



职工中等专业学校教材

西安电力学校 金惠国 主编

电工及电子技术基础



内 容 提 要

本书分电工基础和电子技术基础两篇。电工基础篇主要内容为：直流电路，正弦交流电路，相量法，三相正弦交流电路，非正弦交流电路，磁路以及电工计量等。电子技术基础篇主要内容为：晶体二极管和三极管，放大电路，正弦波振荡器，整流及稳压电路，脉冲电路，可控硅整流，集成运算放大器以及数字电路等。

本书是为在职和函授中等专业学校编写的教材，可供电类各专业，以及对电气课程要求比较高的非电类专业用。也可作为具有中等文化程度的工人和技术人员自学用书。

职工中等专业学校教材

电工及电子技术基础

西安电力学校 金惠国 主编

水利电力出版社出版、发行

(北京三里河路6号)

河北省蔚县印刷厂印刷

787×1092毫米 16开本 26印张 620千字

1989年12月第一版 1989年12月河北第一次印刷

印数0001—2200册

ISBN 7-120-00990-7/TM·299

定价 6.75 元

前 言

为了提高水利电力系统职工的技术水平,使水利电力职工中等专业学校的教学工作走向正规化、系统化,我司统一组织编写了这套水利电力职工中专教材。这套教材是根据我司1985年系统内各职工中等专业学校和普通中等专业学校中有经验的教师分工编写的。在编写过程中,力求在保证理论的系统性、完整性的同时,密切联系生产实际,深入浅出,突出职工教育的特点。

水利电力职工中专教材分基础课及专业课两大部分,包括发电厂及电力系统、输配电工程、用电管理、电厂热能动力装置、电厂热工测量及自动化、水工建筑、水电工程施工、水电站动力设备、陆地水文、工业与民用建筑及经济管理等11个专业,共约120种教材。

1987年职工中等专业学校水能类各专业会议决定,几个相近专业的同门课程合编一门教材,而对于不同的专业,按教学大纲,在教学中可舍去教材中的某些内容。

本书按水电站动力设备专业的“电工及电子技术基础”教学大纲编写,电工基础的总课时为126课时,电子技术基础为108课时。

水利工程管理专业的“电工及电子技术基础”课程,水利水电工程测量专业的“电工基础”课程,可选用本教材中有关内容进行教学。

本书第1章至第5章由西安电力学校金惠国编写;第6章至第8章由西安电力学校黄忠长编写;第9章至第12章由广东水电学校李延明编写;第13章至第16章由广东水电学校周宝奎编写。成都水力发电学校黄幼莹审稿。

为适应在职中专的教学需要,并兼顾函授中专的教学特点,本书对问题的讲解,力求做到起点较低,但保证主要内容的深度和广度。结构上尽量做到分散难点,循序渐进,叙述简明,篇幅适量。

由于编者水平有限,经验不多,未必能达到以上要求,请读者指正。

水利电力部教育司

1988年4月1日

目 录

前言

第1篇 电 工 基 础

第1章 直流电路	1
第1节 电路及电路图	1
第2节 电路的基本物理量及其参考方向与参考极性	3
第3节 欧姆定律 电阻和电导	7
第4节 基尔霍夫电流定律	8
第5节 基尔霍夫电压定律	9
第6节 电能与功率	12
第7节 无分支电路	14
第8节 叠加原理	18
第9节 电阻的串联、并联和混联	19
第10节 支路电流法	25
第11节 回路电流法	27
第12节 弥尔曼定理	29
第13节 电压源与电流源的等效变换	31
第14节 戴维南定理	34
小 结	38
附 录 常用法定计量单位	40
习 题	41
第2章 电容与电感	45
第1节 电容及电容的串并联	45
第2节 电容电流及电容的电场能量	46
第3节 线圈中的感应电势	49
第4节 电感电压及电感的磁场能量	51
第5节 互感及互感电压	52
小 结	56
习 题	57
第3章 正弦交流电路	59
第1节 周期性交流量	59
第2节 正弦量三要素	60
第3节 相位差	63
第4节 有效值	64
第5节 用矢量表示正弦量	66

第6节 同频率正弦量相加减	68
第7节 正弦交流电路中的电阻	70
第8节 正弦交流电路中的电容	72
第9节 正弦交流电路中的电感	75
第10节 正弦交流电路中的基尔霍夫定律和叠加原理	77
第11节 电阻、电感、电容的串联电路	79
第12节 电阻、电感串联与电容并联的电路	85
第13节 谐振电路	90
小 结	94
习 题	97
第4章 正弦电路的相量运算	99
第1节 复数	99
第2节 正弦量的相量表示 复阻抗	102
第3节 复阻抗的串联和并联	106
第4节 复杂正弦交流电路的计算	110
小 结	112
习 题	113
第5章 三相正弦交流电路	114
第1节 对称三相正弦电势	114
第2节 三相电源的联接 相电压与线电压	116
第3节 三相电路的线电流、相电流与中线电流	119
第4节 对称三相电路的计算	121
第5节 不对称三相电路的计算	123
第6节 三相电路的功率	130
小 结	133
习 题	134
第6章 非正弦交流电路	136
第1节 周期性非正弦函数分解为傅里叶级数	136
第2节 非正弦量的有效值和平均值	141
第3节 非正弦交流电路的计算	143
小 结	146
习 题	147
第7章 磁路和铁心线圈	149
第1节 磁场的基本物理量	149
第2节 铁磁物质的磁化	151
第3节 磁路及磁路定律	153
第4节 简单直流磁路的计算	156
第5节 交流铁心线圈中的电压、电流和磁通	160
第6节 铁心损耗	162

第7节 交流铁心线圈的等效电路	164
小 结	167
附录 铁磁物质及电工钢片的磁化数据	167
习 题	170
第8章 常用电工仪表与测量	172
第1节 电工仪表的基本知识	172
第2节 直流电流和电压的测量	175
第3节 交流电流和电压的测量	182
第4节 功率的测量	185
第5节 电能的测量	194
第6节 电阻的测量	201
小 结	210
附 录 电工仪表的标记	212
习 题	215
第1篇 电工基础部分习题答案	217

第2篇 电子技术基础

第9章 晶体二极管和晶体三极管	221
第1节 半导体的导电特性	221
第2节 PN 结	224
第3节 晶体二极管	227
第4节 晶体三极管的结构及电流放大作用	229
第5节 晶体三极管的特性曲线	232
第6节 晶体三极管的主要参数	235
小 结	238
习 题	239
第10章 晶体管放大电路	241
第1节 晶体管放大电路及其工作原理	241
第2节 放大电路的图解法	246
第3节 放大电路的微变等效电路分析法	252
第4节 稳定静态工作点的偏置电路	259
第5节 多级阻容耦合放大器	263
第6节 放大器中的负反馈	266
第7节 功率放大器	273
第8节 直流放大器	280
小 结	288
习 题	291
第11章 正弦波振荡器	295
第1节 振荡器的基本原理	295

第2节 LC振荡器	298
小 结	301
习 题	301
第12章 直流稳压电源	303
第1节 单相整流电路	303
第2节 滤波电路	308
第3节 硅稳压管稳压电路	311
第4节 晶体管串联型稳压电路	313
小 结	316
习 题	317
第13章 脉冲电路	319
第1节 脉冲电路的基本知识	319
第2节 脉冲波形变换电路	322
第3节 晶体管反相器	324
第4节 脉冲波形的产生电路	328
小 结	338
习 题	339
第14章 可控硅整流电路	343
第1节 可控硅	343
第2节 单相可控整流电路	349
第3节 三相可控整流电路	352
第4节 可控硅的触发电路	355
小 结	361
习 题	362
第15章 集成运算放大器	363
第1节 集成电路基本知识	363
第2节 BG305集成运算放大器	364
第3节 运算放大器的应用	369
小 结	374
习 题	375
第16章 数字电路	376
第1节 数的表示法	376
第2节 逻辑代数	378
第3节 TTL集成逻辑门	384
第4节 集成电路触发器	386
第5节 寄存器	393
第6节 计数器	395
第7节 译码器及显示电路	398
小 结	402

习 题	403
第2篇 电子技术基础部分习题答案	405

第1篇 电 工 基 础

本课程的电工基础部份，以线性电路的分析计算为主要内容；简单介绍非正弦交流电路以及磁路和铁心线圈，为学习其它专业课程打好基础；介绍了常用电工仪表的基本知识和应用。电路分析从直流电路开始。叙述内容的起点，考虑了与数学、物理课程的衔接。

第1章 直 流 电 路

本章介绍直流电路的基本物理量：电流、电压、电势，电路的基本定律：欧姆定律、基尔霍夫电流定律和电压定律，以及叠加原理等。掌握电路的基本物理量和基本定律是电路分析和计算的基础。还要掌握电路中任意两点间电压的计算。

直流电路计算，通常是已知电路的结构，以及电路中的电势和电阻，要求确定电路各部份的电流、电压和功率。简单电路的计算是无分支电路以及电阻串联、并联和混联电路的计算。各种复杂电路的计算方法是在电路基本定律的基础上，结合电路具体结构以及解题要求而产生的。要注意各种计算方法的求解对象和适用范围，以免混淆不清。

第1节 电 路 及 电 路 图

为了实现电能的传输、分配和使用，将一些电工设备和器件按照一定的方式联接起来，形成电流的通路，就是电路。图1-1中的小灯泡与干电池用导线联在一起，电流流通，灯泡发亮。这是一个简单的电路，它的作用是将干电池的电能通过电流形式转换为灯泡的电能。在电路中灯泡是消耗电能的，称为负载，在其它情况下，电炉、电动机将电能转换为热能或机械能，也都是负载。干电池，或者蓄电池、发电机等设备是供给电能的，称为电源。联接导线是引导电流的，起着传输电能的作用。电路主要由电源、负载以及联接导线三部份组成。

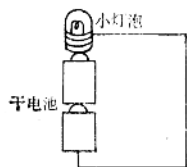


图 1-1 简单电路的组成

1—小灯泡；2—干电池

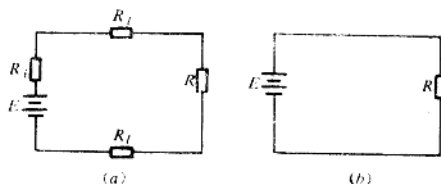


图 1-2 电路图

(a) 实际电路的电路图；(b) 简化后的电路图

在进行电路的分析和计算时，按照具体电路中器件的实物画出图形是不方便的。对于

每一种器件，我们找出表示它们特性的主要物理量及参数，并且用一定的通用图形符号来表示，画成的图称为电路图。电路中的电源设备，按照它的作用和特性，可以用电势 E 和内电阻 R_i 来表示。电势是表示电源具有推动电荷能力大小的物理量，内阻表示电源内部也是有电能损耗的。负载在直流电路中都用一定数值的电阻 R 来表示，导线也用它的电阻 R 表示。从而图1-1所示实际电路的电路图，可用图1-2(a)表示。在一般情况下，电源的内阻 R_i 以及联接导线的电阻 R_l 比负载电阻 R 小得多，也就是它们在电路中消耗的电能很少，因而可以忽略不计，即认为它们的电阻值等于零。这样，电路图可以简化为图1-2(b)的形式，图中的联接线都看作是电阻等于零的理想导体。

经过以上的变换，电路图已不是实际电路图。电路图中的元件是用物理量或参数的数值来表示实际元件主要性能的理想元件，所以电路图是实际电路的一种数学模型。经过这样的处理，以便于进行电路分析，研究电路的基本规律和各种计算方法。对于每一个实际电路，先要画出它的电路图，然后进行分析和计算。今后所指电路一般都是指这种电路模型。

图1-2(b)是一个结构简单的电路，图1-3是结构比较复杂的电路。电路又称为网络。现在通过图1-3的电路介绍下面几个名词。

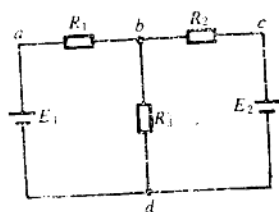


图 1-3 复杂电路

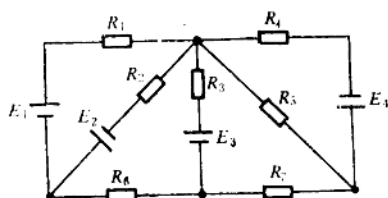


图 1-4 判断电路的结点、支路、网孔、回路

1. 支路

一段没有分支的电路称为支路。例如图中的 bcd 、 bd 和 bad 等。这个电路共有三个支路，其中支路 bd 只有电阻 R_3 ，没有电源，称为无源支路；支路 bad 包含电阻 R_1 和具有电势 E_1 的电源，称为有源支路。

2. 结点

三个或三个以上支路的交点称为结点。图中点 b 和 d 是结点，而点 a 和 c 不是结点。

3. 回路

电路中的一个闭合路径称为回路。图中有 $abda$ 、 $bcd b$ 和 $abcda$ 三个回路。

4. 网孔

没有被支路穿过的回路称为网孔，也就是网络的网眼。显然，网孔是回路的一种，网孔数必然小于或等于回路数。例如图1-3的电路共有三个回路，而网孔只有两个。

图1-2的电路只有一个回路，通常称为无分支电路。

电路中各个元件的电流和电压，如果它们的大小和方向恒定，不随时间变化，这种电路称为直流电路；电流、电压的大小和方向随时间变化的电路称为交流电路。直流电路的分析和计算比较简单，我们从直流电路开始分析，以掌握电路的基本规律和分析方法，而后再应用到交流电路中。

下面画出图1-4的电路，请读者指出电路有几个结点？几个支路？几个网孔以及几个

第2节 电路的基本物理量及其参考方向与参考极性

电路的基本物理量有电流、电压和电势。

一、电流

电荷在电场力作用下运动形成电流。我们观察电路中的一段导体，由于导体中存在电场，导体中的自由电子在电场力作用下朝一定方向运动，这就形成电流，如图1-5所示。在直流电路中，电流的大小和方向都是不变的，称为直流电流或恒定电流。

电流的大小用电流强度表示。在时间 t 内，通过导体某个截面的电量为 q ，电流强度等于电量 q 与时间 t 的比值，也就是单位时间内通过这个截面的电量。电流强度简称电流，用大写字母 I 表示，则

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

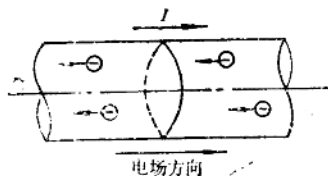


图 1-5 导体中的电流形成

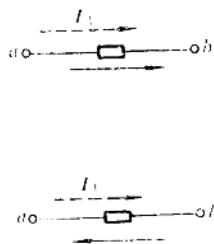


图 1-6 电流的参考方向

电流的方向规定为正电荷运动的方向。在金属导体中运动电荷主要是自由电子，电流方向应是电子运动的反方向。

电流的单位符号是A，单位名称为安[培]。常用的单位符号还有kA、mA、 μ A。1kA = 10^3 A；1mA = 10^{-3} A；1 μ A = 10^{-6} A。

电流是有大小又有方向的物理量，然而在一个支路中电流的方向只能有两个，如图1-6中的a到b，或b到a。对于这类有大小并且只有两种可能方向的量，可以用一个代数量来完整地表达它。代数值的数值表示电流的大小，代数值的正和负分别表示电流的两种可能方向。必须事先任意确定正号表示何种方向，另一方向当然是用负号表示了。所确定的正方向称为电流的参考方向，电流的实际方向与参考方向相同的取正，相反的取负。例如图1-6中选定由a到b为电流的参考方向，电流 I_1 为正值，设电流的大小为5A，则电流 $I_1 = 5$ A；如果选定由b到a为电流的参考方向，电流 I_1 的实际方向与参考方向相反，则 $I_1 = -5$ A。

电流的参考方向在进行电路的分析和计算时有很重要的实用意义。由于在比较复杂的电路中，电流的实际方向不能立即判断，而且在交流电路中电流的实际方向不断地改变，因此一般只画出任意选定的各支路电流的参考方向，而不画出电流的实际方向。参考方向的应用及其实用意义，在今后的学习中将会不断地接触到。

二、电压与电位

在电场力作用下电荷运动形成电流，电场力因移动电荷而作功。图1-7的一段电路中，

正电荷 q 在电场力作用下从 a 移动到 b ，设电场力做功为 A_{ab} ，取 A_{ab} 与电荷量 q 的比值，定义为 a 到 b 的电压，用大写字母 U 表示。即

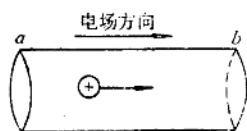


图 1-7 一段电路的电压

$$U_{ab} = \frac{A_{ab}}{q} \quad (1-2)$$

由此可见，电压 U_{ab} 的大小就等于电场力将单位正电荷从 a 移到 b 所作的功。

电压的单位符号是V，单位名称为伏[特]，常用的单位还有kV、mV、 μ V。 $1\text{kV} = 10^3\text{V}$ ； $1\text{mV} = 10^{-3}\text{V}$ ；

$1\mu\text{V} = 10^{-6}\text{V}$ 等。

在 a 、 b 之间移动电荷可能有两种方向，即由 a 到 b ，或由 b 到 a 。如果将正电荷 q 从 b 移到 a ，由于运动方向与电场力方向相反，必然需要有外力克服电场力的反作用，移动电荷而做功。这时候是外力做功，也就是电场力作了负功，如果做功的大小相等，则电场力做功为 $-A_{ab}$ 。因此从 b 到 a 的电压与从 a 到 b 的电压大小相等而差一个负号。即

$$U_{ba} = -U_{ab}$$

我们规定以上电路中任意两点 a 、 b 之间，以正电荷从 a 移到 b ，也就是电场力做功的方向为电压的方向。

与电流相仿，电路中两点之间的电压也是具有大小和两种可能方向的物理量。我们任选其中一种方向为电压的参考方向，实际方向与参考方向相同的电压取为正，相反的，取为负。图1-8中设电压的大小为5V，选定由 a 到 b 为电压参考方向时， $U = 5\text{V}$ ；选定由 b 到 a 为电压参考方向，则 $U = -5\text{V}$ 。这样就做到了用代数量完整地表达电压的大小和方向。

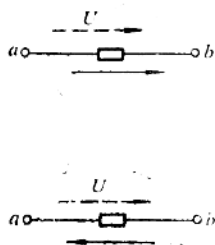


图 1-8 电压的参考方向

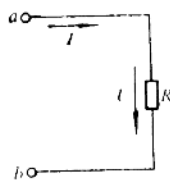


图 1-9 电流、电压参考方向的关联表达

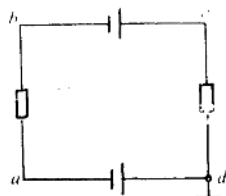


图 1-10 电路中各点的电位

对于电路中的一个支路或一个元件，其两端具有电压，其中并通过电流。在进行电路分析时，电压与电流的参考方向可以分别任意选定，它们可以一致也可以不一致。为了简便明了，一般规定电压和电流的参考方向选为一致，称为参考方向的并联表达，表示于图1-9。

在电路中经常需要分析任意两点之间的电压，因此引用了电位。任选电路中的一点为参考点，其它任何一点到参考点的电压，称为该点的电位，用字母 ϕ 表示。图1-10中，以 d 点为参考点，其它各点的电位为

$$\phi_a = U_{ad}$$

$$\phi_b = U_{bd}$$

$$\phi_c = U_{cd}$$

各点的电位实际上就是各点到参考点的电压，也是有正、负的代数量，单位也是V。参考点本身的电位显然等于零，因为 $\phi_d = U_{dd} = 0$ 。所以电位参考点也叫零电位点。不选定电位参考点，就不能确定各点的电位，而选择不同的电位参考点，电路中各点的电位也都要重新确定。例如在图1-10中，另选a点为电位参考点，则其它各点的电位都改变了，如 $\phi_c = U_{ca}$ 。至于选哪一点为参考点，决定于分析问题是否简便。一般电气设备都有公共端接到外壳，通常选这一公共点为电位参考点。参考点一经选定，电路中各点的电位就确定不变了，即各点电位只能有一个值。这一结论称为电位单值性原理。

知道了各点的电位，电路中任意两点之间的电压等于这两点的电位差，这好比楼房不同楼层之间的高差等于各层对地高度之差一样。例如在图1-10电路中a点到b点的电压为

$$\begin{aligned} U_{ab} &= U_{ad} + U_{db} = U_{ad} - U_{bd} \\ &= \phi_a - \phi_b \end{aligned} \quad (1-3)$$

即a点到b点的电压等于这两点的电位差。式(1-3)中，如果 $\phi_a > \phi_b$ ，则 $U_{ab} > 0$ ；如果 $\phi_a < \phi_b$ ，则 $U_{ab} < 0$ ，所以电压的规定方向是从高电位点指向低电位点，也就是电位降的方向，因而电压又称为电位降。假设 $U_{ab} < 0$ ，说明从a到b是电位升，而不是电位降。从做功的观点来看，正电荷沿电位降的路径移动时，电场力作功；沿电位升的路径移动时，电压为负，表示外力做功，或看作电场力作负功。

必须指出，参考点选得不同，各点的电位不同。但是任意两点之间的电位差不因参考点的不同而改变，它保持定值，因此电压不会由于电位参考点的不同而发生变化。

【例1-1】图1-10中，已知： $U_{ab} = 4V$ ， $U_{bc} = -6V$ ， $U_{cd} = 10V$ ， $U_{ad} = 8V$ 。试计算：

(1) 选择d点为电位参考点时各点的电位及电压 U_{ca} ；(2) 选择b点为电位参考点时各点的电位及电压 U_{ca} 。

解 (1) d点为电位参考点，电路中各点的电位为

$$\begin{aligned} \phi_d &= 0 \\ \phi_a &= U_{ad} = 8V \\ \phi_c &= U_{cd} = 10V \\ \phi_b &= \phi_a + U_{ba} = \phi_a - U_{ab} = 8 - 4 = 4V \\ U_{ca} &= \phi_c - \phi_a = 10 - 8 = 2V \end{aligned}$$

(2) b点为电位参考点，电路中各点的电位为

$$\begin{aligned} \phi_b &= 0 \\ \phi_a &= U_{ab} = 4V \\ \phi_c &= U_{cb} = -U_{bc} = 6V \\ \phi_d &= \phi_c + U_{dc} = \phi_c - U_{cd} = 6 - 10 = -4V \\ U_{ca} &= \phi_c - \phi_a = 6 - 4 = 2V \end{aligned}$$

由上例可见，选择d点或b点为电位参考点时，各点的电位不同了，但是一旦选定了电位参考点，各点的电位分别都只有一个数值。任意两点之间的电压，如 U_{ca} ，不管以d点还是以b点为电位参考点，电压的数值不变。

由于电压就是电位差，而且电压的方向从高电位指向低电位，因此电压的实际方向或参考方向也可以用电压的实际极性或参考极性来表达。将高电位点标以“+”号，低电位点标以“-”号。表达两点之间电压极性，与表达电压方向的意义是相同的，表示于图1-11。

当电压为未知,或电压的实际极性不能确定时,任意选定电压的参考极性,即任意选定“+”极和“-”极,以便进行电路的分析计算。经过计算求得电压为正值,表示电压的实际极性与参考极性相同;求得电压为负值,表示电压的实际极性与参考极性相反。电压的参考极性与前面采用的电压参考方向这两种方式都可以应用。应用了参考极性,支路电流的参考方向与电压参考极性的关联表达表示于图1-12。

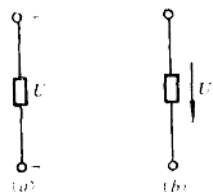


图 1-11 电压的参考方向与参考极性

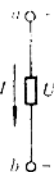


图 1-12 电压的参考极性与电流参考方向的关联表达

三、电势

在电路中电源是提供电能的,由于产生了电流,在负载上不断地有电能消耗,转变成其它形式的能量。正电荷从电源的正极经过外部电路到达电源的负极,电荷中和,电源的内部就应该具有将正电荷推向正极的过程,这样才能使电路中有持续不断的电荷流动。否则,正负极上的电荷经中和而得不到补充,电流就要中断。电池由于化学作用,发电机由于电磁感应作用,产生了电源力,在电源内部将正电荷从负极移到正极,维持电源正负极之间一定数值的电位差,从而使电路中能有持续不断的电流。

在电源内部将正电荷从负极移到正极,电源力 F' 克服电场反力 F 而作功,见图1-13。我们用电势这一物理量表达电源力的作功本领,它是电源的主要特性。电势的定义是:电源力将正电荷 q 从负极移到正极所作的功 A 与电量 q 的比值称为电源的电势 E 。即

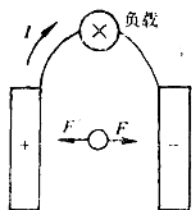


图 1-13 电源内部的电势

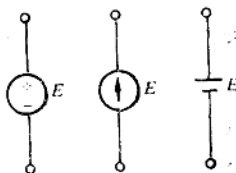


图 1-14 电源的表示符号

$$E = \frac{A}{q} \quad (1-4)$$

电势的大小等于电源力将单位正电荷从负极移到正极所作的功。电势的单位与电压的单位相同,也是V。再看电势的方向,由于将正电荷从负极移到正极是电位上升,所以电势的方法应该是电位升的方向,从“-”极指向“+”极。当然,应注意电势只存在于电源内部。电源的几种表示符号如图1-14所示。

从外部来观察电源,它的正负极之间有一定的电位差,即电源的外端电压。电压的方向是电位降的方向,从正极指向负极,电源内部电势的方向是电位升的方向,从负极指向正极。因此,图1-15(a)中电源的电势与它的端电压的方向是相反的。作为直流电源,

它的正负极性是一定的, 所以电势和电压的方向相反, 但是表示的极性却是一致的, 如图 1-15 (b) 所示。为了电路分析和计算的方便, 今后对于电压和电势在电路图中一般都采用参考极性来表示。例如图 1-16, a 点的电位高于 b 点, 两点之间的电位差为 10V 。如选择了图 1-16 (a) 中的电压和电势的参考极性, 则 $E = 10\text{V}$, $U = 10\text{V}$, $U = E$ 。当然, 也可以选择如图 1-16 (b) 的参考极性, 即电压与电势的参考极性相反, 这时如电势的实际极性与参考极性相同, $E = 10\text{V}$, 而电压的实际极性将与参考极性相反, $U = -10\text{V}$ 。以后在某些适宜的场合, 电压和电势也有采用参考方向来表达的。尤其是对于电路中的电压, 要习惯于有时用极性, 有时又用方向来表示。

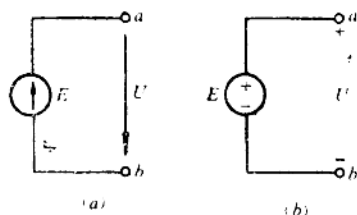


图 1-15 电压和电势的极性
(a) 参考方向; (b) 参考极性

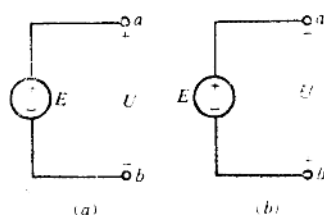


图 1-16 电势、电压参考极性的选择

电源的电势不受外电路的影响, 电路中的电现象是由电势引起的, 因此常称电势为电路的“激励”。相应地, 电路中各部分的电压和电流可称为“响应”。

第3节 欧姆定律 电阻和电导

欧姆定律表明流过电阻元件的电流与电阻两端的电压成正比。电阻中的电流总是从高位端流向低位端的, 因而电阻元件中电流的实际方向与电压实际极性的关系是电流从“+”端流入。图 1-17 中的电阻元件, 在不知道电压的实际极性和电流的实际方向的情况下, 画出它们的参考极性和参考方向。电压、电流参考极性与参考方向的关联表达, 取电流的参考方向从“+”极流入。这样, 欧姆定律可以表示为

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

其中 R 是比例系数, 称为电阻元件的电阻, $R = \frac{U}{I}$ 是确定电

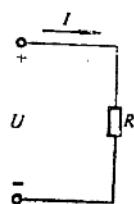


图 1-17 电阻的电压和电流

压和电流关系的一个常量。

由于直流电路中, 除电源以外只有电阻元件, 所以电阻也是直流电路的参数。电阻的单位符号是 Ω , 名称为欧[姆], 对于大电阻, 常用 $\text{K}\Omega$ (千欧) 或 $\text{M}\Omega$ (兆欧) 为单位。

从物理学知道, 金属导线的电阻与其长度成正比, 与其截面面积成反比, 并与金属的材料有关。即

$$R = \rho \frac{l}{S}$$

其中 l 是导线的长度, 单位为 m ; S 是导线截面面积, 单位为 mm^2 ; ρ 是导体的电阻率, 单

位为 $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ 。例如长10m, 直径等于1mm的圆截面铜导线, 在 20°C 时的电阻为

$$R = \rho \frac{l}{S} = 0.0175 \times \frac{10}{\frac{1}{4} \times 3.14 \times 1^2} = 0.223 \Omega$$

其中 20°C 时铜的电阻率 $\rho = 0.0175$ 。

电阻的倒数称为电导, 即

$$G = \frac{1}{R} \quad (1-6)$$

电导的单位符号为S, 名称为西[门子]。

引用了电导以后, 欧姆定律也可以表示为

$$I = GU \quad (1-7)$$

符合欧姆定律的电阻元件的电阻为常量, 与通过它的电流的大小无关, 这样的电阻称为线性电阻。如果电阻值随电压、电流的大小而改变, 电阻不是常量, 则称为非线性电阻。非线性电阻的电压与电流的关系是不符合欧姆定律的。严格地说, 所有电阻器、电灯、电炉等器件的电阻都不是线性电阻, 但对于碳膜电阻、线绕电阻等器件, 在电压、电

流的一定范围内, 电阻值基本不变, 可以作为线性电阻来处理。我们研究电路分析, 首先针对线性电路, 即将电路图中的电阻都看作电阻值不变的线性电阻。

将欧姆定律所表示的关系, 以电压为横坐标, 以电流为纵坐标, 画成曲线称为电阻的伏安特性。线性电阻的电流与电压成正比, 因此伏安特性是一条通过坐标原点的直线, 如图1-18中的直线1。非线性电阻的电流与电压不成正比, 它的伏安特性是曲线, 图1-18中曲线2是灯泡钨丝电阻的伏安特性。由于钨丝的电阻值, 冷态时小, 热态时大, 因而伏安特性呈曲线2形状。

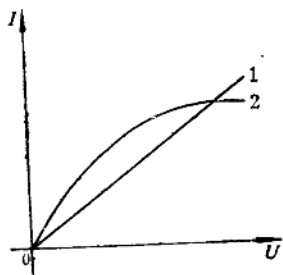


图 1-18 电阻的伏安特性

第4节 基尔霍夫电流定律

首先说明电流连续性原理。图1-19是一个无分支电路, 利用两个电流表可以看到电路各处的电流是相等的, 这一特点称为电流连续性原理。由于电流是电荷的流动, 任意截取电路的某一个截面, 由一侧流入的电流必等于另一侧流出的电流。如果不相等, 该截面处就要有电荷积聚起来, 该处的电位就要逐渐达到无限大, 这种情况是不存在的。这就说明了电流连续性原理的正确性。

基尔霍夫电流定律利用电流连续性原理来说明电路中联接于任意一个结点的各支路电流的关系。其内容是: 联接于一个结点的支路电流的代数和等于零。其数学表达式为

$$\sum I = 0 \quad (1-8)$$

式中“ $\sum$ ”是代数求和的意思。

一般在应用基尔霍夫电流定律时, 以电流参考方向指向结点的取正, 背离结点的取负。例如图1-20中, 对于结点a写出基尔霍夫电流定律的表达式为

或

$$I_1 + I_3 - I_2 = 0$$

$$I_1 + I_3 = I_2$$

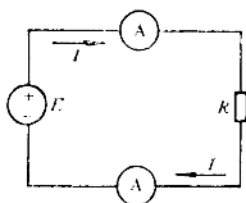


图 1-19 无分支电路的电流

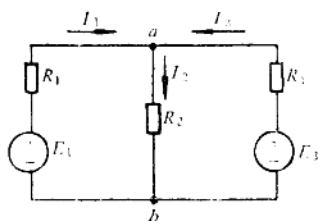


图 1-20 基尔霍夫电流定律



所以，基尔霍夫电流定律又可以表述为：流入任一结点的电流之和必等于流出该结点电流之和。

下面是基尔霍夫电流定律的应用举例。

【例1-2】在图1-21中，已知： $I_1 = 2\text{A}$ ， $I_2 = -3\text{A}$ ， $I_4 = 1\text{A}$ ， $I_5 = 8\text{A}$ ，参考方向如图示。求解支路电流 I_3 。

解 由于电流 I_3 的大小和方向都未知，首先任选 I_3 的参考方向。假设参考方向为流入结点。应用基尔霍夫电流定律，得到电流 I_3 为负值，表示它的实际方向与图中所画的参考方向相反。

$$I_1 + I_2 + I_3 - I_4 + I_5 = 0$$

$$I_3 = I_4 - I_1 - I_2 - I_5$$

$$= 1 - 2 - (-3) - 8 = -6\text{A}$$

基尔霍夫电流定律的正确性很容易理解，因为如果流入结点的电流之和不等于流出结点电流之和，则该结点产生电荷积聚，结点的电位将达到无限大，这是不存在的。

进行电路分析，不论各支路电流的大小和方向是未知还是已知，图中所画电流方向都是参考方向。应用基尔霍夫电流定律，均按参考方向列出方程，称为结点电流方程。



图 1-21 [例1-2] 图

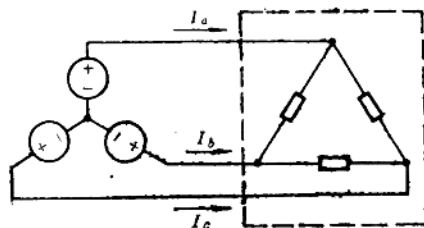


图 1-22 基尔霍夫电流定律的应用

基尔霍夫电流定律不仅适用于电路中的任一结点，也可以推广应用于电路中的某一个封闭部份。如图1-22所示电路，按照基尔霍夫电流定律，结点电流方程应为

$$I_a + I_b + I_c = 0$$

显然这三个电流中必定有负值，即有的电流实际方向与图中参考方向相反。

第5节 基尔霍夫电压定律

基尔霍夫电压定律说明回路中各部份电压的关系，以图1-23所示电路中的回路 $adbca$