

职业院校电气运用与维修专业
供用电专业教学用书



电机与拖动基础

李开勤 主编



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

职业院校电气运用与维修专业/供用电专业教学用书

电机与拖动基础

Dianji Yu Tuodong Jichu

李开勤 主 编



高等教育出版社·北京
HIGHER EDUCATION PRESS BEIJING

内容提要

本书是职业院校电气运用与维修专业、供用电专业教学用书。

本书主要内容包括变压器、电气控制基础知识、异步电机、同步电机、直流电机和电力拖动系统中电动机的选择共六个部分,将电机、电机拖动、电气控制的内容有机结合起来。

本书附学习卡/防伪标,按书末“郑重声明”下方的使用说明,可查询图书真伪并有机会赢取大奖,也可登录 <http://sve.hep.com.cn>,上网学习,下载资源。

本书可作为供用电技术、输变电工程专业和配电线路运行及检修专业教材,也可供相关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

电机与拖动基础/李开勤主编. —北京:高等教育出版社,2010.1

ISBN 978-7-04-025926-1

I. 电… II. 李… III. ①电机-高等学校:技术学校-教材②电力传动-高等学校:技术学校-教材
IV. TM3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 220647 号

策划编辑 李宇峰 责任编辑 许海平 封面设计 于涛 责任绘图 宗小梅
版式设计 余杨 责任校对 王效珍 责任印制 毛斯璐

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010-58581118
社址	北京市西城区德外大街4号	咨询电话	400-810-0598
邮政编码	100120	网 址	http://www.hep.edu.cn
总 机	010-58581000		http://www.hep.com.cn
经 销	蓝色畅想图书发行有限公司	网上订购	http://www.landracom.com
印 刷	北京机工印刷厂		http://www.landracom.com.cn
		畅想教育	http://www.widedu.com
开 本	787×1092 1/16	版 次	2010年1月第1版
印 张	17.5	印 次	2010年1月第1次印刷
字 数	430 000	定 价	24.80元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 25926-00

前 言

进入 21 世纪以来,全国中等职业教育进入了一个快速发展的时期,中等职业教育思想发生转变,以就业为导向、全面素质为基础、能力为本位的新观念得到倡导,重理论、轻实践的传统教材,已不能适应时代发展的需要。

本教材根据《面向 21 世纪教育振兴行动计划》提出的“面向 21 世纪职业教育课程改革和教材建设规划”中等职业学校教学指导方案,以供用电技术专业的典型工作任务为导向,理论与实践相结合,把知识传授和能力培养紧密结合起来,培养具有综合职业能力,在生产、服务、技术和管理第一线工作的高素质劳动者和中初级专门人才。

本教材内容丰富,图文并茂,教材中提供了大量的课堂实践,便于开展一体化教学。为便于学生把握重点,培养学生分析问题、解决问题的能力,每章后附有小结和思考与练习。

本教材共十六章,其中第一章、第二章、第三章、第四章由四川电力职业技术学院李凌舟编写,第五章、第六章、第七章、第八章、第九章、第十章由四川电力职业技术学院黄兰英编写、第十一章、第十二章由四川电力职业技术学院邹慧编写,第十三章、第十四章、第十五章、第十六章由四川水利职业技术学院宋杰编写,全书由李开勤副教授任主编并统稿。

重庆电力高等专科学校黄永铭教授审阅了本教材的初稿,并提出了很多宝贵的修改意见和建议,在此向他深表谢意。

由于编者水平有限,书中的不妥及错误之处在所难免,恳切希望读者予以批评指正。

编 者

2009 年 8 月

郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人将承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人给予严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话：(010)58581897/58581896/58581879

传 真：(010)82086060

E - mail：dd@hep.com.cn

通信地址：北京市西城区德外大街4号

高等教育出版社打击盗版办公室

邮 编：100120

购书请拨打电话：(010)58581118

短信防伪说明：

本图书采用出版物短信防伪系统，用户购书后刮开封底防伪密码涂层，将16位防伪密码发送短信至106695881280，免费查询所购图书真伪，同时您将有机会参加鼓励使用正版图书的抽奖活动，赢取各类奖项，详情请查询中国扫黄打非网(<http://www.shdf.gov.cn>)。

反盗版短信举报：编辑短信“JB,图书名称,出版社,购买地点”发送至10669588128

短信防伪客服电话：(010)58582300/58582301

学习卡账号使用说明：

本书学习卡账号附在高等教育出版社出版的相关中职教材封底防伪码中赠送。

请使用本书封底标签上防伪明码作为登录账号，防伪密码作为登录密码，登录“<http://sve.hep.com.cn>”或“<http://sve.hep.edu.cn>”，可获得累计20小时中职课程的多项增值服务，进行网上学习、下载资源和答疑等服务。

中职教师通过收集10个有效学习卡账号和密码，登录网站，注册获得会员账号，可获得累计100小时教师网上资源，包括电子教案、演示文稿、教学素材及教学资料等。

学习卡账号自登录之日起一年内有效，过期作废。会员账号自注册之日起一年内有效。

使用本学习卡账号如有任何问题，请发邮件至“4a_admin_zz@hep.edu.cn”。

目 录

第一篇 变 压 器

第一章 变压器的工作原理和基本结构	3	第二节 三相变压器的联结组别	41
第一节 变压器的工作原理和分类	3	第三节 变压器的并联运行	49
第二节 变压器的基本结构	4	第四节 三相变压器的使用、维护及 常见故障处理方法	52
第三节 变压器的铭牌	10	小结	56
小结	11	思考与练习	56
思考与练习	11	第四章 其他变压器	57
第二章 单相变压器的运行分析	12	第一节 三绕组变压器	57
第一节 单相变压器的空载运行	12	第二节 自耦变压器	59
第二节 单相变压器的负载运行	18	第三节 仪用互感器	61
第三节 变压器参数的测定	24	第四节 电焊变压器	64
第四节 变压器的运行特性	34	小结	68
小结	38	思考与练习	69
思考与练习	39	阶段测试题	69
第三章 三相变压器及其并联运行	40		
第一节 三相变压器的磁路系统	40		

第二篇 电气控制基础知识

第五章 低压电器	73	第六章 电气控制系统图	92
第一节 开关电器	73	第一节 电气图常用图形符号和文字 符号	92
第二节 熔断器	79	第二节 电气控制系统图	97
第三节 主令电器	82	小结	99
第四节 接触器	84	思考与练习	99
第五节 继电器	86	阶段测试题	100
小结	90		
思考与练习	91		

第三篇 异步电机

第七章 三相异步电动机的工作原理和

基本结构 105

第一节 三相交流绕组 105

第二节 三相异步电动机的工作 原理 113

第三节 三相异步电动机的基本 结构 117

第四节 三相异步电动机的铭牌 123

小结 125

思考与练习 125

第八章 异步电动机的运行分析 126

第一节 异步电动机的基本电磁 关系 126

第二节 异步电动机的转矩特性和 机械特性 132

小结 135

思考与练习 136

第九章 异步电动机的拖动 137

第一节 电力拖动概述 137

第二节 异步电动机的起动概述 142

第三节 笼型异步电动机的起动 143

第四节 绕线转子异步电动机的

起动 153

第五节 深槽式和双笼型异步电

动机 156

第六节 异步电动机的反转 158

第七节 异步电动机的调速 161

第八节 异步电动机的制动 170

第九节 异步电动机的维护及常见 故障处理方法 175

小结 178

思考与练习 179

第十章 单相异步电动机 181

第一节 单相异步电动机的基本 结构和工作原理 181

第二节 单相异步电动机的反转和 调速 184

第三节 单相异步电动机常见故障 处理方法 188

小结 189

思考与练习 190

阶段测试题 190

第四篇 同步电机

第十一章 同步发电机 195

第一节 同步发电机的工作原理和 分类 195

第二节 同步发电机的基本结构 196

第三节 同步电机励磁方式和铭牌 200

第四节 同步发电机的并联运行 201

小结 203

思考与练习 204

第十二章 同步电动机 205

第一节 同步电动机的工作原理 205

第二节 同步电动机的起动和制动 206

第三节 同步电动机的使用、维护及 常见故障处理方法 207

小结 210

思考与练习 210

阶段测试题 210

第五篇 直流电机

第十三章 直流电机的工作原理和基本 结构 215

第一节 直流电机的工作原理 215

第二节 直流电机的基本结构和 铭牌 217

第三节 直流电机的电枢绕组 221

小结	227	第一节 直流电动机的起动	236
思考与练习	228	第二节 直流电动机的反转	238
第十四章 直流电机的运行分析	229	第三节 直流电动机的调速	238
第一节 直流电机的感应电动势和电 磁转矩	229	第四节 直流电动机的制动	242
第二节 直流电动机的基本方程式	230	第五节 直流电动机的使用、维护及常 见故障处理方法	243
第三节 直流电动机的机械特性	232	小结	247
小结	234	思考与练习	247
思考与练习	235	阶段测试题	247
第十五章 直流电动机的电力拖动	236		

第六篇 电力拖动系统中电动机的选择

第十六章 电动机选择的一般原则	253	第六节 短时工作制电动机容量的 选择	262
第一节 电动机容量选择的一般 原则	253	第七节 断续周期工作制电动机容量 的选择	263
第二节 电动机发热及冷却	254	第八节 电动机种类、电压、转速和 结构型式的选择	264
第三节 电动机的绝缘材料和允许 温升	255	小结	266
第四节 电动机工作制的分类	256	思考与练习	266
第五节 连续工作制电动机容量的 选择	258	阶段测试题	266
参考文献			268

第一篇

变压器

第一章

变压器的工作原理和基本结构



教学目标

1. 了解变压器的分类,掌握变压器的基本工作原理;
2. 熟悉变压器的主要部件的结构及其作用;
3. 理解变压器铭牌数据的含义。

第一节 变压器的工作原理和分类

电能是现代应用非常广泛的能源。电机是实现电能的生产、传输、分配和使用的电磁装置。电机按其功能可分为发电机、变压器、电动机、控制电机。在发电厂,发电机将机械能转变成电能。发电厂多坐落在较偏远地区,发电机输出端电压较低,若直接向远方供电,将在输电线路造成很大的电能损失,用户的供电电压也难以保证。为了进行远距离、大功率经济地传输电能,采用升压变压器提高输电电压,经高压输电线路将电能送至远方的负荷中心,在负荷中心的变电所经降压变压器降低至生产和居民可使用的电压供给用户,便于用户安全使用。在用户侧,采用电动机作为原动机拖动各种生产机械运转,以实现工农业生产过程的机械化和自动化。

一、变压器的工作原理

变压器是一种静止的电器,它利用电磁感应原理,把一种电压、电流的交流电能,变换为同频率的另一种电压、电流的交流电能。其工作原理示意图如图 1-1 所示。在一个闭合的铁心上,套有两个匝数不等且互相绝缘的绕组。这两个绕组间只有磁的耦合而没有电的联系。其中,一个绕组接入交流电源,称为一次绕组,一次绕组各量用下标“1”表示;另一个绕组接负载,称为二次绕组,二次绕组各量用下标“2”表示。

若将绕组 1 接到交流电源上,绕组中便有交流电流 i_1 流过,在铁心中产生交变磁通 Φ ,与外加电压 u_1 频率相同,且与一、二次绕组同时交链,分别在两个绕组中感应出同频率的电动势 e_1 和 e_2 。

$$e_1 = -N_1 \frac{d\Phi}{dt} \quad e_2 = -N_2 \frac{d\Phi}{dt} \quad (1-1)$$

式中 N_1 ——一次绕组匝数;

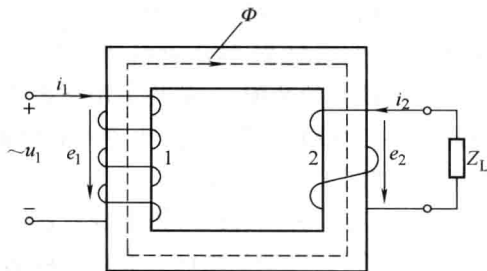


图 1-1 变压器工作原理示意图

N_2 ——二次绕组匝数。

若把负载接于绕组 2, 在电动势 e_2 的作用下将产生电流, 电流 i_2 流过负载, 向负载输出电能, 实现了电能的传递。

由式(1-1)可知, 一、二次绕组感应电动势的大小正比于各自绕组的匝数, 而绕组的感应电动势又约等于各自侧的电压。因此, 只要一、二次绕组匝数不等, 便可使一次侧、二次侧具有不同的电压, 这就是变压器的变压原理。

变压器在传递电能的过程中, 一次侧、二次侧的电功率基本相等。当两侧电压不等时, 两侧电流也不相等, 高压侧的电流小, 低压侧的电流大。故变压器在变压的同时, 也改变了电流。

二、变压器的分类

为适应不同的使用目的和工作条件, 变压器种类很多, 因此变压器的分类方法有多种, 通常可按用途、绕组数目、相数、铁心结构、调压方式和冷却方式等划分类别。

按用途分: 有电力变压器(升压变压器、降压变压器、配电变压器、联络变压器等)和特种变压器(如试验用变压器、仪用变压器、电炉变压器、电焊变压器和整流变压器等)。

按绕组数目分: 有单绕组(自耦)变压器、双绕组变压器、三绕组变压器和多绕组变压器。

按相数分: 有单相变压器、三相变压器和多相变压器。

按铁心结构分: 有心式变压器和壳式变压器。

按调压方式分: 有无励磁调压变压器和有载调压变压器。

按冷却介质和冷却方式分: 有干式变压器、油浸式变压器(包括油浸自冷式、油浸风冷式、油浸强迫油循环式和强迫油循环导向冷却式)和充气式冷却变压器。

第二节 变压器的基本结构

变压器的基本结构部件有铁心、绕组、油箱、冷却装置、绝缘套管和保护装置等。图 1-2 为油浸式电力变压器结构示意图。

一、铁心

铁心是变压器的主磁路, 又是它的支撑骨架。为了提高磁路的导磁性能和减少铁心中的磁滞和涡流损耗, 铁心用 0.35 mm 厚、表面涂有绝缘漆的硅钢片叠成。叠装成形后的铁心, 分为铁心柱和铁轭两部分。铁心柱上套装绕组, 上、下铁轭将铁心柱连接起来, 使整个磁路闭合。

叠片式铁心的结构形式有心式和壳式两种。心式铁心结构的变压器, 其铁心被绕组包围着, 如图 1-3 所示。心式变压器结构简单, 绕组的装配及绝缘设置也较容易, 国产电力变压器铁心主要用心式结构。壳式铁心结构的变压器, 特点是铁心包围线圈, 如图 1-4 所示。壳式变压器的机械强度高, 但制造复杂、铁心材料消耗多, 只在一些特殊变压器(如电炉变压器)中采用。

叠片式铁心的装配, 一般均采用交叠式叠装, 使上、下层的接缝错开, 减小接缝间隙以减小励磁电流。当采用冷轧硅钢片时, 由于冷轧硅钢片顺碾压方向的磁导率高, 损耗小, 故用斜切钢片的叠装方法, 如图 1-5 所示。

近年来, 有一种渐开线形铁心变压器。它的铁心柱硅钢片是在专门的成型机上采用冷挤压成型方法轧制的, 铁轭则是由同一宽度的硅钢带卷制而成, 铁心柱按三角形方式布置, 三相磁路完全对称, 如图 1-6 所示。渐开线形铁心变压器的主要优点在于可以节省硅钢片、便于生产机械化

和减少装配工时。

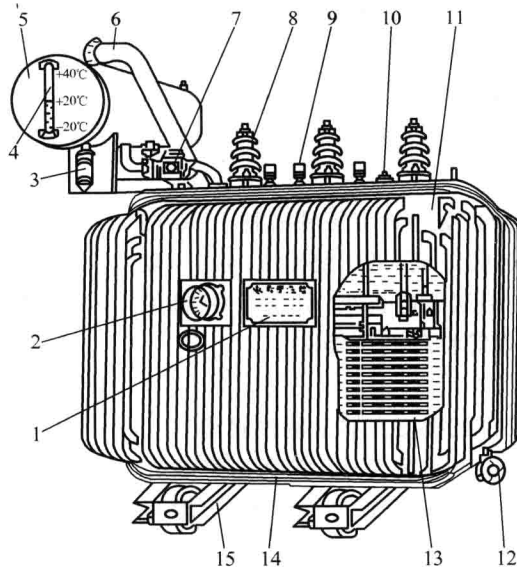


图 1-2 油浸式电力变压器结构示意图

1—铭牌；2—记号温度计；3—吸湿器；4—油表；5—储油柜；6—安全气道；7—气体继电器；8—高压套管；
9—低压套管；10—分接开关；11—油箱；12—放油阀门；13—器身；14—接地板；15—小车

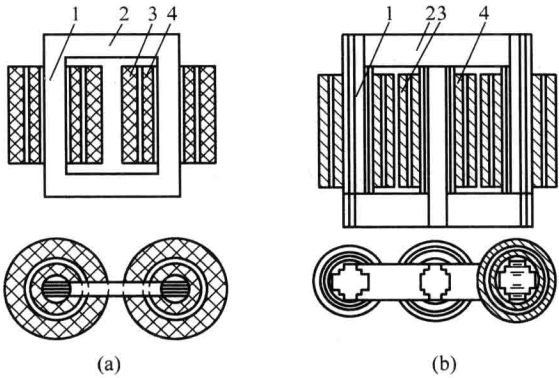


图 1-3 心式变压器结构示意图

(a) 单相变压器；(b) 三相变压器

1—铁心柱；2—铁轭；3—高压绕组；4—低压绕组

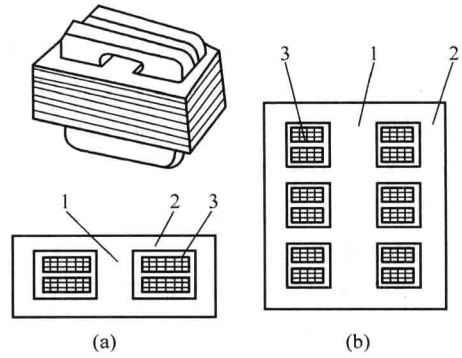


图 1-4 壳式变压器结构示意图

(a) 单相变压器；(b) 三相变压器

1—铁心柱；2—铁轭；3—绕组

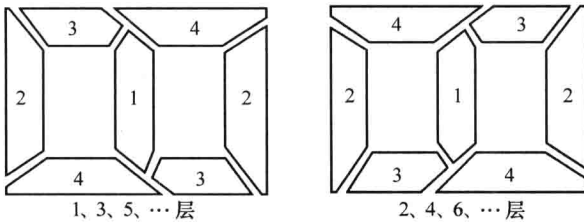


图 1-5 斜切钢片的叠装方法

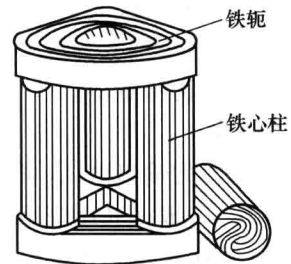


图 1-6 渐开线形铁心组

二、绕组

绕组是变压器的电路部分,常用包有绝缘材料的铜线或铝线绕制而成。

根据高、低压绕组在铁心柱上排列方式的不同,变压器的绕组可分为同心式和交叠式两种。同心式的高、低压绕组同心地套在铁心柱上,如图 1-3 所示。为了便于绝缘,通常低压绕组靠近铁心柱,高压绕组放在外面,中间用绝缘纸筒隔开。这种绕组结构简单,制造方便,国产电力变压器均采用这种绕组。

交叠式绕组的高、低压绕组交替地套在铁心柱上,如图 1-7 所示。这种绕组都做成饼式,高、低压绕组之间的间隙较多,绝缘比较复杂,但这种绕组漏电抗小,引线方便,机械强度高,主要用在电炉和电焊等特种变压器中。

三、油箱和冷却装置

油浸式变压器的器身浸在充满变压器油的油箱里。

变压器油为矿物油,由石油分馏而成。它既是绝缘介质,又是冷却介质。一方面,它具有较大的介质常数,可增强绝缘作用;另一方面,通过油箱中油的对流作用或强迫循环流动,将铁心和绕组的热量带到箱壁及冷却装置,再散发到周围空气中,起冷却作用。

油箱的结构与变压器的容量、发热情况密切相关。变压器的容量越大,发热问题就越严重。在小容量变压器中采用平板式油箱;容量稍大的变压器采用排管式油箱,在油箱侧壁上焊接许多冷却用的管子,以增大油箱散热面积。当装设排管不能满足散热需要时,则先将排管做成散热器,再把散热器安装在油箱上,这种油箱称为散热器式油箱。此外,大型变压器还采用强迫油循环冷却等方式,以增强冷却效果。强迫油循环的冷却装置称为冷却器,不强迫油循环的冷却装置称为散热器。为了检修方便,变压器自身重量大于 15 t 时,通常将变压器做成钟罩式油箱,检修时只需把上节油箱吊起,器身及下节油箱固定不动。

四、绝缘套管

变压器套管是将线圈的高、低压引线引到箱外的绝缘装置,它是引线对地(外壳)的绝缘,又担负着固定引线的作。套管大多数装于箱盖上,中间穿有导电杆,套管下端伸进油箱与绕组引线相连,套管上部露出箱外,与外电路连接。

套管的结构形式,主要决定于电压等级。1 kV 以下采用纯瓷套管,10 ~ 35 kV 采用空心充气或充油套管,110 kV 以上采用电容式套管。为增加表面放电距离,高压绝缘套管外部做成多级伞形。图 1-8 为 35 kV 充油式绝缘套管的结构示意图。

五、分接开关

为调节变压器的输出电压,可改变高压绕组的匝数以调整电压比进行小范围内调压。一般在高压绕组某个部位(如中性点、中部或端部)引出若干个抽头,连接在可切换的分接开关上。双绕组变压器的高压绕组及三绕组变压器的高、中压绕组一般都有 3 ~ 5 个分接头位置,相邻分接

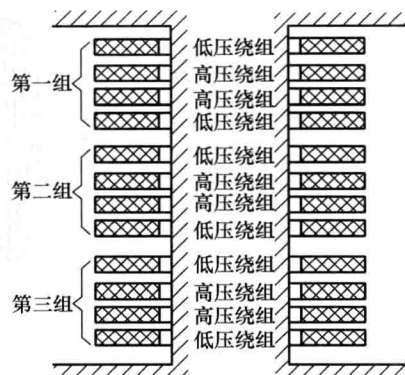


图 1-7 交叠式绕组

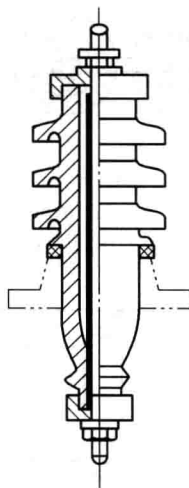


图 1-8 35 kV 充油式绝缘套管的结构示意图

头相差 $\pm 5\%$,多分接头的变压器相邻分接头相差 $\pm 2.5\%$ 或 $\pm 1.5\%$ 。

分接开关分为两种:一种是无载分接开关,在停电状态下方可切换;另一种是有载调压开关,可以在带负荷的情况下进行切换、调整电压。

六、保护装置

1. 储油柜(又称为油枕)

它是一种油保护装置,水平地安装在变压器油箱盖上,用弯曲连管与油箱连通,柜内油面高度随变压器油的热胀冷缩而变动。储油柜能容纳油箱中因温度升高而膨胀的变压器油,并限制油和空气的接触面积,减少变压器油受潮和氧化的程度。此外,通过储油柜注入变压器油,还可防止气泡进入变压器内。

2. 吸湿器(又称为呼吸器)

通过它使大气与油枕内连通。吸湿器内装有硅胶或活性氧化铝等吸附剂,用以吸收进入油枕中空气的杂质和水分,以防止油受潮而保持良好性能。

3. 安全气道(又称为防爆筒)

它装于油箱顶部,如图 1-2 所示。它是一个长钢圆筒,上端口装有一定厚度的玻璃板或酚醛纸板,下端口与油箱连通。当变压器内部因发生故障引起压力骤增时,油和气体冲破玻璃或酚醛纸板喷出,以免造成箱壁爆裂。

4. 净油器(又称为热虹吸净油器)

它是利用油的自然循环,使油通过吸附剂进行过滤,以改善运行中变压器油的性能。

5. 气体继电器(又称为瓦斯继电器)

它装在油枕和油箱的连通管中间,如图 1-2 所示。当变压器内部发生故障(如绝缘击穿、匝间短路、铁心事故等)产生气体时,或油箱漏油使油面降低时,气体继电器动作,发出信号以便运行人员及时处理;若事故严重,可使断路器自动跳闸,对变压器起保护作用。

此外,变压器还有测温及温度监控装置等。

【课堂实践】:

变压器吊芯检查

一、实训目的

- 1) 使学生能够感性地认识变压器内部结构,并能合作完成变压器吊芯操作。
- 2) 明确操作步骤及各安全注意事项。

二、实训工具、仪表及器材

变压器吊芯时使用的主要设备和材料:

- 1) 起重设备:吊车、U形环、钢丝套、绳索、枕木等。
- 2) 油容器及滤油设备。
- 3) 电气焊设备。
- 4) 一般工具及专用工具。
- 5) 布带、干燥的绝缘纸板、电缆纸等。
- 6) 梯子。
- 7) 消防设备。

8) 兆欧表、双桥电阻计、温度计等。

三、实训内容

变压器的检修分为大修和小修。大修是将变压器的器身从油箱中吊出而进行的各项检修；小修是将变压器停运，但不吊芯而进行的检修。

1. 检修前的准备

变压器检修前应做好充分的准备工作，保证检修工作顺利进行，应做的准备工作大致有以下几点：

(1) 查阅档案，了解变压器的运行状况

- 1) 运行中所发现的缺陷和异常(事故)情况，出口短路的次数和情况。
- 2) 负载、温度和附属装置的运行情况。
- 3) 查阅上次大修总结报告和技术档案。
- 4) 查阅试验记录(包括油的化验和色谱分析)，了解绝缘状况。
- 5) 检查渗漏油部位并作出标记。
- 6) 进行大修前的试验，确定附加检修项目。

(2) 编制大修工程技术、组织措施计划

- 1) 人员组织及分工。
- 2) 施工项目及进度表。
- 3) 特殊项目的施工方案。
- 4) 确保施工安全、质量的技术措施和现场防火措施。
- 5) 主要施工工具、设备明细表，主要材料明细表。
- 6) 绘制必要的施工图。

(3) 施工场地要求

- 1) 变压器的检修工作，如条件许可，应尽量安排在发电厂或变电所的检修间内进行。
- 2) 施工现场无检修间时，亦可在现场进行变压器的检修工作，但需做好防雨、防潮、防尘和消防措施，同时应注意与带电设备保持安全距离，准备充足的施工电源及照明，安排好储油容器、大型机具、拆卸附件的放置地点和消防器材的合理布置等。

2. 中、小型电力变压器的拆卸

由于变压器油和绕组对污秽、潮湿很敏感，易于受到损害，不宜长时间与空气接触，故吊芯是变压器检修中技术性较强的一项工作。

(1) 吊芯的注意事项

1) 注意吊芯时的天气条件。吊芯应在相对湿度不大于75%的良好天气下进行，不要在雨雾天或湿度大的天气下吊芯。在江边和湖滨地区日出前湿度大，应在日出后开始放油、吊芯。

2) 注意吊芯场所的清洁。吊芯的工作场所应无灰烟、尘土、水汽，最好在专用的检修场所进行。

3) 必要时提高铁心温度以免受潮。如果任务紧迫，必须在相对湿度大于75%的天气起吊，则应使变压器铁心温度(按变压器上层油温计)比大气温度高出10℃以上，或使室温高出大气温度10℃，且铁心温度不低于室温时吊芯。

4) 器身暴露在空气中时间的规定。吊芯过程中应监视空气的相对湿度，器身暴露在空气中

的时间,应不超过以下的规定:

干燥空气(相对湿度不超过 65%) 16 h

潮湿空气(相对湿度不超过 75%) 12 h

5) 起吊装置的检查 and 起吊时的绑扎。起吊前必须仔细检查起吊装置的可靠性,如钢丝绳的强度和勾挂的可靠性是否稳妥。变压器吊芯起吊方案如图 1-9 所示。起吊时,应使每根吊绳与铅垂线间夹角不大于 30° 。当该角过大时,应适当加长钢丝绳,或加木撑条,如图 1-9 所示。

6) 起吊时人员组织。起吊时,应由专人指挥,油箱一旁有人监视,防止器身及其零部件与油箱碰撞损坏。

满足以上条件后,就可以进行吊芯操作。

(2) 吊芯的工艺流程

1) 拆线。变压器停电后,拆开高、低压套管引线,拆开气体继电器、温度计等设备的电缆,把各线头用胶布包好,做好记号,以便检修后的装复。拆掉变压器接地线和小车垫铁,并对变压器的安装位置做好记号。

2) 将变压器运至检修现场。

3) 放出变压器油。

4) 拆卸附件。将套管、油枕、安全气道、气体继电器拆下来,以免吊芯时损坏。

5) 拆卸油箱沿的螺栓。

6) 吊芯。对于 $3\ 200\ \text{kV}\cdot\text{A}$ 及以下的变压器,器身和箱盖一起吊出。

7) 把器身放至检修位置。吊出器身后,若起吊设备是可以移动的,就把器身吊至指定地点进行检修;如果起吊设备不能移动,则在吊起器身后,把油箱移开。到工位后,把器身落至离地面 $200\sim 300\ \text{mm}$ 的位置停留,在器身下面放集油盘接器身滴下的残油。待油基本滴净以后,移走集油盘,垫上枕木,把器身放置在枕木之上,以方便检修。

(3) 吊芯后的检查

吊芯后,首先对器身进行冲洗,清除油泥和积垢,用干净的变压器油按照从下到上,再从上到下的顺序冲洗一次。不能直接冲到的地方,可用软刷刷洗,器身的沟凹处可用木片缠上浸有变压器油的布擦洗。冲洗后进行以下项目的检查:

1) 检查螺栓、螺母。检查器身和箱盖上的全部螺栓、螺母,对器身上松动的加以紧固。若有螺栓缺螺母,则一定要找到该螺母,将它拧紧在原位置,绝不允许它散落在油箱内、器身中。

2) 检查绕组。检查各绕组是否有松动、位移和变形,绕组间隔衬垫是否牢固,木夹件是否完好。检查并清理绕组中的纵、横向油道,使其畅通。

3) 检查铁心。铁心是否紧密、整齐,硅钢片漆膜是否完好、颜色有无异常。检查铁心接地是否牢固而有效,铁心与绕组间的油道是否畅通。

4) 检查铁扼夹件和穿芯螺杆的绝缘状况。检查时,用兆欧表测定它们对铁心(地)的绝缘电

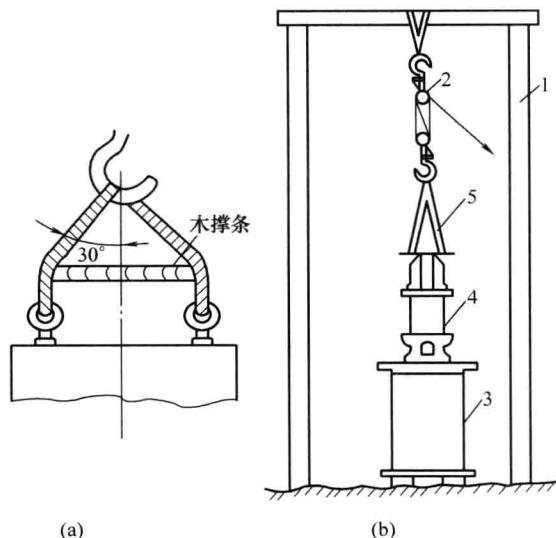


图 1-9 变压器吊芯起吊方案

(a) 用木撑条起吊; (b) 用吊架吊芯

1—吊架; 2—滑轮组; 3—油箱; 4—器身; 5—绳套