



21 世纪中等职业教育系列教材
中等职业教育系列教材编委会专家审定

汽车电工电子基础

主编 张玉萍



北京邮电大学出版社
<http://www.buptpress.com>

中等职业教育系列教材
中等职业教育系列教材编委会专家审定

汽车电工电子基础

主 编 张玉萍

北京邮电大学出版社

· 北 京 ·

图书在版编目(CIP)数据

汽车电工电子基础/张玉萍主编. —北京:北京邮电大学出版社,2008

ISBN 978 - 7 - 5635 - 1792 - 3

I. 汽... II. 张... III. ①汽车—电工—专业学校—教材②汽车—电子技术—专业学校—教材

IV. U463.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 088570 号

书 名 汽车电工电子基础
主 编 张玉萍
责任编辑 周 堃 张丹丹
出版发行 北京邮电大学出版社
社 址 北京市海淀区西土城路 10 号 邮编 100876
经 销 各地新华书店
印 刷 北京市彩虹印刷有限责任公司
开 本 787 mm × 960 mm 1/16
印 张 12
字 数 243 千字
版 次 2008 年 6 月第 1 版 2008 年 6 月第 1 次印刷
书 号 ISBN 978 - 7 - 5635 - 1792 - 3
定 价 15.00 元

如有印刷问题请与北京邮电大学出版社联系
E-mail: publish@bupt.edu.cn

电话:(010)82551166 (010)62283578
Http://www.buptpress.com

版权所有 侵权必究

出版说明

本书是根据教育部最新颁布的中等职业学校汽车运用与维修专业课程设置中对汽车电工电子基础的教学要求编写的。

随着我国汽车工业的迅速发展,对有关汽车专业人才的需求,特别是汽车使用、保养、维修等专业人才的需求与日俱增。本书针对中等职业教育的特点,注重理论与实际应用的有机结合,选取电工和电子技术知识中最基本的概念、技能及其在汽车上应用的内容,着重培养学生具有识读电路、测试元件、连接线路的能力。

本教材以汽车运用与维修专业后续理论课程与实践环节所需电工、电子知识为依托,根据教学目标分基础模块、选学模块和实践教学模块组织教学内容。其中选学内容以“*”号标出,便于教师和学生根据需要选择。

全书共九章,主要内容包括:直流电路,电磁现象及其应用,正弦交流电路,变压器与电机,半导体器件的基本知识,整流与直流稳压电路,晶体管放大电路,数字电路基础,基本数字部件。

本书侧重于基本理论知识的讲解,紧扣汽车电气设备,注重实践环节,适合中等职业技术学校学生使用,也可用作从事汽车行业生产和维修的技术工人的培训教材及其自学参考书。

本书在编写过程中参考了有关文献、资料,在此谨对作者表示衷心的感谢。

由于时间和能力所限,对本书存在的疏漏与差错,恳请广大读者谅解与指正。

编者

目 录

第1章 直流电路	(1)
1.1 电路及其基本物理量	(1)
1.2 简单电路	(9)
1.3 复杂电路	(15)
1.4 电容器和电容	(19)
第2章 电磁现象及其应用	(26)
2.1 磁的基础知识	(26)
2.2 电磁铁和继电器	(29)
2.3 电磁感应	(32)
第3章 正弦交流电路	(39)
3.1 正弦交流电的基本物理量	(39)
3.2 正弦量的表示	(42)
3.3 单一参数的交流电路	(43)
3.4 电阻、电感和电容器串联电路	(51)
*3.5 功率因数的提高	(54)
3.6 三相交流电路	(55)
3.7 安全用电	(57)
第4章 变压器与电机	(62)
4.1 变压器	(62)
4.2 直流电机	(66)
4.3 三相异步电动机	(72)
第5章 半导体器件的基本知识	(78)
5.1 半导体二极管	(78)
5.2 半导体三极管	(83)
5.3 晶闸管	(89)
第6章 整流与直流稳压电路	(93)
6.1 整流电路	(93)
6.2 滤波电路	(97)

6.3	直流稳压电路	(100)
*6.4	集成稳压器	(102)
第7章	晶体管放大电路	(104)
7.1	低频电压放大器	(104)
7.2	多级放大器	(110)
7.3	射极输出器	(113)
7.4	集成运算放大器	(114)
第8章	数字电路基础	(121)
8.1	数字电路基础	(121)
8.2	晶体管开关电路	(125)
8.3	门电路	(127)
8.4	集成触发器	(130)
第9章	基本数字部件	(138)
9.1	计数器	(138)
9.2	寄存器	(142)
9.3	译码器	(144)
实验		(149)
附录		(171)

第 1 章 直流电路

现代社会,科学技术飞速发展,新产品不断出现,目前广泛使用的电气设备种类繁多,且不断更新。电在各行各业以及人们的日常生活中都占有相当重要的地位。因此,学好电学的基本知识,是非常必要也是非常重要的。

1.1 电路及其基本物理量

1.1.1 电路的组成和作用

1. 电路的组成

电路是形成电流的闭合通路,其基本结构如图 1-1 所示。很多电气设备或元件就是为了完成某一任务、某种需要,由基本电路组合起来的。

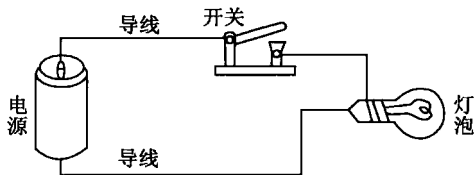


图 1-1 简单电路

电路种类有很多,由直流电源供电的电路称为直流电路;由交流电源供电的电路称为交流电路;由晶体管放大元件组成将信号进行放大的电路称为放大电路。

不论电路的功能和复杂程度如何,都有以下三个组成部分:

(1) 电源

电源是提供电路所需电能的装置,它将其他形式的能量转化为电能。如蓄电池是将化学能转化成电能;太阳能电池是将光能转化成电能;发电机是将机械能转化成电能。

(2) 负载

负载在电路中是消耗电能的装置,它将电能转化为其他形式的能量。如电灯是将电能转化为光能和热能;电动机是将电能转化为机械能;电暖器是将电能转化为热能等。

(3) 中间环节

中间环节是传输、分配和控制电能的部分,它把电源和负载连接起来组成闭合电路,并对整个电路进行控制。包括:导线、控制电器(如开关、插座等)、保护电器(如熔断器、空气自动开关)、测量仪表(如电能表、电流表、电压表等)。

闭合电路还可分为外电路和内电路:由负载和中间环节组成的电路称为外电路,电流方向由电源正极指向负极;电源内部的电路称为内电路,电流方向由电源负极指向正极。

电源端电压即为外电路电压,其方向是从高电位指向低电位,即电位降方向。在电源内部电动势的方向是从低电位(负极)指向高电位(正极),即电位升的方向。

2. 电路图

图 1-1 所示的电路主要用于分析器件的接线原理,在对电路进行定量分析和计算时通常用一些简单的却能表征电路性能的理想元件来代替部分实际部件。用多个理想元件组合模拟的实际电路,称为电路图,如图 1-2 所示。

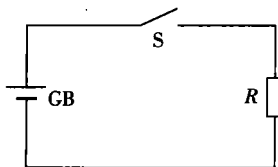


图 1-2 电路图

建立了电路图,用有限的理想电路元件代替了种类繁多的电气设备和器件,电路的分析将大大简化;电路图还反映了电路的主要性能,忽略了它的次要性能。但电路图只是实际电路的近似,二者并不完全等同。

国家颁布了统一的图形符号来规范电路图,表 1-1 为电路图中常用的图形符号。

表 1-1 常用电工图形符号

图形符号	文字符号	名称	图形符号	文字符号	名称	图形符号	文字符号	名称
	S 或 SA	开关		R	电阻			接机壳
	GB	电池		R _P	电位器			接地
	G	发电机		C	电容			端子
	L	线圈		PA	电流表			连接导线 不连接导线
	L	铁心线圈		PV	电压表		FU	熔断器
	L	抽头线圈		VD	二极管		HL	照明灯 指示灯

3. 电路的作用

(1) 电能的传输和转换

就是人们通常所说的电力工程,它包括发电、输电、配电、电力拖动、电热、电气照明,以及交直流电之间的整流等。如从发电厂到用电户的远距离输电线路、生活中给照明灯具和各种家用电器供电的线路、生产中给电动机负载供电的动力供电线路等。

(2) 信息的传递和处理

就是以传递和处理电信号为主要目的电路。如文字、声音、图像的广播和接收(收音机、电视机)电路、生产过程中的自动调节(消防自动喷淋系统)电路、各种输入数据的数值处理(计算机)电路、信号的存贮等等。

4. 汽车电路的单线图

在图1-1所示电路中,电源和用电器之间是用两根导线连接构成回路的。这种连接方式称双线制。在汽车上,为了节省导线和便于安装、维修,电源和用电器之间通常只用一根导线连接,另一根导线则由车体的金属部分代替而构成回路。这种连接方式称为单线制,如图1-3(a)所示。采用单线制时,汽车电源(是蓄电池)的一端接到车体上,称为搭铁,用符号 \perp 表示。按电源搭铁的极性可分为正接地和负接地。图1-3(b)所示为负极搭铁的单线图。由于负极搭铁时对无线电干扰较小,对车架或车身化学腐蚀较轻,所以世界各国的汽车多采用负极搭铁,我国亦是如此。

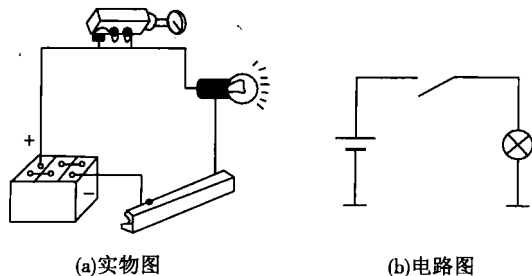


图1-3 汽车电路的单线图

1.1.2 电路的基本物理量

1. 电流

电路中形成电流有两个条件,一是有电源供电,二是必须有闭合回路,即在闭合电路中,电荷在电源的作用下规则的定向移动形成电流。

电流的大小与在一定时间内通过导体横截面的电荷数量的多少有关。单位时间内,通过导体横截面的电荷数量越多,流过该导体的电流就越强;反之就越弱。用单位时间内通过导体横截面的电荷量来表示电流的大小,称为电流强度,用字母 I 表示。设在 t 秒内通过导体横截面的电荷量是 q ,则电流

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

电流的单位是安培,简称安,用符号 A 表示。电量的单位是库仑,简称库,用符号 C 表示。若在 1s 内通过导体横截面的电量为 1C,则电流强度就是 1A。

常用的电流单位还有千安(kA)、毫安(mA)、微安(μ A)等。它们之间的换算关系如下:

$$1 \text{ 千安(kA)} = 1 \times 10^3 \text{ 安(A)}$$

$$1 \text{ 毫安(mA)} = 1 \times 10^{-3} \text{ 安(A)}$$

$$1 \text{ 微安}(\mu\text{A}) = 1 \times 10^{-3} \text{ 毫安(mA)} = 1 \times 10^{-6} \text{ 安(A)}$$

大小和方向都不随时间变化的电流称为稳恒直流电流,简称直流。大小和方向都随时间变化的电流称为交流电流。

交流电流的大小是随时间变化的,若在一个很短的时间 Δt 内通过导体横截面的电量是 Δq ,则瞬时电流强度 i 为:

$$i = \Delta q / \Delta t \quad (1-2)$$

实际电路中的电流的大小可以用电流强度(简称电流)来表示。

电流的方向有实际方向和参考正方向,要加以区别。

习惯上规定电流的方向(实际方向)为正电荷运动的方向。对于简单电路,电流方向可以根据电源的极性很容易地判断出来,但在进行复杂电路的分析和计算时,某支路中电流的实际方向往往难于判断,这时就需要引入参考正方向的概念。任意选定某一方向作为电流的参考方向,称为参考正方向。选定的电流参考正方向与电流实际方向的关系是:当参考正方向与电流的实际方向一致时,则计算出的电流值为正;反之,则为负。在参考正方向选定之后,电流值才有正负之分。图 1-4 所示为电流的参考正方向。

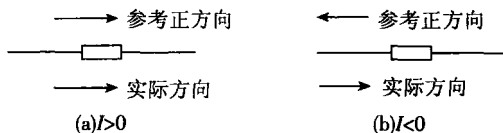


图 1-4 电流的参考正方向

在电路图上所标出的电流、电压和电动势的方向,一般都是参考正方向。

例 1-1 如图 1-5 所示,说明电流的实际方向。

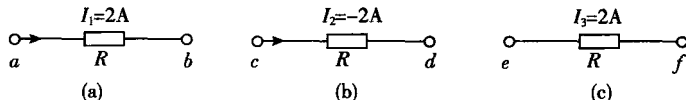


图 1-5 例 1-1 图

解:(1)图 1-5(a)中电流的参考方向由 a 到 b, $I_1 = 2\text{A} > 0$,为正值,说明电流的实际方

向和参考方向相同,即从 a 到 b 。

(2)图 1-5(b)中电流的参考方向由 c 到 d , $I_1 = -2\text{A} < 0$,说明电流的实际方向和参考方向相反,即从 d 到 c 。

(3)图 1-5(c)因为没有给出电流的参考方向,所以不能确定。

汽车上常需测量蓄电池充电或放电电流的大小。电流的大小可以用电流表直接测量。对直流电流测量时要注意以下几点:

(1)电流表必须与被测电路串联,如图 1-6 所示。连接时应使电流从表的“+”接线柱流入,从“-”接线柱流出,否则会损坏电流表。

(2)使用电流表之前,应根据被测电流的大小选择适当的量程,在无法估计被测电流的范围时,应选用较大的量程开始测量。

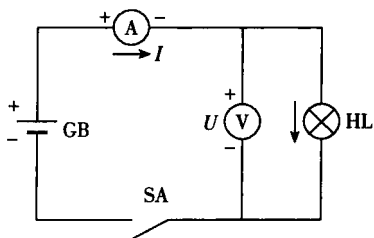


图 1-6 电流和电压的测量

2. 电位

在较复杂的电路中,为了分析和计算方便,较多使用电位的概念。

由生活经验可知,水总是从高处流向低处,高处的水位高,低处的水位低,它们之间存在水位差而形成水流。同样的在电路中,各点均有一定的电位,两点间有电位差而形成电流,在外电路中电流总是从高电位流向低电位。

电路中各点的电位是相对的物理量,要确定电路中某点的电位值,需首先选定计算电位的起点,即参考点。参考点的电位通常规定为零,所以参考点又称为零电位点。零电位点可以任意选定,但为了统一,在工程中习惯上取大地为参考点,这是因为大地容纳电荷的能力非常大,它的电位很稳定,不受局部电荷量变化的影响,用符号“ \perp ”表示。电子线路中一般选很多元件的汇集处为参考点,用符号“ \perp ”表示。

电路中各点的电位值是相对的,与参考点的选择有关,参考点的选择不同,电路中各点电位的大小和方向也就不同,即电位的多值性。

在电子线路中,为了使电路简单明了,常将电源省略不画,而在电源端用电位或电动势的极性 & 数值标出。

3. 电压

在电工技术中,通常使用电压的概念。

带电的物体周围存在电场,电场对处在电场中的电荷有力的作用。当电场力使电荷移动时,即电场力对电荷做了功。单位正电荷从 a 点移动到 b 点时电场力所做的功称为电压,记作:

$$U_{ab} = \frac{W}{q} \quad (1-3)$$

式中 W ——电场力将电荷从 a 点移动到 b 点所做的功,单位是焦耳(J);

q ——从 a 点移动到 b 点的电荷量,单位是库仑(C);

U_{ab} —— a 、 b 两点间的电压。

在国际单位制中,电压的单位是伏(特),符号为 V ,将 1 库仑的正电荷从 a 点移动到 b 点,电场力所做的功为 1 焦耳,则 a 、 b 两点间的电压为 1 伏(V)。

常用的电压单位还有千伏(kV)、毫伏(mV)、微伏(μV),它们之间的换算关系如下:

$$1 \text{ 千伏(kV)} = 1 \times 10^3 \text{ 伏(V)}$$

$$1 \text{ 毫伏(mV)} = 1 \times 10^{-3} \text{ 伏(V)}$$

$$1 \text{ 微伏}(\mu V) = 1 \times 10^{-3} \text{ 毫伏(mV)} = 1 \times 10^{-6} \text{ 伏(V)}$$

与电流一样,电压不但有大小,而且有方向。电压总是对电路中的两点而言。在电路中任意两点之间的电压的实际方向往往不能预先确定,因此同样可以任意设定某段电路电压的参考正方向,并以此为依据进行电路计算。

电压的方向从高电位指向低电位,即为电位降低的方向,因此电压也称为电位降。电路中任意两点间的电压与参考点的选择无关,即电压是惟一的。

例 1-2 在图 1-7 所示的电路中,求分别以 A 点、 B 点和 D 点为参考点时各点的电位及 A 、 B 两点间的电压。

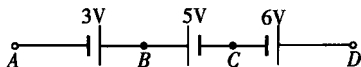


图 1-7 例 1-2 图

解:(1) 以 A 点为参考点,即 $V_A = 0(V)$, 则

$$V_B = 3(V), V_C = -5 + 3 = -2(V), V_D = 6 - 2 = 4(V)$$

$$U_{AB} = V_A - V_B = 0 - 3 = -3(V)$$

(2) 以 B 点为参考点,即 $V_B = 0(V)$, 则

$$V_A = -3(V), V_C = -5(V), V_D = 6 - 5 = 1(V)$$

$$U_{AB} = V_A - V_B = -3 - 0 = -3(V)$$

(3) 以 D 点为参考点,即 $V_D = 0(V)$, 则

$$V_C = -6(V), V_B = 5 - 6 = -1(V), V_A = -3 - 1 = -4(V)$$

$$U_{AB} = V_A - V_B = -4 - (-1) = -3(V)$$

由上面的例题可知, A 、 B 两点间的电压与参考点的选择无关, 不管参考点为哪一个点, U_{AB} 始终是 $-3V$ 。

汽车上蓄电池电压的大小可用直流电压表直接测量, 测量时要注意以下两点:

(1) 电压表必须与被测电路并联, 如图 1-6 所示。连接时应使被测电压的实际方向与电压表的“+”、“-”接线柱一致, 否则会损坏电压表。

(2) 使用电压表之前, 应根据被测电压的大小选择适当的量程, 在无法估计被测电压的范围时, 开始时应选用较大的量程测量。

4. 电能

在导体两端加上电压, 导体内就建立了电场。电场力推动自由电子定向移动过程中要做功, 设导体两端的电压为 U , 通过导体横截面的电荷量为 q , 根据电压的定义可得出电场力对电荷量 q 所做的功, 也就是电路所消耗的电能

$$W = Uq \quad (1-4)$$

因

$$q = It$$

所以

$$W = UIt \quad (1-5)$$

在国际单位制中, W 、 U 、 I 、 t 的单位分别是焦耳(J)、伏特(V)、安培(A)、秒(s)。在生产和生活实际中, 电能的另一个常用单位是千瓦时($kW \cdot h$), $1kW \cdot h$ 就是常说的 1 度。

$$1 \text{ 度} = 1 \text{ 千瓦时} = 3.6 \times 10^6 \text{ 焦耳}$$

电能是指一段时间内电流所做的功。

电流做功的过程实际上就是电能转化为其他形式的能的过程。如电流通过电炉做功, 电能转化为热能; 电流通过电动机做功, 电能转化为机械能等。

5. 电功率

电功率是用电设备单位时间所消耗的电能, 用字母 P 表示。

$$P = \frac{W}{t} \quad (1-6)$$

将式(1-5)代入得

$$P = UI \quad (1-7)$$

式中, P 、 U 、 I 、 t 的单位分别为瓦特(W)、伏特(V)、安培(A)、秒(s), 若电流在 1s 内所做的功为 1J, 则电功率就是 1W。电功率常用的单位还有千瓦等。

$$1 \text{ 千瓦}(kW) = 1 \times 10^3 \text{ 瓦}(W)$$

6. 电动势

在循环水路中靠水泵将水从低水位提升到高水位来维持水位差而产生水流, 在电路中是靠电源来维持产生电流的两点间的电位差。

非电场力将单位正电荷从电源负极经电源内部移到正极所做的功称为电动势, 用字母 E 表示。它表示电源将非电能转换成电能的能力。汽车上所使用的铅蓄电池内部的非电场

力是由化学作用产生的,发电机中的非电场力是由电磁作用产生的。汽车上所使用的铅蓄电池是利用电解的原理,通过可逆化学反应进行能量的转换,使蓄电池反复充电、放电,是一种贮存能量的装置。由于铅蓄电池的电解液是硫酸溶液,所以铅蓄电池又叫做铅酸蓄电池。

铅蓄电池的两个电极由铅合金板制成,上面附着一层难溶的硫酸铅,浸在稀硫酸中。当两极板分别接在直流电源的正负极上时,一个极板得到电子成为负极,另一个极板失去电子成为正极。此过程中,电能转换为化学能,贮存在铅蓄电池中,该过程称为充电。使用蓄电池时,两极板与负载相连,将贮存的化学能转化为电能,负载中形成电流,该过程称为放电。

$$E = \frac{W}{q} \quad (1-8)$$

电动势的单位也是伏特。非电场力把1库仑正电荷从电源负极移到正极所做的功是1焦耳,则电源的电动势等于1伏特。

电动势不仅有大小而且有方向。电动势在数值上等于电源两极间的电位差,方向规定为电源推动正电荷运动的方向,即电位升的方向。所以电动势与电压的实际方向相反。

7. 电阻

电流通过金属导体时,做定向运动的自由电子会与金属中的带电粒子发生碰撞。可见,导体对电荷的定向运动有阻碍作用。电阻就是反映导体对电流的阻碍作用大小的一个物理量。

电阻用字母 R 表示。电阻的单位是欧姆,简称欧,用符号 Ω 表示。

若导体两端的电压是1V,导体内通过的电流是1A,则这段导体的电阻就是1 Ω 。常用的电阻单位还有 k Ω 和 M Ω ,它们之间的换算关系是:

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

$$1\text{M}\Omega = 1 \times 10^3 \text{k}\Omega = 1 \times 10^6 \Omega$$

导体的电阻与导体的长度成正比,与导体的横截面积成反比,并与导体的材料性质有关。对于长度为 l 、横截面积为 S 的导体,其电阻可用下式表示:

$$R = \rho \frac{l}{S} \quad (1-9)$$

式中, ρ 为电阻率,也称电阻系数。其值与导体材料性质有关,与导体的几何尺寸无关,不同导体的电阻率是不同的,同一材料在不同温度下其电阻率也不相等。在常温下,几乎所有导体的电阻值与温度之间都有如下的近似关系:

$$R_2 = R_1 [1 + \alpha(t_2 - t_1)] \quad (1-10)$$

式中, α 是电阻的温度系数,它等于温度升高1 $^{\circ}\text{C}$ 时,导体电阻的变化值与原电阻值的比值,单位是1/ $^{\circ}\text{C}$ 。部分常见材料的电阻率和电阻温度系数值见表1-2。

表 1-2 部分常见材料的电阻率和电阻温度系数

材料名称		20℃时的电阻率 $\rho(\Omega \cdot m)$	电阻温度系数 $\alpha(0^\circ\text{C} \sim 100^\circ\text{C})$ ($1/^\circ\text{C}$)
导体	银	1.6×10^{-8}	3.6×10^{-3}
	铜	1.7×10^{-8}	4.1×10^{-3}
	铝	2.9×10^{-8}	4.2×10^{-3}
	钨	5.3×10^{-8}	5×10^{-3}
	铁	9.78×10^{-8}	6.2×10^{-3}
	镍	7.3×10^{-8}	6.2×10^{-3}
	铂	1.0×10^{-7}	3.9×10^{-3}
	锡	1.14×10^{-7}	4.4×10^{-3}
	锰铜(铜 86%、锰 12%、镍 2%)	4×10^{-7}	2×10^{-5}
	康铜(铜 54%、镍 46%)	5×10^{-7}	4×10^{-5}
	镍铬(镍 80%、铬 20%)	1.1×10^{-6}	7×10^{-5}
半导体	纯净锗	0.6	
	纯净硅	2300	
绝缘体	橡胶	$10^{13} \sim 10^{16}$	
	塑料	$10^{15} \sim 10^{16}$	
	玻璃	$10^{10} \sim 10^{14}$	
	陶瓷	$10^{12} \sim 10^{13}$	
	云母	$10^{11} \sim 10^{15}$	
	琥珀	5×10^{14}	
	熔凝石英	75×10^{16}	

1.2 简单电路

1.2.1 欧姆定律

流过电阻的电流与其两端电压成正比,与电阻值成反比,这就是英国物理学家欧姆在实验中发现的欧姆定律,它是分析电路的基本定律之一。

1. 无源电路欧姆定律

电路中的一段不包含电动势,仅含有电阻的电路称为无源电路,如图 1-8 所示。用公式表示为:

$$U = IR_L \quad (1-11)$$

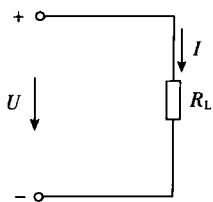


图 1-8 无源电路

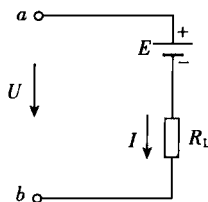


图 1-9 有源电路

2. 有源电路的欧姆定律

含有电源的电路称为有源电路。如图 1-9 所示。

由图 1-9 可得：

$$U = E + IR_L \quad (1-12)$$

式中,电压和电动势的正方向与电流正方向一致时取正号,反之则取负号。

3. 全电路欧姆定律

含有电源和负载的闭合电路称为全电路。

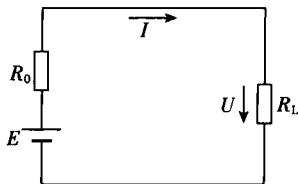


图 1-10 全电路

如图 1-10 所示,有

$$U = IR_L = E - IR_0$$

$$I = \frac{E}{R_L + R_0} \quad (1-13)$$

即

式中, R_0 为电源内阻。

1.2.2 电路的三种状态

1. 负载状态

如图 1-11 所示,开关 S 闭合,电源与负载接通成闭合回路,电路中有电流流过,并有能量的传输和转换,称电路处于负载状态,此时电路中的电流称为负载电流。负载状态的电路特征是:

$$I = \frac{E}{R_L + R_0}$$

$$U = IR_L = E - IR_0 \quad (1-14)$$

$$P = UI = EI - I^2 R_0 \quad (1-15)$$

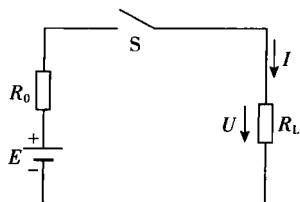


图 1-11 负载状态

可见,通路时电源产生的电功率等于负载从电源得到的功率和电源内部消耗的功率之和,即功率是平衡的。

2. 空载(开路、断路)状态

如图 1-11 所示,开关 S 断开,电路不通,电路中没有电流,电源和负载之间也没有能量的传输和转换,称为电路的空载(开路)状态。空载时,电路的端电压在数值上等于电源电动势,叫做开路电压,用 U_{oc} 表示。

空载状态电路的特征是:

$$I = 0 \quad (1-16)$$

$$U_{oc} = E \quad (1-17)$$

3. 短路状态

图 1-11 中,若外电路电阻 R_L 用导线代替,则电路中仅有电源内阻 R_0 ,电路中的电流全部从导线流过,这时的电路处于短路状态,电路中的电流称为短路电流,用 I_s 表示。由全电路欧姆定律可知:

$$I_s = \frac{E}{R_0} \quad (1-18)$$

由于电源内电阻一般很小,所以短路电流比负载电流大得多。此时电路的输出电压为零,电源对外不输出功率。电源功率全部转换为热能,温度迅速上升以致使电源烧毁,也会使连接导线发热起火,引起电火灾。所以,一般电路上都加短路保护装置。

汽车采用单线制,当连接电器设备的导线绝缘损坏时,裸铜导体就直接与车体的金属部分相碰,容易造成短路故障,又称接地短路故障(俗称搭铁短路故障)。所以,汽车电路中一方面加装短路保护装置,另一方面对连接导线的绝缘提出较高要求。

例 1-3 如图 1-11 所示,已知电源电动势 $E = 30V$,内阻 $R_0 = 0.3\Omega$,负载电阻 $R_L = 5.7\Omega$,求负载电流和短路电流。

解:根据全电路欧姆定律,有