

山东省技工学校建筑类统编教材

JIAN ZHU

建 筑 电 工

(试用)

8.7

中国劳动出版社

山东省技工学校建筑类统编教材

建筑电工

江苏工业学院图书馆
藏书章

中国劳动出版社

为了满足技工学校教学需要，提高教学质量，山东省劳动局组织编写了一套建筑类统编教材，供技工学校建筑专业学生使用。

本书共分八章，主要包括：电工基本知识、正弦交流电、异步电动机、电气控制原理、施工用电、照明电路、电子技术、安全用电知识等。

本书也可供职业高中和在职职工自学使用。

本书由董锋鑫、姜敏全、张爱香、刘培铭、许日刚、战冠山编写，董锋鑫主编，山东省职业技术培训研究室组织审稿。

建 筑 电 工

(试 用)

山东省劳动局组织编写

责任编辑 陈卫国

中国劳动出版社出版发行

(北京市惠新东街1号)

新华书店总店北京发行所发行

北京市隆昌印刷厂印刷

787×1092毫米 32开本 7.25印张 160千字

1993年8月北京第1版 1997年3月北京第5次印刷

印数：11000册 定价：5.80元

ISBN 7-5045-1330-X/TU·029 (课)

目 录

第一章 电工基本知识	1
§ 1—1 电路的基本组成、欧姆定律.....	1
§ 1—2 电阻的串、并联.....	4
§ 1—3 电磁感应.....	10
§ 1—4 自感、互感和涡流.....	13
练习题.....	17
第二章 正弦交流电	23
§ 2—1 正弦交流电的基本概念.....	23
§ 2—2 正弦交流电的表示方法.....	30
§ 2—3 纯电阻电路.....	32
§ 2—4 纯电感电路.....	35
§ 2—5 纯电容电路.....	41
§ 2—6 三相交流电.....	46
§ 2—7 三相交流电的负载联接.....	52
练习题.....	58
第三章 异步电动机	61
§ 3—1 异步电动机的构造.....	61
§ 3—2 异步电动机的工作原理.....	65
§ 3—3 异步电动机的启动.....	72
§ 3—4 异步电动机的选用.....	78
§ 3—5 异步电动机的控制.....	82

练习题.....	86
第四章 电气控制原理	88
§ 4—1 常用低压电器.....	88
§ 4—2 手动控制.....	107
§ 4—3 自动控制.....	119
§ 4—4 常用施工机械的电气控制系统.....	125
练习题.....	128
第五章 施工用电	129
§ 5—1 供电系统概述.....	129
§ 5—2 施工用电的估算.....	132
§ 5—3 低压配电线路.....	137
§ 5—4 变压器的铭牌.....	140
§ 5—5 照明计算.....	143
§ 5—6 导线的选择.....	148
练习题.....	159
第六章 照明电路	161
§ 6—1 概述.....	161
§ 6—2 电气图例表及文字符号说明.....	164
§ 6—3 电气施工图.....	174
§ 6—4 明线敷设.....	179
§ 6—5 暗线敷设.....	182
练习题.....	185
第七章 电子技术	186
§ 7—1 半导体的基本知识.....	186
§ 7—2 半导体二极管.....	190
§ 7—3 半导体二极管的整流.....	193
§ 7—4 半导体三极管.....	199

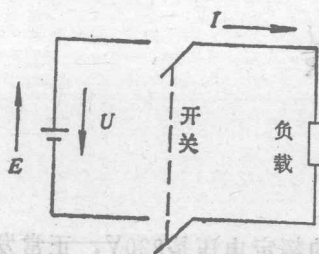
练习题.....	205
第八章 安全用电知识.....	207
§ 8—1 触电与急救.....	207
§ 8—2 安全用电措施.....	214
§ 8—3 接地与接零.....	215
§ 8—4 雷电的防护.....	220
练习题.....	224

第一章 电工基本知识

§1—1 电路的基本组成、欧姆定律

一、电路的基本组成

我们通常把电流所经过的路径叫电路。它是由电源、负载、连接导线和开关组成，如图1—1所示。



电源是把其它形式的能量转化成电能的装置。例如，发电机把机械能转换为电能，电池是把化学能转换为电能。

负载是把电能转换为其他形式能量的装置。例如，电动机把电能转换为机械能，电灯把电能转换为光能和热能。

图1—1 电路的基本组成

连接导线是把电源的电流输送给负载的通道，开关又称闸刀、电键等，它的作用是接通或切断电路。

根据电路的工作性质和特点，把电路分成为内电路和外电路。通常把负载、连接导线和开关称为外电路，这段电路电流是从电源的正极流向负极，是电源电动势在外电路建立电位差的结果。把电源内部的一部分电路称为内电路，这

段电路的电流是从电源的负极流向正极，是电动势作用的结果。

二、欧姆定律

1. 部分电路的欧姆定律

图1—2是闭合电路中的一段，在这段电路中不含电源，仅有电阻，因此称为部分

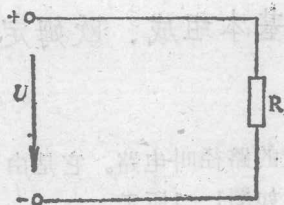


图1—2 部分电路

电路。在部分电路中，通过电路的电流强度与加在电路两端的电压大小成正比，与电路本身的电阻大小成反比。

即

$$I = \frac{U}{R}$$

式中 I ——电流强度，A，

U ——电压，V，

R ——电阻， Ω 。

例1—1 已知某白炽灯的额定电压是220V，正常发光时的电阻为2420 Ω ，试求流过灯丝的电流。

解 根据部分电路中的欧姆定律得

$$I = \frac{U}{R} = \frac{220}{2420} \approx 0.09 \text{ (A)}$$

例1—2 已知某电炉接在220V电源上，正常工作时流过电阻丝的电流为4A，试求此时电炉电阻丝的电阻值为多少。

解 由 $I = \frac{U}{R}$ 得

$$R = \frac{U}{I} = \frac{220}{4} = 55 (\Omega)$$

2. 全电路欧姆定律

全电路是含有电源的闭合电路，如图1—3所示。虚线框中的 E 代表电源电动势， r 代表电源内阻。通常把电源内部的电路称为内电路（或含源电路），电源外部的电路称为外电路。

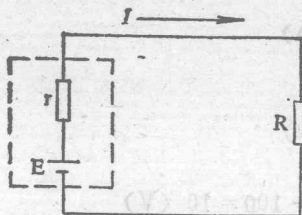


图1—3 最简单的全电路

或 $E = I(R + r) = IR + Ir$

$$IR = E - Ir$$

全电路的欧姆定律的内容是：全电路中的电流强度与电源的电动势成正比，与电路中的全部电阻值成反比。其数学表达为

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

式中 IR 就是外电路产生的电压降，又叫闭合电路电源的路端电压； Ir 是电源中内阻而产生的电压降，因此可以认为， IR 就是电源电动势和电源内部电压降之差。

对于一定的电源来讲，电源的电动势和内电阻可以认为不变的，因此，外电路电阻的改变是影响电流大小的唯一因素。外电阻 R 越大，整个电路中的电流强度 I 就越小，这样 Ir 的乘积也就越小，也就是 $U (= E - Ir)$ 就越接近 E 。当 R 为无穷大，即外电路断路时， I 等于零， Ir 也等于零，则有 $U = E$ 。外电阻 R 越小，整个电路中的电流强度 I 就越大， Ir 也就越大，使路端电压 U 越小。当外电阻等于零，即形成短

路，也就是电压降为零，这时 $E = Ir$ ，即 $I = \frac{E}{r}$ 。由于电源的内阻很小，将会导致电源的严重损坏。

例1—3 如图1—3所示，设 $E = 110\text{ V}$ ， $U = 100\text{ V}$ ， $r = 1\Omega$ ，求电流 I ，负载电阻 R ，电源的内部电压降 U_o 。

解 根据已知条件和欧姆定律得：
$$I = \frac{E - U}{r}$$

即
$$I = \frac{110 - 100}{1} = 10\text{ (A)}$$

$$R = \frac{U}{I} = \frac{100}{10} = 10\text{ (}\Omega\text{)}$$

$$U_o = E - U = 110 - 100 = 10\text{ (V)}$$

§1—2 电阻的串、并联

一、串联电路

如果在一段电路上，把几个电阻一个接着一个地连接起来，并使其中没有分岔支路，这种连接电路叫做串联电路。如图1—4所示。

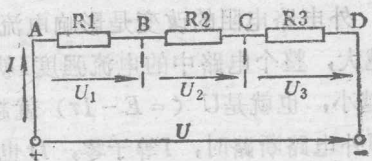


图1—4 三个电阻的串联

串联电路的特点:

1. 由电源的连续性原理可知: 串联电路中的电流处处相等, 即流过 R_1 、 R_2 、 R_3 的电流相同。

$$\text{即 } I_{\text{总}} = I_1 = I_2 = I_3 = \dots\dots$$

2. 在串联电路中, 总电压等于各段电压之和。

$$\text{即 } U_{\text{总}} = U_1 + U_2 + U_3 + \dots\dots$$

3. 几个电阻相串联, 可用一个等效电阻来代替, 在串联电路里总电阻等于各电阻之和。

$$\text{即 } R_{\text{总}} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots\dots$$

因为流过各串联电阻的电流 $I = U / (R_1 + R_2 + R_3 + \dots)$ 相同, 所以各段电阻上的电压和总电压之间的关系可表示为:

$$U_1 = \frac{R_1}{R_{\text{总}}} U_{\text{总}}$$

$$U_2 = \frac{R_2}{R_{\text{总}}} U_{\text{总}}$$

$$U_3 = \frac{R_3}{R_{\text{总}}} U_{\text{总}}$$

上式就是串联电路的分压公式, 它表明串联电路中电阻越大, 分电压亦越大。

在直流电路中, 通过串联电阻可以实现分压的目的。

例1—4 如图1—5所示电路, $U = 12\text{V}$, $R_1 = 350\Omega$, $R_2 = 550\Omega$, $R_w = 270\Omega$, 试求输出电压 U_o 的变化范围。

解 调节电位器 R_w 的滑动端 c 滑到 b 端时, 此时的输出电压为最小值, 即:

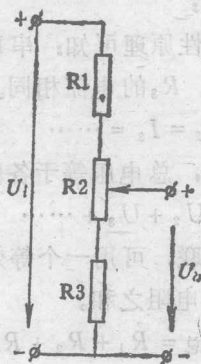


图1-5

$$U_{0\min} = U \times \frac{R_2}{R_1 + R_2 + R_w} = 12 \times \frac{550}{350 + 550 + 270}$$

$$= 5.6 \text{ (V)}$$

再调节 R_w 的滑动端 c 滑到 a 端时, 则可获得输出电压的最大值, 即:

$$U_{0\max} = U \times \frac{R_2 + R_w}{R_1 + R_2 + R_w} = \frac{550 + 270}{350 + 550 + 270} \times 12$$

$$= 8.4 \text{ (V)}$$

由计算结果可知, 输出电压 U_o 的变化范围在 $5.6 \sim 8.4 \text{ V}$ 之间。

综上所述, 利用串联电路的电阻分压原理, 可做成分压器, 以便获得所需要的电压供实际使用。此外我们还可以利用分压原理扩大电压表的量程等等。

二、并联电路

如果把几个电阻的一端连在电路的同一点上, 而把它们

的另一端共同连接在另一点上,这种连接电路叫做并联电路。
如图1—6所示。

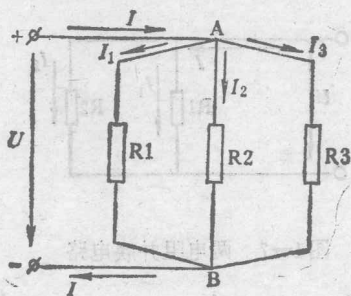


图1—6 三个电阻的并联电路

并联电路的特点:

1. 加在各并联支路两端的电压相等, 且等于电路两端电压。
2. 并联电路中的总电流等于各分支电路的电流之和。

即:

$$I = I_1 + I_2 + I_3 + \cdots + I_n$$

3. 并联电路的等效电阻 (即总电阻) 的倒数, 等于各并联电阻倒数之和。即:

$$\frac{1}{R_{\text{总}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \cdots + \frac{1}{R_n}$$

当 $R_1 = R_2 = R_3 = \cdots = R_n$ 时, 则总电阻为:

$$R_{\text{总}} = \frac{1}{n} R_1$$

并联的电阻越多, 则总电阻愈小, 且其值小于任一支路的电阻值。

电阻4。在直流电路中,可以通过电阻的并联达到分流的目的。
电阻越大,分到的电流越小。如图1—7所示。

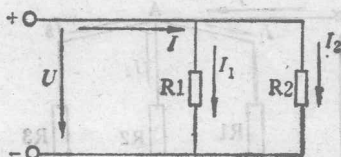


图1—7 两电阻并联电路

$$I = U \frac{1}{R_{\text{总}}} = U \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) = U \frac{R_1 + R_2}{R_1 R_2}$$

$$\text{因 } I_1 = \frac{U}{R_1} \quad I_2 = \frac{U}{R_2}$$

所以,可得分流公式为:

$$I_1 = I \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

$$I_2 = I \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

必须指出,凡额定电压相同的用电器在电路中通常都是并联的。其原因如下,为了保证用电器的正常工作,加在用电器两端的电压就需要有所规定,一般低压直流用电器有220V、110V、24V等多种。属于同一电压(例如220V)等级的用电器,都必须并联在相应电压(例如220V)等级的电路上,这样才能保证各用电器从线路上获得应有的电压。此外,当我们需要在并联电路中接通或断开某些用电器时,不会对其他正在工作着的用电器产生影响。

在实际工作中，我们常说负载增大、负载减少这类术语，其含义是指电路内取用功率增加或减少而言。由公式 $P = UI$ 可知，当电源电压 U 保持恒定时，负载功率的大小可用电路从电源取用的电流 I 的大小来衡量。如果电路并联的用电器数目增多，则电路从电源取用的功率和电流都将增大，但电路的总电阻却减少。由此可见，在电源电压不变的条件下，若内阻上的功率减少，则负载功率增大，反之亦然。

例1—5 有一台电压为220V，取用功率为1.1kW的直流电动机和一组共11盏电压为220V，功率为40W的电灯并联于220V的线路中，如图1—8所示，求电流 I 。

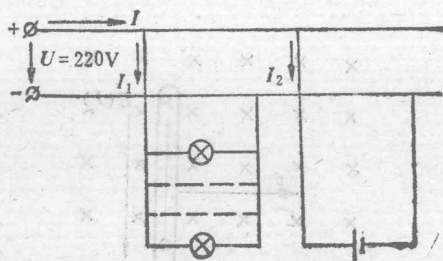


图1—8

解 电灯组取用的总电流为

$$I_1 = \frac{P_1}{U} = \frac{11 \times 40}{220} = 2 \text{ (A)}$$

电动机取用的电流为

$$I_2 = \frac{P_2}{U} = \frac{1.1 \times 1000}{220} = 5 \text{ (A)}$$

线路中取用的总电流为

$$I = I_1 + I_2 = 2 + 5 = 7 \text{ (A)}$$

§1—3 电 磁 感 应

实验表明，当导体相对于磁场运动而切割磁力线时，导体中便会产生感生电动势。这种现象称为电磁感应现象。电磁感应是一切发电机工作的理论基础。

如图1—9所示，当处在均匀磁场中的有效长度为 l 的直导体，以速度 v 朝着与 B 相垂直的方向运动而切割磁力线时，由实验可知，导体中感生电动势的大小为：

$$e = Blv$$

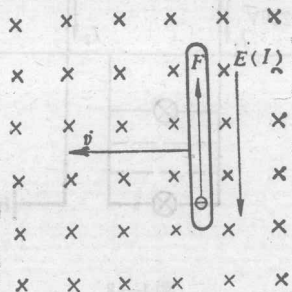


图1—9 直导体中的感生电动势

上式表明：直导体中新产生的感生电动势的大小等于磁感应强度 B ，导体的有效长度 l 和导体的运动速度 v 三者的乘积。

感生电动势的单位是：V。

感生电动势的方向可用右手定则来确定。所以，也把右

手定则称为“发电机定则”。

如果当导体运动方向与磁力线方向不垂直时，则运动速度 v 可分解为两个互相垂直的速度。如图1—10所示。

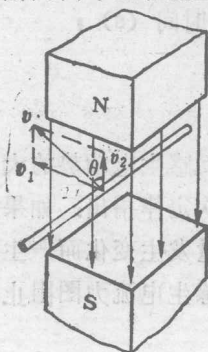


图1—10 导体运动方向与磁力线不垂直

其中 v_1 垂直于磁力线， $v_1 = v \sin \theta$ ，它切割磁力线，产生感生电动势； v_2 平行于磁力线，它不切割磁力线，不产生感生电动势。

所以，感生电动势

$$e = Blv_1 = Blv \sin \theta$$

式中 θ ——导体运动方向与磁力线的夹角。

当导体在磁场运动因切割磁力线而产生感生电动势时，导体便成了电源，若把它与外电路接通，它就可以输送出一定量的电能。这个过程也就是借助于磁场把机械能转成电能的过程。

法拉第电磁感应定律告诉我们，当穿过闭合回路的磁通量发生变化时，回路中就要产生感生电动势，其大小与磁通量的变化率成正比。

如果我们用 $\Delta \phi$ 表示在时间间隔 Δt 内一个单匝线圈中的磁通变化量，则一个单匝线圈产生的感生电动势为：

$$e = \left| \frac{\Delta \phi}{\Delta t} \right|$$

对于 n 匝线圈，其感生电动势为：

$$e = n \left| \frac{\Delta \phi}{\Delta t} \right|$$