

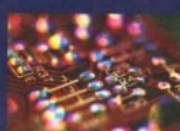
高 级 技 工 学 校 教 材

劳动和社会保障部中国就业培训技术指导中心
全国职业培训教学工作指导委员会机电专业委员会
组织编写



电子技术 基础

中央广播电视大学出版社



责任编辑 尹立宏

封面设计 王 容

ISBN 7-304-02812-2



9 787304 028121 >

ISBN 7-304-02812-2/TP · 222

定价：32.00元

高级技工学校教材

机电类专业编审工作委员会

主任：陈 宇 郝广发

副主任：孙长庆 张永麟 杨黎明

委员：(按姓氏笔画排序)

于 平	王 军	王兆山	王洪琳	王晓君
付元胜	付志达	冯振君	刘大力	刘亚琴
许炳鑫	孙国庆	李 涛	李长江	李木杰
李鸿仁	李超群	杨耀双	杨君伟	杨柳青
何阳春	张 斌	张仲民	张跃英	陈 蕾
林 青	林爱平	周学奎	单渭水	郝晶卉
赵杰士	贾恒旦	董桂桥	甄国令	

《电子技术基础》编写人员

主 编：宋维然

主 审：杨国平

编 者：宋维然 张长勇 吴 敏 陈玉金 李永存

序

为实施人才强国战略,加快高技能人才培养,劳动和社会保障部组织实施了国家高技能人才培养工程。为配合这项工程实施,我部委托中国就业培训技术指导中心、全国职业培训教学工作指导委员会机电专业委员会,组织专家编写了高级技工学校机床切削加工、机械设备维修、模具制造与维修、数控机床加工、电气维修 5 个专业的配套教材。

高级技工学校是我国培养高技能人才的重要基地。这次编写的 5 个专业的配套教材,是高级技工学校多年教学实践经验的积累和总结。教材依据《国家职业标准》和《高级技工学校专业教学计划》,瞄准经济发展对技能人才的要求,以职业技能为核心,注重教学内容的科学性、先进性和规范性,突出实践创新能力的培养。本套教材在编写中,特别注意了中、高级技能人才培养的衔接,教材的适用范围为具备中级职业资格水平的读者对象。本套教材同时可作为相关职业(工种)高级工、技师等企业职工培训教材,也可作为相关专业高职院校的课程教材,并且还可为相关专业技术人员作为参考。

本套教材的编写得到了学校、企业等有关方面的大力支持,30 多所高级技工学校和企业的专家参加了教材的编审工作,付出了辛勤的劳动,在此向所有参与教材编审工作的同志和给予大力支持的学校、企业表示感谢。

劳动和社会保障部培训就业司

2004 年 3 月

前言

本书是根据全国职业培训教学工作指导委员会机电专业委员会和中国机械工业教育协会技工教育分会确定的高级技校“机械设备维修专业教学计划”编写的,可供机电类专业、电气维修类专业等使用。参考学时为 80~100 学时。

考虑到高级技校的主要培养目标是技术应用型人才,本教材在编写中突出了以下几个特点:

1. 本书以基本理论“够用”、“必需”为原则,力图在较少的篇幅中由浅入深、删繁就简,以掌握基本理论、基本电路和基本分析方法为目的编排课程内容,努力做到少而精。

2. 突出基本技能的培养,注重实践和应用,每章后均有实践与技能操作的训练,重点培养学生的动手能力。教材中带“*”部分为选学内容,有利于学生的进一步发展。

3. 根据教学计划要求本书包含了三大部分内容,即电机与变压器、模拟电子技术和数字电子技术。

全书共十一章,其中第一、二、三章由张长勇和陈玉金同志编写,第四、五、六、七章由吴敏同志编写,第八章由陈玉金和宋维然同志编写,第九章由李永存同志编写,第十、十一章由宋维然同志编写。全书由宋维然同志负责统稿工作并任主编,杨国平同志负责主审。

由于编者水平有限且时间紧迫,书中难免存在一些问题,希望读者批评指正。

编者

2004 年 10 月

目 录

第一章 变压器	1
第一节 单相变压器	1
第二节 其他用途的变压器	7
第三节 三相变压器	10
第二章 交流电动机	21
第一节 三相异步电动机概述	21
第二节 三相异步电动机的工作原理	26
第三节 三相异步电动机的机械特性及运转状态	27
第四节 三相异步电动机的调速	32
第五节 单相异步电动机	35
第三章 直流电机	44
第一节 直流电机的工作原理及结构	44
第二节 直流电动机的运行原理	52
第三节 直流他励、直流并励电动机的机械特性	55
第四章 半导体元件及特性	62
第一节 半导体的基本知识与 PN 结	62

第二节 半导体二极管.....	64
第三节 半导体三极管.....	67
第四节 场效应管.....	74
第五章 晶体管放大电路.....	80
第一节 基本放大电路组成.....	80
第二节 放大电路的静态分析.....	81
第三节 放大电路的动态分析.....	84
第四节 静态工作点的稳定.....	93
第五节 射极输出器.....	95
第六节 放大电路的负反馈.....	98
第七节 多级放大器.....	105
第八节 互补对称功率放大器.....	109
第九节 场效应管放大电路.....	118
第六章 直流稳压电源.....	132
第一节 整流滤波电路.....	132
第二节 硅稳压二极管及其稳压电路.....	138
第三节 串联型晶体三极管稳压电路.....	141
第七章 晶闸管及其应用.....	151
第一节 晶闸管的结构与工作原理.....	151

第二节 单相半波可控整流电路.....	156
第三节 单相桥式可控整流电路.....	161
第四节 晶闸管的保护.....	164
第五节 晶闸管触发电路.....	166
第八章 逻辑代数基础.....	177
第一节 数制与编码.....	177
第二节 逻辑函数的表示法和化简.....	182
第九章 基本门电路.....	192
第一节 门电路的基础知识.....	192
第二节 TTL 集成门电路.....	199
第三节 MOS 门电路.....	203
第四节 常用集成电路芯片.....	206
第五节 使用 TTL 门电路和 MOS 门电路应注意的问题.....	211
第十章 组合逻辑电路.....	215
第一节 组合逻辑电路的分析与设计.....	215
第二节 加法器与比较器.....	219
第三节 编码器.....	224
第四节 译码器.....	227
第五节 多路开关.....	232

第六节 利用中规模集成电路进行逻辑设计	238
第十一章 时序逻辑电路	247
第一节 触发器	247
第二节 寄存器	256
第三节 计数器	260
第四节 同步时序逻辑电路的设计方法	269
参考文献	279

第一章 变压器

第一节 单相变压器

变压器是利用电磁感应原理制成的一种静止的交流电气设备。它能将某一电压值或电流值的交流电变换成相同频率的所需电压值或电流值的交流电。由于它具有变换电压、变换电流和变换阻抗的作用，因而在机械设备和电子线路中得到广泛应用。

一、单相变压器的结构和工作原理

(一) 单相变压器的结构及分类

1. 结构

变压器是由磁路部分和电路部分组成的。单相变压器主要由一个闭合的软磁铁芯组成的磁路和两个或两个以上套在铁芯上而又相互绝缘的绕组共同组成的，如图 1-1a 所示，变压器的图形符号如图 1-1b、1-1c、1-1d 所示。

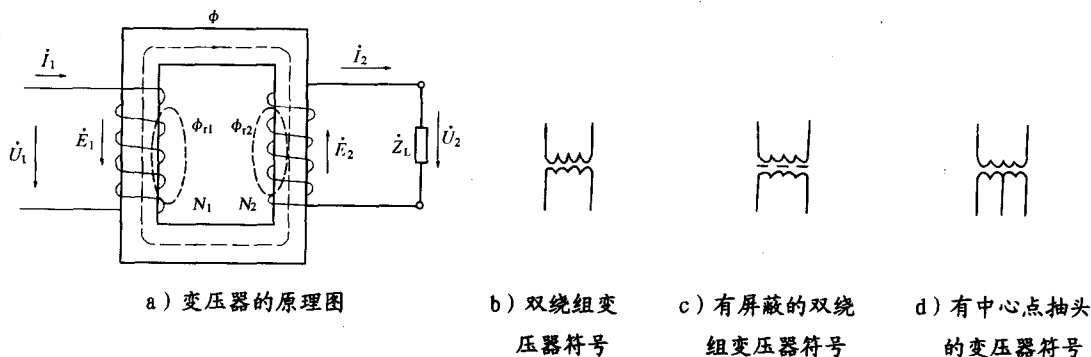


图 1-1 变压器的原理图及符号

(1) 绕组。绕组在单相变压器中常称线圈，是变压器的电路部分，常用漆包线绕制而成。接电源的绕组称一次侧绕组或初级绕组或原边绕组，简称一次侧或初级或原边；与负载相接的绕组称二次侧绕组或次级绕组或副边绕组，简称二次侧或次级或副边。

(2) 铁芯。铁芯是主磁通的通路，也是器身的骨架。为了减小涡流及磁滞损耗，提高效率，铁芯多用厚度为 0.35~0.5mm 的硅钢片叠装而成，片间涂覆绝缘漆。

(3) 其他附件。电力变压器的其他附件有油箱、油枕、分接开关、安全气道、气体继电器和绝缘套管等，其作用在于保证变压器的安全和可靠运行。

2. 分类

变压器一般分为电力变压器和特种变压器两大类。电力变压器按用途分为升压变压器、降压变压器、配电变压器、联络变压器和厂用变压器等几种。特种变压器的分类较多,按工作频率分,有高频变压器、中频变压器、低频变压器和脉冲变压器等;按用途分,有机床用控制变压器、行灯变压器、无线电电源变压器及灯丝变压器、电子电路用变压器等。

(二) 变压器的工作原理

如图 1-1a 所示,当变压器的一次侧绕组通入正弦交流电 $\dot{U}_1$ 时,在一次侧绕组便有交流电流 I_1 流过,并在铁芯中产生一个正弦交变磁通 Φ 。该磁通的绝大部分都被铁芯束缚而同时穿过一次侧、二次侧绕组,被称为主磁通 Φ_m ,它随着电源的频率而变化。在一次侧、二次侧绕组产生交变磁通,还有很少一部分通过周围的空间形成闭路,称为漏磁通。通常漏磁通很小,为讨论问题方便而把它忽略不计。

当主磁通同时穿过一次侧、二次侧绕组时,便在一次侧、二次侧绕组中感应出与电源频率相同的电动势 E_1 和 E_2 。当二次绕组接有负载 Z_L 时,就会输出电压 U_2 和电流 I_2 。由法拉第电磁感应定律可得:

$$E_p = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$$

式中: E_p ——感应电动势平均值 (V);

N ——线圈匝数;

$\Delta \Phi$ ——磁通的增量 (Wb);

Δt ——时间的增量 (s)。

通过计算可知,电动势有效值 E 与铁芯中主磁通最大值 Φ_m 之间的关系式为:

$$E = 4.44fN \Phi_m \quad (1-1)$$

设一次侧、二次侧绕组的匝数分别为 N_1 和 N_2 ,则两个线圈中感应电动势的有效值 E_1 和 E_2 分别为:

$$E_1 = 4.44fN_1 \Phi_m \quad (1-2)$$

$$E_2 = 4.44fN_2 \Phi_m \quad (1-3)$$

当忽略一次侧、二次侧绕组中的直流电阻铁芯中的漏磁通的作用及电动势与电压的相位关系时,可以认为输入输出电压的有效值分别为:

$$U_1 \approx E_1 = 4.44fN_1 \Phi_m \quad (1-4)$$

$$U_2 \approx E_2 = 4.44fN_2 \Phi_m \quad (1-5)$$

上式说明了交流铁芯线圈中磁通的最大值 Φ_m 取决于电源电压 U_1 的大小。

(三) 电压电流变比方程式 (电压电流比公式及阻抗变换)

1. 变压器的变压比 K

变压比 K 的定义是一次侧绕组电动势 E_1 与二次侧绕组电动势 E_2 之比,即 $K = E_1 / E_2$ 。

因为 $E_1=U_1$, $E_2=U_2$, $E=4.44fN\Phi_m$, 可得如下公式:

$$K = \frac{E_1}{E_2} = \frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2} \quad (1-6)$$

它反映了变压器变压的幅度。同时表明变压器的变压比等于它们的匝数比。当 $K>1$ 时, 变压器称为降压变压器; 当 $K<1$ 时, 变压器称为升压变压器。

【例题 1】 已知: 某变压器的一次侧电压为 220V, 二次侧电压为 24V, 一次侧的匝数为 2200 匝, 试求该变压器的变压比和二次侧的匝数。

解: 由公式 (1-6) 可分别求得变压比和二次侧匝数 $K = \frac{U_1}{U_2} = \frac{220}{24} \approx 9.2$

$$N_2 = \frac{N_1 U_2}{U_1} = \frac{2200 \times 24}{220} = 240 \text{ (匝)}$$

2. 变压器的变流比 K_i

由前面的分析可知, 变压器能从电网吸收能量并通过电磁感应的能量转换, 以另一个电压等级的形式把一次侧的电能传送给二次侧的负载。在这个过程中, 变压器只起一个传输电能的作用。根据能量守恒定律, 在忽略损耗的情况下 (因损耗很小), 变压器传送给负载的能量 W_2 应该和变压器从电网中吸收的能量 W_1 相等, 即 $W_2=W_1$ 。因为 $W=Pt$, 所以 $P_1=P_2$, 如图 1-1a 所示, 于是有

$$I_1 U_1 = I_2 U_2$$

$$\text{即} \quad \frac{I_1}{I_2} = \frac{U_2}{U_1} = \frac{N_2}{N_1} = \frac{1}{K} = K_i \quad I_1 = K_i I_2 \quad (1-7)$$

由上式可知, 变压器一次侧电流 I_1 与二次侧电流 I_2 之比即为变压器的变流比 K_i 。同时说明变压器的交流比 K_i 与变压比 K 互为倒数。且一次侧的电流随着二次侧电流的变化而变化, 二次侧电流越大一次侧电流也越大。

【例题 2】 已知: 一单相交流电焊机变压器的匝数比 $K=5$, 二次侧电流 $I_2=80A$, 试计算一次侧电流为多少?

解: 由公式 (1-7) 可得:

$$I_1 = K_i I_2 = \frac{1}{K} I_2 = \frac{80}{5} = 16(A)$$

3. 变压器的阻抗变换

变压器除能改变电压、电流的大小外, 还能变换阻抗。例如, 电子设备中, 常要求负载的阻抗与信号的内阻相等, 以便负载获得最大功率, 使电路能正常工作, 通常称为阻抗匹配。只要合理选择变压器一、二次侧绕组之间的匝数比, 就可以将二次侧的负载阻抗变换成符合信号源要求的一次侧阻抗, 满足阻抗匹配。如图 1-2 所示。

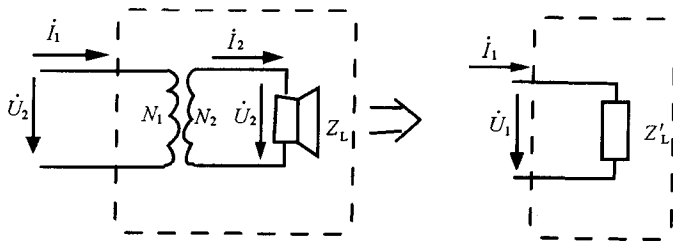


图 1-2 变压器的阻抗变换

接于变压器的二次侧的阻抗为：
$$Z_L = \frac{U_2}{I_2}$$

而一次侧的阻抗为：
$$Z'_L = \frac{U_1}{I_1} = \frac{KU_2}{I_2/K} = K^2 \frac{U_2}{I_2} = K^2 Z_L \quad (1-8)$$

这说明负载 Z_L 经过变压器阻抗扩大了 K^2 倍。如果已知负载阻抗 Z_L 的大小，要把它变成另一个大小的阻抗 Z'_L ，只需接一个变压器，该变压器的变比 $K = \sqrt{\frac{Z'_L}{Z_L}}$ 。

【例题 3】 已知某信号源电源电动势为 16V，内阻抗 $Z_0 = 160 \Omega$ ，现要接负载阻抗 $Z_L = 4 \Omega$ ，试求：

- (1) 为使负载获得最大功率，应在两者之间连接多大变比的输出变压器？
- (2) 在接入上述变压器情况下，信号源的输出功率有多大？
- (3) 若负载直接接入信号源，信号源的输出功率有多大？

解：(1) 为使负载获得最大功率，应使负载等效阻抗 Z'_L 与信号源内阻抗 Z_0 相等，

即 $Z'_L = Z_0$ ，则 $Z'_L = K^2 Z_L$

$$K = \sqrt{\frac{Z'_L}{Z_L}} = \sqrt{\frac{Z_0}{Z_L}} = \sqrt{\frac{160}{4}} = \sqrt{40} \approx 6.3$$

- (2) 在接入 $K=6.3$ 变压器情况下，信号源输出的电流 I 和功率 P 为：

$$I = \frac{E}{Z_0 + Z'_L} = \frac{16}{160 + 160} = 0.05 \text{ (A)}$$

$$P = I^2 Z'_L = 0.05^2 \times 160 = 0.4 \text{ (W)}$$

- (3) 若 Z_L 与信号源直接连接，则信号源输出的电流 I' 和功率 P' 为：

$$I' = \frac{E}{Z_0 + Z_L} = \frac{16}{160 + 4} = 0.098 \text{ (A)}$$

$$P' = (I')^2 Z_L = 0.098^2 \times 4 = 0.038 \text{ (W)}$$

二、变压器的外特性

1. 特性曲线

变压器一次侧输入额定电压和二次侧负载功率因数一定时，二次侧输出电压与输出电流的关系称为变压器的外特性，也称为输出特性。常用曲线表示，如图 1-3 所示。

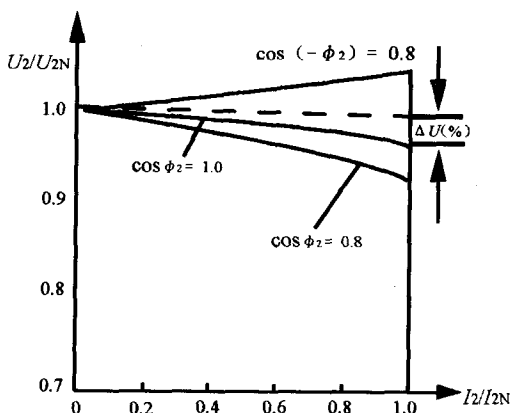


图 1-3 变压器的外特性

变压器负载运行时，因变压器内部存在漏阻抗，将产生阻抗压降，使二次侧输出电压随负载电流的增加而变化。当负载性质为感性时， U_2 将随 I_2 的增加而下降，若负载性质为容性时，则 U_2 会随 I_2 的增加而上升。为了使各种不同容量和电压的变压器的外特性进行比较，坐标值都用相对值 U_2/U_{2N} 、 I_2/I_{2N} 表示，如图 1-3 所示。

2. 电压调整率

一般情况负载都是感性的，所以变压器的输出电压 U_2 是随输出电流 I_2 的增加而下降的，变化的程度用电压调整率 ΔU 来表示：

$$\Delta U = \frac{U_{2N} - U_2}{U_{2N}} \times 100\% = \frac{\Delta U}{U_{2N}} \times 100\% \quad (1-9)$$

式中： U_{2N} ——变压器二次侧输出额定电压（即二次侧空载电压）；

U_2 ——变压器二次侧额定电流时的输出电压。

三、变压器的损耗和效率

变压器负载运行时，必然产生损耗，即铁芯中的铁损耗 P_{Fe} 和绕组中的铜损耗 P_{Cu} ，所以也就有个效率问题。

(1) 铁损 P_{Fe} 。 P_{Fe} 是交变磁通在铁芯中所产生的磁滞损耗和涡流损耗。在铁芯材料和频率一定的情况下， $P_{Fe} \propto \Phi_m^2$ ，而电源电压可以认为是恒定的，所以铁损 P_{Fe} 为常数，可看成不变的损耗。

(2) 铜损 P_{Cu} 。是电流在一、二次侧绕组的内阻上产生的损耗。由于铜耗与 I_2 的变化有关, 即 $P_{Cu} = \left(\frac{I_2}{I_{2N}} \right)^2 P_{CuN}$ (P_{CuN} 为额定铜损), 所以也称为可变损耗。

(3) 效率定义及计算。变压器的效率是输出功率与输入功率之比, 可用 “ η ” 表示, 则有:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{P_2}{P_2 + \Sigma P} = 1 - \frac{\Sigma P}{P_2 + \Sigma P} \quad (1-10)$$

式中: P_1 ——变压器输入功率 ($P_1 = U_1 I_1 \cos \Phi_1$);

P_2 ——变压器输出功率 ($P_2 = U_2 I_2 \cos \Phi_2$);

Σp ——变压器总损耗。

四、变压器绕组的极性

1. 极性定义

变压器绕组的极性是指变压器一次侧、二次侧绕组在同一磁通作用下所产生的感应电动势之间的相位关系。在任何某个瞬间, 电动势都处于相同极性 (如正极性) 的线圈端就称为同名端, 通常标以 “•” 表示。注意, 瞬时极性是随时间而变化的, 但在同一磁通作用下所有线圈的相对极性是不变的。如图 1-4 所示。

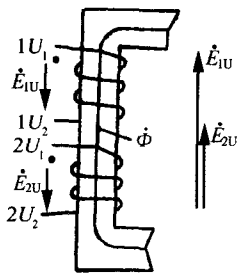


图 1-4 绕组的极性

2. 判断法则

(1) 直观法。如前所述, 因为绕组的极性与绕组绕制的方向有关, 所以可用右手螺旋定则直观判别它们的极性, 如图 1-4 所示。

(2) 测定法。对于已经装在变压器箱内的绕组, 则无法用直观法判定, 只能借助仪表来测定。

1) 电压法: 如图 1-5 所示, 用导线 Q 连接 $1U_2$ 和 $2U_2$, 用电压表 U_3 连接 $1U_1$ 与 $2U_1$, 用电压表 U_2 接到 $2U_1$ 、 $2U_2$ 。从 $1U_1$ 、 $1U_2$ 输入一较低交流电压 U_1 , 如果 $U_3 = U_1 + U_2$, 则 $1U_1$ 与 $2U_1$ 是异名端; 如果 $U_3 = U_1 - U_2$, 则 $1U_1$ 与 $2U_1$ 是同名端。

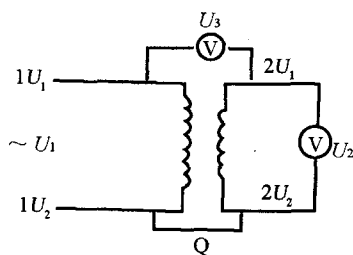


图 1-5 电压表法

2) 检流计法: 如图 1-6 所示, 在高压侧经开关 S 接 1.5V 或 3V 直流电源, 低压侧接检流计 P 。当合上开关 S , 如电流向下, 说明此时 $1U_1$ 与 $2U_1$ 都处于高电位, 所以它们是同名端; 如果电流向上, 则说明 $1U_1$ 与 $2U_1$ 是异名端。也可用直流毫安表代替检流计。

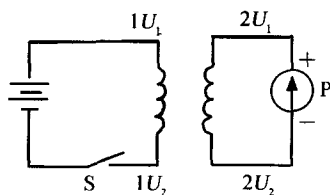


图 1-6 检流计法

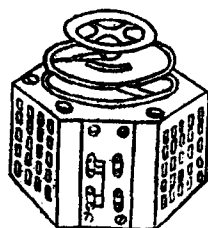
第二节 其他用途的变压器

一、自耦变压器

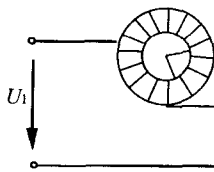
1. 工作原理

自耦变压器只有一个绕组, 一次侧和二次侧有一部分是公用的, 因次, 从原理上看, 自耦变压器实质上就是利用一个绕组抽头的办法来实现改变电压的一种单绕组变压器, 只不过这个抽头的位置是可变的。所以一次侧、二次侧绕组不但有磁的联系, 还有电的联系。

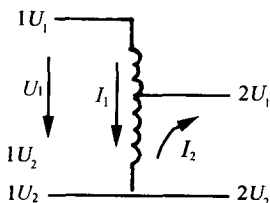
根据公式 (1-4)、(1-5) 和图 1-7 可得:



a) 外形图



b) 示意图



c) 原理图

图 1-7 自耦变压器