

# 企业供电

杨莉 主编



四川大学出版社



责任编辑:梁 平  
责任校对:杨 力  
封面设计:原谋设计工作室  
责任印制:王 炜

### 图书在版编目(CIP)数据

企业供电 / 杨莉主编. 成都: 四川大学出版社,  
2014. 5

ISBN 978 7 5614 7708 3

I. ①企… II. ①杨… III. ①工业用电 供电 中等  
专业学校 教材 IV. ①TM727. 3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 108265 号

### 书名 企业供电

---

主 编 杨 莉  
出 版 四川大学出版社  
地 址 成都市一环路南一段 24 号 (610065)  
发 行 四川大学出版社  
书 号 ISBN 978-7-5614-7708-3  
印 刷 四川五洲彩印有限责任公司  
成品尺寸 185 mm×260 mm  
印 张 9.25  
字 数 219 千字  
版 次 2014 年 6 月第 1 版  
印 次 2014 年 6 月第 1 次印刷  
定 价 18.00 元

◆读者邮购本书,请与本社发行科联系。  
电话:(028)85408408/(028)85401670/  
(028)85408023 邮政编码:610065

◆本社图书如有印装质量问题,请  
寄回出版社调换。

◆网址:<http://www.scup.cn>

---

版权所有◆侵权必究

# 前 言

本书是在广泛总结“工学结合、校企合作”人才培养模式的教学改革成果基础上编写的。通过对我校机电技术专业学生就业岗位群的深入分析，确定了“企业供电”课程的主要内容，并按照职业学校学生生源的具体情况和认知规律分为七个理实一体化课题，包括电力系统，电力变压器，高、低压电器操作，继电保护，电力电缆，电气安全，高压汞灯的安装与检修。

本书的主要特色如下：

1. 坚持以职业能力培养为目标，以理实一体化为主线，体现了学校教学和企业实践的有机统一、传统工艺和现代技术的有机融合。
2. 坚持以宜教、易学、够用为编写原则。结合职业学校学生生源的具体情况和认知规律，以生动的图片、简洁的描述和丰富的经验，达到教得会、学得进、用得上的教学目标。
3. 坚持以面向工作岗位、利于学生职业可持续发展为目的，结合生产生活中供电知识的具体应用，为学生顺利走向工作岗位打下坚实的基础。

杨莉任本书主编，并编写了项目七。赵鑫编写项目三、四，张举中编写项目二、五、六，王瑛编写了项目一。

由于编写时间紧迫，加之水平有限，书中不足和疏忽之处恳请读者不吝赐教，不胜感谢。

编 者



# 目 录

项目一 电力系统	( 1 )
任务一 参观工厂变配电站 ( 所 )	( 1 )
任务二 绘制简单的低压配电网络图	( 7 )
项目二 电力变压器	( 12 )
任务一 测量电压比	( 12 )
任务二 空载和短路试验	( 19 )
任务三 变压器绝缘电阻测量	( 28 )
任务四 电力变压器的小修——换油	( 33 )
项目三 高、低压电器操作	( 39 )
任务一 操作塑壳式低压断路器	( 39 )
任务二 安装高压熔断器	( 45 )
任务三 高压隔离开关的安装与调试	( 49 )
任务四 安装 ZW32—12 型户外柱上高压真空断路器	( 54 )
任务五 操作 XGN2—12 箱型固定式金属封闭开关柜	( 60 )
项目四 继电保护	( 66 )
任务一 电容式电压互感器检验与维护	( 66 )
任务二 线路过电流保护的实现	( 71 )
任务三 变压器差动保护的实现	( 78 )
项目五 电力电缆	( 83 )
任务一 冷缩电缆终端头制作	( 83 )
任务二 电缆敷设	( 92 )
任务三 电缆故障诊断	( 98 )
项目六 电气安全	( 105 )
任务一 使用智能心肺急救复苏模拟人	( 105 )
任务二 使用高压验电器	( 112 )
任务三 接地装置制作与接地电阻的测量	( 117 )
项目七 高压汞灯的安装与检修	( 125 )
任务一 高压汞灯安装	( 125 )
任务二 高压汞灯检修	( 132 )
参考文献	( 139 )



# 项目一 电力系统

## 学习目标

1. 掌握电力系统的组成。
2. 绘制简单的电力系统图。

## 任务一 参观工厂变配电站（所）

### 任务描述

参观工厂变配电站（所）。

### 任务分析

#### 一、变电站主要电气设备示意图

如图 1-1 所示，变电站除了主要电气设备外，还有电容器、套管、阻波器、电缆、电抗器和继电保护装置等，这些都是输变电系统中必不可缺的设备。

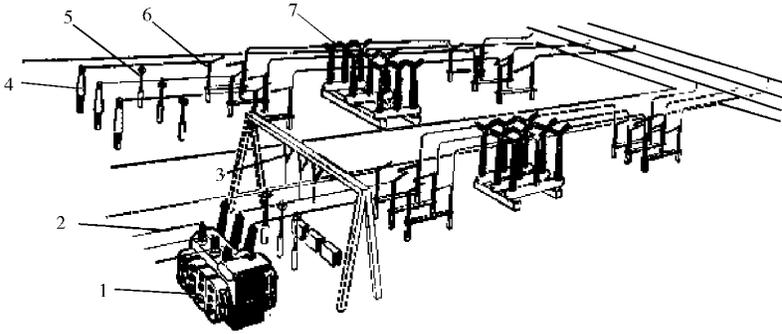


图 1-1 变电站主要电气设备示意图

1—变压器 2—导线 3—绝缘子 4—互感器 5—避雷器 6—隔离开关 7—断路器

## 二、变配电站的任务

变电站（所）的任务是接受电能、变换电压和分配电能，即受电—变压—配电。配电站（所）的任务是接受电能和分配电能，但不改变电压，即受电—配电。

### 🔍 相关知识

#### 一、常见发电厂

电能的生产、输送、分配和使用的全过程，是同一瞬间实现的，为了保证企业供电的安全与可靠，首先应了解发电厂和电力系统的一些基本概念。

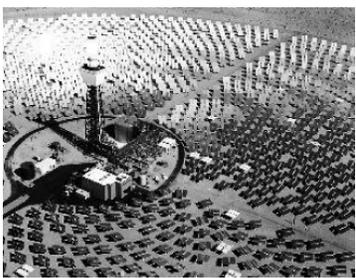
发电厂，是将自然界蕴藏的各种一次能源转换为电能（二次能源）的工厂。常见的有水力发电厂、火力发电厂、核能发电厂、风力发电厂、地热发电厂和太阳能发电厂等。其中，兼供热能的火电厂，通常称为热电厂，表 1-1 介绍了几种常见的发电厂类型及主要特征。

表 1-1 常见的发电厂类型及主要特征

类型	实景	能量来源	工作原理	能量转换过程
水力发电厂		水流的上下水位差（落差），即水流的位能	当控制水流的闸门打开时，水流沿进水管进入水轮机蜗壳室，冲动水轮机，带动发电机发电	水流位能→机械能→电能



续表1-1

类型	实景	能量来源	工作原理	能量转换过程
火力发电厂		燃料燃烧产生的化学能	将锅炉内的水烧成高温高压的蒸汽, 推动汽轮机转动, 使与它连轴的发电机旋转发电	燃料的化学能→热能→机械能→电能
核能发电厂		原子裂变能	与火电厂基本相同, 只是以核反应堆替代了燃煤锅炉, 以少量的核燃料替代了大量的煤炭	核裂变能→热能→机械能→电能
风力发电厂		风力的动能	利用风力带动风车叶片旋转, 再通过增速机将旋转的速度提升, 来促使发电机发电	风力的动能→机械能→电能
地热发电厂		地球内部蕴藏的大量地热能	基本与火力发电的原理一样。不同的是所利用的能源是地热能(天然蒸汽和热水)	地下热能→机械能→电能
太阳能发电厂		太阳的光能或太阳热能	通过太阳能电池板等, 直接将太阳的辐射能转换为电能	太阳的辐射能→电能



## 二、电力系统简介

为了能够充分利用动力资源，减少燃料运输，降低发电成本，在有水力资源的地方建水电站，在有燃料资源的地方建造火电站。但是，这些有动力资源的地方，往往离用电中心地区较远，必须用高压输电线路进行远距离输电。这就需要各种升压、降压变电站和配电线路。

图 1-2 所示是由各种发电设备、变电设备、配电设备、输电线和电力用户所组成的网络，该网络即为电网。在各个发电厂、变电站和电力用户之间，用不同电压的电力线路将他们连接起来，这些不同电压的电力线路和变电站的组合称为电力网。由发电厂的电气设备、不同电压的电力网和电力用户的用电设备所组成的一个发电、变电、输电、配电和用电的整体称为电力系统。

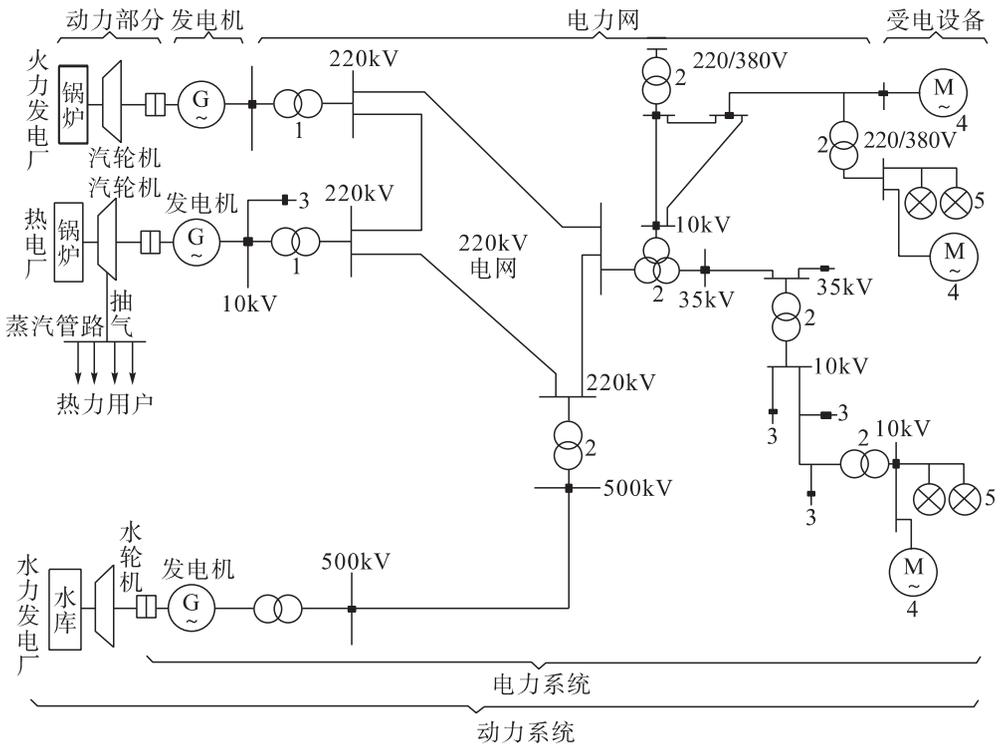


图 1-2 发电厂配电系统图

1—升压变压器 2—降压变压器 3—负荷 4—电动机 5—电灯

## 三、对电力系统的基本要求

为了更好地为企业生产服务，切实保证企业生产和人民群众生活用电的需要，并做好节能工作，对电力系统的基本要求如下：

### 1. 安全

在电能的供应、分配和使用中，不应发生人身事故和设备事故。



## 2. 可靠

应满足电能用户对供电可靠性的要求。

## 3. 优质

应满足电能用户对电压和频率等质量的要求。

## 4. 经济

供电系统的投资要少，运行费用要低，并尽可能地节约电能和减少有色金属的消耗量。

# 任务实施

## 一、任务准备

- (1) 参观前须穿戴好防护用品。
- (2) 听取运行负责人讲解工厂变配电站（所）运行管理的规章制度和操作规程。

## 二、参观要求

- (1) 参观过程服从指导教师统一安排，注意安全，严防发生意外。
- (2) 严格遵守组织纪律。禁止乱摸、乱操作参观场所任何开关、按钮等。
- (3) 在指导老师的安排及带领下按参观线路行走，保持肃静并认真听老师讲解。
- (4) 参观时应保持与带电设备的安全距离，对任何电气设备均视为带电设备。

## 三、参观内容

### 1. 工厂变配电站及高低压架空输电线路

由运行负责人或电气工程师带领参观高压配电室、低压配电室、变压器室等。

### 2. 工厂低压配电系统

由运行负责人或电气工程师带领参观各种低压电器设备，以及车间动力、照明线路的架设方式和要求。

## 四、填写参观总结

参观总结

班级		姓名		日期	
参观项目：					
参观目的：					



参观任务：

参观收获及总结：

### 归纳总结

(1) 常见的发电厂有火力发电厂、水力发电厂、核能发电厂、风力发电厂、地热发电厂和太阳能发电厂。

(2) 电力系统是由发电厂的电气设备、不同电压的电力网和电力用户的用电设备所组成的一个发电、变电、输电、配电和用电的整体。

(3) 工厂供电的基本要求是安全、可靠、经济、优质。

### 随堂练习

1. 什么是电力系统？对电力系统的基本要求是什么？
2. 热电厂和火电厂有什么区别？

### 拓展提高

## 新能源发电

**潮汐发电：**与水力发电原理相似，利用潮水涨、落产生的水位差所具有的势能来发电。也就是把海水涨、落潮的能量变为机械能，再把机械能转变为电能（发电）的过程。

**垃圾发电：**与火力发电原理相似，就是利用垃圾焚烧时产生的热量发电。



## 任务二 绘制简单的低压配电网络图

### 任务描述

绘制简单的低压配电网络图

### 任务分析

### 低压配电的工作原理

低压配电是在电厂发电后，经升压变压器升压后，将电能输送至高压变电所。再由高压变电所中的降压变压器将高电压转化为低电压输送至低压配电所后由低压配电所向各级低压用电设备输送电能。

### 相关知识

#### 一、低压配电系统图

低压配电系统图就是用电设备供电主回路图，表示每个设备是如何供电的。将供电线路上的所有低压元器件的连接用单线画出来构成一副电力系统图就是低压配电系统图。

某综合医院低压配电系统的主接线图，如图 1-3 所示。

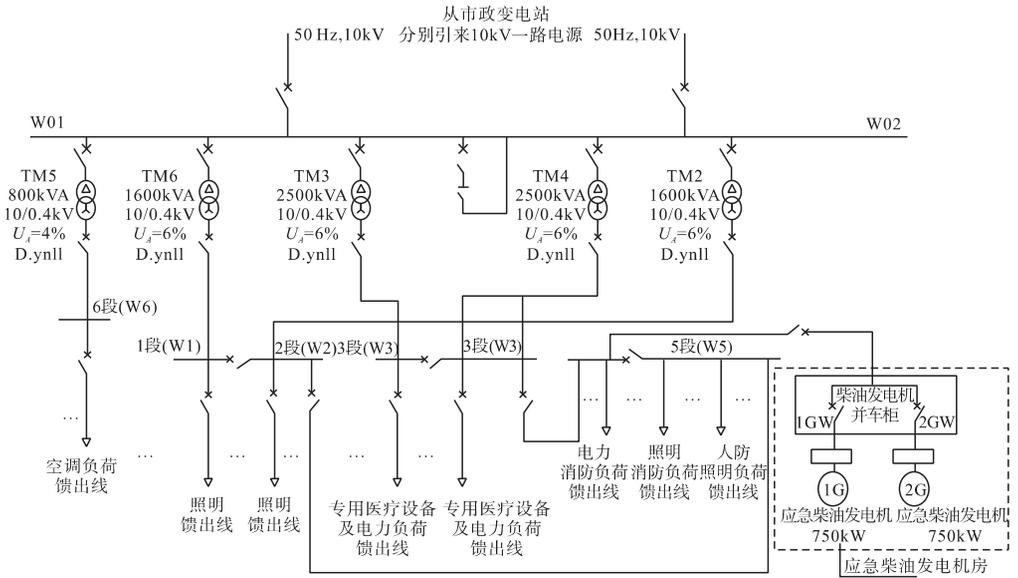


图 1-3 综合医院低压配电系统的主接线图

## 二、电力系统的额定电压

电力系统中的所有电气设备都是在一定的电压和频率下工作的。频率和电压是衡量电能质量和供电可靠性的两个重要指标。电气设备在其额定电压和额定频率下工作时，其综合的经济效果最好。

### 1. 电力线路的额定电压

电力线路额定电压等级是国家根据国民经济发展的需要及电力工业的水平，经全面技术经济分析后确定的。它是确定各类用电设备额定电压的基本依据。

### 2. 用电设备的额定电压

由于用电设备运行时电力线路上有负荷电流流过，因而会在电力线路上引起电压损耗，造成电力线路上各点电压略有不同，如图 1-4 的虚线所示。但成批生产的用电设备其额定电压不可能按使用地点的实际电压来制造，只能按线路首端与末端的平均电压，即电力线路的额定电压 $U_{\text{N}}$ 来制造。所以，规定用电设备的额定电压与同级电力线路的额定电压是相等的。

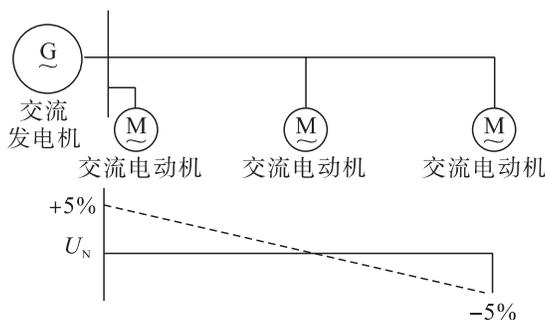


图 1-4 用电设备和发电机的额定电压

### 3. 发电机的额定电压

由于电力线路允许的电压损耗为 $\pm 5\%$ ，即整个线路允许有 $10\%$ 的电压损耗。因此，为了维持线路首端与末端平均电压的额定位，线路首端（电源端）电压应比线路额定电压高 $5\%$ ，线路末端的电压则比线路额定电压低 $5\%$ ，如图1-4所示。而发电机是接在线路首端的，所以规定发电机的额定电压高于同级线路额定电压 $5\%$ ，用以补偿线路上的电压损耗。例如 $10\text{ kV}$ 电网中，发电机的额定电压为 $10.5\text{ kV}$ 。

### 4. 电力变压器的额定电压

(1) 变压器一次绕组的额定电压。

①当变压器直接与发电机相连，如图1-5中的变压器 $T_1$ ，则一次绕组的额定电压应与发电机额定电压相同，即高于同级线路额定电压 $5\%$ 。

②当变压器不与发电机相连而是连接在线路上，如图1-5中的变压器 $T_2$ ，则一次绕组的额定电压应与线路的额定电压相同。

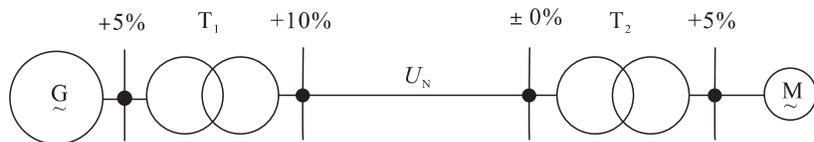


图 1-5 电力变压器的额定电压

(2) 变压器二次绕组的额定电压。

①如果变压器二次侧供电线路很长（例如较大容量的高压线路），如图1-5中的变压器 $T_1$ ，变压器二次绕组的额定电压要比相连线路额定电压高 $10\%$ ，其中有 $5\%$ 用于补偿变压器二次绕组本身的阻抗电压降，另 $5\%$ 用于以补偿线路上的电压降。

②如果变压器二次侧供电线路不长（例如低压线路，或直接供电给高低压用电设备的线路），如图1-5中的变压器 $T_2$ ，则变压器二次绕组的额定电压只需高于其所接线路额定电压 $5\%$ ，即仅考虑补偿变压器绕组本身 $5\%$ 的阻抗电压降。

在同一电压等级中，电力系统中各个环节（发电机、变压器、电力线路、用电设备）的额定电压数值并不都相同。我国三相交流电网和电力设备的额定电压如表1-2所示。



表 1-2 我国三相交流电网和电力设备的额定电压

分类	电网和用电设备 额定电压 (kV)	发电机额 定电压 (kV)	电力变压器额定电压 (kV)	
			一次绕组	二次绕组
低压	0.22	0.23	0.22	0.23
	0.38	0.40	0.38	0.40
	0.66	0.69	0.66	0.69
高压	3	3.15	3 及 3.15	3.15 及 3.3
	6	6.3	6 及 6.3	6.3 及 6.6
	10	10.5	10 及 10.5	10.5 及 11
	—	13.8、15、75、18、20	13.8、15、75、18、20	—
	35	—	35	38.5
	63	—	63	69
	110	—	110	121
	220	—	220	242
	330	—	330	363
500	—	500	550	

### 三、供电电压的选择

#### 1. 高压配电电压的选择

企业供电系统高压配电电压的选择取决于当地供电电源电压及企业高压用电设备的电压容量、数量等因素。

企业配电电压通常采用 6~10 kV，最好采用 10 kV。因为输送距离相同时，高压输电电流小，能量损耗小，而电压越低电流越大，电能损耗也越大。

#### 2. 低压配电电压的选择

工厂的低压配电电压一般采用 380/220 V；其中：线电压 380 V，用于三相动力设备及 380 V 单相设备；相电压为 220 V，用于照明设备及其他单相设备。但某些场合采用 660 V 作为低压配电电压。例如，矿井下其负荷中心离变电所距离较远，因此采用 660 V 送电比 380 V 送电线损小。现规定 220 V 电压不作为低压三相配电电压，只作为单相配电电压和单相用电设备的额定电压。

## 任务实施

### 一、任务准备

- (1) 根据所挂图例绘制某综合医院配电系统的主接线图。
- (2) 画图板、铅笔、橡皮、圆规、直尺及三角板。



## 二、评分标准

优：所绘配电系统图干净、整洁，所有元器件及设备符号符合国家标准。

良：所绘配电系统图所有元器件及设备符号符合国家标准，但不够干净整洁。

差：所绘配电系统图不符合符合国家标准，有乱涂乱画现象。

### 归纳总结

(1) 将供电线路上的所有低压元器件的连接用单线画出来构成一副电力系统图就是低压配电系统图。

(2) 在同一电压等级中，电力系统中各个环节（发电机、变压器、电力线路、用电设备）的额定电压数值并不都相同。

(3) 企业供电电压的选择分为高压和低压的选择。企业供电系统高压配电电压通常采用 6~10 kV，最好采用 10 kV。企业的低压配电电压一般采用 380/220 V。

### 随堂练习

1. 影响供电质量的因素有哪些，如何改善？
2. 为何变压器一次侧电压有的高于线路额定电压 5%，有的高于 10%？

### 拓展提高

## 我国电网的分布情况

国家电网公司由 5 个区域电网有限责任或股份有限公司组成，主要负责各区域电网之间的电力交易、调度，参与跨区域电网的投资与建设，协助国家能源主管部门制订全国电力发展规划。

南方电网和国家电网是平级的，主要管理南方 5 省（自治区），包括广东、广西、云南、贵州、海南。



## 项目二 电力变压器

### 学习目标

1. 了解和掌握电力变压器电压比的测量方法和原理。
2. 掌握电力变压器空载和短路试验的方法和原理。
3. 掌握电力变压器绝缘电阻测量的方法和原理。
4. 能够进行电力变压器的小修——换油。

### 任务一 测量电压比

#### 任务描述

测量电压比。

#### 任务分析

##### 一、用双电压表测量变压比的原理图

(1) 单相变压器的变比测量。原理图如图 2-1 所示。

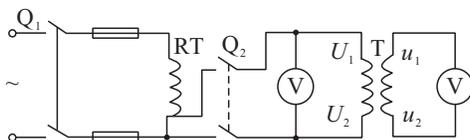


图 2-1 单相变压器的变比测量接线原理图

RT—自耦变压器 V—0.2 级电压表 T—实验变压器 Q1、Q2—电源开关



(2) 三相变压器的变比测量。原理图如图 2-2 所示。

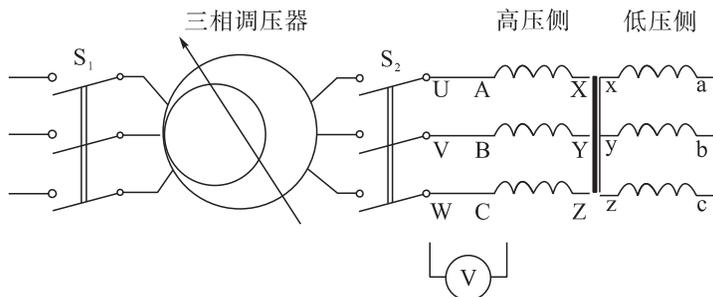


图 2-2 三相变压器的变比测量接线原理图

## 二、变压比测试测量原理

变压器的电压比是指变压器空载运行时原边电压 $\textcircled{U}U_{\text{①}}$ 与副边电压 $\textcircled{U}U_{\text{②}}$ 的比值，简称电压比，即

$$\textcircled{K} = \frac{U_{\text{①}}}{U_{\text{②}}}$$

## 三、变压比误差标准

按国标规定：变压比小于 3 的变压器，允许电压偏差为 $\pm 1\%$ ；其他所有变压器的允许电压偏差为 $\pm 0.5\%$ （在额定分接位置）。

## 🔍 相关知识

变压器是一种静止的电气设备，属于一种旋转速度为零的电机。电力变压器在系统中工作时，可将电能由它的一次侧经电磁能量的转换传输到二次侧，同时根据输配电的需要将电压升高或降低。故在电能的生产输送和分配使用的全过程中，它的作用十分重要。

### 一、电力变压器的分类

根据电力变压器的用途和结构等特点可分如下几类：

(1) 按用途分有升压变压器（使电力从低压升为高压，然后经输电线路向远方输送）、降压变压器（使电力从高压降为低压，再由配电线路对近处或较近处负荷供电）。工厂变电所都采用降压变压器。终端变电所的降压变压器也称配电变压器。

(2) 按相数分有单相变压器、三相变压器。

(3) 按绕组分有单绕组变压器（为两级电压的自耦变压器）、双绕组变压器、三绕组变压器。工厂变电所大多采用双绕组变压器。

(4) 按绕组材料分有铜线变压器、铝线变压器。

(5) 按调压方式分有无载调压变压器、有载调压变压器。工厂变电所大多数采用无