

普通高等教育“十一五”规划教材 (高职高专教育)
PUTONG GAODENG JIAOYU SHIYIWU GUIHUA JIAOCAI



DIANJI YUNXING JISHU

电机运行技术

魏涤非 主编



中国电力出版社

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

单片机原理与应用
单片机原理及应用 (第二版)
可编程控制器的原理与应用
微机原理与接口技术
微机原理与接口技术
自动控制原理
自动控制原理
计算机控制技术
电工测量技术
电工电子实验与实训
电子技术
电力电子技术 (第二版)
电机运行技术
电力系统分析
供用电网络及设备
发电厂电气设备及运行
发电厂电气主系统及运行
发电厂及变电所二次回路
变配电所二次系统 (第二版)
电力系统自动装置原理
电力系统继电保护与自动化
电力系统继电保护及二次回路
电气运行
变电站综合自动化技术 (第二版)
变电站综合自动化现场技术
供配电技术 (第二版)
电气照明技术 (第二版)
高电压技术
安全用电
用电管理
电能计量 (第二版)
电能计量
机电控制技术

任万强
张国勋
屈虹
赵又新
马宏锋
刘保录
王艳华
杜卫华
张若愚
李雅轩
张杰
李雅轩
魏淑非
杜文学
羊本勇
王朗珠
郑国山
陈利
阎晓霞
丁书文
李彦梅
沈诗佳
胡永红
路文梅
丁书文
夏国明
夏国明
刘吉来
吴新辉
李璐新
王月志
祝小红
李成良

ISBN 978-7-5083-5800-0



9 787508 358000 >

定价: 22.60元

普通高等教育“十一五”规划教材 (高职高专教育)
PUTONG GAODENG JIAOYU SHIYIWU GUIHUA JIAOCAI



DIANJI YUNXING JISHU

电机运行技术

主 编 魏涤非
编 写 李滨波 梁鸿飞 李元庆
主 审 刘景峰



中国电力出版社
<http://jc.cepp.com.cn>

内 容 提 要

本书为普通高等教育“十一五”规划教材（高职高专教育）。

本书共分为四篇十六章，主要内容有变压器、同步发电机、异步电机、直流电机、电力行业常用微特电机的工作原理、外特性和基本结构等内容，其中重点介绍了变压器和同步发电机的运行原理、运行特性、正常运行的监视、异常运行的现象及处理措施。每章末附有小结与习题，以便学习。

本书可作为高职高专院校电力技术类专业的教学用书，也可作为五年制高职、中职的相关专业课程教材，同时可作为电力工程技术人员的参考书及培训用书。

图书在版编目（CIP）数据

电机运行技术/魏涤非主编. —北京：中国电力出版社，2007
普通高等教育“十一五”规划教材. 高职高专教育
ISBN 978-7-5083-5800-0

I. 电... II. 魏... III. 电机—运行—高等学校：技
术学校—教材 IV. TM306

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2007）第 083039 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>)
北京市铁成印刷厂印刷
各地新华书店经售

2007 年 8 月第一版 2007 年 8 月北京第一次印刷
787 毫米×1092 毫米 16 开本 14 印张 337 千字
印数 0001—3000 册 定价 22.60 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

为贯彻落实教育部《关于进一步加强高等学校本科教学工作的若干意见》和《教育部关于以就业为导向深化高等职业教育改革的若干意见》的精神,加强教材建设,确保教材质量,中国电力教育协会组织制订了普通高等教育“十一五”教材规划。该规划强调适应不同层次、不同类型院校,满足学科发展和人才培养的需求,坚持专业基础课教材与教学急需的专业教材并重、新编与修订相结合。本书为新编教材。

高职高专院校的目标是为现代化建设服务,培养面向生产、建设、服务和管理第一线需要的高素质技能型专门人才。本教材编写努力满足这个办学目标的要求,力图解决原相应课程电机学中包含的内容“偏多、偏深、偏难”的问题。本教材具有鲜明的职业教育特色,理论上本着“适度、够用”的原则,不片面追求电机电磁理论的系统性和完整性;注重知识的应用,紧密结合生产岗位技能的需要,结合现行的国家标准、运行规程,特别注意结合大型发电机与变压器的运行规程,加强电机运行及常见故障分析的内容。

本书分为变压器、同步电机、异步电动机和其他电动机四篇,变压器和同步电机是重点内容。在变压器篇,结合变压器的运行分析,较为详细地介绍了电机的三种基本分析方法——基本方程式、相量图、等效电路。在同步电机篇,主要应用这些方法对发电机的运行做分析。同时,加强了对变压器、同步发电机的有关运行规程的介绍。对异步电动机和其他电动机则重在介绍工作原理、外特性及应用,不做过多的理论分析。

本书由武汉电力职业技术学院魏涤非主编,并编写绪论及同步电机篇。由武汉电力职业技术学院李滨波编写变压器篇,由广西电力职业技术学院梁鸿飞编写异步电动机篇,广西电力职业技术学院李元庆编写其他电机篇。

本书由保定电力职业技术学院刘景峰主审。在本书编写过程中,得到许多同行和工程技术人员的关心和帮助,在此表示衷心的感谢。

由于编者学识水平有限,本书存在的错误和缺陷,敬请读者批评指正。

编者

2007年7月

目 录

前言

绪论	1
----	---

第一篇 变 压 器

第一章 变压器的工作原理和基本结构	4
第一节 变压器的基本原理和类型	4
第二节 变压器的基本结构	5
第三节 变压器的铭牌	9
小结	10
习题	10
第二章 单相变压器的运行原理	11
第一节 单相变压器的空载运行	11
第二节 单相变压器的负载运行	16
第三节 变压器参数的测定	20
第四节 变压器的运行特性	25
小结	27
习题	29
第三章 三相变压器	31
第一节 三相变压器的磁路系统和电路系统	31
第二节 绕组联结方式和磁路系统对电动势波形的影响	36
第三节 其他变压器	37
小结	43
习题	44
第四章 变压器的运行	46
第一节 变压器的并联运行	46
第二节 变压器正常运行的监视	50
第三节 变压器的过负荷运行	52
第四节 变压器的暂态过程	55
第五节 三相变压器的不对称运行	58
第六节 变压器的常见故障类型	62
小结	63
习题	64

第二篇 同 步 电 机

第五章 同步发电机的工作原理和基本结构	66
第一节 三相同步发电机的工作原理和类型	66
第二节 三相同步发电机的基本结构	69
第三节 同步发电机的辅助系统	75
小结	80
习题	80
第六章 交流绕组及其电动势和磁动势	82
第一节 交流绕组的基本知识	82
第二节 交流绕组的电动势	89
第三节 交流绕组的基波磁动势	93
小结	97
习题	98
第七章 同步发电机的运行原理	100
第一节 同步发电机的空载运行	100
第二节 对称负载时的电枢反应	101
第三节 同步发电机的电动势方程式和相量图	104
第四节 同步发电机的运行特性	109
第五节 同步发电机的损耗与效率	111
小结	112
习题	113
第八章 同步发电机的并列运行	115
第一节 同步发电机并列的方法和条件	115
第二节 有功功率的调节和静态稳定	119
第三节 无功功率的调节和 V 形曲线	125
第四节 同步发电机正常运行的监视	129
第五节 调相运行与调相机	131
小结	133
习题	134
第九章 同步发电机的突然短路及异常运行	136
第一节 同步发电机三相突然短路	136
第二节 同步发电机不对称运行	140
第三节 同步发电机的失磁运行	143
第四节 同步发电机常见故障类型	144
小结	146
习题	147

第三篇 异步电动机

第十章 三相异步电动机的基本结构和工作原理	148
第一节 三相异步电动机的基本结构	148
第二节 三相异步电动机的工作原理	151
第三节 三相异步电动机的铭牌	153
小结	156
习题	156
第十一章 三相异步电动机的运行原理	157
第一节 三相异步电动机运行时的物理状况	157
第二节 电磁转矩与机械特性	159
小结	164
习题	165
第十二章 异步电动机的起动与运行	167
第一节 三相异步电动机的起动	167
第二节 三相异步电动机的调速	173
第三节 异步电动机的制动	175
第四节 三相异步电动机的异常运行及常见故障	177
第五节 单相异步电动机	181
小结	184
习题	184

第四篇 其他电机

第十三章 直流电机的工作原理和基本结构	186
第一节 直流电机的基本结构	186
第二节 直流电机的工作原理	188
第三节 直流电机的铭牌	189
小结	190
习题	191
第十四章 直流发电机	192
第一节 直流发电机的基本方程	192
第二节 直流发电机的运行特性	195
第三节 并励直流发电机的自励条件	197
小结	197
习题	198
第十五章 直流电动机	199
第一节 直流电动机的基本方程式	199

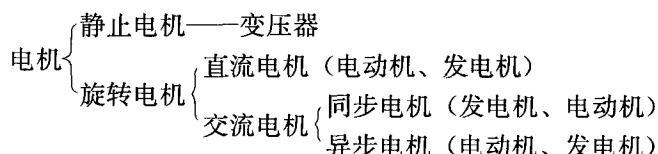
第二节 直流电动机的运行	200
第三节 直流电动机的调速	203
小结	205
习题	206
第十六章 微特电机及感应调压器	207
第一节 微特电机的特点及类型	207
第二节 伺服电动机	207
第三节 测速电机	210
第四节 感应调压器	212
小结	213
习题	214
参考文献	215

绪 论

电机是一种转换能量的机器,是生产、传输、分配及使用电能的主要设备。由于电能是当代社会最主要的能源,因而电机的应用也愈来愈广泛,在国民经济中起着重要的作用。

1. 电机的类型

电机的种类很多,但是就其工作原理来说,都是基于电磁感应定律和电磁力定律。它们大体上可分成下列各类:



2. 电机在电力系统中的作用

同步发电机是电力系统的电源,它把机械能转换成电能。为了经济地传输和分配电能,采用变压器把某一等级的电压升高或降低为另一等级的电压。异步电动机是发电厂多种机械的原动机,它把电能转换成机械能。直流电机也在发电厂某些场所起重要作用。从1997年开始到现在,我国的发电机装机容量和年发电量一直位居世界第二位。到2006年底,我国的发电机装机容量达到了6.22亿kW,当年的发电量达到了28344亿kW·h。

3. 电机的发展概况

电机产生于19世纪。1831年法拉第提出了电磁感应定律,从而奠定了发电机的理论基础。1833年,楞次证明了可逆原理。该原理说明一台电机既可作发电机运行,也可作电动机运行,这使得发电机和电动机的发展可合二为一。(直流电机最先问世,随后出现了交流电机和变压器。)

经过一个半世纪的发展,目前电机的制造技术已相当完善。随着电磁材料、绝缘材料的改进,随着电机冷却技术的不断提高,单机容量不断增大,效率不断提高。目前,国外最大单机容量,汽轮发电机已超过1700MV·A,水轮发电机已超过825MV·A,同步电动机已超过70MW;三相变压器最大单台容量达到1300MV·A,最高电压等级达到1150kV。我国电机制造业的发展也是十分迅速,目前已制造出600MW的汽轮发电机,700MW的水轮发电机和840MV·A、500kV的巨型变压器,1000kV的特高压电力变压器也已试制成功。随着我国国民经济的快速发展,我国的电机制造业即将进入世界先进行列。

4. 本课程的特点

本课程既是一门专业基础课,又是一门专业课。它是基础课,是因为课程中作了许多理论的分析,得到的很多方法和结论是学习后续专业课程的基础;它是专业课,是因为电机确实是电力系统及很多行业中的一种重要设备。它的实际运行情况是复杂的,分析所涉及的理论,既有电的又有磁的,既有时间的又有空间的,既有对称的又有不对称的,既有稳态的又有暂态的。分析时,往往要忽略一些次要的因素,做某些假设,以抓住主要的矛盾、明确物理概念、满足工程技术上的需要。

本课程的内容主要是介绍各类电机的基本结构、工作原理、研究电机内部的电磁关系，在定性分析的基础上，根据电磁定律推导出电机各电、磁量的关系，进而对电机进行定量的分析。最后，应用基本理论来分析电机实际运行中遇到的各种问题。分析的方法，主要是根据电磁理论推出的方程式及对应的等效电路和相量图。同时，本课程又结合国家标准、运行规程，介绍了电机的运行知识。

学习本课程时，要注意理论联系实际，注意把学过的理论用来分析电机运行中遇到的实际问题；要重视实验，培养动手能力；要学会抓住主要矛盾，忽略次要因素，使获得的结论能够满足工程上的应用；要注意对各类电机进行比较，学会综合分析。

5. 本课程常用的电磁定律

(1) 基尔霍夫电流定律。在电路中，流入任意一个节点的电流必定等于流出该节点的电流，即

$$\sum i = 0$$

(2) 基尔霍夫电压定律。电路中任一回路内各段电压的代数和为零，即

$$\sum u = 0$$

或者表示为，电路中任一回路内电压降的代数和等于电动势的代数和，即

$$\sum u = \sum e$$

(3) 磁路欧姆定律。磁路中通过的磁通等于磁路的磁动势除以磁路的磁阻，即

$$\Phi = \frac{F}{R_m}$$

其中，磁路磁阻 $R_m = \frac{l}{\mu S}$ ，即磁阻与磁路长度 l 成正比，与磁路的磁导率 μ 及磁路截面积 S 成反比。

(4) 全电流定律（安培环路定律）。磁场中沿任意一个闭合环路的磁场强度的线积分等于穿过这个环路的所有电流的代数和，即

$$\oint_l \vec{H} \cdot d\vec{l} = \sum I$$

在电机、变压器中，通常磁路由多段组成，运用这一定律时，可写成

$$\sum_{k=1}^n H_k L_k = \sum I = NI$$

式中 NI ——磁动势，安匝。

(5) 电磁感应定律。导体回路中感应电动势 e 的大小，与穿过回路的磁通量的变化率 $\frac{d\phi}{dt}$ 成正比。在电机中，其数学表达式有两种形式。

匝数为 N 的线圈中的磁通 ϕ 变化时，在线圈中产生的感应电动势称为变压器电动势，当按右手螺旋关系规定 e 与 ϕ 的正方向时，数学表达式为

$$e = -N \frac{d\phi}{dt}$$

导体与磁场有相对运动时，它切割磁力线产生的感应电动势称为运动电动势。在均匀磁场中，若有效长度为 l 的直导体、磁感应强度 B 、导体相对运动方向 v 三者互相垂直时，数学表达式为

$$e = Blv$$

(6) 电磁力定律。在磁场中，通电导体将受到电磁力的作用，如果导体与磁场相互垂直，则导体受到的电磁力为

$$f = Bli$$

f 的方向用左手定则确定。

第一篇 变 压 器

变压器是借助于电磁感应,以相同的频率在两个或更多的绕组之间变换交流电压和电流的一种静止电器。在国民经济各个领域中的应用十分广泛,而且种类繁多。

用于电力系统中传输或分配电能的变压器称为电力变压器。在电源端,用升压变压器将发电机电压升高以减小输电线路的电流,如将发电机的出口电压 20kV 升高到 220kV (或 500kV);在受电端,用降压变压器将电压逐级降低以供给用户使用,如图 1-1 所示。因此,电力系统中电力变压器的总容量要比发电机的装机容量大很多,大约为 8~10 倍。

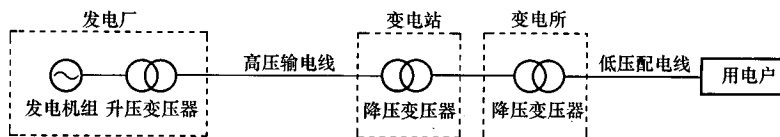


图 1-1 电力变压器在电力系统中的应用示意图

本书主要介绍电力变压器（简称变压器），但其基本工作原理也适用于其他变压器。

第一章 变压器的工作原理和基本结构

【学习要求】

熟练掌握变压器的基本工作原理和额定值的意义,了解其基本结构与分类。

第一节 变压器的基本工作原理和类型

一、变压器的基本工作原理

变压器一般具有两个绕组,套装在同一个铁心上,两个绕组分别与电源和负载相连。连接电源的绕组称为一次绕组,连接负载的绕组称为二次绕组。有关一次绕组的各量均用下标“1”表示,二次绕组的各量均用下标“2”表示。两个绕组中匝数多的为高压绕组,匝数少的为低压绕组。两个绕组间、绕组与铁心间是相互绝缘的。

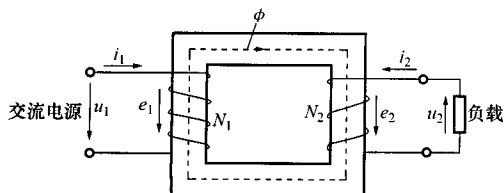


图 1-2 变压器的基本工作原理

变压器的基本工作原理如图 1-2 所示。当一次绕组接上电压为 u_1 的交流电源时,一次绕组中将有交流电流 i_1 流过,变压器从电网中输入功率。电流在铁心中建立与电源电压同频率的交变磁通 ϕ 。该磁通同时交链一、二次绕组,根据电磁感应定律,在绕组中同时感应出交变电动势 e_1 和 e_2 ,感应电动势的大小正

比于各绕组的匝数 N_1 和 N_2 。将 e_2 引出即得到变压器输出电压 u_2 ，接上负载将有电流 i_2 通过，因此从二次绕组输出功率，达到由电源经变压器传递电能的目的。

二、变压器的类型

变压器有很多种类型，主要的分类方式如下。

按用途分类，可分为电力变压器（按其作用又可分为升压变压器、降压变压器和配电变压器等）、仪用互感器（电压互感器和电流互感器）、特殊用途变压器（调压变压器、试验变压器、电炉变压器和电焊变压器等）。

按每相绕组数目分类，可分为双绕组变压器、三绕组变压器和自耦变压器。

按相数分类，可分为单相变压器和三相变压器等。

按调压方式分类，可分为空载（无励磁）调压变压器和有载调压变压器。

按冷却和绝缘介质分类，可分为以变压器油为介质的油浸式变压器（包括油浸自冷式、油浸风冷式、强迫油循环风冷式、强迫油循环水冷式、强迫油循环导向风冷式）、以空气或环氧树脂为介质的干式变压器和用 SF_6 气体为介质的充气式变压器等。

电力变压器按容量大小分类，一般可分为小型变压器（ $630\text{kV} \cdot \text{A}$ 及以下）、中型变压器（ $800 \sim 6300\text{kV} \cdot \text{A}$ ）、大型变压器（ $8 \sim 63\text{MV} \cdot \text{A}$ ）和特大型变压器（ $90\text{MV} \cdot \text{A}$ 及以上）。

第二节 变压器的基本结构

各种变压器的基本结构都大同小异，以下以普通油浸式电力变压器为例，介绍变压器的基本结构和主要部件。

油浸式变压器的绕组和铁心浸放在油箱中，高低压绕组的端点经绝缘套管引出，与外部线路相连接，油箱内装满变压器油，此外还装设有一些保护和冷却装置，如图 1-3 所示。

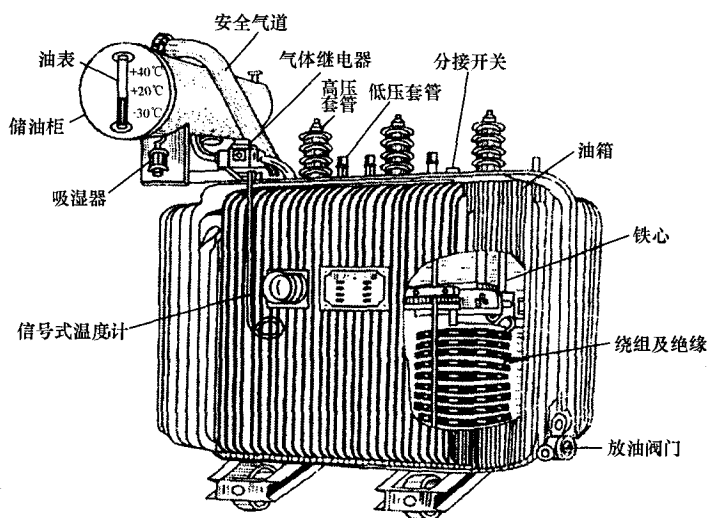


图 1-3 油浸式电力变压器整体结构图

油浸式电力变压器主要包括五个部分：器身、油箱变压器油、出线装置、冷却装置、保护装置。

一、器身

变压器的器身主要指变压器的铁心和绕组，另外还包括绕组绝缘、高低压绕组引线和分接开关等。器身是变压器最基本的部件，变压器的功能就是通过器身来实现的。

1. 绕组

绕组是变压器的电路部分。绕组一般由用纸或纱布等绝缘材料包裹的铜线或铝线绕制而成，其线型有扁线和圆线两种，大型电力变压器绕组采用多层扁线绕制。制成绕组的各线圈呈圆柱形，因这种形状的绕组绕制比较方便，而且在电磁力的作用下有较好的机械性能，不易变形。

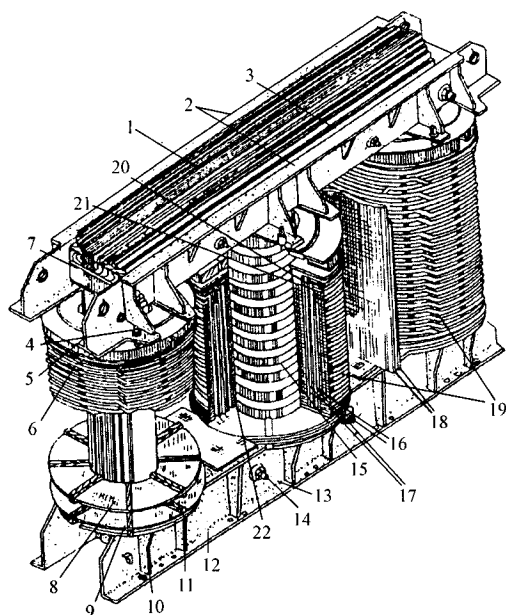


图 1-4 变压器器身结构示意图

- 1—铁轭；2—上夹件；3—上夹件绝缘；4—压钉；5—绝缘线圈；
6—连接片；7—方铁；8—下铁轭绝缘；9—平衡绝缘；10—下
夹件加强筋；11—下夹件上肢板；12—下夹件下肢板；13—下
夹件腹板；14—铁轭螺杆；15—铁心柱；16—绝缘纸筒；
17—油隙撑条；18—相间隔板；19—高压绕组；
20—角环；21—静电环；22—低压绕组

变压器高、低压绕组之间的相对位置有同心式和交叠式两种不同的排列方式。同心式就是将高、低压绕组同心地套在铁心柱上，为便于绝缘，通常将低压绕组靠近铁心，高压绕组则套在低压绕组外面。如图 1-4 所示。交叠式则将高、低压绕组沿铁心柱高度方向交叠地放置，为减小绝缘距离，通常将低压绕组靠近铁轭。

同心式绕组结构较简单，制造方便，电力变压器多数采用这种型式。交叠式绕组机械强度较高，引出线布置方便，易做成多条并联支路，多用在低电压大电流的电焊、电炉变压器及壳式变压器中。

变压器的高、低压绕组分别由一个或多个线圈构成，根据线圈绕制的特点，又可分为圆筒式、饼式、连续式、纠结式和螺旋式等几种型式。

2. 铁心

铁心用来构成变压器的主磁路，又是它的机械骨架。铁心分为心柱和铁轭两部分，心柱用来套高、低压绕组，铁轭将各心柱连接起来，构成完整的闭合磁路。根

据结构型式，铁心又分成心式和壳式两种。由于心式变压器结构比壳式简单，绝缘较易处理，故电力变压器的铁心一般采用心式。壳式变压器结构比较坚固，但制造工艺较复杂，绝缘处理较困难，一般用于单相变压器，再组成大容量的三相变压器。

铁心在叠装时多采用交叠式装配，如图 1-5 所示。铁心柱的截面一般做成多级阶梯形，以充分利用绕组内圆空间。大型变压器铁心中还留有油道，用来改善铁心内部的散热条件，如图 1-6 所示。

为了提高磁路的导磁性能，减少涡流和磁滞损耗，变压器的铁心用表面涂有很薄绝缘漆的硅钢片叠制而成。目前，较大容量的变压器多采用冷轧高导磁晶粒取向硅钢片，其厚度一般为 0.23~0.30mm，可以有效降低铁心损耗与噪声。另外，冷轧硅钢片采用全斜接缝，可

进一步减小变压器的附加损耗。

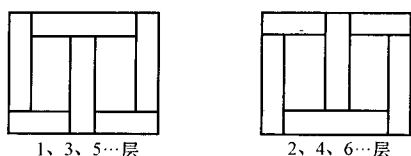


图 1-5 铁心装配叠片

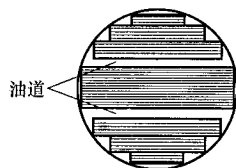


图 1-6 铁心柱的截面

变压器的铁心位于变压器内部电磁场中，运行时在铁心及其他金属附件中会感应出电动势，当电动势的值超过一定值时，则会在铁心与接地油箱之间发生击穿或局部放电现象。为避免这种内部放电，铁心必须接地，且只允许有一点接地。小型变压器铁心从油箱内接到油箱上，经油箱接地点接地；大型变压器铁心连接到油箱顶部接地小套管上，通过小套管从油箱壁外侧接地。互相绝缘的铁心片是通过片之间的电容接地的。

3. 分接开关

变压器常采用改变绕组匝数的方法来调节二次侧的输出电压。由于高压侧电流较小，导线细，故变压器都是在高压绕组引出若干抽头（称为分接头）进行调压。电力变压器的高压绕组上通常设有 $\pm 1.25\%$ 、 $\pm 1.5\%$ 、 $\pm 2.5\%$ 等级别的抽头，例如 $220 \pm 8 \times 1.25\% \text{ kV}$ ，是指在额定电压 220 kV 的基准上，每改变一级抽头可增加或减少额定电压值的 1.25% 。

用以切换分接头的装置叫分接开关，分接开关又分为无载（无励磁）分接开关和有载分接开关。前者装置简单，但必须在变压器切除电源的情况下切换；后者装置复杂，可以在变压器通电带负荷的情况下进行切换。

4. 绝缘

变压器的绝缘可分为外绝缘和内绝缘。外绝缘是指油箱外部的绝缘，如各个绝缘套管带电部分彼此之间和对地绝缘。内绝缘是指油箱内部的绝缘，通常以变压器油（或绝缘气体）和绝缘纸板、绝缘纸为绝缘介质，其中各相绕组之间及各相绕组对地的绝缘称为主绝缘，同一相绕组内不同线段间、层间、匝间的绝缘称为纵绝缘。内绝缘根据电压等级的高低，可采用全绝缘和分级绝缘两类不同的方式。全绝缘是指变压器绕组中性点的主绝缘和绕组出线端具有相同的绝缘水平，分级绝缘是指变压器绕组中性点的主绝缘低于绕组出线端的绝缘水平，我国电压等级为 110 kV 及以上的变压器通常采用分级绝缘。

二、油箱和变压器油

油浸式电力变压器的器身是装在用钢板焊制成的油箱中。油箱一般为圆柱体状，有较高的机械强度。 $20 \text{ kV} \cdot \text{A}$ 以下的变压器常采用平板或波纹油箱；中小型变压器在油箱壁上焊接圆形或扁形散热管以增加散热面积，称为管式油箱；大型变压器将散热管组成整体的散热器（或称为冷却器），称为散热器式油箱。

油箱分箱式和钟罩式，箱式即将箱壁与箱底制成一体，器身至于箱中，检修时需将器身吊出；钟罩式即将箱盖和箱体制成一体，罩在铁心和绕组上。为了检修方便，变压器器身质量大于 15 t 时，通常做成钟罩式油箱，检修时只需把上节油箱吊起即可露出器身。

变压器油箱中充满了专用变压器油，变压器油的作用一是绝缘，二是散热。变压器油比空气的绝缘强度高，且油是液体可充满变压器内部的空隙将空气排除，以避免部件因与空气接触受潮而引起的绝缘强度降低，所以变压器油提高了变压器的绝缘强度。通过冷热油的自然对流作用或强迫油循环的方法，变压器油可以将绕组和铁心在运行中产生的热量传给冷却

装置,进行散热。另外,变压器油还能起熄灭电弧的作用。

变压器油是一种矿物油,要求十分纯净。水分对绝缘强度的影响很大,变压器油长期与含有水分的空气接触会因氧化作用使油发生老化,降低绝缘性能。运行中变压器油因受热产生的杂质过多会堵塞油道影响散热。所以经常要对运行中的变压器油进行去潮去杂处理,并定期进行全面的色谱分析和油质检验。

变压器油箱内还装有温度计,用来测量油箱的上层油温,以监视油的温升情况。大型变压器的温度计还可进行温度控制,当油温到一定值时可分批起动散热器的风扇,以加大散热力度。

三、出线装置

出线装置即绝缘套管,由中心导电杆、绝缘子两部分组成。导电杆穿过变压器油箱顶部,将油箱中的绕组端头连接到外部电路。

1kV 以下出线采用简单的实心绝缘子套管,10~35kV 出线采用空心充气或充油套管,110kV 及以上的则采用电容式充油套管。为了增大表面放电距离,高压绝缘套管外形做成多级伞状,电压愈高级数愈多。

从外观上看,一台变压器上的高压套管相对长而细,低压套管相对短而粗。

四、冷却装置

电力变压器的铁心和绕组在运行时会产生热量。变压器油通过自然对流带到油箱壁或散热管,再通过空气对流方式散发出去,称为油浸自冷式;大型电力变压器在散热器上装有多组风扇给油箱壁或散热管吹风,称为油浸风冷式;若利用油泵加快油的循环流动,将热油从油箱上部抽入冷却器(散热器),冷却后的油再被送回变压器油箱底部,这种方式称为强迫油循环冷却,而冷却器可以用风扇冷却或循环水冷却。

五、保护装置

1. 储油柜

在变压器油箱上方旁侧装设一圆筒形的储油柜(亦称油枕),与油箱之间用管道相连,如图 1-7 所示。

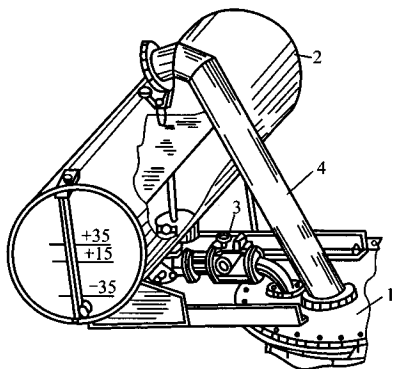


图 1-7 储油柜与安全气道

1—油箱; 2—储油柜; 3—气体继电器; 4—安全气道

变压器油一直充到储油柜的一半左右,储油柜上有标尺显示油位。储油柜的作用有两个,一是减小油与空气的接触面,减缓油受潮及老化的速度;二是当油温变化时调节油量,保证油箱内始终充满油。大型变压器还使用胶囊式或隔膜式储油柜,利用胶囊或橡胶隔膜将油与空气更好地隔离,胶囊底部或隔膜贴附在油面上,可随着油面的变化而上下浮动。

在储油柜上装设有吸湿器(亦称呼吸器)与储油柜的上部空气相连,吸湿器中装有能吸潮的硅胶,可以吸收进入储油柜中空气的水分和过滤杂质。

2. 气体继电器

在储油柜与油箱的油连接管道上常装有气体(瓦斯)继电器,当变压器内部发生短路类型故障时会产生高温,使变压器油被气化产生气体,气体上升进入继电器的顶部空间,使油面下降,浮筒