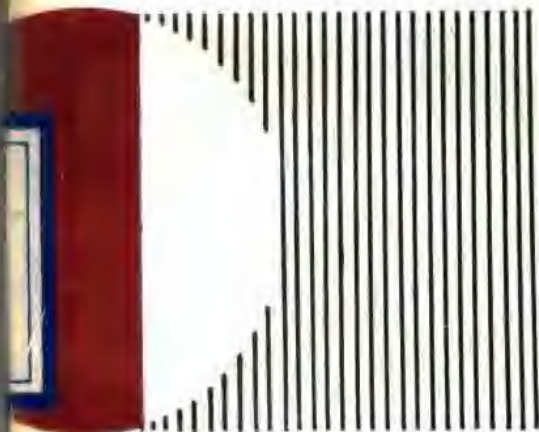


安装工人技术等级培训教材

电气调整工

● (初级工)

本培训教材编委会 组织编写



中国建筑工业出版社

安装工人技术等级培训教材

电 气 调 整 工

(初 级 工)

本培训教材编委会 组织编写

湖南省工业设备安装公司 尤大可 付江华 编

陕西省设备安装工程公司 陈连生 主审

中国建筑工程工业出版社

(京)新登字035号

本书是在总结实践经验的基础上,参照建设部颁发的《安装工人技术等级标准》(JGJ43-88)中对电气调整工(初级工)应知应会要求编写的。主要内容有:电工基础知识、电气识图基本知识、电气试验常用仪器仪表设备、安装式电测量指示仪表的检验、常用电气设备的基本结构及工作原理、电气设备基本项目试验、常用电气设备试验、变电所二次回路、继电保护装置基础知识、常用保护继电器的检验、继电保护系统调试、简单电力拖动系统、普通机床的电气控制系统、电气调整工安全知识等。

本书通俗易懂,实用性强,可作为建筑安装单位电气调整工(初级工)的技术培训教材,也可供施工人员参考。

安装工人技术等级培训教材

电气调整工

(初级工)

本培训教材编委会 组织编写

*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

新华书店经销

北京市顺义燕华印刷厂印刷

*

开本: 787×1092毫米 1/32 印张: 9 1/2 字数: 212 千字

1993年11月第一版 1993年11月第一次印刷

印数: 1—6,200册 定价: 6.20元

ISBN7-112-01991-5/TU·1522

(7013)

出 版 说 明

为贯彻落实建设部教育工作会议精神，认真搞好建设系统职工的培训工作，尽快提高建设系统职工队伍的技术素质，我司在中国安装协会的协助下，在注意吸收国内外先进培训经验的基础上，组织编写了本套“安装工人技术等级培训教材”。

该套教材覆盖了建筑安装十个主要工种。每个工种的教材按初级工、中级工和高级工三个等级编写，并附有一本《安装工人技术等级培训计划与培训大纲》与之配套，全套教材共计31种。

本套教材在编写时以《安装工人技术等级标准》(JGJ 43-88)为依据，针对目前建设系统职工技术素质的实际情况和职工培训的实际需要，力求做到应知应会相结合。全套教材突出实用性，即侧重于全面提高职工的操作技能，辅以工人必须掌握的基本技术知识和管理知识，并较详细地介绍了成熟的、并已推广应用的新材料、新设备、新技术、新工艺。初、中、高三个等级的教材内容既不重复，又相互衔接，逐步深化。培训计划与培训大纲在编写时力求做到实用、具体，并列出了考核项目，供各地参照执行。

本套教材及培训计划与培训大纲已通过全国各地有关方面专家审定，现由中国建筑工业出版社出版，可供建筑安装工人培训、自学及技术竞赛之用。在使用过程中如发现问题，请及时函告我们，以便修正。

目 录

一、电工基础知识	1
(一) 直流电路.....	1
(二) 正弦交流电路.....	16
(三) 三相交流电路.....	32
(四) 电磁.....	39
(五) 晶体管电子电路.....	52
复习题.....	76
二、电气识图基本知识	79
(一) 电气制图一般规定.....	79
(二) 视图、剖视及剖面.....	82
(三) 电气图的绘制.....	85
(四) 识图的方法及步骤.....	106
复习题.....	107
三、电气试验常用仪表仪器设备	108
(一) 高压试验设备.....	108
(二) 监控电工仪表用的仪表仪器设备.....	110
(三) 一般试验用仪表仪器设备.....	112
(四) 电子测试仪表仪器设备.....	114
复习题.....	115
四、安装式电测量指示仪表的检验	116
(一) 一般规定.....	116
(二) 电流表、电压表和单相功率表检验.....	119
(三) 三相有功功率表的检验.....	123
复习题.....	127

五、常用电气设备的基本结构及工作原理	128
(一) 变压器	128
(二) 电动机	130
(三) 互感器	136
(四) 高压断路器	141
(五) 避雷器	143
(六) 并联电容器	145
复习题	146
六、电气设备基本项目试验	147
(一) 绝缘电阻和吸收比试验	147
(二) 泄漏电流的测量和直流耐压试验	149
(三) 介质损耗因数 $\tan\delta$ 试验	151
(四) 交流耐压试验	155
(五) 直流电阻试验	158
(六) 绝缘油试验	160
复习题	164
七、常用电气设备试验	165
(一) 电力变压器、消弧线圈和油浸电抗器试验	165
(二) 交流电动机试验	174
(三) 互感器试验	177
(四) 高压断路器试验	182
(五) 隔离开关试验	190
(六) 套管试验	191
(七) 悬式绝缘子和支持绝缘子试验	192
(八) 干式电抗器试验	193
(九) 电力电缆试验	193
(十) 电容器试验	195
(十一) 避雷器试验	196
复习题	201

八、变电所二次回路	203
(一) 中央信号及其他信号装置	203
(二) 断路器的控制和信号回路	211
(三) 测量回路	216
复习题	219
九、继电保护装置基础知识	220
(一) 概述	220
(二) 10kV及以下电力变压器的保护	225
(三) 异步电动机的保护	229
复习题	233
十、常用保护继电器的检验	234
(一) 检验的一般性规定	234
(二) DL-30型电流继电器和DY-30型电压继电器检验	237
(三) LL-10A型电流继电器的检验	243
(四) DS-30型时间继电器的检验	249
(五) DZ-200型中间继电器的检验	253
(六) DX-30型信号继电器的检验	257
复习题	260
十一、继电保护系统调试	261
(一) 系统调试的项目	261
(二) 系统调试的要求与方法	261
复习题	269
十二、简单电力拖动系统	270
(一) 概述	270
(二) 三相异步电动机的控制系统	270
(三) 三相异步电动机的调速系统	273
复习题	278
十三、普通机床的电气控制系统	279
(一) C620型车床的电气控制系统	279
(二) M7120型平面磨床的电气控制系统	280

(三) 机床电气控制系统的调整及试运行	284
复习题	285
十四、电气调整工安全知识	286
(一) 电气调整工作中的安全要求	286
(二) 触电及急救方法	288
复习题	292
附录 初级电气调整工技术标准	293

一、电工基础知识

(一) 直流电路

1. 直流电路的基本概念:

(1) 电路的组成 电路是电流流过的途径。电路一般由电源、负载、导体和开关四个部分组成,如图1-1所示。直流电路是指电路中的物理量

(如电流、电压和电动势等)的方向和大小都不随时间变化的电路。

(2) 电流 带电质点有规则的运动现象称为电流。电流的大小用电流强度 I 表示,在数值上 I 等于单位时间内通过导体横截面电量的多少,即

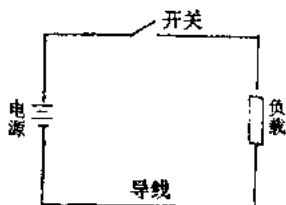


图 1-1 电路的组成

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

式中 I ——电流 (A 安培);
 Q ——电荷量 (C 库仑);
 t ——时间 (s 秒)。

电流的单位是安培,用字母A来表示。如果在1s内,通过导体截面的电量是1C,那么通过该导体的电流就为1A,即

$$1\text{A} = \frac{1\text{C}}{1\text{s}}$$

在实际使用时电流还以毫安 (mA)、微安 (μA)、千安 (kA) 作单位, 换算关系为:

$$1\text{mA} = 10^{-3}\text{A}$$

$$1\mu\text{A} = 10^{-6}\text{A}$$

$$1\text{kA} = 10^3\text{A}$$

(3) 电压、电位、电动

势 在电路中, 电荷受电场力的作用移动形成电流。在图1-2中, 我们把电场力将单位正电荷由电路中的 a 点移到 b 点所做的功, 称为 a 、 b 两点的电压, 用 U_{ab} 表示, 单位为伏特, 简称伏 (V)。

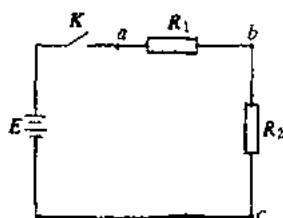


图 1-2 电压和电位

在实际使用时, 电压还以毫伏 (mV)、微伏 (μV)、千伏 (kV) 做单位, 换算关系为:

$$1\text{mV} = 10^{-3}\text{V}$$

$$1\mu\text{V} = 10^{-6}\text{V}$$

$$1\text{kV} = 10^3\text{V}$$

为了便于分析, 在电路中, 常选取一个参考点, 而把任意一点与参考点之间的电压称为该点的电位。在这样的规定下, 参考点的电位为零。电位的单位也是伏特, 用字母 V 表示。

电路中, 电源的正极电位高, 负极的电位低, 所以电路接通后, 电流从电源正极流出, 经过负载流回电源的负极。随着正电荷不断从电源正极流到电源的负极, 电源正、负极

间的电位差将会越来越小。为了使电路中能维持一定的电流，在电源内部必须有一种外力能持续不断地把正电荷从电源的负极移送到电源的正极，以保持电源正、负极间具有一定的电位差。这种外力，在电池中就是电极和电解液进行化学反应时所产生的化学力；在发电机中就是电磁感应所产生的电磁力，这些外力统称为电源力。

电源力把单位正电荷从电源的负极由电源内部移送到电源正极时，克服电场力所做的功称为电动势，用 E 表示，单位是伏特（V）。

（4）电流、电压和电动势的方向 电流的实际方向是正电荷移动的方向，电压的实际方向是由高电位指向低电位的方向，电动势的实际方向是由负极指向正极的方向。

在电路分析时，有时对某一段电路中电流、电压的实际方向很难立刻判断出来，为此引入了参考方向的概念，参考方向是一个任意选定的方向。如果电流、电压的实际方向与参考方向一致时，就把电流电压的方向定为正值；反之，当电流、电压的实际方向与参考方向相反时，就把电流、电压定为负值。所以参考方向也称为正方向。这样一来，电流、电压就变为一个代数量，便于对电路的分析和计算。

2. 电阻：电荷在导体内移动时，导体阻碍电荷移动的能力称为电阻，用 R 表示，单位为欧姆（ Ω ）。1 Ω 的定义是：如果在导体两端加1V的电压，通过此导体的电流为1A，那么这个导体的电阻数值是1 Ω ，即

$$1\Omega = \frac{1V}{1A}$$

在实际使用时，电阻还以千欧（k Ω ）、兆欧（M Ω ）做单位，换算关系为：

$$1\text{k}\Omega = 10^3\Omega$$

$$1\text{M}\Omega = 10^6\Omega$$

导体的电阻是由导体本身的性质所决定的。同一材料导体的电阻和导体的长度成正比，与导体的截面积成反比，即

$$R = \rho \frac{L}{S} \quad (1-2)$$

式中 R ——导体的电阻 (Ω)；

L ——导体的长度 (m)；

S ——导体的截面积 (mm^2)；

ρ ——导体的电阻率 ($\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$)。

导体的电阻率，是长度为1m、截面积为1 mm^2 的导体所具有的电阻值。因此，它只与导体材料的性质有关，而和导体的几何尺寸无关。

导体的电阻率随着温度的变化而变化，当温度升高时，导体内部分子热运动加强，对电流的阻碍作用加大，电阻率就大，它们的关系为：

$$\rho = \rho_0 [1 + \alpha (t - t_0)] \quad (1-3)$$

式中 t ——导体材料的温度 ($^{\circ}\text{C}$)；

t_0 ——参考温度 (常取 20°C)；

ρ_0 —— t_0 时的电阻率；

ρ —— t 时的电阻率；

α ——电阻温度系数 ($1/^{\circ}\text{C}$)。

对于不同的导体，电阻率和温度系数也不相同，几种常用材料在 20°C 时的电阻率和温度系数，见表1-1所示。

3. 欧姆定律：

(1) 无源支路欧姆定律 图1-3是一段电阻电路，通过实验证明：流经电阻 R 的电流 I 与电阻两端的电压 U 成正比，

几种常用材料的电阻率和温度系数 表 1-1

材 料 名 称	20℃时电阻率 ρ ($\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$)	平均温度系数 α (由0~100℃) $1/^\circ\text{C}$
银	0.0165	0.0036
铜	0.0175	0.004
铝	0.0283	0.004
锡	0.114	0.00438
钢	0.15	0.00625
钨	0.056	0.0046
铂	0.106	0.00389
锰钢	0.42	0.000005
康铜	0.44	0.000005

与 R 的阻值成反比，这个规律叫做部分电路的欧姆定律。用公式表示为：

$$I = \frac{U}{R} \quad (1-4)$$

式中 I ——电流 (A)；

U ——电压 (V)；

R ——电阻 (Ω)。

在电阻电路中，只要知道 I 、 U 、 R 三个物理量中任意两个量，运用欧姆定律，就可以求出第三个量。

(2) 全电路欧姆定律 图1-4是一个有源闭合的全电

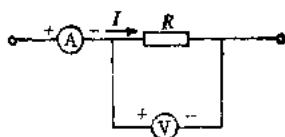


图 1-3 一段电阻电路

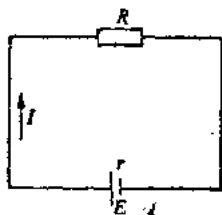


图 1-4 全电路

路。通过实验证明：通过闭合回路的电流 I 与回路的电动势成正比，与回路的内、外电阻之和成反比，这个规律叫做全电路的欧姆定律。用公式表示为：

$$I = \frac{E}{R+r} \quad (1-5)$$

式中 I ——电路的电流 (A)；
 E ——电源的电动势 (V)；
 R ——外电路的电阻 (Ω)；
 r ——内电路的电阻 (Ω)。

根据全电路欧姆定律，我们来讨论电路的两个极端状态。

当外电路开路时，外电阻相对电源内阻来讲是无穷大，因此电路中电流 $I=0$ ，由式 (1-5) 可知：

$$U = E - Ir = E$$

因此得出结论：开路时，电路中电流为0，电源两端的电压等于电源电动势。

当外电路短路时，外电路电阻 $R=0$ ，电流 I 达到最大，此时的电流称为短路电流由式 (1-5) 可知：

$$I = \frac{E}{R+r} = \frac{E}{r}$$

$$U = IR = 0$$

由于电源的内阻很小，此时的短路电流是很大的，如不加保护，很容易造成电器设备的损坏。当电路发生短路时，电源电动势全部降到内阻上，这时端电压 U 为零。

4. 电阻的串联、并联和混联电路：

(1) 电阻的串联电路 在电路中，几个电阻依次相连接，各电阻中通过同一电流，这种联接方式叫电阻的串联，

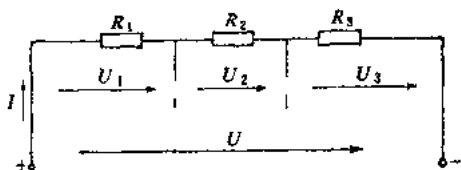


图 1-5 电阻的串联电路

如图1-5所示。

电阻串联电路的特点：

a. 各电阻中的电流相等；

b. 各电阻两端的电压与各自的电阻成正比，即

$$U_1 = IR_1 \quad U_2 = IR_2 \quad U_3 = IR_3 \quad (1-6)$$

c. 电路两端的总电压 U 等于各电阻上分电压之和，即

$$U = U_1 + U_2 + U_3 = IR_1 + IR_2 + IR_3 \quad (1-7)$$

d. 串联电路的总电阻（等效电阻）等于各电阻之和，即

$$R = R_1 + R_2 + R_3 \quad (1-8)$$

e. 串联电路中，每一个电阻上的电压和总电压之间的关系可表示为

$$U_1 = \frac{R_1}{R} U \quad U_2 = \frac{R_2}{R} U \quad U_3 = \frac{R_3}{R} U \quad (1-9)$$

可见，每个电阻上分得电压的大小和电阻成正比，电阻越大，分得的电压越大；电阻越小，分得的电压越小，这就是串联电阻的分压原理。通常把 R_1/R 、 R_2/R 、 R_3/R 的比值称为分压系数。

(2) 电阻的并联电路 在电路中，几个电阻同接在两个节点之间，每个电阻两端所承受的是同一电压，这种联接方式叫电阻的并联，如图1-6所示。

电阻并联电路的特点：

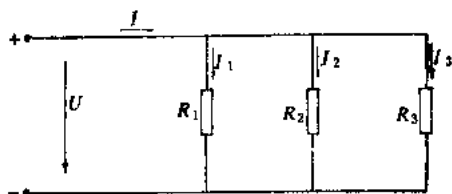


图 1-6 电阻的并联电路

a. 各电阻上承受的电压相等;

b. 各电阻中流过的电流与各自的电阻成反比, 即

$$I_1 = \frac{U}{R_1} \quad I_2 = \frac{U}{R_2} \quad I_3 = \frac{U}{R_3} \quad (1-10)$$

c. 总电流等于各并联支路电流之和, 即

$$I = I_1 + I_2 + I_3 = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2} + \frac{U}{R_3} \quad (1-11)$$

d. 并联电路总电阻的倒数等于各并联支路电阻的倒数之和, 即

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \quad (1-12)$$

e. 在并联电路中, 每一个支路上的电流和总电流之间的关系为:

$$I_1 = \frac{R}{R_1} I \quad I_2 = \frac{R}{R_2} I \quad I_3 = \frac{R}{R_3} I \quad (1-13)$$

可见, 在并联电路中, 流过每一个电阻上电流的大小, 和电阻成反比; 电阻越小, 分流电流越大; 电阻越大, 分流电流越小, 这就是并联电阻的分流原理。通常把 R/R_1 、 R/R_2 、 R/R_3 的比值称为分流系数。

(3) 电阻的混联电路 在电路中, 既有电阻串联又有

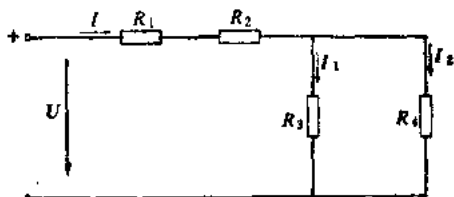


图 1-7 电阻的混联电路

电阻并联的联接方式，称为电阻的混联，如图1-7所示。

混联电路的计算方法和步骤：

a.应用电阻串联和并联的公式把电路简化，求出电路的总电阻（等效电阻）；

在图1-7中，混联电路的总电阻可用下式计算：

$$R = R_1 + R_2 + \frac{R_3 R_4}{R_3 + R_4}$$

b.应用欧姆定律求出总电流；

c.根据总电流求出各支路电流；

d.根据各电阻上的电流求出各电阻上的电压。

5.基尔霍夫定律：是电路的基本定律，包括第一、第二两个定律。第一定律是有关电路中电流之间的关系，称为电流定律。第二定律是有关电压之间的关系，称为电压定律。

(1) 基尔霍夫第一定律 在电路中，流入任意一个节点的电流必定等于流出该节点的电流。在图1-8中，对节点A，流入节点的电流是 $I_1 + I_2$ ，流出节点的电流是 I_3 ，因此

$$I_1 + I_2 = I_3 \quad (1-14)$$

或

$$\sum I = 0 \quad (1-15)$$