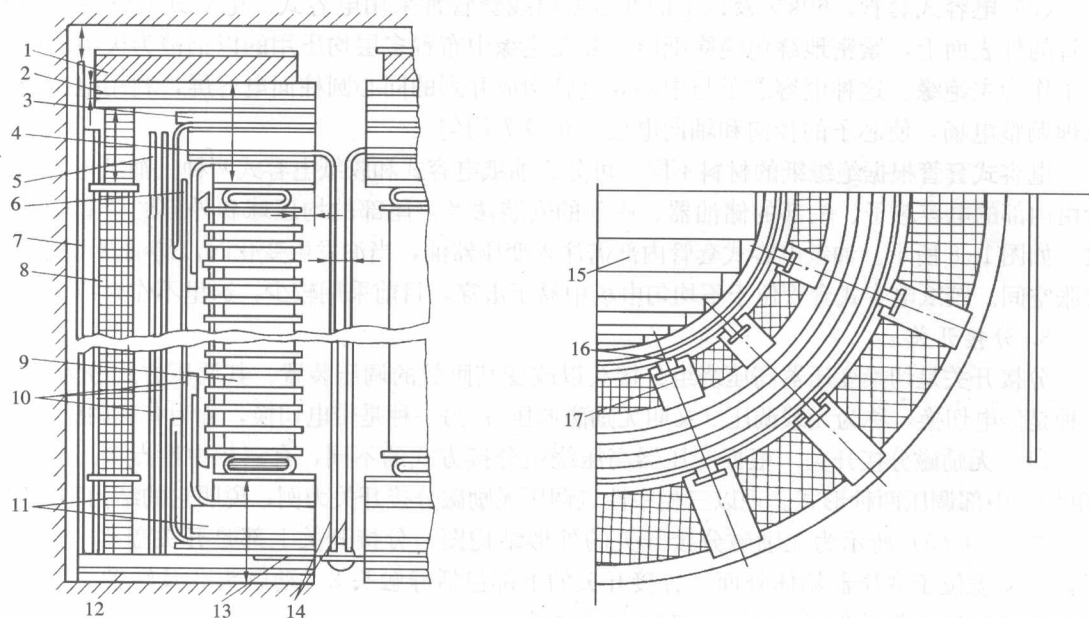


图1-6 110kV变压器主绝缘的结构图

- 1—钢压板；2—铆有垫块的绝缘纸板圈；3—带有U形垫块的绝缘纸板圈；4、6—角环；
5—绝缘纸板圈；7—绝缘纸板筒；8—低压绕组；9—高压绕组；10—高压绕组绝缘筒；
11—绝缘垫圈；12—铁轭绝缘；13—下隔板；14—相间隔板；
15—铁芯柱；16—撑条；17—垫块

三、附件

1. 油箱

油箱是油浸电力变压器的外壳，用来盛装器身和变压器油。油箱由钢板焊接而成，箱体呈椭圆形或矩形。按箱沿位置不同，油箱分为桶式和钟罩式两种。桶式油箱的箱沿在油箱顶

部,箱盖是平的,多用于 6300kVA 及以下变压器。钟罩式油箱的箱沿在油箱下部,上节箱身呈钟罩形,多用于 6300kVA 以上的变压器。钟罩式油箱的优点是当检修变压器时,只需吊起上节箱身,无需吊起沉重的器身,有利于现场检修。

2. 套管

套管是将变压器内部的高、低压绕组引线引到油箱外部的出线装置。它不仅作为引线对地的绝缘,而且还起着固定引线的作用。套管由带电部分和绝缘部分组成。带电部分采用导电杆、导电管、电缆或铜排。绝缘部分分为外绝缘和内绝缘,外绝缘为瓷套;内绝缘为变压器油、附加绝缘或电容型绝缘。

低压套管一般用瓷质绝缘套管。高压套管在瓷质绝缘套管内还必须采用较复杂的内绝缘。常用的高压套管有充油式套管和电容式套管。

(1) 充油式套管。它以变压器油作为主绝缘,在导电杆周围安置有绝缘间隔,110kV 以上的套管套有均压电屏,如图 1-7 所示。60kV 的充油式套管没有下部瓷套,套管内部的绝缘油从变压器的油箱注入。110kV 及以上的充油式套管,绝缘油独立注进套管,不与变压器油箱连通。由于充油式套管体积大,又笨重,目前已经逐渐被电容式套管所取代。

(2) 电容式套管。60kV 及以上的变压器出线套管常采用电容式。电容式套管在中心导电管的外表面上,紧密地绕包绝缘纸层,并在绝缘中布置多层均压用的以铝箔为极板的电容芯子作为主绝缘。这种电容芯子与中心导电管构成并列的同心圆柱面电容屏,利用电容分压原理调整电场,使芯子的径向和轴向电位分布较为均匀。

电容式套管根据绝缘纸的材料不同,可分为油纸电容式和胶纸电容式两种。油纸电容式套管由内部的电容芯子、头部的储油器、中部的安装法兰、尾部的均压球和外部的瓷套管等组成,如图 1-8 所示。油纸电容式套管内部需注入变压器油,当油发生变化时,储油器可提供油膨胀空间。胶纸电容式套管位于不均匀电场中易于击穿,目前采用较少,这里不作介绍。

3. 分接开关

分接开关是切换变压器高压绕组分接头以改变其匝数的调压装置。其调压方式分为两种:一种是停电切换,称为无载调压(又叫无励磁调压);另一种是带电切换,称为有载调压。

(1) 无励磁分接开关。根据变压器高压绕组分接方式的不同,有三相中性点调压和三相(单相)中部调压两种形式。现以三相中性点调压无励磁分接开关为例,说明它的结构和原理。

图 1-9(a)所示为无励磁分接开关的外形结构图。分接开关上部是开关盖 1,安装以后,开关盖位于变压器箱体外面。分接开关的下部包括静触头 2、动触头 3 及转轴 4 等。开关下部从箱体上的孔伸入油箱,浸在变压器油中。

由于分接开关的切换涉及电路的通断,而无励磁分接开关不具有断开电流的能力,故必须在停电后才能进行切换操作。操作时,需旋下油箱外的开关盖,松开定位螺钉,使用专用扳手转动开关中心的转轴,使动触头旋转,即可改变分接头位置,达到调压的目的。

图 1-9(b)所示为无励磁分接开关的接线原理图。从图 1-9(b)可见,变压器的三相高压绕组在中性点抽头,通过分接开关接成 Y 形。当电源电压为额定值时,触头位置为图 1-9(b)所示的“U2、V2、W2”位置,投入运行的高压绕组匝数也为额定值;当电源电压常高于额定值时,把分接头位置旋至图 1-9(b)所示的“U1、V1、W1”位置,使高压绕组匝数增多,降低变压器二次电压;当电源电压常低于额定值时,可把分接头旋至图 1-9(b)所示的“U3、V3、W3”位置,使变压器二次电压升高。

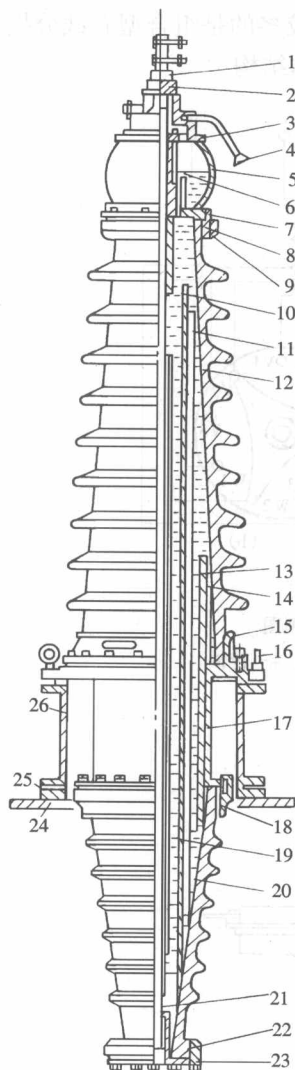


图 1-7 充油式套管

- 1—接头；2—接触罩；3—储油器盖；4—呼吸管；5—储油器；
6—连接螺杆；7—储油器座；8—上节瓷套上法兰；9—水泥浇注；
10—固定圈；11—变压器油；12—上节瓷套；13—贴有接地
锡箔的电木纸筒；14—均压圈；15—上节瓷套下法兰；
16—吊环；17—连接套；18—下节瓷套上法兰；
19—均压锡箔；20—下节瓷套；21—铜导管；
22—下节瓷套下法兰；23—底座；24—变压器
箱盖；25—钢法兰；26—中间钢制法兰

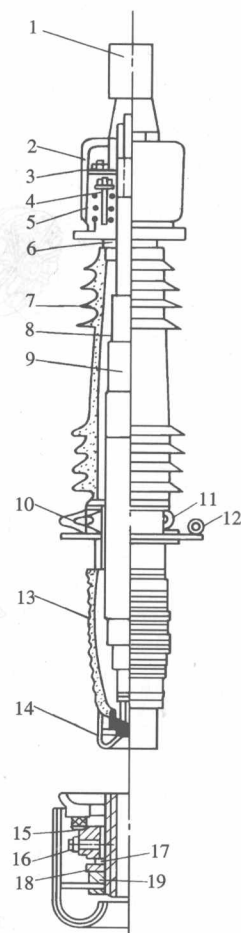


图 1-8 油纸电容式套管

- 1—接头；2—均压罩；3—压圈；4—螺杆及弹簧；
5—储油器；6—密封垫圈；7—上瓷套；8—变压器
油；9—油纸电容芯子；10—接地套管；11—取油
样塞子；12—中间法兰；13—下瓷套；14—均
压球；15—底座；16—放油塞；17—封环；
18—垫圈；19—螺母

(2) 有载分接开关。它与无励磁分接开关的区别，就在于其能在变压器带负载（或励磁）的状态下，切换分接头位置。因此，有载分接开关在切换分接头的过程中，必然要在某一瞬间同时连接（桥接）两个分接头，以保证负载电流的连续性。为了防止分接头之间短路，必须在桥接的两个分接头之间串入电阻（或电抗），用来限制循环电流。

有载分接开关分为组合型和复合型两种,目前应用较多的是组合型有载分接开关。下面以图 1-10 所示的组合型有载分接开关为例介绍它的基本结构。

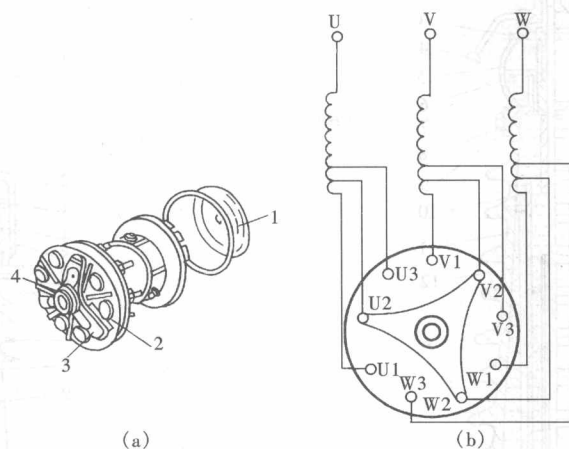


图 1-9 无励磁分接开关

(a) 外形结构图; (b) 接线原理图

1—开关盖; 2—静触头; 3—动触头; 4—转轴

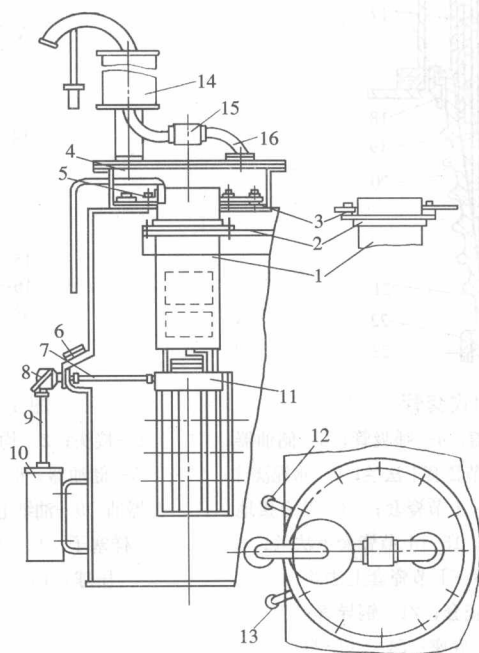


图 1-10 组合型有载分接开关的安装结构图

1—绝缘筒; 2—法兰盘; 3—密封垫; 4—油室; 5—胶纸管; 6—观察窗; 7—绝缘水平轴;

8—齿轮盒; 9—垂直轴; 10—操动机构; 11—有载分接开关; 12—抽油管;

13—注油管; 14—储油柜; 15—气体继电器; 16—连管

有载分接开关一般装在变压器的油箱内,它可以固定在器身的夹件上,也可以吊装在油

箱的箱盖上。切换开关中的油在运行中容易被电弧污损，因此绝缘筒 1 与箱盖之间用抗油橡胶密封垫 3 密封，以免污油流入变压器油箱中。绝缘筒 1 内装有一根胶纸管 5，它与油室 4 的抽油管接头连通，油室 4 上还有注油管，因此可通过注油管和抽油管更换新油。

有载分接开关的操动机构 10 经过垂直轴 9、齿轮盒 8 和绝缘水平轴 7 与有载分接开关 11 相连接。有载分接开关 11 由切换开关、快速机构和分接选择器等组成，如图 1-11 所示。

分接选择器的作用是按分接次序，预先接通将要换接的分接头，并长期通过负载电流。分接选择器的每相分成两个，一个接单数分接头，另一个接双数分接头，两者可以并列在一个平面上（如图 1-11 中 C-C 剖面所示），也可以按上、下层布置。三相的分接选择器是按上、中、下三层布置的。在 C-C 剖面图中，单、双数开关的定触头沿圆周分布，动触头装在中心轴上。在变换分接头时，通电流的触头保持接通，而无电流的动触头可以移到相邻的定触头上，这种间歇动作由拨盘和槽轮组成的传动机构（马尔他机构）来实现。转换选择器在分接选择器的一侧，由分接选择器轴上的拨盘进行操作。

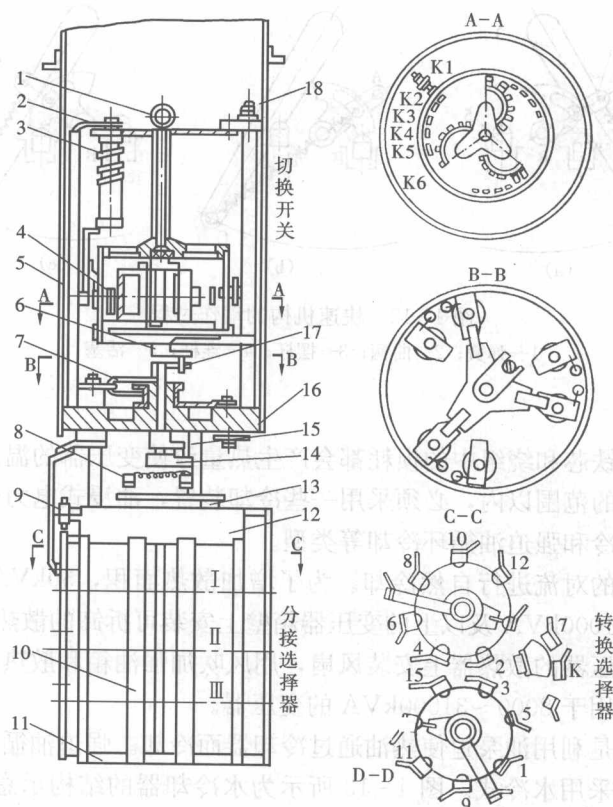


图 1-11 组合型有载分接开关的内部结构图

1—吊环；2—引线；3—电阻器；4—触头；5—绝缘筒；6、14—曲柄；7—主触头；

8—主弹簧；9—接头；10—绝缘杆；11—下法兰；12—上法兰；13—摆杆；

15、17—连杆；16—密封环；18—螺母

切换开关（包括过渡电阻）是专门承担切换负载电流的部分。为防止切断电流时产生电弧对油的污损，切换开关装在绝缘筒 5 内。图 1-11 的 A-A 剖面是三相切换开关的触头位