

实用电工技能丛书

农村电气设备运行维护工

武继茂 田效礼 编著



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

实用电工技能丛书

农村电气设备运行维护工

武继茂 田效礼 编著



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

实用电工技能丛书

农村电气设备运行维护工

前言

为强化农电工的技能，提高农村电气设备安全运行水平。我们以理论联系实际为原则，注重针对性、实用性、科学性，突出农用电气设备的安装、运行维护技能知识，专门编写了此书。

本书以“什么问题，如何处理，应达到什么标准，应注意哪些事项”为基本模式，针对农村用电实际，对农用电动机、变压器、架空配电线路等用电设施的安装、运行维护、事故处理等知识进行了比较全面细致的介绍。全书共 13 章，深浅适宜，简繁得当，图文并茂，通俗易懂，突出维修技能，旨在提高农电工分析、判断、处理实际业务问题的综合能力，适应农电事业快速发展的需要。

本书在编写过程中得到了山东寿光市供电公司等单位和许多农电培训专家的大力支持和帮助，在此表示衷心地感谢。

由于水平所限，书中难免有疏漏之处，恳请广大读者和农电培训专家、教师提出宝贵意见，以便及时修正。

作者

2003 年 1 月 8 日

《实用电工技能丛书》

编委会名单

主 编 刘治国

编 委 (按姓氏笔划排序)

宋玉春 任 平 孙俊英

李 航 武继茂 徐 健

徐 第

策划人员 马家斌 何 郁 黄晓华

潘宏娟 李建强 赖广秀

实用电工技能丛书

农村电气设备运行维护工

目 录

前言

1	第一章 配电变压器	
第一节	配电变压器的基本 工作原理	1
第二节	配电变压器的主要部件 及其作用	2
第三节	配电变压器的铭牌及 技术参数	4
第四节	配电变压器的选择及安装	9
第五节	配电变压器的运行与维护 ...	15
第六节	配电变压器的常见故障及 处理方法	23
第七节	农用配电变压器运行管理 中常遇到的问题	27
	复习题	43

45	第二章 架空配电线路	
第一节	基本概念	45
第二节	架空配电线路的基本结构	

	及作用	46
第三节	架空线路常用术语及概念	62
第四节	对架空配电线路的要求	67
第五节	配电线路的设计	70
第六节	架空配电线路的施工与要求	79
第七节	架空配电线路的运行与维护	85
第八节	架空配电线路工作中的安全 知识	99
第九节	农村电工常用架空配电线路技能	105
复习题		117

120 — 第三章 三相异步电动机

第一节	三相异步电动机的主要部件及作用	120
第二节	三相异步电动机的工作原理及 转差率	121
第三节	异步电动机的铭牌及参数	122
第四节	电动机的选用	125
第五节	电动机的接线	126
第六节	电动机绕组头和尾的判断	127
第七节	电动机的启动与控制	129
第八节	低压电动机的保护	139
第九节	电动机的运行维护与常见故障处理	140
第十节	农村电工常用三相异步电动机技能	148
复习题		155

157 — 第四章 低压电器

第一节	低压电器的基本概念	157
-----	-----------------	-----

第二节	低压电器的选择、安装与维护·····	160
第三节	高压电器·····	202
第四节	农村电工常用低压电器技能·····	210
复习题	·····	214

216 — 第五章 低压配电装置

第一节	低压配电室(箱)·····	216
第二节	低压配电盘·····	219
复习题	·····	226

228 — 第六章 室内、外布线与照明

第一节	绝缘导线的种类、用途与连接方法·····	228
第二节	绝缘导线的选择·····	232
第三节	室内、外布线的一般要求·····	235
第四节	室内布线的安装·····	239
第五节	室内外配线常见故障及检修·····	244
第六节	电气照明·····	246
第七节	农村电工常用布线与照明技能·····	260
复习题	·····	269

271 — 第七章 电工测量仪表

第一节	概述·····	271
第二节	电压表和电流表·····	278
第三节	功率表和功率因数表·····	285
第四节	电能表·····	289
第五节	万用表·····	309
第六节	兆欧表·····	312

第七节	接地电阻测量仪·····	314
第八节	互感器·····	316
第九节	农村电工常用电工测量仪表技能·····	325
复习题	·····	340

第八章 无功补偿及电力电容器

第一节	无功补偿的概念·····	343
第二节	无功补偿原理·····	349
第三节	并联补偿电容器·····	351
第四节	无功补偿容量的确定·····	354
第五节	补偿电容器的安装与接线·····	357
第六节	电容器的运行与维护·····	359
第七节	电容器的常见故障及处理·····	360
第八节	无功补偿用户能得到的好处·····	361
复习题	·····	362

第九章 漏电保护器

第一节	工作原理、分类及技术参数·····	364
第二节	漏电保护器的应用·····	368
第三节	动作电流和动作时间的整定·····	372
第四节	漏电保护器的选择原则·····	374
第五节	漏电保护器的安装与接线·····	375
第六节	漏电保护装置的运行维护与管理·····	380
第七节	脉冲型漏电保护器·····	383
第八节	漏电总保护器接地试验拒动原因 与对策·····	384
复习题	·····	385

387 — 第十章 电气接地与接零

第一节	接地的基本概念	387
第二节	接地接零及其作用	389
第三节	接地装置的安装与维护	394
第四节	接地电阻的测量和规定	398
第五节	接地装置的维护	399
复习题		399

401 — 第十一章 电气防雷与防火

第一节	雷电及危害	401
第二节	防雷措施	404
第三节	电气火灾与防止	413
第四节	电气火灾的起因与预防	420
复习题		421

423 — 第十二章 电工安全用具

第一节	绝缘安全用具	423
第二节	高低压验电器	427
第三节	登高安全用具	430
第四节	临时接地线、遮栏和标示牌	432
第五节	安全用具的试验周期及正确使用	434
复习题		437

438 — 第十三章 安全用电

第一节	造成农村触电事故的常见原因	438
第二节	触电事故的种类和发生规律	440

第三节	与触电伤害程度有关的因素·····	445
第四节	防止触电的主要安全措施·····	446
第五节	农村安全用电·····	448
复习题	·····	451
参考文献	·····	453

第一章

配电变压器

变压器是一种静止的电能传递用电器，它具有变换电压、变换电流和变换阻抗的作用，它能将某一等级的电压与电流变换成另一等级的电压与电流。

第一节

配电变压器的基本工作原理

配电变压器是根据电磁感应原理制作而成的，其基本工作原理如图 1-1 所示。

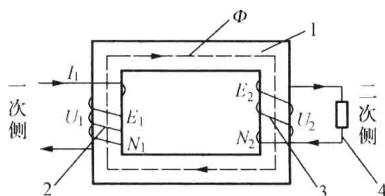


图 1-1 变压器原理

1—铁芯；2—一次绕组；3—二次绕组；4—负载； I_1 、 I_2 ——、二次绕组电流； U_1 、 U_2 ——、二次绕组电压； E_1 、 E_2 ——、二次绕组中的感应电动势； N_1 、 N_2 ——、二次绕组匝数； Φ —主磁通

变压器是由两个彼此绝缘且匝数不同的绕组和一个闭合铁芯组成的。两个绕组均套在铁芯上，一个绕组接电源，另一个绕组接负载。通常，我们把接电源的绕组称为一次绕组或一次侧等；把接负载的绕组称

为二次绕组或二次侧等。当一次绕组接入交流电源后，电源电压就会在一次绕组中产生励磁电流，励磁电流在闭合的铁芯中产生交变的磁通，即主磁通。主磁通不仅穿过变压器的一次绕组，同时也穿过二次绕组，于是在变压器的二次绕组中就感应出交变的电动势。如果二次绕组接入负载，负载中就有电流通过而做功。这就是配电变压器的简单工作原理。

变压器一、二次之间的电压比，就是变压器的变比，常用 K 表示，它等于变压器一、二次之间的匝数比；变压器一、二次之间的电流与匝数成反比，即

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

通常也把上式称为变压器的基本公式。



第二节

配电变压器的主要部件及其作用

配电变压器主要由铁芯、绕组、油箱、油枕、绝缘套管、散热器、电压分接开关、温度计、油位指示计、防爆管以及吸湿器等主要部件组成，其结构如图 1-2 所示。

配电变压器一般为油浸式的，其高低压绕组都套在闭合的铁芯上，再一起装在注满油的变压器油箱中，高低压绕组都用引线引出，与外面的线路连接，下面介绍一下配电变压器的主要部件和作用。

1. 铁芯

铁芯是变压器电磁感应的磁通路，是变压器最基本的组成部分。它由导磁性能很好的硅钢片叠装组成闭合磁路，其主要组成部分为芯柱和铁轭。芯柱用来套装绕组，铁轭用来使整个磁路闭合。铁芯的主要作用是构成磁通路，同时又是变压器本身的机械骨架。

2. 绕组

绕组是变压器的电路部分，由绝缘铜线或铝线绕成。大多数变压器

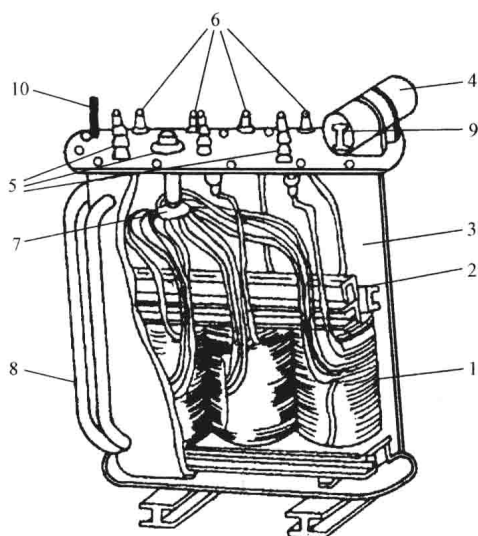


图 1-2 变压器结构示意图

- 1—绕组；2—铁芯；3—油箱；4—油枕；5—高压套管；6—低压套管；7—电压分接开关；8—散热管；9—油位指示计；10—温度计

都使用绝缘铜线并采用同芯式绕组，即它每一相的一、二次绕组是同芯地套在一个铁芯柱上，高压绕组套在低压绕组外面。低压绕组与铁芯间、高低压绕组之间都有可靠的绝缘。它的主要作用是与铁芯一起产生电与磁的能量转换。

3. 油箱

油箱是变压器的外壳，是用钢板焊接而成的。它的作用是盛放铁芯、绕组和变压器油，并且有一定的散热作用。为增加散热效果，在变压器油箱外边焊有散热管，使变压器油在运行中通过油箱和散热管形成上下对流，增大散热面积，改善变压器的运行条件。

4. 油枕

油枕也叫储油柜。它装设在油箱的上部并且用油管与油箱相连通。

油枕上设有与大气相连通的呼吸孔、注油孔和监视油位的油位指示器。油枕起着储存及补充油箱内变压器油的作用，以保证油箱内充满油，同时能减少油和空气的接触面，防止变压器油过速氧化和受潮。

5. 高、低压绝缘套管

绝缘套管分为高压套管和低压套管，是变压器一、二次绕组引到油箱外部的绝缘装置。在绝缘套管中，有一导电杆，下端用引线与绕组连接，上端用螺栓与外电路连接。它的作用是固定引出线同时对外壳绝缘。同一台变压器的高低电压套管可以通过外形的大小来区分，外形高而大的是高压套管，外形小而矮的是低压套管。

6. 电压分接开关

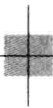
电压分接开关是变压器用来调整输出电压的装置，工作原理是改变变压器的变压比。可分为有载调压开关和无载调压开关，配电变压器均装设无载调压开关。它的作用是用来调整配电变压器的输出电压。

7. 防爆管

防爆管装于变压器的顶盖上，和油箱相通，管口用玻璃薄膜封住。当变压器发生故障时，油温升高，油加速分解，产生大量的气体，使油箱内压力剧增，这时，管口的玻璃薄膜即被压破，气体和油可以通过管口而喷出，防止变压器油箱变形或爆炸，它是对变压器起保护作用的设备。

8. 吸湿器

吸湿器又叫呼吸器，它由一铁管和玻璃容器组成，内装有干燥剂（一般用氯化钙）。变压器油枕内的油通过呼吸器与空气接触，空气中的水分及杂质通过呼吸器内的干燥剂时被滤除，使变压器油保持良好的电气性能。



第三节

配电变压器的铭牌及技术参数

为了正确选择和使用变压器，了解变压器的结构性能和运行特点，厂家把变压器的主要运行技术数据标明在变压器铭牌上，以便用户在选

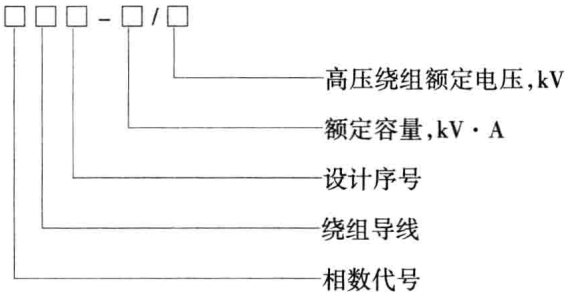
择和使用时参考。一般变压器的铭牌如表 1-1 所示。

表 1-1 电力变压器

产品型号	S ₇ -100/10	标准代号	GB 1094.1 ~ 5—1985																											
额定容量	100kV · A	产品代号	IFB 710 229.1																											
额定电压	10000V	出厂序号	1877																											
产品型号	S ₇ -100/10	标准代号	GB 1094.1 ~ 5—1985																											
额定频率	50Hz	<table><tr><td rowspan="2">开关位置</td><td colspan="2">高 压</td><td colspan="2">低 压</td></tr><tr><td>V</td><td>A</td><td>V</td><td>A</td></tr><tr><td>I</td><td>10500</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>II</td><td>10000</td><td>5.77</td><td>400</td><td>144.3</td></tr><tr><td>III</td><td>9500</td><td></td><td></td><td></td></tr></table>					开关位置	高 压		低 压		V	A	V	A	I	10500				II	10000	5.77	400	144.3	III	9500			
开关位置	高 压							低 压																						
	V						A	V	A																					
I	10500																													
II	10000						5.77	400	144.3																					
III	9500																													
连接组标号	Y, yn0																													
冷却方式	ONAN																													
使用条件	户 外																													
阻抗电压	4.18%																													
器身质量	341.7kg	油重	138kg	总重	574kg																									
× × 变压器厂		× × 年 × 月																												

1. 型号

电力变压器的型号含义：



相数代号：S，三相；D，单相。

绝缘代号：C，绕组外绝缘介质为成型固体；G，绕组外绝缘介质为空气；油浸式不表示。

冷却代号：F，风冷；自然冷却不表示。

调压代号：Z，有载调压；无励磁调压不表示。

绕组导线材质代号：L，铝绕组；铜绕组不表示。

如： $S_9-100/10$ ，表示三相油浸自冷式铜线绕组、额定容量为 100 $\text{kV} \cdot \text{A}$ 、高压绕组额定电压为 10kV 的电力变压器。设计序号为 9，表示为低损耗型。

2. 额定容量

变压器的额定容量用 S_N 表示。指变压器在厂家铭牌规定的额定电压、额定电流及其他额定使用条件下连续运行时，能输出的容量。以视在功率表示，其值为变压器的二次额定电压和额定电流的乘积，单位为 $\text{kV} \cdot \text{A}$ 。

对单相变压器有 $S_N = U_{2N} I_{2N}$ (1-2)

对三相变压器有 $S_N = \sqrt{3} U_{2N} I_{2N}$ (1-3)

式中 U_{2N} ——变压器二次的额定电压，kV；

I_{2N} ——变压器二次的额定电流，A；

S_N ——变压器的额定容量， $\text{kV} \cdot \text{A}$ 。

3. 额定电压

变压器的额定电压用 U_N 表示。额定电压指变压器长期运行时所能承受的工作电压（变压器铭牌上的额定电压为变压器一次侧中间分接头的额定电压值），单位为 kV，变压器的一、二次额定电压都是指的线电压，二次额定电压为当一次侧加上额定电压，二次侧空载时的电压。一次额定电压为接到一次绕组端点的标称电压值；配电变压器高压值一般有等于额定电压、高出额定电压 5%、低于额定电压 5% 三个数。分别表示与变压器电压分接开关的三个位置相对应的三个电压值，其调压范围是额定电压的 $\pm 5\%$ 。例如，对于 10kV 的变压器来说，高压侧有 10.5kV/10kV/9.5kV 三个数值。习惯上都以变压器高压侧的等级来称呼变压器的电压等级，例如高压侧额定电压为 10kV 的，称为 10kV 变压器。额定电压的计算公式为

$$\text{三相变压器} \quad U_{N1} = \frac{S_N}{\sqrt{3} I_{N1}} \quad (1-4)$$

$$U_{N2} = \frac{S_N}{\sqrt{3} I_{N2}} \quad (1-5)$$

单相变压器
$$U_{N1} = \frac{S_N}{I_{N1}} \quad (1-6)$$

$$U_{N2} = \frac{S_N}{I_{N2}} \quad (1-7)$$

在变压器的铭牌上，额定电压一般写成分数形式，如 10/0.4kV，10 表示高压侧的额定电压为 10kV，0.4 表示低压侧的额定电压为 400V。

4. 额定电流

额定电流用 I_N 表示。变压器额定电流是指各绕组在额定负载情况下的电流值，其大小是以相应的额定电压除以额定容量后得到的。它也是变压器在额定容量下允许长期通过的最大电流。在三相变压器中额定电流指的是线电流，单位为 A。其计算公式为

单相变压器
$$I_N = \frac{S_N}{U_N} \quad (1-8)$$

三相变压器
$$I_N = \frac{S_N}{\sqrt{3} U_N} \quad (1-9)$$

通过该公式，我们可以很快地计算出任何一台变压器的额定电流值。以此值为标准，就可以根据实测负荷电流来确定变压器是否处于超载运行状态。

5. 阻抗电压

阻抗电压用 U_k 来表示。阻抗电压也叫短路电压，是将变压器二次绕组短路，在一次绕组上施加电压，并用调压器逐步升高加在一次绕组上的电压，使通过一次绕组的电流达到额定值 I_N ，此时在一次侧所施加的电压称为阻抗电压。在变压器铭牌上，通常用 U_k 对一次侧额定电压的百分数来表示，称为阻抗电压百分数，即

$$U_k \% = \frac{U_k}{U_N} \times 100\% \quad (1-10)$$

阻抗电压百分数是变压器的一个重要特性参数，它对变压器的安全经济及并列运行有着很重要的意义，当变压器二次侧发生突然短路时，