

电机与电气控制 项目式教程

王璐 主编

 北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

电机与电气控制项目式教程

主 编 王 璐
副主编 冯珊珊 王晓鹏
王 楠 岳 威



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书根据高等院校专人才培养的特点,注重实践能力和应用能力的提升。全书内容主要分为三个模块:电机基本知识、电气控制电路的开发、电气控制电路的检修。本书还在每一部分的编写中加入了“技能训练”以及“知识窗”,扩展了知识的深度和广度,力求使学生通过本课程的学习,具备对常用电气控制设备的运行、维护、安装、调试的能力。

本书可以作为高等院校电类专业、电气自动化技术、计算机控制、电子、通信等专业的教材,还可以作为自学考试人员的学习用书。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

电机与电气控制项目式教程 / 王璐主编. —北京:北京理工大学出版社, 2017. 1
ISBN 978 - 7 - 5682 - 3061 - 2

I. ①电… II. ①王… III. ①电机学 - 教材②电气控制 - 教材 IV. ①TM3
②TM921. 5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 209790 号

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (总编室)

(010) 82562903 (教材售后服务热线)

(010) 68948351 (其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京泽宇印刷有限公司

开 本 / 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

印 张 / 11

字 数 / 260 千字

版 次 / 2017 年 1 月第 1 版 2017 年 1 月第 1 次印刷

定 价 / 42.00 元

责任编辑 / 钟 博

文案编辑 / 钟 博

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 李志强

图书出现印装质量问题, 请拨打售后服务热线, 本社负责调换

前言

Preface

本书采用“项目导向、任务驱动”的教学模式，改变了以往“理论、实验、课程设计”三段式教学方式。全书围绕课程主旨，既设计了理论性较强的电机基本知识模块，又设计了与实际电路的设计、组装、调试、维护相关的电气控制电路的开发、电气控制电路的检修两个模块。模块由多个项目及任务组成，通过任务的逐一破解，体现了真实、完整的实际工作任务，充分体现了基于工作过程的全新教学理念，实现了“教、学、做一体化”的教学模式。本书在编写的过程中，将典型例题、技能训练、知识窗、思考与练习等有机地融入到教材当中，力求最大限度地扩展知识的深度和广度。

本书由王璐担任主编，冯珊珊、王晓鹏、王楠、岳威任副主编，具体分工如下：王璐负责模块一项目一、项目二的编写；冯珊珊负责模块一项目三的编写；王晓鹏负责模块二的编写；王楠负责模块三项目一的编写；岳威负责模块三项目二的编写。

本教材在编写时参阅了许多同行、专家所编著的教材和资料，同时也得到了相关单位和有关同仁的大力支持和帮助，在此表示衷心的感谢！

限于作者的学识水平，书中难免存在错误、疏漏之处，在此，全体编写者殷切期望使用本书的各位读者给予批评指正。

编 者

目 录

Contents

► 模块一 电机基本知识	1
项目一 变压器的使用与维护	1
【学习目标】	1
【技能目标】	1
【相关知识点】	2
任务一 单相变压器的使用与维护	2
任务二 三相变压器的使用与维护	7
任务三 特种变压器的使用与维护	10
【技能训练】	13
实验1 单相变压器同名端的测定	13
实验2 单相变压器空载实验	15
实验3 单相变压器短路实验	17
实验4 单相变压器负载实验	19
实验5 三相变压器实验	21
【知识窗】	26
变压器常见故障及维护	26
【思考与练习一】	27
项目二 直流电机的认识与拆装	27
【学习目标】	27
【技能目标】	28
【相关知识点】	28
子项目一 初识直流电机	28
任务一 直流电机的结构与铭牌	28
任务二 直流电机的工作原理	33
任务三 直流电机的机械特性	34
任务四 直流电机的拆装	38
子项目二 直流电机的控制	40
任务一 直流电机的起动与反转	40
任务二 直流电机的调速	43
任务三 直流电机的制动	46
【技能训练】	49

实验6 直流他励电机控制实验	49
实验7 直流并励电机控制实验	51
【知识窗】	54
直流电机系列	54
【思考与练习二】	55
项目三 三相交流异步电机	56
【学习目标】	56
【技能目标】	56
【相关知识点】	56
子项目一 初识三相交流异步电机	56
任务一 三相交流异步电机的结构和铭牌	56
任务二 三相交流异步电机的工作原理	61
任务三 三相交流异步电机的机械特性	66
任务四 三相交流异步电机的拆装	70
子项目二 三相交流异步电机的控制	75
任务一 三相交流异步电机的起动	75
任务二 三相交流异步电机的调速	79
任务三 三相交流异步电机的制动与反转	81
【技能训练】	82
实验8 三相异步电机的控制	82
【知识窗】	85
三相交流异步电机系列	85
【思考与练习三】	85
► 模块二 电气控制电路的开发	87
【学习目标】	87
【技能目标】	87
【相关知识点】	88
项目一 自动运料系统电气控制电路的开发	88
任务一 认识所涉及的低压器件	88
任务二 三相交流异步电动机起停电路的设计	102
任务三 三相交流异步电动机起停电路的安装与调试	104
任务四 多台电动机顺序控制电路的设计	108
任务五 多台电动机顺序控制电路的安装与调试	112
任务六 自动运料系统的开发	116
项目二 混凝土搅拌机电气控制电路的开发	118
任务一 认识所涉及的低压器件	119
任务二 电动机正、反转控制电路的设计	120
任务三 电动机正、反转控制电路的安装与调试	125

任务四 电动机减压起动电路的设计	128
任务五 电动机减压起动电路的安装与调试	132
任务六 电动机点动、两地控制电路的设计	133
任务七 电动机制动电路的设计	135
任务八 搅拌机控制电路的设计	138
【技能训练】	140
实验 9 两地控制	140
实验 10 工作台自动往返循环控制	142
【知识窗】	144
电气控制系统设计概述	144
【思考与练习四】	145
► 模块三 电气控制电路的检修	146
【学习目标】	146
【技能目标】	146
【相关知识点】	146
项目一 Z3050 型摇臂钻床电气控制电路的检修	146
任务一 认识 Z3050 型摇臂钻床	146
任务二 Z3050 型摇臂钻床电气故障的分析与查找	151
项目二 X62W 万能铣床电气控制电路的检修	152
任务一 认识 X62W 万能铣床	152
任务二 X62W 万能铣床电气故障的分析与查找	158
【技能训练】	159
实验 11 X62W 万能铣床模拟控制线路的调试分析	159
【思考与练习五】	161
► 参考文献	163

模块一

电机基本知识

电机一般分为静止电机、控制电机和旋转电机。静止电机如变压器，是静止不动的。控制电机是将信号进行转换的电机，比如常用的伺服电机、测速发电机、步进电动机。旋转电机的转轴可以发生转动，比如直流电机和三相交流异步电动机。

项目一 变压器的使用与维护

变压器是一种根据电磁感应原理进行工作的静止的电气设备，可将某一数值的交流电压与电流变换成同频率、另一数值的交流电压与电流，实现变换电压、变换电流和变换阻抗的作用。变压器分为单相变压器、三相变压器和特种变压器。

【学习目标】

- (1) 了解单相、三相变压器的基本组成结构；
- (2) 熟悉单相、三相变压器的工作原理。

【技能目标】

能够利用浙江天煌教学仪器 DDSZ - 1 型电机及电气技术实验装置进行单相、三相变压器的相关实验，完成参数的测定。

【相关知识点】

任务一 单相变压器的使用与维护

一、单相变压器的结构

变压器作为一种静止的电气设备，其基本结构主要是铁芯、绕组及其他部件。图 1 - 1 所示为变压器的组成结构。

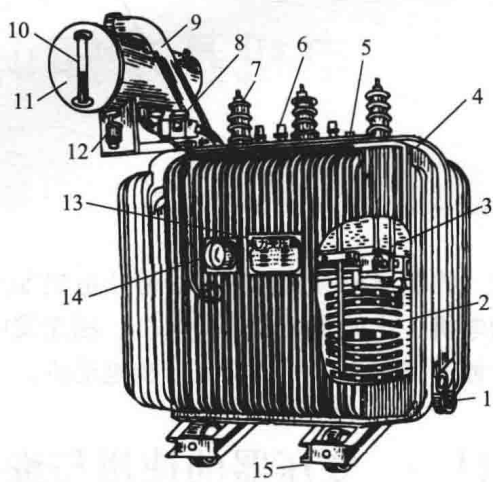


图 1 - 1 变压器的组成结构图

- 1—油阀；2—绕组；3—铁芯；4—油箱；5—分接开关；6—低压导管；7—高压导管；8—气体继电器；
9—防爆筒；10—油位器；11—油枕；12—吸湿器；13—铭牌；14—温度计；15—小车

1. 铁芯——变压器的磁路部分

铁芯主要由铁芯柱和铁轭两部分构成，铁芯柱上套装变压器绕组线圈，铁轭起连接铁芯柱使磁路闭合的作用。

1) 铁芯材料

对铁芯的要求是导磁性能要好，因此为了减小磁阻、减小交变磁通在铁芯内产生的磁滞损耗和涡流损耗，变压器的铁芯大多采用 0.35mm 的薄硅钢片叠装而成。硅钢片分为热轧硅钢片和冷轧硅钢片两类，冷轧硅钢片的导磁性能较好，铁耗较小，是目前制作变压器铁芯的主要材料。

2) 铁芯结构

按照绕组套入铁芯的形式，变压器的铁芯可以分为心式和壳式两种基本形式。

心式：绕组分装在两个铁芯柱上。结构简单、用铁量较少、散热条件较好，适用于容量大、电压高的变压器，如图 1 - 2 (a) 所示。

壳式：绕组装在同一个铁芯上，绕组呈上下缠绕或里外缠绕，机械强度好，但制造工艺复杂，且外层绕组需用的铜线较多，适用于小型特殊变压器，如图 1 - 2 (b) 所示。

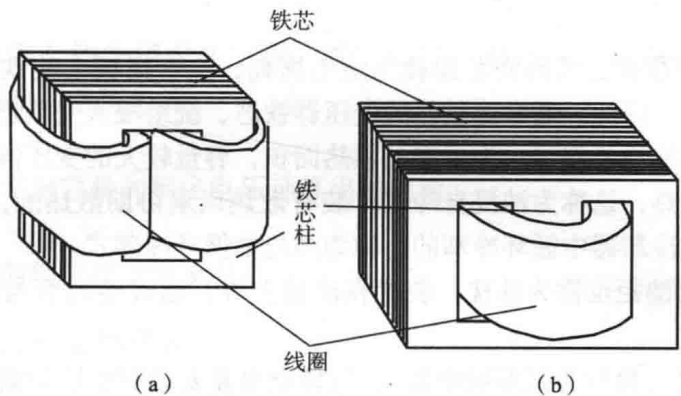


图 1-2 变压器铁芯的结构
(a) 心式; (b) 壳式

2. 绕组——变压器的电路部分

绕组是变压器的电路部分，它主要由绝缘良好的铜或铝的漆包线、纱包线或丝包线绕制而成的，对绕组的电气、耐热、机械等性能均有严格的要求，以保证变压器安全运行。

在变压器中，接到高压侧的绕组称为高压绕组，接到低压侧的绕组称为低压绕组。高低压绕组按安放形式的不同可分为同心式绕组和交叠式绕组。

(1) 同芯式绕组：高、低压线圈绕在同一铁芯柱上，同心排列。一般高压线圈排在外侧，低压线圈排在内侧，这样有利于对铁芯的绝缘。变压器高、低压绕组与铁芯之间都留有一定的绝缘间隙，并以绝缘筒（一般采用木纸或钢纸板绝缘圆筒）隔开，如图 1-3 (a) 所示。同芯式绕组结构简单，制造方便，国产电力变压器均采用这种结构。

(2) 交叠式绕组：又称为饼式绕组，是把变压器的高、低压绕组分别绕成若干个“饼式”绕组，高、低压“饼式”绕组交替地套装在铁芯柱上，如图 1-3 (b) 所示。为便于绝缘，铁芯柱两端靠近铁轭外总是套装低压绕组。交叠式绕组因其结构比较牢固，电气上易构成多条支路并联，但绝缘较复杂，主要应用于低电压、大电流的变压器上，如电炉变压器、电焊变压器等。

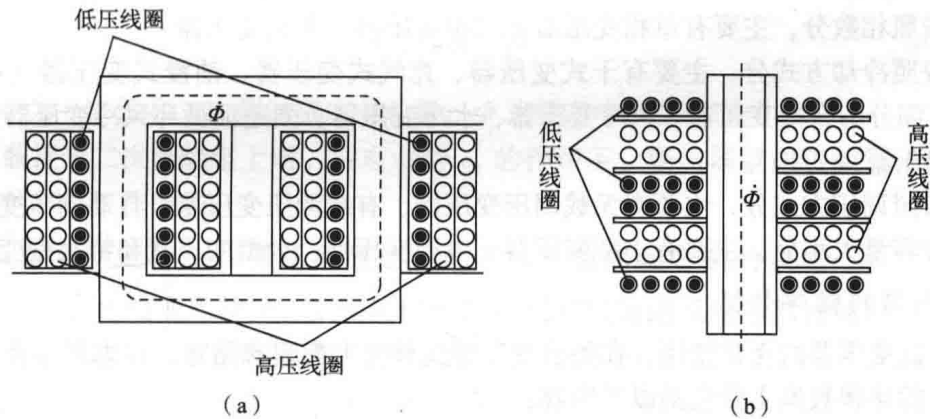


图 1-3 变压器绕组的结构
(a) 同芯式; (b) 交叠式

3. 其他部件

(1) 油箱：由于存在变压器铁芯损耗与绕组损耗，这些损耗会使铁芯与绕组发热，影响变压器的安全工作，因此，通常将装好的变压器铁芯、绕组浸入变压器油中进行冷却。另外变压器油具有良好的绝缘作用。为了增加散热面积，容量较大的变压器，常采用带有钢管散热器的外壳帮助散热，这称为油浸自冷式；装有散热风扇协助散热的，称为油浸风冷式；装设油泵强迫使油在冷却器中循环冷却的，称为强迫油循环冷却式。

(2) 储油柜：储油柜也称为油枕，装置在油箱上方，通过连通管与油箱连通，起到保护变压器油的作用。

(3) 气体继电器（也称为瓦斯继电器）：气体继电器安装在油箱和储油柜的连接管道中间，是变压器内部故障的保护装置。当变压器内部绝缘被击穿或匝间短路时，变压器油和其他绝缘物分解气体，气压增大，冲击气体继电器，使其接点动作，通过控制保护回路，及时发出故障信号或切除电源。

(4) 安全气道（也称为防爆管）：安全气道是装置在较大容量变压器油箱顶上的一个钢质长筒，下筒口与油箱连通，上筒口以玻璃板封口，当变压器内部发生故障，压力达到一定程度时，就把薄玻璃冲破，释放变压器内部的压力，防止变压器爆炸。

(5) 绝缘套管：绝缘套管装置在变压器油箱盖上面，以确保变压器的引出线与油箱绝缘。

(6) 分接开关：分接开关装置在变压器油箱盖上面，通过调节分接开关来改变原绕组的匝数，从而使副绕组的输出电压可以调节，以避免副绕组的输出电压因负载变化而过分偏离额定值，调节范围为 $\pm 5\%$ 。

4. 变压器的分类

(1) 按照用途分，主要有电力变压器、调压变压器、仪用互感器（如测量用电流互感器和电压互感器）、供特殊电源用的变压器（如整流变压器、电炉变压器、电焊变压器、脉冲变压器）。

(2) 按照绕组数目分，主要有双绕组变压器、三绕组变压器、多绕组变压器、自耦变压器。

(3) 按照相数分，主要有单相变压器、三相变压器、多相变压器。

(4) 按照冷却方式分，主要有干式变压器、充气式变压器、油浸式变压器（按照冷却条件，又可细分为自冷变压器、风冷变压器、水冷变压器、强迫油循环风冷变压器、强迫油循环水冷变压器）。

(5) 按照调压方式分，主要有无载调压变压器、有载调压变压器、自动调压变压器。

(6) 按容量大小分，主要有小型变压器、中型变压器、大型变压器和特大型变压器。

5. 变压器的铭牌数据

为了保证变压器的正常使用，在每台变压器的外壳上都附有铭牌，标志其型号和主要参数。变压器的铭牌数据主要包括以下内容：

(1) 额定容量 S_N 。

S_N 是指变压器的视在功率，表示变压器在额定条件下的最大输出功率。对于三相变压器，额定容量是指三相容量之和。

(2) 额定电压。

额定电压标志铭牌上的各绕组在空载、额定分接下端电压的保证值,其单位为 V 和 KV。三相变压器额定电压为线电压。

(3) 额定电流。

额定电流是根据额定容量和额定电压计算出的电流。

(4) 额定频率。

我国规定变压器的额定频率为 50Hz。

二、单相变压器的工作原理

单相变压器是指接在单相交流电源上,用来改变单相交流电压的变压器,其功率一般都比较小,主要应用于机床设备控制电路、安全照明电路以及各种家用电器的电源适配器中。

图 1-4 所示是单相变压器的工作原理,其中闭合铁芯由绝缘硅钢片叠合而成,原线圈(初级线圈)匝数用 N_1 表示、副线圈(次级线圈)匝数用 N_2 表示、输入/输出电压和电流分别为 U_1 、 I_1 和 U_2 、 I_2 。

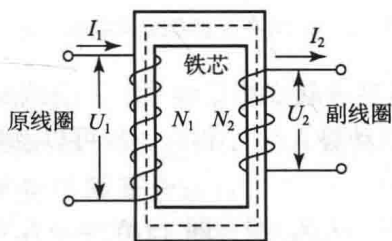


图 1-4 单相变压器的工作原理

当变压器的一次侧绕组加上交流电压时,该绕组中就会有交流电流流过,于是在铁芯磁路中就产生了交变磁通,根据法拉第电磁感应定律,一次侧和二次侧绕组中都将产生感应电动势,其大小分别为:

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

$$e_2 = -N_2 \frac{d\Phi}{dt} \quad (1-2)$$

式中, e_1 、 e_2 为一次侧和二次侧的感应电动势; Φ 为铁芯中产生的磁通。

当把负载接于二次侧绕组上时,在电动势 e_2 的作用下,变压器就向负载输出电能,这就是变压器的基本工作原理。

1. 变压器空载运行——变压器原边接电源,副边不接负载的状态

根据图 1-4,忽略变压器一、二次侧绕组的电阻和漏磁通及铁芯的损耗时,原、副线圈的感应电动势与输入、输出电压相等,因此综合式 (1-1) 和式 (1-2) 可知

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{e_1}{e_2} = \frac{N_1}{N_2} = K \quad (1-3)$$

式中, K 为变压器的变比。

这说明变压器一、二次侧电压比约等于变压器一、二次侧绕组的匝数比。当 $K > 1$ 时,

$U_1 > U_2$ ，变压器为降压变压器；当 $K < 1$ 时， $U_1 < U_2$ ，变压器为升压变压器。变压器通过改变一、二次侧绕组的匝数比，就可以很方便地改变输出电压的大小。

2. 变压器负载运行——变压器原边接电源，副边接负载的状态

图 1-5 所示为单相变压器负载运行状态示意。当变压器的原边绕组接上电源，副边绕组接上负载后，副边绕组中有电流 I_2 流过，变压器工作时，若电源电压不变，铁芯中的主磁通 Φ 也基本不变。因此，当变压器接入负载后，一次侧绕组的磁动势 $I_1 N_1$ 和二次侧绕组的磁动势 $I_2 N_2$ 与变压器空载时的磁动势 $I_0 N_1$ 基本相等，即

$$I_0 N_1 = I_1 N_1 + I_2 N_2 \tag{1-4}$$

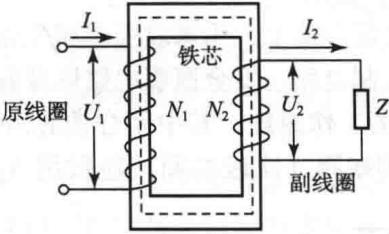


图 1-5 单相变压器负载运行状态示意

因为空载电流很小，当变压器满载或接近满载时，空载励磁磁动势 $I_0 N_1$ 比一次侧绕组的磁动势 $I_1 N_1$ 或二次侧绕组的磁动势 $I_2 N_2$ 小得多，故可以忽略不计。所以式 (1-4) 可以简化为：

$$I_1 N_1 + I_2 N_2 = 0 \quad \text{即} \quad I_1 N_1 = -I_2 N_2 \tag{1-5}$$

式中的负号表示变压器负载运行时，二次侧绕组的磁动势与一次侧绕组的磁动势相位相反，二次侧绕组的磁动势对一次侧绕组的磁动势起退磁作用，一次侧绕组中的电流和二次侧绕组中的电流在相位上几乎相差 180° 。

若不考虑式 (1-5) 中的符号，则有 $I_1 N_1 = I_2 N_2$ ，即

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{N_2}{N_1} = \frac{1}{K} \tag{1-6}$$

这说明变压器是一种把电能转换为高压小电流或低压大电流的电气设备，起着传递能量的作用。

3. 变压器匹配运行

变压器不仅具有电压变换和电流变换的作用，还具有阻抗变换的作用。变压器一次侧绕组和二次侧绕组的阻抗值分别如式 (1-7) 和式 (1-8) 所述：

$$Z_1 = \frac{U_1}{I_1} \tag{1-7}$$

$$Z_2 = \frac{U_2}{I_2} \tag{1-8}$$

由此可以看出变压器一次侧、二次侧绕组的阻抗比为：

$$\frac{Z_1}{Z_2} = \frac{U_1}{I_1} \cdot \frac{I_2}{U_2} = \frac{U_1 I_2}{U_2 I_1} = K^2 \tag{1-9}$$

在电子电路中，为了获得较大的功率输出，往往对输出电路的输出阻抗与所接的负载阻

抗有一定的要求。因此可以通过改变变压器一次侧、二次侧绕组的匝数比,改变变压器一、二次侧的阻抗比,进而获得所需的阻抗匹配。

【例 1-1】 已知某音响设备输出电路的输出阻抗为 320Ω , 所接的扬声器阻抗为 5Ω , 现在需要接一输出变压器使两者实现阻抗匹配, 求:

(1) 变压器的变压比。

(2) 若变压器一次侧绕组匝数为 480 匝, 问二次侧绕组匝数为多少?

解:

(1) 根据已知条件, 输出变压器一次侧绕组的阻抗 $Z_1 = 320\Omega$, 二次侧绕组的阻抗 $Z_2 = 5\Omega$ 。由式 (1-9) 得变压器的变压比为

$$K = \sqrt{\frac{Z_1}{Z_2}} = \sqrt{\frac{320}{5}} = 8$$

(2) 由式 (1-3) 可知

$$N_2 = \frac{N_1}{K} = \frac{480}{8} = 60 \text{ (匝)}$$

任务二 三相变压器的使用与维护

现代电力系统普遍依靠三相变压器进行高压输电和低压配电, 例如在低压供电系统中广泛使用 $10\text{kV}/400\text{V}$ 三相变压器, 因此三相变压器工作正常与否直接与企业生产和居民生活密切相关。为了确保变压器安全运行, 工作人员既要做好日常维护与测量工作, 还要具备一旦发生故障, 能够迅速判断故障原因和性质, 正确处理和排除故障的能力。

一、三相变压器的结构

三相变压器由三台单相变压器按一定的方式组合而成, 其铁芯如图 1-6 所示, 当三相绕组通入三相对称交流电流时, 其所产生的三相主磁通也是对称的, 即每相磁路都以其他两相的铁芯柱作为闭合回路。三相变压器有三个高压绕组, 分别为 1U、1V、1W 相; 有三个低压绕组, 分别为 2u、2v、2w 相。同相绕组套在同一个铁芯柱上。

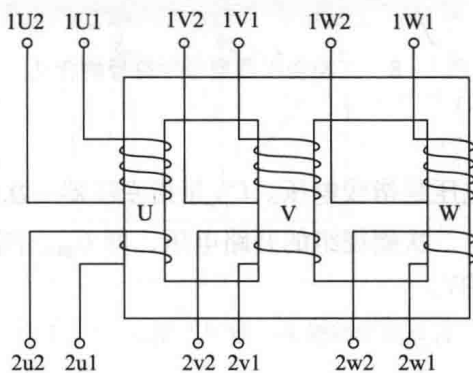


图 1-6 三相变压器铁芯的结构

二、三相变压器的铭牌

铭牌是装在变压器外壳上的金属标牌，上面标有型号、容量、额定值等参数，是用户安全、经济、合理地使用变压器的依据。三相变压器的铭牌如图 1-7 所示。

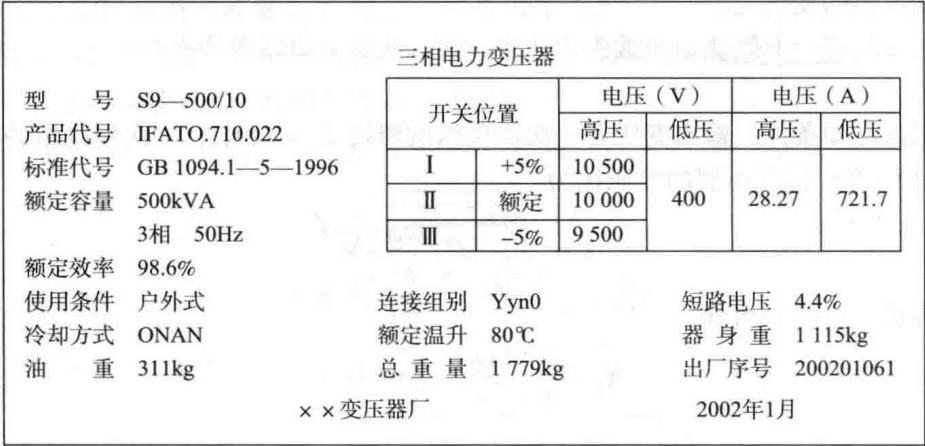


图 1-7 三相变压器的铭牌

1. 型号

型号可以表示变压器的结构特点、额定容量和高压侧的电压等级。例如型号“S9—500/10”，“S”表示三相油浸自冷式铜绕组变压器，“9”表示设计序号，“500”表示额定容量为 500kVA，“10”表示高压侧等级为 10kV。型号中各个符号的含义如图 1-8 所示。

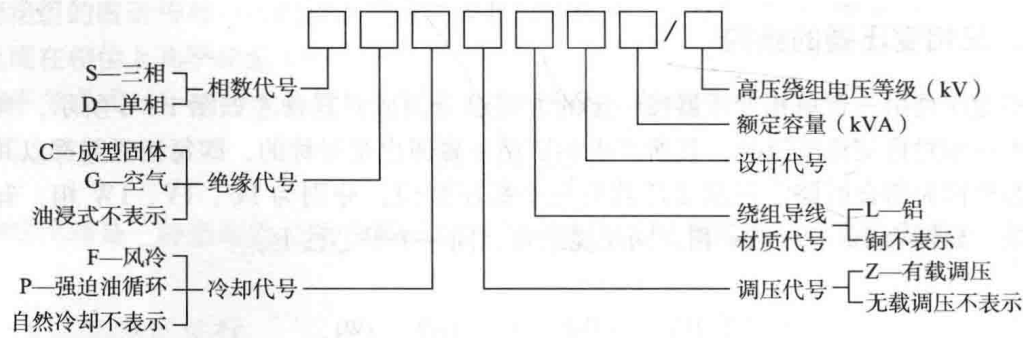


图 1-8 三相变压器型号中符号的含义

2. 额定电压 U_{1N}/U_{2N}

在三相变压器中，额定电压是指线电压。 U_{1N} 是指变压器一次侧绕组的额定电压； U_{2N} 是指一次侧绕组为额定电压时，二次侧绕组的开路电压，即 U_{20} 。图 1-7 中变压器铭牌的额定电压 U_{1N}/U_{2N} 分别为 10kV/400V。

3. 额定电流 I_{1N}/I_{2N}

在三相变压器中，额定电流是指线电流。 I_{1N}/I_{2N} 是指变压器一次侧、二次侧绕组连续运行所允许通过的最大电流，即在某种冷却方式和额定温升条件下允许的满载电流值。图 1-

7 中变压器铭牌所示的额定电流 I_{1N}/I_{2N} 分别为 28.27A/721.7A。

4. 额定容量 S_N

S_N 是指变压器的视在功率,表示变压器在额定条件下的最大输出功率。三相变压器的额定容量 $S_N = U_{2N}I_{2N}$ 。图 1-7 中变压器铭牌所示的额定容量为 500kVA。

5. 短路电压

短路电压又称为阻抗电压。它表示在额定电流时变压器阻抗压降的大小。通常用它与额定电压 U_{1N} 的百分比来表示。

6. 额定温升

额定温升是变压器在额定运行状态时允许超过周围环境温度的值。通常周围环境温度设为 40℃。

此外,变压器铭牌上还标有相数(3)、频率(50Hz)、额定效率(98.6%)、连接组别(Yyn0)等参数。

三、三相变压器一次侧绕组的连接

三相变压器一次侧、二次侧绕组根据不同需要,可以有星形和三角形两种接法。一次侧绕组星形接法用 Y 表示,三角形接法用 D 表示。二次侧绕组星形接法用 y 表示,有中线时用 yn 表示,三角形接法用 d 表示。三相变压器一次侧绕组和二次侧绕组的首端分别用 U1、V1、W1 和 u1、v1、w1 标记,末端分别用 U2、V2、W2 和 u2、v2、w2 标记。三相变压器一次侧绕组的连接形式如图 1-9 所示。

1. 星形接法

将三个绕组的末端连在一起,再将三个绕组的首端引出箱外,其接线如图 1-9(a)所示。

2. 三角形接法

将三个绕组的各相首尾相连构成一个闭合回路,把三个连接点接到电源上去,如图 1-9(b)、图 1-9(c)所示。因为首尾连接的顺序不同,可分为正相序[见图 1-9(b)]和反相序[见图 1-9(c)]两种接法。

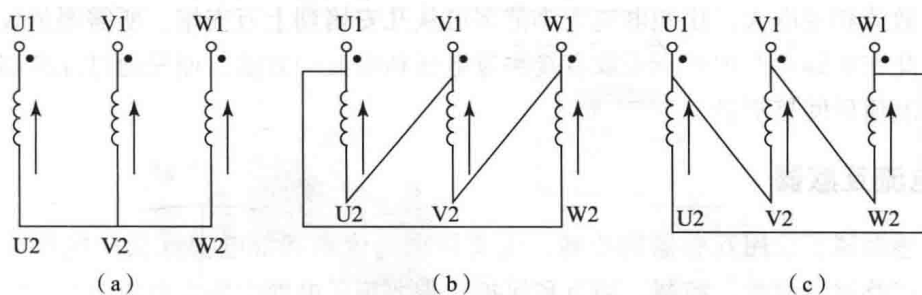


图 1-9 三相变压器一次侧绕组的连接

四、三相变压器的连接组别

三相变压器一次侧、二次侧绕组不同的接法,形成了不同的连接组别,也反映出不同的

一次侧、二次侧线电压之间的相位关系。现以 Yyn0 连接组别的三相变压器为例，说明三相变压器连接组别的判断方法，如图 1-10 所示。

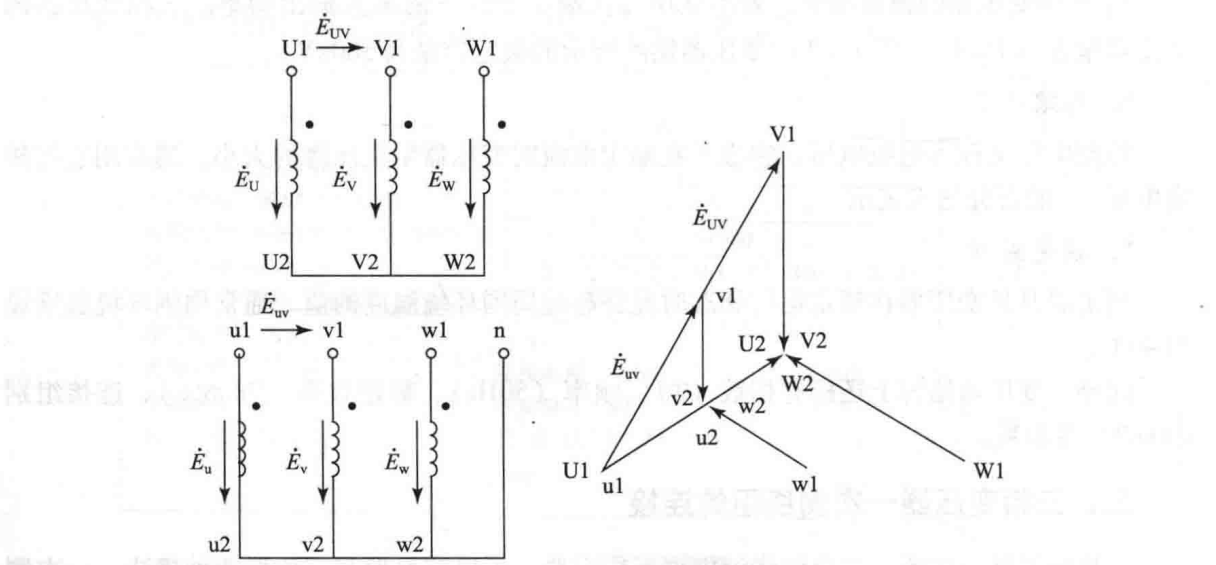


图 1-10 Yyn0 连接组别

在图 1-10 中，同一铁芯柱上的两个绕组，不管它们属于哪一相，只要两个首端是同名端，则相电动势同相位；若两个首端是异名端，则相电动势相位相反。

根据相电动势的这种关系及三相对称的原理，画出一一次侧绕组和二次侧绕组各个相电动势相量以及对应的线电动势相量和。

Yyn0 表示高压侧为星形连接，低压侧为带中线的星形连接，高压侧与低压侧的线电压同相位。变压器输出为三相四线制，适用于同时有动力负载和照明负载的场合。

任务三 特种变压器的使用与维护

在交流供电系统中运行的是高电压和大电流，为了监视系统运行和记录用电量，需要测量电压和电流参数值。但如果直接使用电压表和电流表进行测量，不仅操作起来很危险，而且由于被测数值相差巨大，比如电流大小范围可从几安培到上万安培，所需要的仪表规格将很繁多。因此在实际生产中并不采取直接测量电压和电流的方法，而是通过互感器按一定比例降低为标准值后间接测量。

一、电流互感器

电流互感器属于仪用互感器的范畴，主要用来与仪表和继电器等低压电器组成二次回路，对一次回路进行测量、控制、调节和保护，主要用于电网中的大电流测量。

在结构上电流互感器与普通单相变压器相似，它也有铁芯和一次侧绕组、二次侧绕组，但它的一次侧绕组匝数只有一匝或几匝，导线横截面较大，串联在被测电路中。二次侧绕组匝数很多，导线横截面很小，与电流表串联构成闭合回路，电流互感器的外形和测量电路如图 1-11 所示。