

中等专业学校试用教材建筑专业适用

建筑电 工学

主 编 苗庆贵 刘久凯 副 主 编 李春友 肖 利

● 吉林大学出版社

中等专业学校试用教材
建筑专业适用

建筑电工学

主 编：苗庆贵 刘久凯
副主编：李春友 肖 利

吉林大学出版社

中等专业学校试用教材建筑专业适用

建筑电工学

主编:苗庆贵 刘久凯

责任编辑:唐万新

封面设计:孙 泓

吉林大学出版社出版
(长春市东中华路 29 号)

吉林大学出版社发行
吉林省交通印刷厂印刷

开本:850×1168 毫米

1993 年 3 月第 1 版

印张:9.25

1993 年 3 月第 1 次印刷

字数:227 千字

印数: 1—6000 册

ISBN 7-5601-1335-4/TM·3

定价:5.90 元

前 言

本书是根据中等专业学校建筑专业《建筑电工学》教学大纲编写的。为了适应当前教学改革的需要,结合中专学生的特点,本书突出了实用性,进一步加强了理论与实际的结合,增加了用途广泛的公用天线的内容,做到了文字叙述通俗易懂,推理论证深入浅出。本书内容有,直流电路、单相交流电路,三相交流电路、变压器、三相交流异步电动机、低压电器与控制电路、施工供电、房屋配电、安全用电与防雷。

本书由吉林省交通学校苗庆贵、吉林省四平粮食学校刘久凯任主编,由四平市城建职工中等专业学校肖利、白城林业学校李春友任副主编。参加编写的还有吉林省四平粮食学校丁明,白城林业学校冯士杰、张九洲、长春煤炭学校吴瑞芝、四平市城建职工中等专业学校薛晓峰。由刘久凯负责总纂。

本书在编写的过程当中得到了吉林大学材料科学系,吉林省交通学校、吉林省四平粮校的大力支持,在此一并表示感谢。

由于编者水平有限,本书难免有错误或不当之处,肯请读者不吝指教。

编者

1993年1月

目 录

第一章 直流电路	(1)
1-1 电路的基本概念	(1)
1-2 电路的基本定律	(6)
1-3 电路的分析	(10)
本章小结	(18)
习 题	(19)
第二章 单相正弦交流电路	(23)
2-1 正弦交流电的基本概念	(23)
2-2 单一参数的交流电路	(41)
2-3 电阻与电感的串联电路	(49)
2-4 电阻、电感与电容串联的电路	(56)
2-5 电感性负载与电容器并联电路	(66)
本章小结	(74)
思考题	(80)
习 题	(82)
第三章 三相交流电路	(86)
3-1 三相交流电源	(87)
3-2 三相负载的星形联接	(92)
3-3 三相负载的三角形联接	(99)
3-4 三相交流电的功率	(102)
本章小结	(105)
习 题	(106)
第四章 变压器	(109)
4-1 单相变压器	(109)
4-2 三相变压器	(115)
4-3 几种特殊变压器	(119)

本章小结	(123)
习 题	(124)
第五章 三相交流异步电动机	(126)
5-1 三相交流异步电动机的构造及工作原理	(126)
5-2 三相交流异步电动机的电磁转矩及机械特性 ...	(132)
5-3 三相交流异步电动机的启动、反转、调速和制动	(137)
5-4 三相交流异步电动机的铭牌及使用常识	(143)
本章小结	(148)
习 题	(149)
第六章 低压电器与控制线路	(151)
6-1 常用低压电器	(151)
6-2 几种常用的控制线路	(166)
本章小结	(177)
习 题	(178)
第七章 施工供电	(179)
7-1 概述	(179)
7-2 变电所及低压配电网	(182)
7-3 工地配电导线和保护熔断器的选择	(201)
7-4 建筑施工组织供电设计	(212)
本章小结	(220)
思考题	(222)
习 题	(223)
附 录	(226)
第八章 房屋供电	(234)
8-1 照明供电系统	(234)
8-2 灯具	(239)
8-3 照明供电的简单计算	(244)
8-4 照明供电设计	(250)

8-5 共用天线装置	(261)
本章小结	(265)
习 题	(267)
附 录	(268)
第九章 安全用电与防雷	(270)
9-1 安全用电	(270)
9-2 建筑防雷	(276)
本章小结	(281)
习 题	(282)
习题答案	(283)

第一章 直流电路

本章在已经学过的物理知识基础上，将进一步研究和介绍直流电路的特点及分析方法。

1-1 电路的基本概念

一、电路的组成

电路是电流所流经的路径。实际电路的种类很多，形式和结构也各不相同，但其作用不外乎有以下两个方面：一是应用电路进行信号的传输、交换和处理。例如：生产过程的自动控制；广播、电视的发射和接收；各种信号、数据的储存和处理等等。二是应用电路进行电能的传输和分配，以实现与其它形式的能量的相互转换。例如：从发电、输电、配电到用电的过程。

每个电路不论其作用如何、结构多么复杂，都是由以下三个基本部分组成的。如图 1-1 所示的最常见的手电筒电路。

1. 电源：电路中供给能量的装置，它将非电能转换成电能。如发电机、蓄电池等。

2. 负载：它是取用电能的装置，又称为用电设备。它将电能转换成非电能，以达到用

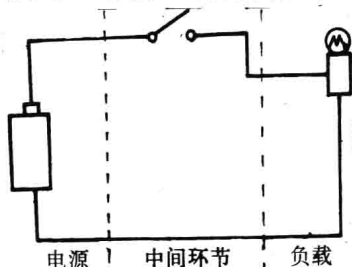


图 1-1 手电筒电路

电的目的。如电灯、电动机等。由于负载具有电阻，所以在电路中常用 R 来表示。

3. 中间环节：简单电路的中间环节是由联接导线、开关所

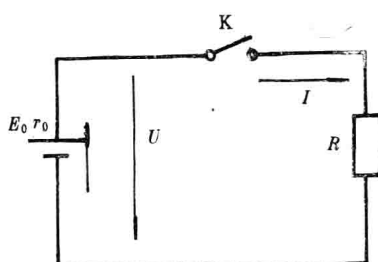


图 1-2 手电筒的电路图

组成，而复杂电路的中间环节可能是由各种控制设备、监测仪表等所组成的网络。电源接它的输入端，负载接它的输出端。

在分析和计算电路时，通常总是把实际电路（如图 1-1）画成图 1-2 所示的电路。

对于电源来讲，负载、联接导线和开关组成的一段电路称为外电路；电源内部的一段电路称为内电路。

二、电路中的几个基本物理量

1. 电流：习惯上把正电荷的运动方向规定为电流的正方向。但在电路分析中，往往很难事先判断电流的正方向，因此需要引入参考方向的概念，其方法是：任意假设某一支路中的电流方向（参考方向），把电流看作代数量，若计算结果为正，则表示电流的参考方向与正方向相同，若计算结果为负，则表示电流的参考方向与正方向相反。如图 1-3 所示。电流用 I 来表示。

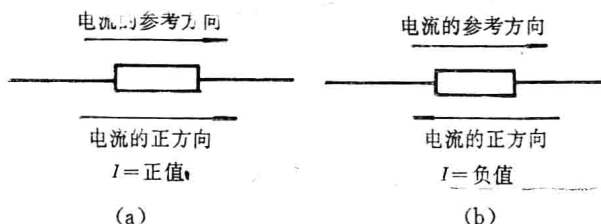


图 1-3 电流的参考方向与正方向的关系

2. 电压：电压的方向规定为由高电位端指向低电位端。但在电路分析时，电压的实际方向也是难以事先判断的，因此仍要假定某段电路上的电压方向（参考方向）。若计算结果为正，则电压的参考方向与实际方向相同，若计算结果为负，则电压的参考方向与实际方向相反。如图 1-4 所示，电压用 U 来表示。

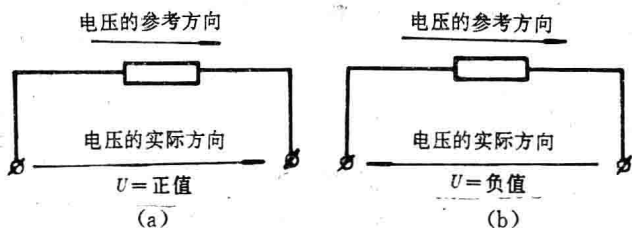


图 1-4 电压的参考方向与实际方向的关系

电动势的正方向规定为由低电位端（电源的负极）指向高电位端（电源的正极），用 E 来表示。

3. 电功和电功率：当一段导体中有电流通过时，正电荷从高电位端移向低电位端，电场力对它作了功，这个功通常叫做电流的功，简称电功。

单位时间内所作的电功称为电功率，用 P 来表示。在闭合电路（如图 1-2 所示的电路）中，电源产生的电功率为

$$P_{\text{电源}} = IE \quad (1-1)$$

负载吸取（消耗）的电功率为

$$P_{\text{负载}} = IU \quad (1-2)$$

对于电源，一般将电动势和电流的方向选为一致，若 $P_{\text{电源}} > 0$ ，表示电源向电路提供电功率；若 $P_{\text{电源}} < 0$ ，则表示电源从电路取用电功率，起着负载的作用。

对于负载，一般将电压和电流的正方向选为一致，若 $P_{\text{负载}} > 0$ ，表示该段电路取用或消耗电功率；若 $P_{\text{负载}} < 0$ ，则表示该段电路提供电功率，起着电源的作用。

在研究分析复杂电路时，如通过某元件或设备的电流的正

方向是沿着电位升高的方向，则该元件或设备是电源；若电流的正方向是沿着电位降落的方向，则该元件或设备是负载。

在国际单位制 (SI) 中，电流的单位是安培，简称安 (A)；电压的单位是伏特，简称伏 (V)；电功率的单位是瓦特，简称瓦 (W)。

三、电气设备的额定值和电路的工作状态

(一) 额定值

我们知道电流具有热效应，所以，任何电气元件和设备在工作时都会发热，为了保证电气元件和设备的安全运行，在工作时都规定有一个最高的工作温度。很显然，工作温度取决于工作电流。所以为了不使电气元件和设备的工作温度过高，对通过它的电流值有一个限制，通常把这个限定的电流值叫做额定电流，用 I_n 表示。

通常对允许加在电气元件和设备上的电压也有一个限值，把这个限定的电压值叫做该电气元件和设备的额定电压，用 U_n 表示。

任何电气元件和设备都有各自的额定电流和额定电压，对电阻性负载而言，电气元件和设备的额定电流和额定电压的乘积就等于它的额定功率，即 $P_n = I_n U_n$ 。如标有 220V、100W 的灯泡，这个值即为额定值。

(二) 工作状态

1. 额定工作状态：要使电气设备工作正常，就应当使电气设备在额定电压下工作，而且当用电器中通过的电流达到额定值时，这种工作状态称为额定工作状态。电气设备工作在额定状态时，是最经济合理和安全可靠的，能够保证电气设备有一定的使用寿命。如标有 220V、100W 的灯泡，在使用时不能接在 380V 的电源上，即必须在额定状态下工作，否则就会被烧坏。图 1-5 是一个阻值为 18Ω 、功率为 4.5W 的碳膜电阻，若电

源电动势为 10V 、内阻为 2Ω ，则当开关 K 闭合时即为额定工作状态。

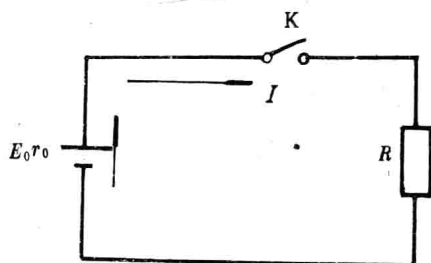


图 1-5 电路的额定和断路工作状态

2. 断路工作状态：如图 1-5 所示，当开关 K 打开时，电源与用电器未构成闭合回路，即电路处于断路（开路）状态。此时电路中的电流为零。

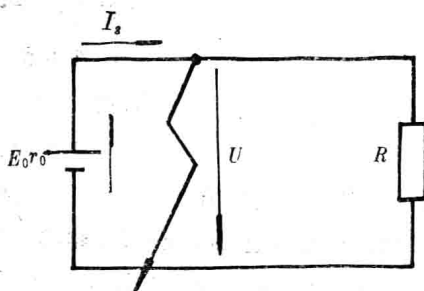


图 1-6 电路的短路状态

3. 短路工作状态：如图 1-6 所示，当电源两端由于某种原因而被短接时，则电路处于短路状态，此时端电压 $U=0$ ，电源将通过极大的电流 $I_s = \frac{E}{r_0}$ ，这将使电源被毁坏。短路也可发生在负载或电路的任何处，因此，在工作中要防止短路事故发生。

1-2 电路的基本定律

一、欧姆定律及应用

在物理课中我们已经接触到了电路的欧姆定律，如在图 1-7 所示的电路中有

$$I = \frac{E}{R + r_0} \quad (1-3)$$

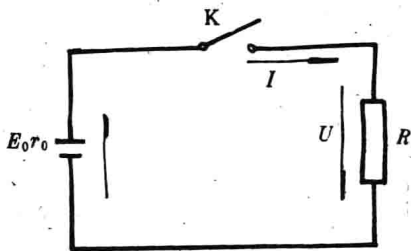


图 1-7 最简单的闭合电路

其意义是：电路中流过的电流，其大小与电动势成正比，而与电路的全部电阻值成反比。一般情况下，电源的电动势和内阻可认为是不变的，因此，外电路电阻的改变是影响电流大小的唯一因素。当 R 减小时（负载增

大时），电流增大。因为在正常情况下 $r_0 \ll R$ ，所以随着电源输出电流的增大，电源的端电压 $U = E - Ir_0$ 将略有降低。

电阻的单位是欧姆，简称欧，记作 Ω 。有时还用到千欧 ($k\Omega$) 和兆欧 ($M\Omega$) 等单位。

电阻的倒数称为电导，是表征元件导电能力的电路参数，用符号 G 来表示，即：

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

电导的单位是西门子，记作 S 。

在电工理论中，根据电阻的特性把它分为两类。一类是电

阻值与通过它的电流及所施加的电压无关，这类电阻称为线性电阻。另一类是电阻值与通过它的电流及所施加的电压有关，称为非线性电阻。

二、克希霍夫定律

欧姆定律只能求解一些简单的电路，对于如图 1-8 所示的复杂电路，必须用克希霍夫定律来求解。

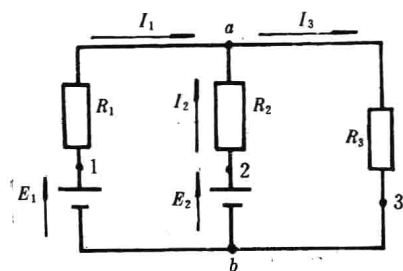


图 1-8 复杂电路

克希霍夫定律有两条，在介绍定律之前，先介绍与电路有关的几个名词：支路、节点、回路。

电路中每一段不分支的（即通过同一电流的）电路叫做支路。例如在图 1-8 中 $a1b$ 、 $a2b$ 、 $a3b$ 都是支路。该图中有三条支路。

三条或三条以上支路的联接点叫做节点。在图 1-8 中有 a 、 b 两个节点。

电路中任一闭合的路径叫做回路。在图 1-8 中有 $a2b1a$ 、 $a3b2a$ 、 $a3b1a$ 三个回路。

（一）克希霍夫电流定律

因为电流具有连续性、在电路的任一节点上均不可能发生电荷持续集累的现象，所以流入节点的电流之和必定等于从该节点流出的电流之和。即

$$\sum I_{\text{入}} = \sum I_{\text{出}} \quad (1-5)$$

对于图 1-8 中的节点 a 有：

$$I_1 + I_2 = I_3$$

也可表示为：

$$I_1 + I_2 - I_3 = 0$$

则克希霍夫定律也可表示为：任一瞬间，电路中流入（或流出）任一节点的电流的代数和恒等于零。即

$$\sum I = 0 \quad (1-6)$$

节点电流定律不仅适用于电路中的任意节点，而且还可以推广应用于任意假定的闭合面，即通过任一闭合面 S 的电流的代数和为零。如图 1-9 所示。

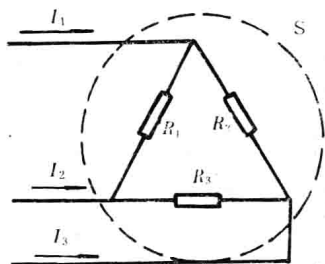


图 1-9 节点定律的推广

(二) 克希霍夫电压定律

克希霍夫电压定律确定了电路中任一回路各段电压之间的关系，它指出：任一瞬间沿电路中任一闭合回路、各段电压的代数和恒等于零。即

$$\sum U = 0 \quad (1-7)$$

在运用克希霍夫电压定律列回路电压方程时，需要规定一个回路的绕行方向，若电压的参考方向与绕行方向一致，则在该项电压前面取正号；若电压参考方向与绕行方向相反，则在前面取负号。例如在图 1-10 中各段电压参考方向已在图中标出，电压定律可写为：

$$U_{AB} + U_{BC} + U_{CD} + U_{DE} - U_{FE} - U_{AF} = 0$$

或

$$I_1 R_1 + I_2 R_2 + I_3 R_3 + E_2 - E_1 - I_4 R_4 = 0$$

将上式整理以后可得：

$$I_1 R_1 + I_2 R_2 + I_3 R_3 - I_4 R_4 = E_1 - E_2$$

由此可见，克希霍夫电压定律又可以表述为：任一瞬时，在电路的任一回路中，电阻上电压降的代数和等于电动势的代数和。即

$$\sum (IR) = \sum E \quad (1-8)$$

应用式 1-8 列方程时应注意：先规定回路的绕行方向和电流的参考方向；然后沿回路绕行方向顺序求出电阻上的电压降，当电流参考方向与回路的绕行方向一致时取正号，否则取负号；等号右边的电动

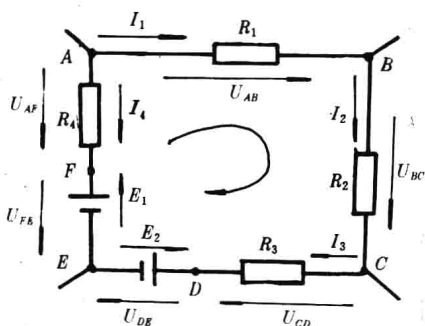


图 1-10 电压定律

势的方向与回路的绕行方向一致时取正号，反之取负号。

注意式 1-7 适用于任何情况，而式 1-8 已将电路的电阻元件，电源等因素考虑在内，故只适用于直流电阻电路。克希霍夫电压定律不仅可以用在电路的任一闭合回路中，还可以推广到不闭合的电路中，但此时要将开口处电压列入方程。例如在图 1-10 中，假设 A、C 两点断开，可以想象有一回路 ACDEA，这里支路 CE、EA 是实际存在的，而 AC 是假设的，但此开口处的电压是 U_{AC} ，则由克希霍夫第二定律得：

$$U_{AC} + I_3 R_3 - I_4 R_4 = E_1 - E_2$$

例 1-1 如图 1-8 所示，已知 $E_1 = 18V$ 、 $E_2 = 15V$ 、 $R_1 = 12\Omega$ 、 $R_2 = 10\Omega$ 、 $R_3 = 15\Omega$ ，求各支路电流？

解：由节点 a 得：

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

由回路 abE_1a 得：

$$I_1 R_1 - I_2 R_2 = E_1 - E_2 \quad (2)$$

由回路 $a3ba$ 得

$$I_2 R_2 + I_3 R_3 = E_2 \quad (3)$$

解方程组 (1)、(2)、(3) 得:

$$I_1 = 0.5\text{A}, I_2 = 0.3\text{A}, I_3 = 0.8\text{A}$$

1-3 电路的分析

电路分析就是先给定电路的结构、元件及参数, 然后再求出电路中的电流和电压等. 下面就简单电路和复杂电路来进行分析.

一、简单电路的分析

单一回路以及通过电阻的串、并联可以化为单一回路的电路, 都叫做简单电路. 简单电路可以用欧姆定律和电阻的串、并联来求解.

(一) 电阻的串联电路

如图 1-11 表示电阻的串联, 它是没有分支地把电阻一个接一个地联接起来.

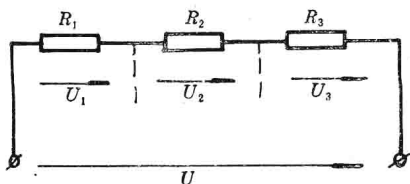


图 1-11 电阻的串联电路

由电流的连续性原理可知, 串联电路中的电流处处相等, 即

$$I = I_1 = I_2 = I_3$$

而

$$P = P_1 + P_2 + P_3$$

则有

$$U = U_1 + U_2 + U_3 \quad (1-9)$$

$$R = R_1 + R_2 + R_3 \quad (1-10)$$

串联电路的特点就是通过电阻的串联可以实现分压, 且电