

供电企业职业技能培训教材

# 变 压器检修

陕西省电力公司 组编



中国电力出版社  
www.cepp.com.cn

供电企业职业技能培训教材

# 变 压 器 检 修

---

陕西省电力公司 组编



中国电力出版社

[www.cepp.com.cn](http://www.cepp.com.cn)

## 内 容 提 要

本书是《供电企业职业技能培训教材》系列丛书之一。本书采用模块方式,结合现场工作实际与经验,详细介绍了电力变压器的大修及附件检修、试验的工作顺序,质量工艺标准和安全技能要求,初学者学后即可开展工作。本书还对检修过程中可能出现的问题和可能造成的严重后果以及防范措施均做了详尽的叙述。本书亦可作为大、中专院校及技校的强电类专业学生参考书。

### 图书在版编目(CIP)数据

变压器检修/陕西省电力公司组编. - 北京: 中国电力出版社, 2003

供电企业职业技能培训教材

ISBN 7-5083-1627-4

I. 变… II. 陕… III. 变压器-检修-技术培训-教材 IV. TM407

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 045456 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

\*

2003 年 7 月第一版 2003 年 7 月北京第一次印刷

787 毫米 × 1092 毫米 32 开本 7.25 印张 156 千字

印数 0001—3000 册 定价 12.00 元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换)

## 丛 书 编 委 会

主 任：万明善

副 主 任：喻志民 李新建 王乃永 薛 浒  
连耀学

委 员：万明善 喻志民 李新建 王乃永  
薛 浒 连耀学 朱华荣 温存立  
于占统 盛 勇 任西勇 钟筱军  
赵 晨 冯南战 张维佳 古 涛  
温治平 李爱群 吴成林 袁 斌  
张天山 苏 原 郭连成 候宏伟  
宋元峰 石胜利 李 鸣 吴程珂  
徐宪武 王兴明 刘化弟 王 云

**本 册 主 编：**于占统

**本 册 副 主 编：**魏朝钰 王心田

**本 册 编 写 人 员：**马 延 党 军

**本 册 审 定 人 员：**任西勇 冯南战

# 序 言

根据《劳动法》第八章第六十八条“从事技术工种的劳动者，上岗前必须经过培训”的规定。为了提高劳动者素质，促进劳动者就业，加强职业培训，严格就业管理，2000年3月16日劳动与社会保障部发布了部长签发的关于《招用技术工种从业人员规定》的6号令，决定从2000年7月1日起对技术工种从业人员实行就业准入制度。陕西省电力公司迅速下发了《陕西省电力公司关于推行职业资格证书制度的若干规定（试行）的通知》，明确提出实行就业准入制度，全面推行持证上岗，强化技能培训。为此陕西省电力公司科教部结合供电企业安全实际，职工技能现状，继中国电力出版社已出版《职业技能鉴定指导书》（即国家题库）和《供电企业职业技能操作导则》之后，组织西安高压供电局、西安供电局、渭南供电局等有关人员编写了《变电运行》、《变压器检修》、《电气设备试验》、《高压断路器检修》、《变电设备安装》、《继电保护、自动化及通信》、《架空送电线路施工》、《电力电缆安装、运行与检修》、《架空配电线路》、《用电检查》、《报装接电》、《电能表修校》等十二本书，作为供电企业职工技能培训系列教材。

本系列教材是我们组织有关工程技术人员，有丰富实践经验技师、高级技师编写的，其内容紧密联系现场实际；突出技能、安全、质量；一个工种一本书，试图将每个工种分成若干个小单元以构成一个总体单元，带有模块性质；理论

阐述简洁，操作性强；适合于现场每个层次的技术工人、技师、高级技师使用，可作为职业学校的培训教材，也可作为大专毕业生、专业技术管理人员的参考读本；既可作为在职职工的培训教材，也可作为新就业人员取得从业资格证书的培训教材，还可作为广大电力客户电气人员的学习资料。

由于时间短，教材涉及面广，编者水平有限，谬误之处在所难免，期望同行各位专家、技术人员和现场工作人员斧正。

**万明善**

2002年11月

# 前 言

长期以来,变压器检修专业图书较多,但编者深感该专业缺乏一本针对性、综合性、系统性强的培训教材和工具书。与变压器检修有关的知识、规范、标准等等内容分散在大量的其他标准、规程、文件中,有些还停留在师傅带徒弟传授知识的言行中。查找使用,学习传授非常不便。

本书正是基于以上愿望的考虑下开始编写的。书中采用模块方式,结合现场工作实际与经验,详细介绍了电力变压器的大修及附件检修、试验的工作顺序,质量工艺标准和安全技能要求,初学者学后即可开展工作。本书还对检修过程中可能出现的问题和可能造成的严重后果以及防范措施均做了详尽的叙述。同时又把原师傅带徒弟传授技术的方法书面化。书中又附有大量的插图、附表,使本书简明易懂并手册化、表格化。本书不但是是一本培训教材,而且将成为变压器检修工人、技术人员手中不可缺少的一本工具书。

本书在陕西省电力公司科教部的领导下由西安高压局组织编写。本书编写人员为马延、党军同志,全书由任西勇、冯南战同志审定。

编 者

2002年11月



## 目 录

序言  
前言

<b>第一章 变压器的结构及运行原理</b> .....	1
第一节 变压器的用途与分类 .....	1
第二节 电力变压器的运行原理及结构 特点 .....	3
复习题 .....	18
<b>第二章 检修前的准备</b> .....	19
第一节 开工报告 .....	19
第二节 检修设备 .....	24
第三节 变压器起重和搬运 .....	32
复习题 .....	34
<b>第三章 大修前试验</b> .....	35
第一节 大修前试验项目 .....	35
第二节 变压器检修周期及项目 .....	52
复习题 .....	70
<b>第四章 变压器的内部检修</b> .....	71
第一节 变压器附件的拆装 .....	71

第二节	变压器内部检查及注意事项 .....	81
第三节	变压器内部检查步骤 .....	84
第四节	变压器铁心故障判断 .....	93
复习题	.....	96
<b>第五章</b>	<b>分接开关检修 .....</b>	<b>97</b>
第一节	有载分接开关工作原理及结构 .....	97
第二节	有载分接开关检修 .....	111
第三节	无载分接开关检修 .....	129
第四节	分接开关故障处理 .....	130
复习题	.....	136
<b>第六章</b>	<b>变压器组件的检修 .....</b>	<b>137</b>
第一节	变压器冷却系统的检修 .....	137
第二节	变压器套管检修 .....	151
第三节	变压器附件检修 .....	164
第四节	变压器渗漏处理 .....	174
复习题	.....	179
<b>第七章</b>	<b>变压器干燥及喷漆 .....</b>	<b>180</b>
第一节	变压器干燥 .....	180
第二节	变压器喷漆 .....	184
复习题	.....	185
<b>第八章</b>	<b>变压器检修后试验及运行维护 .....</b>	<b>187</b>
第一节	变压器检修后试验 .....	187
第二节	变压器运行维护 .....	192

复习题	197
<b>第九章 变压器故障与分析</b>	<b>198</b>
第一节 变压器短路故障	198
第二节 变压器放电故障	205
第三节 变压器过热故障	211
复习题	218
编后	219

# 变压器的结构及运行原理

## 第一节 变压器的用途与分类

### 一、变压器的用途

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交换电压或电流的一种静止电气设备。

从电厂发出的电能，要经过很长的输电线路输送给远方的用户（如工厂、矿山、医院、学校、农林牧业场所等），为了减少输电线路上的电能损耗，必须采用高压或超高压输送。而目前一般发电厂发出的电压，由于受绝缘水平的限制，电压不能太高，这就要经过变压器将电厂发出的电能电压进行升高送到电力网。这种变压器统称升压电力变压器。

对各用户来说，各种用电设备所要求的电压又不太高，也要经过变压器，将电力系统的高电压变成符合用户各种电气设备要求的额定电压，作为这种用途的变压器统称降压电力变压器。

由上述可知，电力变压器是电力系统中用以改变电压的主要电气设备。

从电力系统的角度来看，一个电力网将许多发电厂和用户连在一起，分成主系统和若干个分系统。各个分系统的电压并不一定相同，而主系统必须是统一的一种电压等级，这也需要各种规格的容量的变压器来连接各个系统。所以说电

力变压器是电力系统中不可缺少的一种电气设备。

其他类型的变压器，如整流变压器、电炉变压器、调压器、互感器、电抗器等，虽然结构形式各有所异，其具体作用也有所不同，但其宏观用途仍是用以变换电压或电流的。

## 二、变压器的分类

变压器有不同的使用条件、安装场所，有不同电压等级和容量级别，有不同的结构形式和冷却方式，所以应按不同原则进行分类。变压器分类方法见图 1-1。

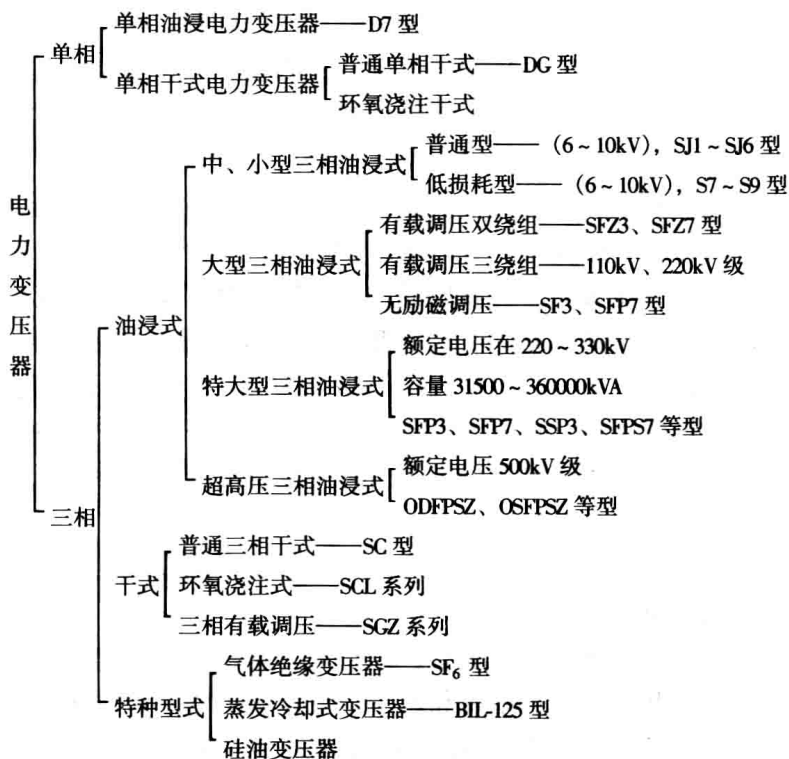


图 1-1 电力变压器分类

(1) 按电源输出相数分，变压器可分为单相变压器、三相变压器、多相变压器。

(2) 按冷却方式分，变压器可分为干式（自冷）变压器、油浸自冷变压器、油浸水冷或风冷变压器、氟化物（蒸发冷却）变压器。

(3) 按绕组结构分，变压器可分为单绕组变压器、双绕组变压器、三绕组变压器、多绕组变压器。

(4) 按铁心结构分，变压器可分为芯式铁心变压器、壳式铁心变压器、C型、T型及环形铁心变压器。

(5) 按防潮方式分，变压器可分为开启式变压器、密封式变压器、全密封式变压器。

(6) 按用途分，变压器可分为电力变压器、电炉变压器、整流变压器、调压变压器、各种小型电源变压器、各种特殊用途变压器，如试验变压器、焊接变压器等。

(7) 按调压方式分，变压器可分为无励磁调压变压器及有载调压变压器两类。

(8) 按中心点绝缘分，变压器可分为全绝缘变压器及半绝缘变压器。

## 第二节 电力变压器的运行 原理及结构特点

---

### 一、运行原理

不论是单相还是三相电力变压器，在其磁路构成的铁心柱上，分别装设一次绕组及二次绕组。通常将接于电源侧的绕组称为一次绕组，将负载侧的绕组称为二次绕组。根据电磁感应定律，当变压器一次绕组接入电源时，交流电源电压

就在一次绕组中产生一个励磁电流。励磁电流在铁心中感应出变化的磁通，称为主磁通。主磁通以铁心为闭合回路，既穿过一次绕组又穿过二次绕组。于是，就在二次绕组中感应出交变电动势。如果二次绕组输出端接入负载，就会在负载中流过交流电流。

根据电磁感应原理，变压器一、二次绕组中产生的感应电动势分别为

$$E_1 = 4.44f_1 N_1 B_m S \times 10^{-4}$$

$$E_2 = 4.44f_2 N_2 B_m S \times 10^{-4}$$

式中  $B_m$ ——铁心中最大的磁通密度，T；  
 $S$ ——铁心截面积， $\text{cm}^2$ ；  
 $f$ ——电源频率，Hz，工频频率为 50Hz；  
 $N_1$ ——一次绕组匝数，匝；  
 $N_2$ ——二次绕组匝数，匝。

由上式相比得

$$E_1/E_2 = N_1/N_2$$

由此可见变压器一、二次电动势之比等于一、二次绕组匝数之比。由于变压器绕组有阻抗，即一次电压  $U_1$  略大于  $E_1$ ，而二次电压  $U_2$  略小于  $E_2$ 。如忽略阻抗压降，则

$$U_1/U_2 = E_1/E_2 = N_1/N_2$$

这个关系式说明变压器一、二次电压之比近似等于一、二次绕组匝数之比。这个比值称为变压器的电压比。

变压器通过电磁耦合关系，将一次侧的电能传输到二次侧去，如忽略漏磁因素，即变压器本身损耗忽略不计，那

么，向变压器输入的功率就等于变压器向负载输出的功率，即

$$U_2 I_2 = U_1 I_1 \quad \text{或} \quad I_1 / I_2 = U_2 / U_1$$

所以  $I_1 / I_2 = N_2 / N_1$

因此变压器一、二次电流与一、二次绕组匝数成反比。在实际运行中，变压器有铁损、铜损等损耗产生，正因为如此变压器在运行中就会产生热量。

## 二、结构特点

三相油浸电力变压器，由三相一、二次绕组，铁心，油箱，底座，高低压套管，引线，散热器（或冷却器），净油器，储油柜，气体继电器，安全气道，分接开关，温度计等组件和附件所构成。

其各部分结构特点分述如下。

### （一）铁心及实件

电力变压器铁心系由硅钢片（带）经剪切成为一定尺寸的铁心片，按一定叠压系数叠压而成。对于老式变压器（如 SJ 系列等）铁心要经穿心螺杆紧固，外加铁或木制夹件夹紧；对于 S7 ~ S9 系列中小型及其他大型低损耗变压器，其铁心为全斜接缝铁心，铁心片叠成心柱后，不用穿心螺杆紧固，而采用玻璃丝带绑扎，再经金属夹件夹紧。图 1-2 是电力变压器铁心片叠积图，其中图 1-2（a）是老型号铁心片叠积图，图 1-2（b）为低损耗全斜接不断轭铁心片叠积图，图 1-2（c）为低损耗全斜接断轭铁心片叠积图。

### （二）绕组分类

三相电力变压器绕组是由一次绕组，二次绕组，对地绝



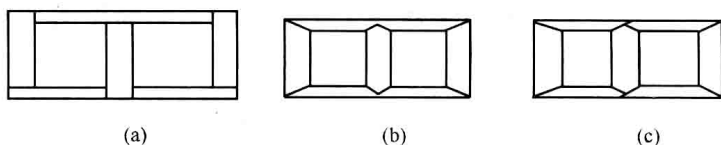


图 1-2 电力变压器铁心片叠积图

(a) 老型号铁心片叠积图；(b) 低损耗全斜接不断轭铁心片叠积图；(c) 低损耗全斜接断轭铁心片叠积图

缘层（主绝缘），一、二次绕组之间绝缘及由燕尾垫块，撑条构成的油道（油浸式变压器）或气道（干式变压器）与高压和低压引线构成。

不同容量及电压等级的电力变压器，其绕组型式结构不一样，其一般分类见图 1-3。对于层式绕组类的箔式绕组，目前仅在 S8 及 S9 系列低损耗电力变压器中采用；而饼式绕组类的内屏蔽式绕组也只有 110kV 及以上高电压大型、特大型变压器中采用。一般电力变压器中常采用圆筒式、连续式、纠结式、螺旋式及交错式五种绕组。

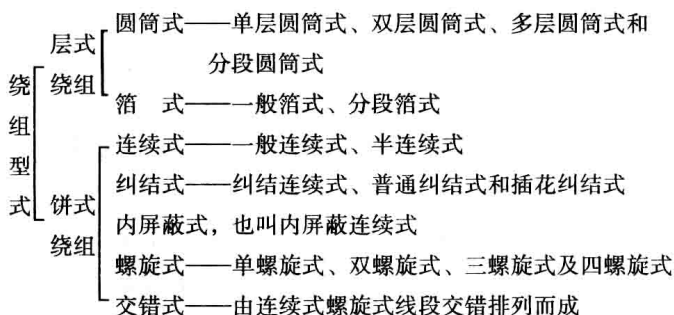


图 1-3 电力变压器绕组型式

关于高低压绕组安装位置，因高压绕组都是用较细的导