

中等职业教育国家规划教材配套教学用书

电机与电气控制

(电子技术应用专业)

主编 程周



高等教育出版社

中等职业教育国家规划教材配套教学用书

电机与电气控制

(电子技术应用专业)

主 编 程 周

高等教育出版社

内 容 提 要

本书是中等职业教育国家规划教材配套教学用书,根据2001年教育部颁布的《中等职业学校电子技术应用专业教学指导方案》中“电机与电气控制教学基本要求”,并参照有关行业的职业技能鉴定及中级技术工人等级考核标准编写。

主要内容有:变压器、交流异步电动机、直流电机、控制电机,电气基本控制环节及低压电器,电气控制应用的举例,常用机床电气控制,控制继电器(easy)及其应用。

本书可作为中等职业学校电子技术应用专业、电子电器应用与维修专业及相关专业教学用书,也可作为岗位培训教材或自学用书。

图书在版编目(CIP)数据

电机与电气控制/程周主编. —北京:高等教育出版社,2003.7

ISBN 7-04-012618-4

I. 电... II. 程... III. ①中等专业学校教材②电气控制—专业学校—教材 IV. ①TM3 TM921.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 023337 号

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街4号
邮政编码 100011
总 机 010-82028899

购书热线 010-64054588
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>

经 销 新华书店北京发行所
印 刷 北京未来科学技术研究所
有限责任公司印刷厂

开 本 787×1092 1/16
印 张 11
字 数 260 000

版 次 2003年7月第1版
印 次 2003年7月第1次印刷
定 价 14.20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

前 言

本书是中等职业教育国家规划教材配套教学用书,根据2001年教育部颁布的《中等职业学校电子技术应用专业教学指导方案》中“电机与电气控制教学基本要求”,并参照有关行业的职业技能鉴定及中级技术工人等级考核标准编写。

为了便于对该门课程展开教学,编者建议:

(1)认真阅读教材。本书在编写过程中,已经充分考虑到学生现有的自学能力及基础知识,学生在教师指导下自学是有可能的。要鼓励学生主动学习,勤于思考,学会学习,掌握分析问题的方法。

(2)注重技术应用。本书重点是电气控制技术在生产中的应用,而对于构成电气控制电路的各种器件(包括电动机),应该注重它们的外部特性,淡化内部机理,对器件内部复杂的结构和工作原理,宜“浅”不宜“深”,以“了解”层次为主体,将重点放到电气控制电路中。

(3)重视新技术的发展动向。由继电器构成的有触点系统,会在一段时间内逐步被无触点系统取代,积极引导学生对控制继电器(可编程控制器)的关注是十分必要的,这类器件以其强大的软件功能,灵活的控制方式会很快显示出其优越性。

本书教学时数为68学时,建议学时方案为:

	内 容	理论	实训	合计
1	变压器	6		6
2	交流异步电动机	8	2	10
3	直流电机	6		6
4	控制电机	6		6
5	电气基本控制环节及低压电器	6	4	10
6	电气控制应用的举例	8	2	10
7	常用机床电气控制	6		6
8	控制继电器及其应用	10	4	14
	总计	56	12	68

本教材由安徽省轻工业学校程周主编,河北化工学校汪红、长春市轻工业学校杜贵敏、安徽省第一轻工业学校王丽参编。具体分工为:汪红编写第1,2章,杜贵敏编写第3章,王丽编写第4,5章,程周编写第6,7,8章及各章习题。全书由程周统稿。本书由安徽省轻工业学校高级讲师孙忠献主审。主审以高度负责的态度审阅全书,提出许多宝贵意见,并指出书中编写错误及不妥之处,编者在此表示衷心感谢。本书编写过程中,得到安徽省轻工业学校李治国、常晖、杨林国老师的帮助和支持,编者在此也向他们表示感谢。

由于编者学识和水平有限,书中难免存在缺点和错误,恳请同行和使用本书的广大读者批评指正。编者联系电子邮箱:ahchzh@163.com。

编者

2002年12月

目 录

第 1 章 变压器	1	4.4 步进电机	60
1.1 变压器的用途与分类	1	4.5 旋转变压器	63
1.2 变压器的构造与工作过程	3	习题 4	65
1.3 变压器的外特性与效率	7	第 5 章 电气基本控制环节及低压	
1.4 三相变压器	8	电器	66
1.5 变压器的铭牌数据	12	5.1 概述	66
1.6 自耦变压器	14	5.2 手动控制起动	70
1.7 互感器	15	5.3 点动与长动控制	77
习题 1	17	5.4 正、反转控制	86
第 2 章 交流异步电动机	18	5.5 顺序和多点控制	88
2.1 三相交流异步电动机的用途与分类	18	5.6 时间控制	89
2.2 三相交流异步电动机的构造与工作		5.7 行程控制	92
过程	19	习题 5	95
2.3 三相交流异步电动机的工作特性与		第 6 章 电气控制应用的举例	96
机械特性	24	6.1 三相笼型异步电动机降压起动控制	96
2.4 三相交流异步电动机的铭牌数据	29	6.2 三相笼型异步电动机制动控制	104
2.5 单相异步电动机	30	6.3 三相异步电动机调速控制	107
习题 2	34	习题 6	110
第 3 章 直流电机	35	第 7 章 常用机床电气控制	112
3.1 直流电机的工作原理和基本结构	35	7.1 普通车床电气控制	112
3.2 直流电机的电枢电动势与电磁转矩及		7.2 磨床的电气控制	114
基本方程	42	7.3 铣床的电气控制	119
3.3 直流电动机的工作特性	44	习题 7	125
3.4 直流电动机的机械特性	45	第 8 章 控制继电器(easy)及其应用	126
3.5 他励直流电动机的起动与反转	48	8.1 控制继电器概述	126
3.6 他励直流电动机的调速	49	8.2 控制继电器绘制电路图(编程方法)	128
3.7 他励直流电动机的电气制动	50	8.3 控制继电器(easy)的安装	153
习题 3	52	8.4 控制继电器(easy)技术数据	160
第 4 章 控制电机	53	8.5 故障原因及其排除	165
4.1 测速发电机	53	习题 8	168
4.2 伺服电机	55	附录 easy 控制继电器专用词汇	169
4.3 自整角机	57	参考文献	171

第 1 章 变 压 器

变压器是根据电磁感应原理制成的一种静止电器,它由绕在同一个铁心上的两个或两个以上的线圈组成,线圈之间通过交变磁通相互联系。它可把某一等级的电压与电流变换成同频率的另一等级的电压与电流,实现变换电压、变换电流和变换阻抗的作用,但通常主要用于变换电压,故称变压器。

1.1 变压器的用途与分类

1.1.1 变压器的用途

变压器是输配电系统中必不可少的重要设备之一。发电站发出的电能,在输送到用户的过程中,通常需用很长的输电线,如果输电线路电压 U 越高,则线路电流 I 愈小。这不仅可以减少输电线上的功率损耗,同时还可以减小输电线的截面积,节约导体材料。因此目前世界各国在电能的输送与分配方面都在向高电压、大功率的电力网系统方向发展,以便集中输送、统一调度与分配电能,这就促使输电线路的电压由高压(110~220 kV)向超高压(330~750 kV)和特高压(750 kV 以上)方向发展。目前我国高压输电的电压等级有 110 kV、220 kV、330 kV、550 kV 等多种。在电厂或电站,发电机由于本身结构及所用绝缘材料的限制发出的电压不能太高,因此在将电能进行远距离输送之前,必须利用升压变压器把发电机输出的电压升高到所需的数值。

将高压电能输送到用电区后,为了保证用电安全并合乎用电设备的电压要求,还必须通过各级降压变电站(或变电所),利用变压器将电压降低。如工厂输电线路,高压为 35 kV、10 kV 等,低压为 380 V、220 V、110 V 或 36 V 等。图 1.1(a)是电力网输送电能的示意图,图 1.1(b)是电力网的接线图。

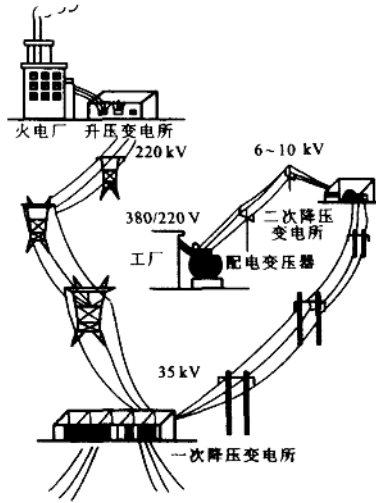
电能,在传输过程中会有能量的损耗,主要是输电线路的损耗及变压器的损耗,它占整个供电容量的 5%~9%,这是相当可观的数字,因此变压器效率的高低已经成为输配电系统中一个突出问题,应尽量采用低损耗系列变压器。

在生产实践中,为安全起见,常使用变压比为 1 的隔离变压器;在电子技术中大量利用变压器变换电压、电流和进行阻抗变换,实现阻抗匹配,使负载获得最大功率;在自动控制中,利用变压器可获得不同的控制电压;此外,变压器在通信、冶金、电气测量等方面均有广泛的应用。

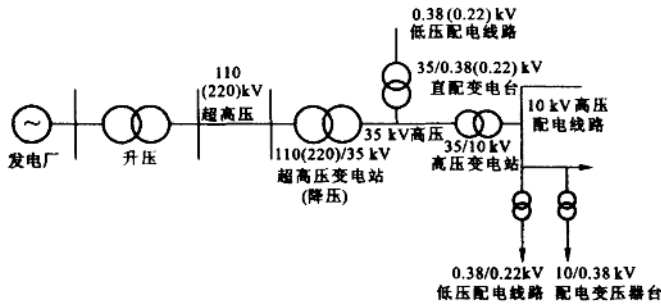
1.1.2 变压器的分类

变压器的种类很多,可按用途、相数、绕组数目和冷却方式等进行分类。

1. 根据用途分类



(a) 电力网输送电能的示意图



(b) 接线图

图 1.1 电力网

(1) 电力变压器 用于输变电系统。在电力系统中,用于远距离传送和分配电能的有升压变压器、降压变压器和配电变压器等。

(2) 仪用互感器 用于仪表测量和继电保护。如电压互感器、电流互感器。

(3) 调压器 能均匀调节输出电压。如自耦调压器、感应调压器。

(4) 实验变压器 专供电气设备作耐压用的变压器。

(5) 特殊电源用变压器 如电炉、电焊、整流变压器等。

(6) 控制变压器 用于自动控制系统的小功率变压器、脉冲变压器、变频变压器以及在电子设备中作为电源、隔离、阻抗匹配等小容量变压器。

2. 根据电源相数分类

(1) 单相变压器 单相变压器多为小容量。

(2) 三相变压器 三相变压器多为大容量。

(3) 多相变压器。

3. 按绕组数目分类

(1) 单绕组变压器 单绕组变压器高、低压共用一个绕组,又称为自耦变压器。

(2) 双绕组变压器 如电力变压器,每相有高、低压两个绕组,还有作等压变换的隔离变压器。

(3) 多绕组变压器 常用作电源变压器,不同的二次电压也可用绕组的不同的抽头来实现。

4. 按冷却方式分类

(1) 干式变压器 干式变压器由空气直接冷却,分自冷和风冷两种。多用在低电压、小容量或防火防爆场合。随着新材料、新工艺的不断出现,干式变压器在变配电上的应用日益增多。

(2) 油浸式变压器 可分为油浸自冷式、油浸风冷式、强迫油循环式三种。小型变压器采用油浸自冷式,将产生的热量经变压器油传给油箱,靠油箱壁辐射和空气对流,使热量散到空气中。中型变压器采用油浸风冷式,即在散热器上加风扇,吹风冷却。大型变压器制成强油风冷式和强油水冷式,用油泵强迫循环使油与冷却介质(空气或水)进行热交换。

1.2 变压器的构造与工作过程

1.2.1 变压器的基本构造

变压器的类型虽多,但基本构造相同,都由铁心和绕组两个基本部分组成。

1. 铁心

铁心构成了变压器的磁路,又作为变压器的机械骨架。铁心由铁心柱(外面套绕组)和铁轭(连接两个铁心柱)组成。为了增强磁路的导磁性,降低铁心的磁滞损耗和涡流损耗,铁心通常用具有高磁导率、厚度为 $0.35 \sim 0.5 \text{ mm}$ 、两面涂有绝缘漆的硅钢片叠成,为了尽量减小磁路的磁阻,铁心的磁回路不能有间隙,因而硅钢片采用分层交错叠装,如图 1.2 所示。为了使磁通方向和碾轧方向基本一致,减少损耗,通常采用图 1.3 所示的斜切硅钢片的叠装方法;铁心也可用冷轧硅钢片卷制后切割而成。通信用变压器的铁心多用铁氧体、铝合金或其他磁性材料制成。

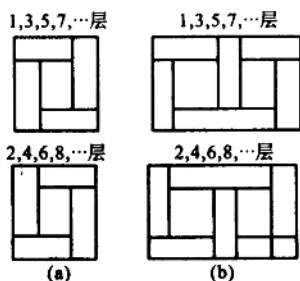


图 1.2 分层交错叠装的硅钢片

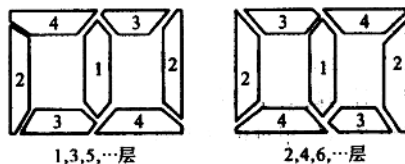


图 1.3 斜切硅钢片的叠装方法

铁心分为心式和壳式两种。心式铁心在两侧的铁心柱上放置线圈,形成线圈包住铁心的形

状,呈“口”字形,如图 1.4(a)所示。这种结构比较简单,散热条件较好,且绕组的装配及绝缘比较容易,适用于容量大而电压高的变压器,国产变压器大部分采用心式结构。壳式铁心则在中间的铁心柱上放置线圈,形成铁心包住线圈的形状,呈“日”字形,如图 1.4(b)所示。这种结构的机械强度较好,但制造工艺复杂,且外层绕组需用的铜线较多,除一些特殊变压器(电炉变压器、小型干式变压器)外很少应用。

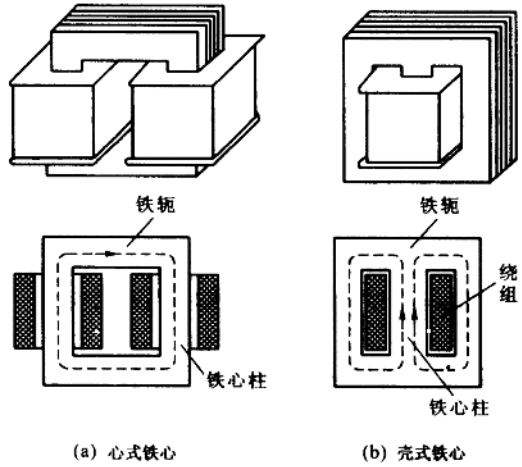


图 1.4 铁心结构

为了充分利用绕组内圆的空间,节省铜材,铁心柱的截面一般采用阶梯形,小型变压器的铁心柱截面一般采用十字形或矩形,如图 1.5 所示。

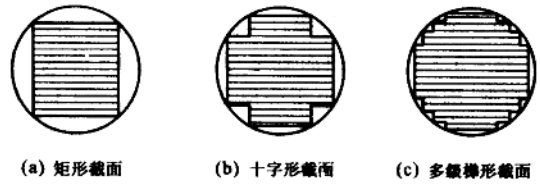


图 1.5 铁心柱的截面

为防止静电感应和漏电,铁心及其构件都应妥善接地。

2. 绕组

绕组是变压器的电路部分,常用绝缘良好(铜或铝)的漆包线、纱包线或丝包线绕制而成。实际变压器的高低压绕组是套装在同一铁心柱上,并且紧靠在一起,尽量减少漏磁通。根据高、低压绕组之间的相对位置排列不同,变压器绕组可分为同心式和交叠式两种类型。

(1) 同心式绕组 同心式绕组的高、低压绕组同心地套在铁心柱上,低压绕组靠近铁心柱的内层,高压绕组绕在低压绕组的外边,如图 1.6(a)所示,其原因是低压绕组和铁心间所需绝缘较简单,这可使低压绕组和铁心之间的绝缘可靠性增加,同时可降低绝缘的耐压等级。这种绕组结构简单,制造方便,国产变压器多采用这种结构。

(2) 交叠式绕组 交叠式绕组又称为饼式绕组。它是将高、低压绕组分成若干个线饼,沿着铁心柱的高度方向交替排列。为了便于绝缘,一般靠近铁轭的最上层和最下层放置低压绕组,如图 1.6(b)所示。这种绕组漏抗较小,连接线方便,绕组机械强度牢固,但绝缘结构复杂,制造不便,主要用在壳式变压器中。

变压器的绕组与铁心之间、不同绕组之间及绕组的匝间和层间的绝缘要好,为此生产变压器时除选用规定的绝缘材料外,还要进行去潮(浸漆、烘烤、灌蜡、密封等)处理。

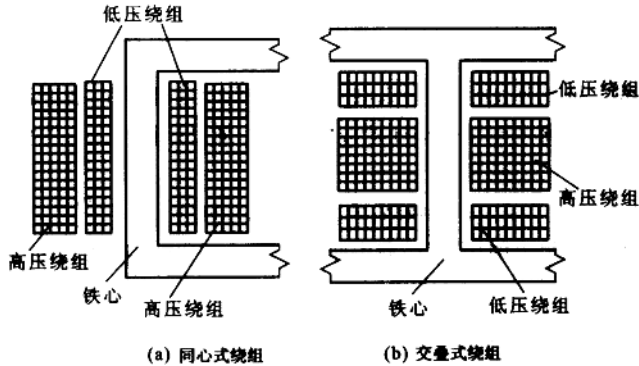


图 1.6 变压器绕组

为了防止电网中高频电流对变压器负载产生干扰,常在小型电源变压器一、二次绕组间,放置一薄层开口紫铜皮或绕上一层不连接的绝缘导线作为屏蔽层。

(3) 变压器绕组的极性 对同一绕组,其首尾两端应相通,阻值为几欧,而互相绝缘的绕组之间,阻值为 ∞ 。

如图 1.7 所示,变压器的两个绕组匝数和绕向均相同。在交变磁通的作用下,假设在某一瞬间上面绕组中的感应电压为上“+”,下“-”时,显然下面绕组中感应电压也是上“+”、下“-”,称这两个绕组的上端(或下端)为同极性端,并标出符号“·”。

这两个绕组串联时,同极性端不能接在一起;并联时,同极性端必须接在一起,否则将造成短路。

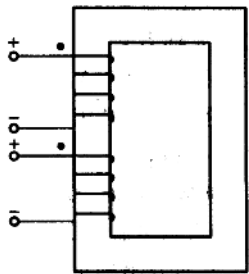


图 1.7 变压器绕组的极性

1.2.2 变压器的基本工作过程

图 1.8(a)所示是变压器工作原理示意图。与电源连接的绕组称一次绕组,匝数为 N_1 ,与负载连接的绕组称二次绕组,匝数为 N_2 ;输入电压、电流为 u_1 、 i_1 ,输出电压、电流为 u_2 、 i_2 ,负载为 Z 。变压器的图形符号如图 1.8(b)所示,文字符号为字母 T。

1. 变压器的空载运行和变压比

变压器的空载运行就是一次绕组加额定电压而二次绕组开路(不接负载)时的工作情况。在图 1.8(a)所示电路中,断开开关 S1,则变压器在空载情况下运行。由于二次绕组开路,因此二次绕组中的电流为零,此时一次绕组中流过的交变电流 i_0 称为空载电流,空载电流比额定电流小

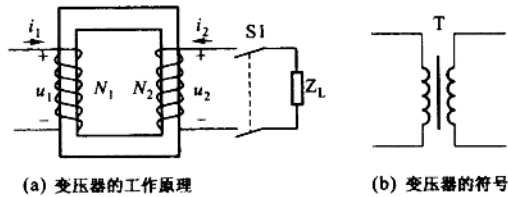


图 1.8 变压器的工作原理

得多(约为额定电流的 3% ~ 8%)。

由于 u_1 、 i_1 是按正弦规律交变的,所以在铁心中产生的磁通 Φ 也是正弦交变的。在交变磁通的作用下,一、二次绕组将产生正弦交变感应电动势。可以计算出,一、二次绕组感应电动势的有效值为

$$E_1 = 4.44fN_1\Phi_m \quad E_2 = 4.44fN_2\Phi_m$$

如果忽略漏磁通和绕组上的压降(空载电流小),则一、二次绕组两边电压近似等于一、二次绕组的电动势,即

$$U_1 \approx E_1, \quad U_2 \approx E_2$$

则一、二次电压之比等于匝数比

$$\frac{U_1}{U_2} \approx \frac{E_1}{E_2} = \frac{4.44fN_1\Phi_m}{4.44fN_2\Phi_m} = \frac{N_1}{N_2} = k$$

式中, k 称为变压器的变压比。

当 $k > 1$ 时, $N_1 > N_2$, $U_1 > U_2$, 此类变压器称为降压变压器;当 $k < 1$ 时, $N_1 < N_2$, $U_1 < U_2$, 此类变压器称为升压变压器;当 $k = 1$ 时, $N_1 = N_2$, $U_1 = U_2$, 该变压器既不升压,也不降压,能作隔离变压器用。

实际应用时,变压器的二次输出电压可在小范围内调节,从二次绕组上抽头,可输出不同的电压,得到多输出变压器。

2. 变压器的负载运行和变流比

变压器的负载运行是指一次绕组加额定电压,二次绕组与负载接通时的运行状态。在图 1.8(a)所示电路中,闭合开关 S1,则变压器在带负载的情况下运行。

变压器工作时,一、二次绕组的电阻、铁心都会损耗一定的能量,但是比负载上消耗的电能小得多,在分析计算时,可将这些损耗忽略。这样,可将变压器看成理想变压器,其内部不消耗功率,认为变压器输入功率等于负载消耗的功率,即

$$U_1 I_1 = U_2 I_2$$

由上式可得

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{U_2}{U_1} = \frac{N_2}{N_1} = \frac{1}{k}$$

上式表明变压器带负载工作时,一、二次电流有效值与它们的电压或匝数成反比。变压器在变换了电压的同时,也变换了电流。

3. 变压器的阻抗比

变压器除有变压和变流作用之外,还可用来实现阻抗变换,图 1.9 是表示这种变换作用的等效电路图。设在变压器的二次侧接入阻抗 Z_L ,可设想一次侧存在一个等效阻抗 Z' ,它的作用是将二次阻抗 Z_L 折合到一次电路中去。

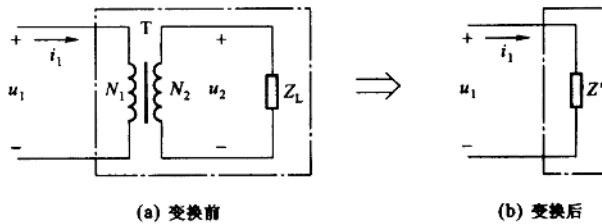


图 1.9 变压器的阻抗变换

根据欧姆定律,一次电压、电流的有效值关系可表示为

$$|Z'| = \frac{U_1}{I_1} = \frac{kU_2}{k^{-1}I_2} = k^2 \frac{U_2}{I_2} = k^2 |Z_L|$$

上式表明变压器的二次侧接上负载 Z_L 后,对电源而言,相当于接上阻抗为 $k^2 Z_L$ 的负载。当 Z_L 一定时,只要改变 k ,就可以得到不同的等效阻抗。

在电子电路中,功率放大电路对负载的阻抗往往有一定要求。当功率放大电路的负载阻抗为某一数值时,其输出功率为最大而波形失真又很小,这时的负载阻抗称为最佳负载阻抗。一般情况下,实际的负载阻抗并不等于所需的最佳负载阻抗。例如,收音机扬声器(喇叭)的阻抗一般为 $8\ \Omega$ 或 $16\ \Omega$,而功率放大器所需的最佳负载阻抗通常为几百欧,为此需要用变压器来进行阻抗变换,以获得最大的输出功率,这称为阻抗匹配。

1.3 变压器的外特性与效率

1.3.1 变压器的外特性

当电源电压和负载功率因数不变时,变压器二次电压 U_2 与二次电流 I_2 之间的变化关系,称为变压器的外特性。图 1.10 所示为变压器的外特性曲线,当负载为阻性或感性时,它是一条沿水平轴稍微向下倾斜的直线。这是因为对用户来说,变压器二次绕组相当于电源,在一次绕组外加电压不变的条件下,变压器的负载电流 I_2 增大时,二次绕组的内部电压降也增大,二次绕组端电压 U_2 将随负载电流 I_2 的增大而减小。

变压器有负载时,二次电压的变化程度用电压变化率(电压调整率)来表示。电压变化率是指变压器从空载到满载运行时,二次电压变化量 $(U_{20} - U_2)$ 与空载额定电压 U_{20} 的百分比,即

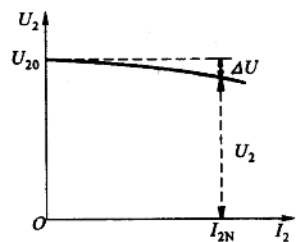


图 1.10 变压器的外特性曲线

$$\Delta U \% = \frac{U_{20} - U_2}{U_{20}} \times 100 \%$$

电压变化率是变压器的主要性能指标之一,人们总希望电压变化率越小越好。常用的电力变压器电压变化率约为 4% ~ 6%。

1.3.2 变压器的效率

变压器一次输入功率为 $P_1 = U_1 I_1 \cos \varphi_1$, 二次输出功率(负载获得的功率)为 $P_2 = U_2 I_2 \cos \varphi_2$, φ_1 、 φ_2 分别为一次、二次绕组电压与电流的相位差。

输入功率与输出功率之差($P_1 - P_2$)就是变压器本身损耗的功率,包括铜损耗 p_{Cu} 和铁损耗 p_{Fe} 。铜损耗 p_{Cu} 是一、二次绕组导线电阻上的损耗,与一、二次电流有关,随负载变化而变化,称可变损耗。铁损耗 p_{Fe} 是铁心中的磁滞损耗和涡流损耗,与一次绕组电压 U_1 的平方成正比,与频率有关,而与变压器负载的大小无关,称固定损耗。电流越大,铜损越大;频率越高,铁损越大。

变压器的效率是指输出功率 P_2 与输入功率 P_1 的百分比,即

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} \times 100 \% = \frac{P_2}{P_2 + p_{Cu} + p_{Fe}} \times 100 \%$$

变压器没有转动部分,也就没有机械摩擦损耗,因此它的效率很高,供电变压器效率都在 95% 以上,大型变压器可达到 99%。图 1.11 所示为变压器的效率曲线,由图可见,效率随输出功率而变,通常供电用的变压器约在 40% ~ 60% 额定功率时效率最高,负载再增大,效率略有减小,若负载很轻,则效率下降很多。

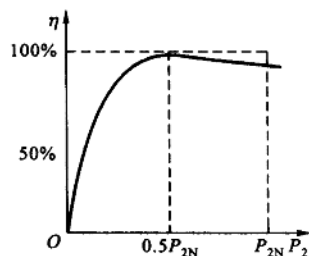


图 1.11 变压器的效率

1.4 三相变压器

三相变压器的用途是变换三相电压。它主要用于输电、配电系统中。对于三相电源进行电压变换,可用三台单相变压器组成的三相变压器组,也可把三台变压器连接在一起,成为三相变压器。三相变压器在对称负载运行时,其任意一相和单相变压器没什么区别,所以分析单相变压器的方法和结论同样适于对称负载运行时的三相变压器。

1.4.1 三相变压器构造

三相变压器中,应用最广泛的是三相心式变压器,它将三个单相变压器合成一个三铁心柱的结构,如图 1.12(a)所示。因为三相绕组接入对称三相交流电源时,三相绕组中产生的主磁通是对称的,所以有 $\Phi_A + \Phi_B + \Phi_C = 0$, 即中间铁心柱的磁通为零,因而可以省略中间铁心柱,如图 1.12(b)所示,为了制造方便、节省硅钢片,常将三个铁心柱放置在同一平面内,如图 1.12(c)所示。三个铁心柱各为一相,上面绕有该相的一、二次绕组,如图 1.13 所示,可按需要接成 Y 形或 Δ 形。

图 1.14 是一台油浸式三相电力变压器外形结构图,其主要部分除铁心和绕组(合称为器身)外,还有油箱(油浸式)及其附件。

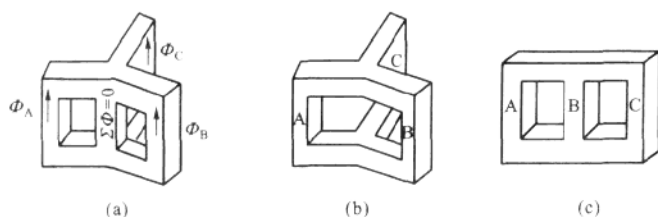


图 1.12 三相心式变压器

油箱:由钢板焊接而成,它除放置变压器的器身外,充满了变压器油。变压器油是一种作为绝缘介质和散热媒介的矿物油,有些油箱的箱壁上装置油管或冷却器以增大散热面积。

储油柜(油枕):是卧式圆筒形容器,装在油箱上方,有管道与油箱相通。其作用是给油的热胀冷缩在油箱外提供一个空间,并减小油与空气的接触面,从而降低变压器油受潮和老化的速度。

吸湿器(呼吸器):用硅胶或氯化钙除去空气中的水分防止其进入油箱。

安全气道(防爆管):其管口用 3~5 mm 厚玻璃封盖,在变压器内部发生严重故障、继电器失灵时,油箱内突然膨胀的气体便冲破玻璃板排出,以防止油箱变形或爆炸。

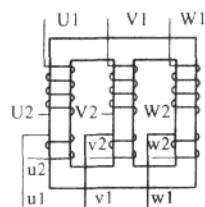


图 1.13 三相变压器的一、二次绕组

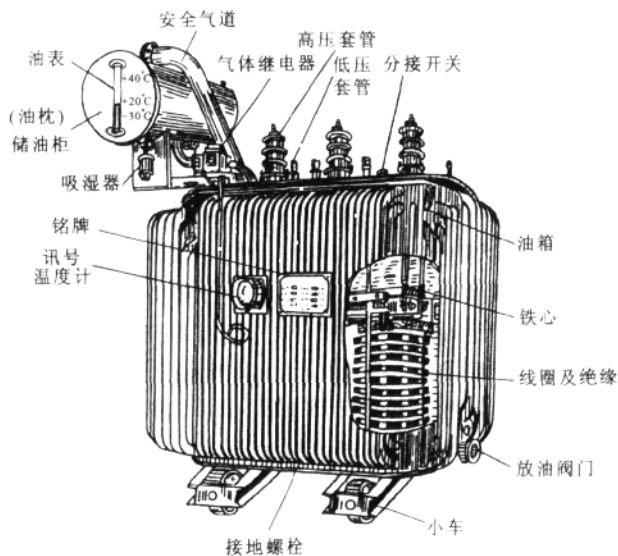


图 1.14 油浸式电力变压器

气体继电器(瓦斯继电器):是变压器的主要保护装置。当变压器发生故障时,内部绝缘物气化,使继电器动作,发出故障信号或自动使开关跳闸。

绝缘套管:由瓷质材料制成,把高、低压引线从油箱中引出,以保证带电的引线与接地的油箱绝缘。不同等级的电压,采用的瓷套管结构是不同的。

分接开关(调压开关):电力变压器有 $\pm 5\%$ 的抽头,通过分接开关改变分接头的连接,以改变高压线圈的匝数,从而调节变压器的输出电压。

1.4.2 三相变压器联结组

三相变压器中,不论高、低压绕组,主要采用星形和三角形联结,为表明连接方法,使连接不致发生错误,对绕组的首端和末端标记规定如表 1.1 所示。

表 1.1 绕组首端和末端标记

绕组名称	单相变压器		三相变压器		中性点
	首端	末端	首端	末端	
高压绕组	U1	U2	U1、V1、W1	U2、V2、W2	N
低压绕组	u1	u2	u1、v1、w1	u2、v2、w2	n

作星形联结时,把三相绕组的末端 U2、V2、W2 连接在一起,把首端 U1、V1、W1 引出,用 Y(或 y)表示,如果有中性点引出,用 YN(或 yn)表示。作三角形联结时,将一相绕组的末端与另一相绕组的首端相连,依次连接成一闭合回路,用 D(或 d)表示。

由于三相变压器的三相绕组可以采用不同的连接法,使得一、二次绕组中的线电动势具有不同的相位差。因此按一、二次线电动势的相位关系将三相变压器绕组的连接法分成不同的组合,称为绕组的联结组。对于三相绕组,无论采用哪种连接法,一、二次线电动势的相位差总是 30° 的整数倍,因此,采用时钟表面上的 12 个数字来表示这种相位差很简明,可称为“时钟表示法”。即将高压侧线电动势矢量作为时钟上的长针,始终指向“12”,而将低压侧线电动势矢量作为短针,它所指的数字即表示高低压侧线电动势矢量间的相位差,此数字称为三相变压器联结组标号。三相变压器的联结组不仅与绕组的绕向和首末端的标记有关,还与绕组连接方式有关。国家标准规定的联结组可归并为 Yy 和 Yd 两大类,现分别说明如下:

(1) Yy 联结组 图 1.15 为 Yy 联结组的连接图。图 1.15(a)中一、二次绕组的同名端为首端,可知一、二次绕组对应各相的相电动势同相,因而一次线电动势 \dot{E}_{UV} 与二次线电动势 \dot{E}_{uv} 也同相,当 \dot{E}_{UV} 指向 0 点(即 12 点)时, \dot{E}_{uv} 也指向 0 点,所以标号为“0”,即为“Y, y0”联结组。图 1.15(b)中把非同名端作为首端,可知一、二次绕组对应各相的相电动势反相,因而 \dot{E}_{UV} 与 \dot{E}_{uv} 也相差 180° ,即为 Y, y6 联结组。图 1.15(c)中一次绕组三相标记不变,但将二次绕组的 v 相绕组作为 u 相, w 相绕组作为 v 相,而 u 相绕组作为 w 相。这时 \dot{E}_{uv} 滞后 $\dot{E}_{UV} 120^\circ$,即短针从 12 点顺时针转过

$4 \times 30^\circ$, 指到 4 点, 即为 Y, y4 联结组。

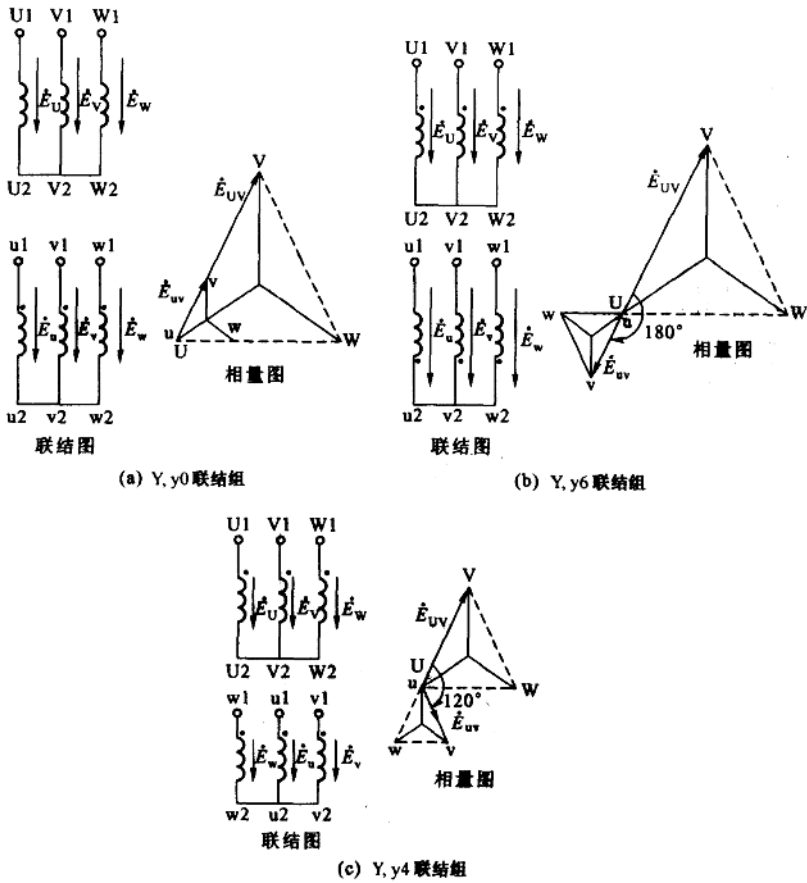


图 1.15 Y_y 联结组

(2) Yd 联结组 图 1.16 为 Yd 联结组的连接图。图 1.16(a) 中一、二次绕组的同名端为首端, 二次绕组逆序角接, 可知一、二次绕组对应各相的相电动势同相, 但一次线电动势 E_{UV} 与二次线电动势 E_{uv} 相位差为 $11 \times 30^\circ = 330^\circ$, 当 E_{UV} 指向 12 点时, 则 E_{uv} 指向 11 点, 即为 Y, d11 联结组。图 1.16(b) 中将二次绕组改为顺序角接, 此时 E_{UV} 与 E_{uv} 相位差为 30° , 且 E_{uv} 滞后 E_{UV} , 即为 Y, d1 联结组。图 1.16(c) 所示为连接 Y, d5 联结组。

综上所述, 改变绕组极性或线端标记可得到不同的联结组。实际上, Y_y 联结可得六个偶数联结组, Y_d 联结可得六个奇数联结组。此外, D_y 和 D_d 联结也可分别得到与 Y_y 和 Y_d 相同组号的六种联结组。为了避免混乱和便于制造与使用, 国家标准规定 Y, yn0、Y, d11、YN, d11、YN, y0、Y, y0 五种联结组为两绕组电力变压器的标准联结组。

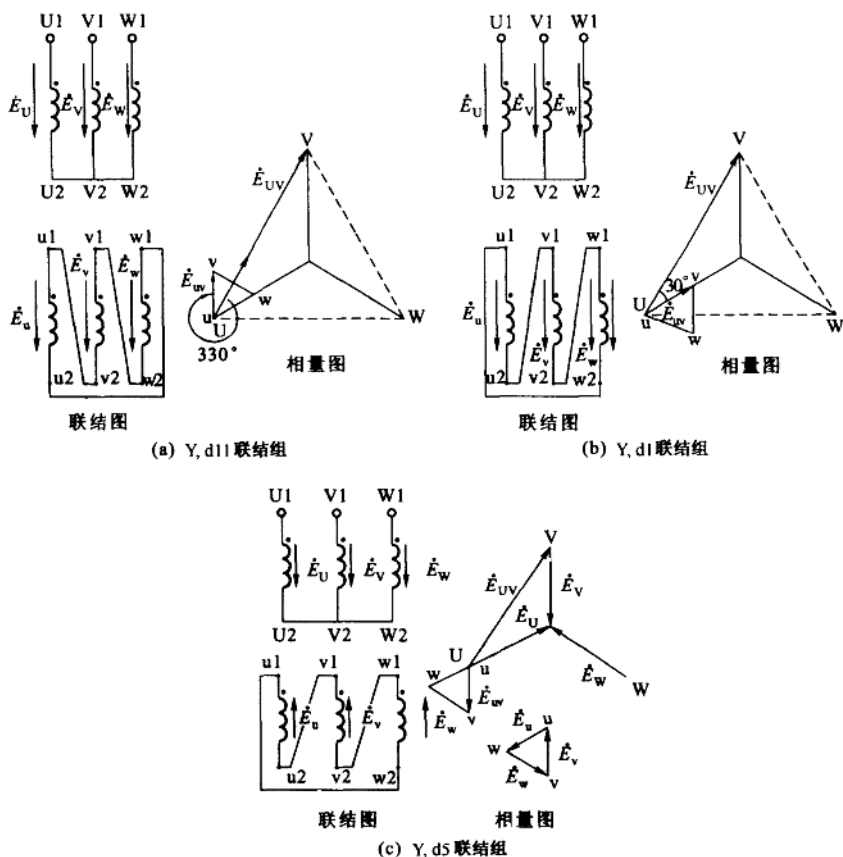


图 1.16 Yd 联结组

1.5 变压器的铭牌数据

为了正确使用变压器,并让用户了解变压器的性能,必须掌握其铭牌上的技术数据。图 1.17 所示为一台三相电力变压器的铭牌,铭牌上标明了变压器型号及各种额定数据。

型号:表示变压器的结构特点、额定容量(kV·A)、冷却方式和高压侧电压等级(kV)。

例如: S 7 - 500 / 10

