

供电类学徒工初级工培训教材

变压器修造

(试用本)



水电部教育司培训教材编写组

供电类学徒工初级工培训教材

变 压 器 修 造

(试用本)

水电部教育司培训教材编写组

内 容 提 要

本书内容介绍电力变压器及互感器结构和性能、原理、修造知识、技术要求，常用检修机具及安全作业常识。

本书做为电力工业变压器修造专业学徒工培训教材，内容以基础知识为主，深入浅出，通俗易懂，本书也可作为其它厂矿电气专业徒工培训及低级工学习和参考之用。

供电类学徒工初级工培训教材

变 压 器 修 造

(实用本)

保定列电印刷厂印刷

*

787×1092毫米，32开本 13.4印张 30万字

1984年8月第一版，1984年8月保定第一次印刷

印数00001—25000册

定价：1.27元

前 言

为了提高水利电力系统学徒工初级工的技术水平，使技工培训工作逐步走向正规化、系统化，我们统一组织编写了水电生产、水电施工、火电生产、火电建设和供电等五类学徒工初级工的培训教材。

这五类培训教材是按照原水利部、原电力工业部颁发的工人技术等级标准中相应的应知技术理论要求编写的。每一工种的培训教材包括基础课与专业课两部分，注意到学徒工初级工两个阶段技术理论教育的系统性和完整性，力求密切联系生产实际，深入浅出，突出工人培训教材的特点。

供电类培训教材包括十七个工种共十八本书。部委托由东北、华东电管局，天津、湖北、湖南省电力工业局组织编写，并约请各大网局和省电力工业局的有关同志参加审稿。

《变压器修造》一书，由天津电力工业局供电修配厂郑世德、吴锦豹同志主编，沈阳电业局、山东电力修造厂、郑州供电局、山西晋东南电力公司、天津电研所等有关同志进行了审定。

由于编写时间仓促，又缺乏经验，培训教材中难免存在错误和不妥之处，现以试用本出版，内部发行。希望使用单位和广大读者提出宝贵意见，以便提高再版的质量。

水利电力部

1984年8月

目 录

第一篇 变压器

第一章 变压器基本原理

第一节 概述	(1)
第二节 变压器的分类	(5)
第三节 变压器的额定数据	(4)
第四节 变压器的基本构造	(7)

第二章 变压器铁芯

第一节 变压器的铁芯型式和铁芯材料	(11)
第二节 铁芯的装配	(14)
第三节 铁芯柱和铁轭的截面形状	(16)
第四节 铁芯的夹紧	(18)
第五节 铁芯的接地	(23)

第三章 变压器线圈

第一节 圆筒式线圈	(27)
第二节 螺旋式线圈	(28)
第三节 连续式线圈	(31)
第四节 纠结式线圈	(32)
第五节 变压器线圈的装配和紧固	(34)

第四章 变压器绝缘

第一节 变压器常用的绝缘材料	(39)
第二节 变压器绝缘的分类	(40)
第三节 变压器的绝缘结构	(41)
第四节 引线与分接开关的绝缘	(46)

第五章 变压器调压装置

第一节 调压的意义和方法	(48)
--------------------	--------

第二节	无载调压装置	(49)
第三节	有载调压装置	(58)

第六章 变压器套管

第一节	纯瓷套管	(76)
第二节	充油式套管	(80)
第三节	电容式套管	(83)

第七章 变压器油箱、冷却装置及附件

第一节	油箱	(91)
第二节	冷却装置	(94)
第三节	附件	(105)

第八章 变压器特性

第一节	变压器的空载运行	(129)
第二节	变压器的负载运行	(135)
第三节	变压器的效率	(140)
第四节	三相变压器	(141)
第五节	变压器的接线组别	(144)
第六节	变压器的并列运行	(157)
第七节	三线圈变压器	(160)
第八节	自耦变压器	(164)

第二篇 互感器及异步机

第九章 电压互感器

第一节	电压互感器的工作原理和分类	(168)
第二节	电压互感器的结构	(173)
第三节	电压互感器的误差和准确等级	(182)

第十章 电流互感器

第一节	电流互感器的基本概念	(185)
第二节	电流互感器的作用原理和误差	(191)
第三节	电流互感器的结构	(197)

第十一章 异步电动机及控制电路

第一节	异步电动机的基本结构和工作原理	(205)
第二节	常用低压电器	(215)
第三节	异步电动机的控制电路	(221)

第三篇 变压器及互感器检修

第十二章 变压器检修机具

第一节	压力式滤油机和轻便油泵	(228)
第二节	高压冲洗机	(232)
第三节	真空泵和气泵	(234)
第四节	焊头机	(237)
第五节	电搬手	(239)
第六节	油压机	(241)
第七节	兆欧表和万用表	(242)

第十三章 变压器附件的检修

第一节	分接开关的检修	(248)
第二节	瓷套管的检修	(255)
第三节	油箱的检修	(259)
第四节	冷却装置的检修	(260)
第五节	储油柜、净油器等变压器附件的检修	(266)

第十四章 变压器的干燥

第一节	干燥的目的与要求	(272)
第二节	厂内固定干燥设备	(273)
第三节	现场干燥	(277)

第十五章 变压器故障

第一节	配电变压器的故障	(283)
第二节	主变压器的故障	(286)

第十六章 配电变压器检修

第一节	配电变压器吊芯检查	(293)
-----	-----------------	---------

第二节	配电变压器大修	(294)
第三节	故障检修	(301)
第四节	配电变压器再生	(302)

第十七章 主变压器现场小修

第一节	主变压器现场小修项目	(315)
第二节	变压器现场漏渗的检修	(316)
第三节	变压器现场补油及更换附件	(319)
第四节	变压器现场小修注意事项	(323)

第十八章 主变压器现场安装

第一节	主变压器现场安装的准备工作的	(325)
第二节	器身的检查	(329)
第三节	附件安装	(331)
第四节	交接试验	(342)
第五节	验收、移交运行	(343)

第十九章 主变压器的大修与再生

第一节	主变压器的定期大修	(346)
第二节	变压器器身附件损坏或改造进厂大修	(351)
第三节	主变压器再生	(357)

第二十章 互感器检修

第一节	互感器的故障	(369)
第二节	互感器的检修	(372)
第三节	互感器检查验收和电气试验	(376)

第二十一章 变压器试验

第一节	概述	(379)
第二节	变压器试验项目和标准	(381)
第三节	几种常用试验方法	(382)

第二十二章 变压器油

第一节	变压器油的应用、来源及组成	(393)
第二节	变压器油的特性	(394)

第三节	变压器油的劣化和防止劣化的措施	(399)
第四节	变压器油的净化和再生	(403)

第二十三章 变压器修造安全知识

第一节	防止起重、搬运、登高作业的伤害	(409)
第二节	防止触电	(419)
第三节	触电急救知识	(422)
第四节	现场防火	(424)

第一篇 变压器

第一章 变压器基本原理

第一节 概述

变压器是一种静止的电器。它是由绕在同一个闭合铁芯上的两个或几个线圈（也叫绕组）组成的。变压器的基本功能是将一种交流电压和电流转变为同频率的另一种或几种数值不同的电压和电流。

变压器的工作原理是直接导源于电磁感应定律。我们知道，当一个线圈中的磁场发生变化时，在线圈上就会感应出电势，这种现象就是电磁感应定律在变压器中的具体应用。

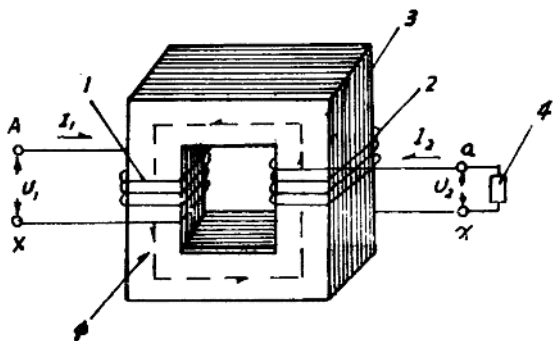


图 1—1 单相变压器的原理图

①—初级线圈②—次级线圈③—铁芯④—负载

以单相变压器为例，图 1—1 是单相变压器的原理图。在铁芯上绕有线圈①和线圈②，它们的匝数分别为 N_1 和 N_2 。

如果在线圈①的两端A、X加上交流电压 U_1 ，在线圈①中有交流电流 I_1 流过，与此同时在线圈①中就产生了交变磁通 ϕ ，磁通 ϕ 沿着铁芯构成的闭合磁路流通。这样，磁通 ϕ 便穿过了两个线圈，使线圈①和线圈②，发生了电磁联系。根据电磁感应定律，交变磁通 ϕ 便在线圈①和②中分别感应出电势 E_1 和 E_2 ，

$$E_1 = KN_1 \quad E_2 = KN_2$$

式中 K ——与交流电频率和磁通等有关的系数，是一个常数，

上两式表明：感应电势的大小正比于线圈的匝数。当忽略一些次要因素时，两个线圈的端电压数值上便分别等于其电势，即：

$$U_1 = E_1 = KN_1 \quad U_2 = E_2 = KN_2$$

由此可以看出，当电源电压 U_1 一定时，选择不同的线圈①和线圈②的匝数 N_1 或 N_2 ，便可得到不同的输出电压 U_2 。

当变压器的线圈②a、x'两端接上负载（即用电设备），在线圈②和负载构成的回路内便有电流 I_2 流过，这样，线圈①从电源吸取的电能，通过电磁联系，便传给了线圈②，负载也就得到了电能。

在变压器中，从电源吸取电能的线圈叫一次线圈（又叫原线圈或初级线圈）。输出电能的线圈叫二次线圈（又叫副线圈或次级线圈）。为了与线圈的电压相对应，也可称做高压线圈，低压线圈。因为在一般情况下，变压器的一次、二次电压是不相等的。

第二节 变压器的分类

电力变压器是电力系统中输配电能的主要设备。按其用途不同可分为升压变压器、降压变压器；按变压器的相数分有单相变压器和三相变压器；按线圈数分有双线圈变压器和三线圈变压器。此外，还可以按变压器的冷却方式以及调压方

表 1—1

序号	分 类	类 别	代 表 符 号	
			新标准	旧标准
1	线圈的耦合方式	自 耦	O	O
		单 相	D	D
2	相 数	三 相	S	S
		油浸自冷	不表示	不表示
3	冷却方式	油浸风冷	F	F
		油浸水冷	S	S
		强迫油循环	P	P
		强迫油导向循环	D	不表示
4	冷却介质	油浸式	不表示	J
5	线 圈 数	双线圈	不表示	不表示
		三线圈	S	S
		铜线	不表示	不表示
6	线圈导线材质	铝线	不表示	L
		无载调压	不表示	不表示
7	调压方式	有载调压	Z	Z

式等进行分类，并且每一类都用不同的汉语拼音字母作为代表符号，以表明其特征，如表 1—1 所示，在表中同时列出了新标准和旧标准两种代表符号。

第三节 变压器的额定数据

一、额定数据

变压器的额定数据是变压器制造厂在设计时所规定的变压器在正常运行时所遵循的主要参数，包括允许的工作电压、电流等，这些数据称为额定数据。一般额定数据都标志在变压器的铭牌上，故也叫铭牌数据，其主要内容是：

1. 额定容量 S_e ：

变压器的额定容量是以二次侧的额定电压与额定电流的乘积所决定的视在功率。单位为千伏安 (KVA)

计算公式，单相变压器： $S_e = U_{2e} \times I_{2e} \times 10^{-3} \text{KVA}$

式中 U_{2e} ——二次侧额定电压 (伏)

I_{2e} ——二次侧额定电流 (安)

三相变压器： $S_e = \sqrt{3} U_{2e} \times I_{2e} \times 10^{-3} \text{KVA}$

式中 U_{2e} ——二次侧额定电压 (伏)

I_{2e} ——二次侧额定电流 (安)

2. 额定电压 U_e ：

变压器的额定电压是指规定的加在一次侧线圈上的线电压以及与此相对应的变压器二次侧空载时的线电压。分别用 U_{1e} 和 U_{2e} 表示。

3. 额定电流 I_e ：

以变压器的额定容量除以一、二次侧额定电压得到的电

流即为变压器的一次侧额定电流 I_{1e} 和二次额定电流 I_{2e} 。由于变压器的效率很高，所以认为变压器一次侧和二次侧的容量是相等的。

4. 额定频率 f_c ：

在我国规定为50赫芝（又称工频）。

5. 额定温升：

变压器的上层油温与变压器周围空气温度的差值，称为变压器的温升。根据标准规定，当变压器安装地点的海拔高度低于1000米时，线圈的温升不能大于65℃，变压器上层油面的温升限值为55℃。此时如变压器周围空气的最高温度为+40℃，则变压器在运行时，上层油面的最高温度不能超过95℃。

例题：

1. 有一台单相变压器，额定容量 S_e 为20千伏安，一次侧额定电压为10千伏，二次侧额定电压为230伏，求一、二次侧的额定电流。

解：一次侧额定电流

$$I_{1e} = \frac{S_e}{U_{1e}} = \frac{20 \times 10^3}{10000} = 2 \text{ A}$$

二次侧额定电流

$$I_{2e} = \frac{S_e}{U_{2e}} = \frac{20 \times 10^3}{230} = 87 \text{ A}$$

2. 有一台三相变压器，额定容量 S_e 为100千伏安，一次额定电压为10千伏，二次额定电压为0.4千伏，求一、二次的额定电流。

解：一次额定电流： $I_{1e} = \frac{S_e}{\sqrt{3} U_{1e}} = \frac{100 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 10 \times 10^3} = 5.77 \text{ A}$

$$\text{二次额定电流: } I_{2e} = \frac{S_e}{\sqrt{3} U_{2e}} = \frac{100 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 0.4 \times 10^3} = 144.3 \text{ A}$$

二、变压器的型号及含意

在变压器的铭牌上, 还有用数字和汉语拼音字母组成的变压器型号, 不同的型号代表不同类型的变压器。变压器的产品型号目前已采用新的国家标准, 但运行中的变压器有很多是旧型号的。因此, 有必要同时了解新的和旧的型号所代表的意义。

变压器的型号组成如下

阿拉伯数字, 表示变压器高压侧的
额定电压 (千伏)

——阿拉伯数字, 表示变压器的额定容量 (千伏
安)

——一个或几个代表变压器类别的汉语拼音字母。

变压器类别的代表符号见表 1—1

变压器型号示例:

1. 三相油浸自冷式双线圈铝线 630 千伏安、10 千伏变压器。

新型号: S—630/10

旧型号: SJL—630/10

2. 三相强迫油循环风冷式双线圈铝线 63000 千伏安、110 千伏电力变压器。

新型号: SFP—63000/110

旧型号: SFPL—63000/110

8. 三相导向强迫油循环风冷式铝线有载调压120000千伏安, 220千伏电力变压器。

新型号: SFPZ—120000/220

旧型号: SFPDZL—120000/220

第四节 变压器的基本构造

变压器最基本结构是由铁芯, 线圈及绝缘部分组成, 但为了使变压器安全可靠地运行, 还需要有油箱、调压装置、冷却装置、保护装置等, 其中最基本的部分(铁芯、线圈、绝缘部分、引线及调压装置等)称为器身, 因此, 变压器的结构组成如下:

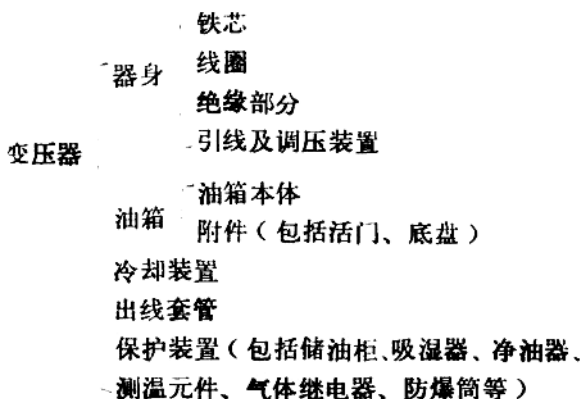


图 1—2 为中型变压器的结构概况, 图 1—3 为大型变压器的器身结构示意图, 图 1—4 为大型变压器的外形图。

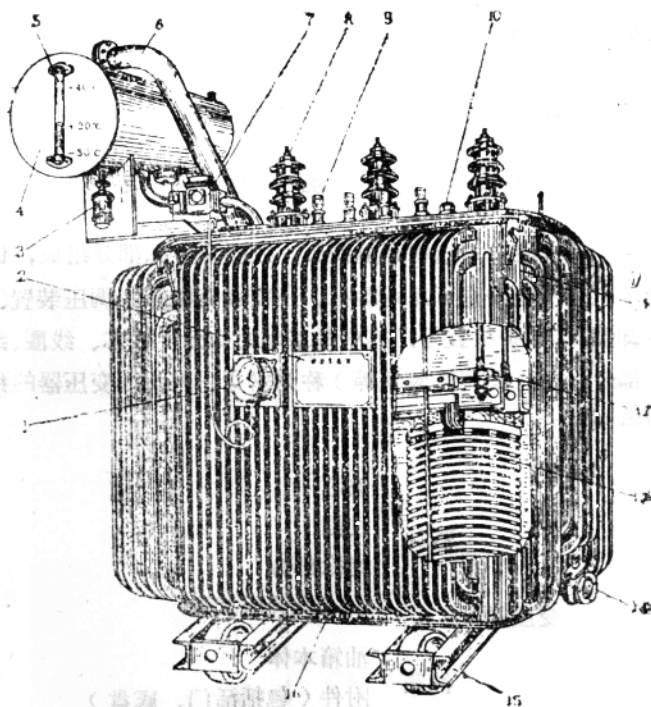


图 1—2 中型变压器结构概况

- 1—讯号式温度计 2—铭牌 3—吸湿器 4—储油柜 5—油表 6—防爆筒 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—铁芯 13—线圈及绝缘 14—放油阀门 15—小车 16—引线