

DIANGONG
ANQUAN
JISHU
KAOHE
PEIXUN
JIAOCAI



电工安全技术考核 培训教材

沈阳出版社

电工安全技术考核培训教材

张雨天 乔世宏 主编

沈 阳 出 版 社 出 版 发 行

(沈阳市和平区十三纬路2段19号)

沈 阳 新 华 印 刷 厂 印 刷

开本 787×1092 $\frac{1}{32}$ 字数 1-570千字

印张 28.75 印数 1—30000

1989年12月第1版

1989年12月第1次印刷

ISBN 7-80556-001-3/T·14

定价: 9.60元

主编：张雨天 乔世宏
编委：周宝龙 梁圣春 华吉正 李春杰 张德奎 梁学相
李 林 曲之怀 杨淑芳 谢利修 刘 娟
主审：范章甫

内 容 介 绍

本书依据我国现行的供用电规程，着眼于实用与培训相结合的原则，由在多年从事电工安全技术培训实践的同志编写。

全书共十五章，内容包括：电工基础、电子技术基础、变压器、电动机、高压配电装置、低压电气设备、电容器、电力电缆、架空线路、试验、继电保护、仪表及二次回路、安全用电常识、高压设备安全工作的基本要求、线路作业、变电所运行与管理、教学培训大纲等。本书还介绍了电业部门推广使用的 S_7 、 S_9 节能变压器、弹簧储能机构、组合程序锁、微电脑的一般知识、特殊（城市有、无轨电车）架空线、变电所运行中操作票和工作票的填写以及标准化变电所的标准等内容。为了配合复习、考试，每节课后都安排了一定数量的复习题。

本书内容比较全面，理论联系实际，实用性强，由浅入深，通俗易懂，尤其适合厂矿企业对初、中级电工安全技术培训和考核使用，也可供有关工程技术人员和中等专业学校学生参考。

前 言

为了加强电工管理,保证电网及企业的安全、经济、合理用电,以满足工、农业生产的需要,特别是当前电工队伍人员变动比较大,处在新老电工交替时期,老电工对新技术掌握得比较少,新电工对电气安全工作基本常识了解不多,因此必须加强电工培训工作,以便提高电工队伍的安全、技术素质。

几年来,各部门为了加强电工培训工作,编写了一些电工培训教材。但是,对于电业安全规程方面阐述较少。因此给电工安全技术考核工作带来了困难。为了满足广大电工学习掌握电气工作必备的安全、技术知识,我们在多年电工安全技术培训讲义基础上,编写了《电工安全技术考核培训教材》。

本书共分为:电工基础、电子技术基础知识、变压器、电动机、高压配电装置、低压电气设备、电容器、电力电缆、架空线路、试验、继电保护、仪表及二次回路、安全用电常识、高压设备安全工作的基本要求、线路作业及低压工作的安全要求和变电所运行与管理等,共十五章内容。

为了满足电工培训考核的需要,本书在以现在使用的电工培训教材为主要内容的基础上,又增加电业安全工作规程、

变电运行中的“两”、标准化变电所的标准以及目前电业部门推广使用的弹簧储能机构、组合程序锁、 S_7 、 S_9 变压器、微电脑、特殊架空线等电工急需掌握的内容。还为配合复习考试在每节课后安排了复习题。

但是，由于时间仓促，内容比较多，加之编者水平有限，书中错误在所难免，在此恳请广大读者给予批评指正。

此书在编写过程中得到了东北电管局和大连电业局有关领导的大力支持，同时也得到许多同志的大力帮助，在此一并表示衷心的感谢。

编 者

1989年4月

目 录

前言

第一章 电工基础

第一节	直流电路的基本概念和基本定律·····	1
第二节	直流电路的分析计算·····	13
第三节	电流与磁场·····	26
第四节	电磁感应·····	34
第五节	单相交流电的基本概念·····	44
第六节	单相交流电路·····	51
第七节	符号法·····	70
第八节	三相交流电路·····	77

第二章 电子技术基础知识

第一节	PN结与晶体二极管·····	89
第二节	可控硅·····	102
第三节	整流电路·····	107
第四节	滤波电路·····	139
第五节	晶体三极管·····	147
第六节	放大电路的基本工作原理·····	161
第七节	静态工作点的稳定·····	177
第八节	微电脑概述·····	180

第三章 变压器

第一节	变压器的基本结构及型号	189
第二节	变压器的基本原理	200
第三节	变压器允许运行方式	207
第四节	变压器运行与维护	218
第五节	变压器异常运行和事故分析	229
第六节	特种变压器	235
第七节	变压器安装与干燥	256
第八节	低耗变压器	264

第四章 电动机

第一节	异步电动机的基本工作原理	273
第二节	异步电动机的起动、调速及制动	279
第三节	交流异步电动机的基本控制电路	293
第四节	单相异步电动机	310
第五节	直流电动机的基本工作原理	315
第六节	直流电动机的起动和调速	321
第七节	同步电动机及其进相运行	324
第八节	常用电动机的运行维护	329

第五章 高压配电装置

第一节	配电装置	335
第二节	隔离开关	343
第三节	高压断路器	350
第四节	高压断路器的操动机构	370
第五节	绝缘子及母线	379

第六节	高压熔断器	391
第七节	组合程序锁	397

第六章 低压电气设备

第一节	常用的低压供电方式及进户装置	417
第二节	低压电气控制设备	420
第三节	常用低压布线	443
第四节	特殊场合布线	466
第五节	熔断器	471

第七章 电容器

第一节	功率因数的基本概念	479
第二节	电容器的构造原理	484
第三节	电容器的选择	496
第四节	电容器的控制	508
第五节	电容器组的运行与维修	517
第六节	功率因数自动补偿装置	523

第八章 电力电缆

第一节	电力电缆的用途和分类	531
第二节	电力电缆的选择	536
第三节	电缆的敷设	552

第九章 架空电力线路

第一节	高压配电线路	566
第二节	低压配电线路	605
第三节	进户装置	608

第四节	变压器台	611
第五节	特殊架空线	616

第十章 试验

第一节	绝缘保护试验	643
第二节	继电保护试验	673
第三节	油务试验	684
第四节	绝缘工具的试验	686

第十一章 继电保护仪表及二次回路

第一节	对继电保护的要求	689
第二节	10千伏变电所的继电保护装置	691
第三节	35~110 千伏变电所继电保护装置	704
第四节	变压器的瓦斯保护	709
第五节	常用仪表接线	712
第六节	二次回路及操作电源	728
第七节	自备发电机的并网	743

第十二章 安全用电常识

第一节	触电急救	750
第二节	电气防火及防爆	759
第三节	常用电气安全用具	768
第四节	电气设备的接地和接零	772
第五节	接地装置	782
第六节	特殊设备的保护接地和接零	787

第十三章 高压设备安全工作的基本要求

第一节	变电所(包括发电厂)值班工作的安全要求	792
-----	---------------------------	-----

第二节	保证安全工作的组织措施和技术措施	795
第三节	带电作业	803
第四节	在二次回路上工作及有关测量工作的安全措施	807
第五节	电缆及其它的安全措施	810

第十四章 线路作业及低压工作的安全要求

第一节	线路运行与维护工作及安全要求	814
第二节	线路施工的一般安全措施	817
第三节	配电变压器台上的工作	820
第四节	低压工作的有关安全要求	821

第十五章 变电所运行与管理

第一节	操作票	842
第二节	工作票	846
第三节	运行记录的填写	852
第四节	变电所的六种制度	857
第五节	标准化变电所标准	864
第六节	设备评级标准	872

附录 培训教学大纲

变电运行电工培训大纲	889
厂矿检修电工培训大纲	893
厂矿安装电工培训大纲	896
学员电工培训大纲	899
变电所所长、技术员培训大纲	902

第一章 电工基础

第一节 直流电路的基本概念和基本定律

一、电路

电路是由电工设备组成的总体，它提供了电流通过的路径。手电筒电路就是一个最简单的电路。这个电路是由于电池（电源）、灯泡（负载）、连接导线和控制开关组成的。电路的一个作用是实现能量的转换、传输和分配，电力系统是最好的例子。电路的另一个作用是信号处理，例如电视机中的调谐电路。

任何实际电路都是由一些具体部件组成的。为了能对电路进行分析、计算，我们这里把实际部件加以近似化、理想化，用一个能表征它的主要特性的“模型”来表示。模型由纯电阻、纯电容、纯电感、电压源和电流源等理想元件构成。

实际部件用模型来表示后，就可以画出只由理想元件组成的电路图。为了方便，电路图上的元件都用规定的符号来表示，例如实际的手电筒电路就可以画成如图 1—2 所示的

电路图。今后我们研究的电路都是这样的电路。

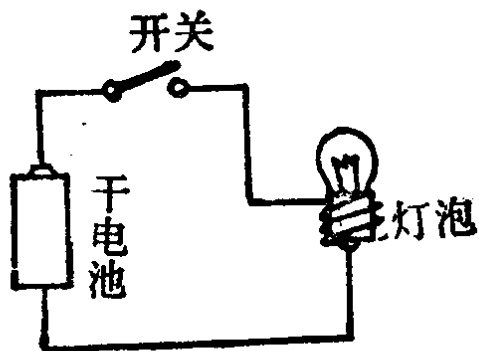


图1—1 手电筒电路

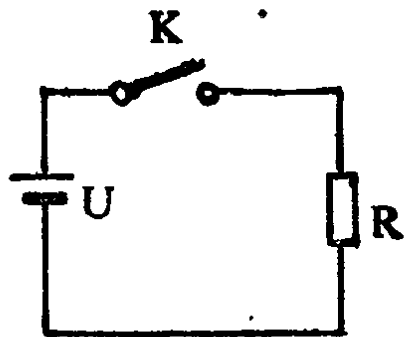


图1—2 图1—1的电路图

二、电流

电流，是指电荷在电场作用下的定向移动，其大小称为电流强度，简称电流，用字母 I 表示。电流强度的定义是：单位时间内通过导体横截面的电量。如果用 Q 表示电量， t 表示时间，则

$$I = \frac{Q}{t} \quad (1-1)$$

按电流随时间变化的情况，电流可分为恒定电流和交变电流。如果电流的大小和方向都不随时间变化，这样的电流称为恒定电流或直流电流，用大写字母 I 表示；如果电流的大小和方向都随时间变化，就称为交变电流或交流电流，用小写字母 i 表示，它的波形参见图 1—3。电流的单位为安培，简称安，用符号 A 表示。常用的电流单位还有毫安 (mA) 和微安 (μA)，它们之间的关系为

$$\begin{aligned} 1A &= 1000mA \\ 1mA &= 1000\mu A. \end{aligned} \quad (1-2)$$

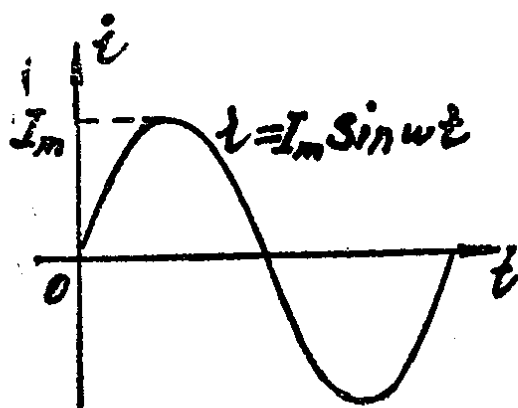


图1—3 交流电流的波形图

三、电压

1. 电压

电压，是指单位正电荷由 a 点移到 b 点的过程中，电场力作的功，用字母 U_{ab} 表示， a 表示起点， b 表示终点。电压 U_{ab} 只与起点和终点的位置有关，而与从 a 点到 b 点所经过的路径无关。

2. 电位

电位，是指任意点 a 与所选定的参考点 O 之间的电压 U_{ao} ，称为该点 a 的电位，用字母 φ_a 表示。参考点 O 的电位 $\varphi_o = 0$ ，参考点是任意选定的，实际工作中常选大地、机壳为零电位的参考点。

电压与电位的单位都是伏特，简称伏，用符号 V 表示。除伏特外常用的单位还有千伏 (KV)、毫伏 (mV)，它们之间的关系为

$$\begin{aligned} 1KV &= 1000V \\ 1V &= 1000mV \end{aligned} \quad (1-3)$$

3. 电压与电位的关系

任意两点之间的电压 U_{ab} ，等于 a 、 b 两点的电位之差，
即

$$U_{ab} = \varphi_a - \varphi_b \quad (1-4)$$

上式说明，某点电位 φ_a 与参考点的选择有关，而某两点间的电压 U_{ab} 则与参考点的选择无关。因此，讲电位一定要指明参考点，而讲电压则只需指明方向。电压的实际方向为从高电位指向低电位。

同样，按电压随时间变化的情况，电压也分为直流电压 U 和交流电压 u 。

例 1 电路中有 a 、 b 、 c 三点，当以 c 点为参考点时， a 点的电位为 $5V$ ， b 点的电位为 $2V$ 。当以 b 点为参考点时， $\varphi_a = 3V$ ， $\varphi_c = -2V$ ，试求分别以 c 、 b 为参考点时， U_{ab} 、 U_{bc} 和 U_{ba} 的数值。

解：（1）当以 c 点为参考点时，则有

$$U_{ab} = \varphi_a - \varphi_b = 5 - 2 = 3V$$

$$U_{bc} = \varphi_b - \varphi_c = 2 - 0 = 2V$$

$$U_{ba} = \varphi_b - \varphi_a = 2 - 5 = -3V$$

（2）当以 b 点为参考点时，则有

$$U_{ab} = \varphi_a - \varphi_b = 3 - 0 = 3V$$

$$U_{bc} = \varphi_b - \varphi_c = 0 - (-2) = 2V$$

$$U_{ba} = \varphi_b - \varphi_a = 0 - 3 = -3V$$

本例中，当 $\varphi_b = 0$ 时， $\varphi_a = 3V$ 说明 a 点比 b 点电位高 $3V$ ； $\varphi_c = -2V$ 说明 c 点比 b 点电位低 $2V$ ； $U_{ba} = -3V$ 说明 b 点比 a 点电位低 $3V$ 。从本例中还可以看出，当电压为正时，沿着电压的方向电位在降低。所以电压又叫作电位降或者电压降。

四、电动势

为了维持导体中的电流，必须保持电路两端的电位差，也就是必须有一种外力源源不断地把正电荷从低电位处（如负极 b ）移到高电位处（如正极 a ），电源内部就存在这种外力。在电源内部，同样也有电场，但外力超过了电场力，因此形成了正电荷从低电位到高电位的连续运动。在正电荷运动的过程中，外力对正电荷作了功。电动势就是指把单位正电荷在电源内部从负极 b 移到正极 a ，外力所作的功，用字母 E 或者 e 表示。电动势的方向是从负极 b 指向正极 a ，也就是从电源的低电位处指向电源的高电位处。当电源开路时，电源正负极间的电压等于电动势，参见图 1—4，即

$$U = E \quad (1-5)$$

电动势的单位也是伏特。

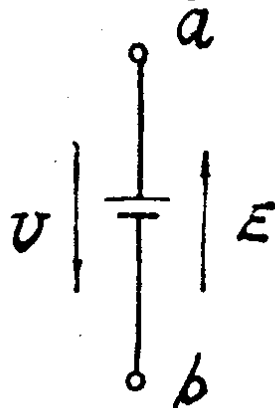


图1—4 电源的端电压

五、参考方向

在分析电路时，有时对某一段电路中电流的真实方向很难立刻判断出来，而有时电流的方向还在不断地改变。由于这些原因，引入电流参考方向的概念。电流的参考方向是一个任意选定的方向。如果电流的实际方向与参考方向一致时，就把电流定为正值；如果电流的实际方向与参考方向相反时，电流就定为负值（见图 1—5）。电流的参考方向不一定是电流的实际方向，这两个方向是有区别的，我们有了电

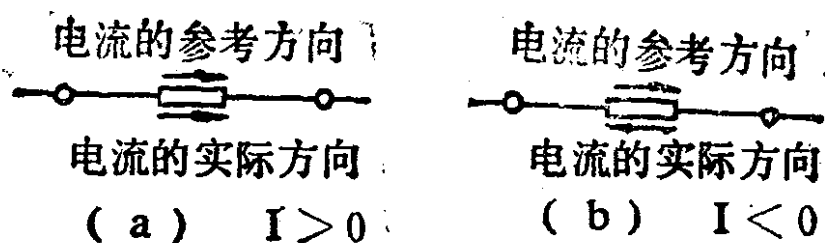


图1—5 电流的参考方向

流的参考方向，并且知道了电流的正负，便能够确定电流的实际方向。

同理，对于电压来说，也会遇到类似的情况。电压的实际方向是从高电位指向低电位。当两点间电压的实际方向不易判断或随时间改变时，我们可以象电流那样任意选定电压的参考方向。当电压的实际方向与参考方向一致时，就把电压定为正值，反之就定为负值。

对于电动势来说，同样可以任意选定它的参考方向，不过要注意电动势的实际方向是从低电位指向高电位，恰好与电压的实际方向相反。

习惯上选择电流和电压的参考方向一致，有的书上称为关联参考方向。

参考方向是一个很重要的概念，大家学习时应该充分注意。

六、电阻

物体按其导电性能大体上可分为导体、绝缘体和半导体。一切导体都能够导电，但是当电流通过金属导体时，导体对电流有阻碍作用。导体的电阻，指的是导体对电流的阻碍作用，用字母 R 表示。其表达式为：