

汽车维修电工

汽车运输职工教育研究会主编

初级技术培训教材



Qiche

Weixiu

Diangong

Chuji

Jishu

Peixun

Jiaocai

上海科学技术出版社

汽车维修电工 初级技术培训教材

汽车运输职工教育研究会 主编

上海科学技术出版社

内 容 提 要

本教材包括应知和应会两大部分。应知部分重点阐述初级汽车维修电工应掌握的有关电的基础理论知识,以及汽车用的主要电器设备(包括铅蓄电池、直流发电机及其调节器、交流发电机及其调节器、起动机、点火系、照明及信号、仪表和辅助电器设备等)的结构原理、使用与维修的基本知识。应会部分介绍初级汽车维修电工应会考核内容,以及常见的操作实例。书中每章后附有习题,供读者练习和参考

本书内容丰富,图文并茂,语言简练,通俗易懂,可作为汽车维修电工初级技术培训教材,可供汽车修理工和有关技术人员参考,也可作为汽车驾驶员的自学用书。

汽车维修电工

初级技术培训教材

汽车运输职工教育研究会主编

上海科学技术出版社出版、发行

(上海瑞金二路450号)

新华书店上海发行所经销 浙江诸暨日报印刷厂印刷

开本 787×1092 1/16 印张 14.5 字数 341 000

1994年10月第1版 1999年10月第3次印刷

印数:20 001—25 200

ISBN 7-5323-3593-3/U·66

定价:15.10元

前 言

《汽车维修电工初级技术培训教材》是我会编写的汽车类技工培训系列教材的一种。该系列教材包括汽车维修工、汽车驾驶员、汽车维修漆工、汽车轮胎维修工、汽车维修钣金工等工种。在编写过程中,得到交通部教育司的支持。

《汽车维修电工初级技术培训教材》系由本会委托湖南省汽车运输总公司、上海市交通运输局人教处,根据交通部 1992 年下发的《交通行业工人技术等级标准》(送审稿)的初级汽车维修电工应知应会内容,和本研究会制定的《汽车维修电工初级技术培训教学计划、教学大纲》组织编写。

本书的编写注重职后培训的教学特点。本书既以国内的实际情况为主要出发点,又考虑到新技术的发展前景,所以也介绍了国外一些先进技术。全书共分四篇,含应知与应会两大部分。前三篇应知部分由刘才中同志编写;第四篇应会部分由喻建民同志编写,夏国栋同志审定。

汽车维修电工技术等级标准中要求的机械识图、钳工基本知识,可选用汽车修理工相应等级的培训教材。

由于我们水平有限,不足之处恳请广大读者指正。

汽车运输职工教育研究会

1994 年 7 月

目 录

第一篇 汽车电工基础知识

第一章 电工基础知识	(1)
第一节 电流、电压、电阻	(1)
第二节 欧姆定律	(2)
第三节 电功和电功率	(4)
第四节 直流电和交流电	(5)
第五节 电路	(6)
第六节 基尔霍夫定律	(8)
第七节 磁与电磁感应	(9)
第八节 电容和电感	(11)
第九节 变压器	(13)
复习思考题	(16)
第二章 电子技术基础知识	(18)
第一节 半导体的基本知识	(18)
第二节 晶体管及稳压管	(18)
第三节 晶体管单相整流电路	(22)
第四节 电工常用计量单位和图形符号	(24)
复习思考题	(28)
第三章 常用电工仪表	(29)
第一节 电流表和电压表	(29)
第二节 万用表	(29)
复习思考题	(31)
第四章 汽车常用电工材料	(32)
第一节 电磁材料	(32)
第二节 绝缘材料	(34)
第三节 电阻、电热材料与硅钢板	(42)
第四节 安全用电的基本知识	(42)
复习思考题	(43)

第二篇 汽车电器的结构与原理

第一章 铅蓄电池	(44)
----------------	--------

第一节 铅蓄电池的功用与构造	(44)
第二节 铅蓄电池的工作原理	(48)
复习思考题	(49)
第二章 直流发电机及其调节器	(50)
第一节 直流发电机的构造	(50)
第二节 直流发电机调节器与其工作原理	(53)
复习思考题	(58)
第三章 硅整流发电机及其调节器	(59)
第一节 概述	(59)
第二节 硅整流发电机的构造与原理	(62)
第三节 硅整流发电机配用的触点式调节器	(66)
复习思考题	(69)
第四章 起动机	(70)
第一节 概述	(70)
第二节 直流串激式电动机的构造与原理	(71)
第三节 直接操纵强制啮合式起动机	(73)
第四节 电磁操纵强制啮合式起动机	(75)
复习思考题	(78)
第五章 点火系	(79)
第一节 概述	(79)
第二节 蓄电池点火系的组成及电路	(80)
第三节 蓄电池点火系工作原理	(81)
第四节 蓄电池点火系各组件的构造	(83)
第五节 晶体管点火装置简介	(94)
复习思考题	(97)
第六章 照明、信号和仪表	(99)
第一节 概述	(99)
第二节 汽车照明与信号的种类和用途	(99)
第三节 汽车前照灯	(101)
第四节 其他照明及信号灯具	(105)
第五节 机油压力表和水温表的构造与原理	(106)
第六节 燃油表及其传感器	(108)
第七节 电流表和车速里程表的构造与原理	(109)
复习思考题	(110)
第七章 辅助电气设备	(111)
第一节 电喇叭及喇叭继电器	(111)
第二节 闪光继电器	(113)
第三节 电动刮水器	(115)
第四节 电动汽油泵	(117)

第五节 保险装置	(118)
复习思考题	(119)
第八章 汽车的电气线路	(120)
第一节 汽车电气线路的特点与分析	(120)
第二节 汽车电路的线束和常用线路图	(130)
复习思考题	(130)

第三篇 汽车电器的使用与检修

第一章 铅蓄电池	(131)
第一节 铅蓄电池的使用与维护	(131)
第二节 铅蓄电池常见故障的诊断	(133)
第三节 铅蓄电池的充电	(134)
复习思考题	(137)
第二章 直流发电机及其调节器	(138)
第一节 直流发电机的使用与维护	(138)
第二节 调节器的使用与调整	(138)
第三节 充电系简易故障的判断	(140)
复习思考题	(141)
第三章 硅整流发电机及其调节器	(142)
第一节 硅整流发电机及调节器的使用与维护	(142)
第二节 硅整流发电机的一般检测	(144)
第三节 充电系故障的判断	(146)
复习思考题	(148)
第四章 起动机	(149)
第一节 起动机的使用与维护	(149)
第二节 起动机常见故障的判断	(149)
复习思考题	(150)
第五章 点火系	(151)
第一节 蓄电池点火系的使用与维护	(151)
第二节 蓄电池点火系一般故障的判断	(152)
复习思考题	(154)
第六章 照明、信号和仪表	(155)
第一节 照明及信号灯的维护	(155)
第二节 机油压力表和水温表常见故障	(155)
第三节 燃油表常见故障	(157)
第四节 电流表和车速里程表常见故障	(157)
复习思考题	(158)
第七章 辅助电器设备及线路	(159)
第一节 电喇叭的检修、调整	(159)

第二节	闪光继电器的检修与调整	(161)
第三节	刮水器的检修与调整	(161)
第四节	晶体管电动汽油泵的使用维护	(162)
第五节	汽车导线的损坏与线束的包扎	(163)
	复习思考题	(163)
	参考资料	(164)

第四篇 应会考核内容

第一章	初级汽车维修电工应会考核试题一览表	(165)
第二章	初级汽车维修电工应会考核内容	(166)
第一节	按图加工	(166)
第二节	游标卡尺使用	(177)
第三节	密度计使用及蓄电池放电程度判定	(178)
第四节	高率放电仪使用及蓄电池放电程度判定	(179)
第五节	万用表的使用	(180)
第六节	线路图识读、辅助材料识别及导线选择	(183)
第七节	电解液配制	(193)
第八节	充电设备的使用以及蓄电池的充电方法	(195)
第九节	锡焊操作	(198)
第十节	导线线头连接	(199)
第十一节	交流发电机拆装维护	(201)
第十二节	起动机拆装维护	(204)
第十三节	电喇叭声音调整	(211)
第十四节	交流发电机调节器的调整	(213)
第十五节	电喇叭系统故障诊断	(215)
第十六节	充电电路故障诊断	(217)
第十七节	灯光系统故障排除	(220)

第一篇 汽车电工基础知识

汽车电工基础知识是汽车电器设备的技术基础。通过这一基础知识的学习,使初入门的汽车电工掌握有关电的基本知识和基本理论,用以解释汽车电工作业中所碰到的一些问题和掌握电方面的一般计算,为学好汽车电器专业技术打下良好的基础。

第一章 电工基础知识

第一节 电流、电压、电阻

人们对电的认识最初来自于对两物体之间的相互摩擦。将塑料笔杆在头发上或毛织品上摩擦后去接近纸屑,笔杆就会吸引纸屑,这种状态下的笔杆,称为带电体,或者说物体带上了电荷。这种用摩擦方法使物体带电的现象,叫做摩擦起电。自然界中,摩擦产生的电荷积聚不动,故称为静电。

两个物体摩擦时,其内部的结构发生了变化,人们规定将其失去电子的物体称为物体带正电荷,得到电子的物体称为物体带负电荷,且发现同种电荷互相排斥,异种电荷相互吸引的规律。

物体所带电荷的多少,称为电量,常用符号 Q 表示,单位为库。一个电子所带的电量为 1.6×10^{-19} 库,即

$$1 \text{ 库} = 6.25 \times 10^{18} \text{ 个电子电荷}$$

一、电流

将两个带异性电荷的带电体用导线联接起来,导线中就有电荷流过,若能使电荷在导线中持续不断的朝一个方向流动,即电荷的持续定向流动,就形成了电流。电流的大小,即每秒钟流过导体横截面的电量,称为电流强度,简称电流,用符号 I 表示,单位为安,即

$$I = \frac{Q}{t}$$

式中 Q ——电量(库);

t ——时间(秒);

I ——电流强度(安)。

$$1 \text{ 安} = 1000 \text{ 毫安}$$

$$1 \text{ 毫安} = 1000 \text{ 微安}$$

我们将大小和方向不随时间变化的电流称为直流电。

二、电压

人们知道,水只能从高水位向低水位流动,这个高低不同的水位之差称为水位差。同样,

电路中任意一点都有电位, 电流也只能从高电位向低电位流动, 高、低电位之差称为电位差, 通常称为电压, 用符号 U 表示, 单位为伏。常用的单位有千伏、毫伏、微伏, 它们之间的关系为

$$1 \text{ 千伏} = 1000 \text{ 伏}$$

$$1 \text{ 伏} = 1000 \text{ 毫伏}$$

$$1 \text{ 毫伏} = 1000 \text{ 微伏}$$

当电场力把 1 库正电荷从一点移到另一点所做的功为 1 焦时, 则该两点间的电压为 1 伏, 即

$$U = \frac{W}{q}$$

式中 W ——功(焦);

q ——电量(库);

U ——电压(伏)。

电路中的电位差是电源作用产生的, 而电源是靠其他能量来维持一定电位差的。所以, 电源产生电位差的能力, 称为电源的电动势。电动势的正方向是由低电位到高电位, 用符号 E 表示。

三、电阻

在线路中, 一切用电设备称为负载, 均具有电阻。像水在水管中流动受到阻力一样, 电流在导体中流动也要受到一定的阻力, 这种对电流流动所表现的阻力称为导体的电阻, 用符号 R 或 r 表示, 单位为欧。常用的单位还有千欧和兆欧。

$$1 \text{ 兆欧} = 1000 \text{ 千欧}$$

$$1 \text{ 千欧} = 1000 \text{ 欧}$$

导线的电阻大小取决于材料种类、导线的长短和粗细, 以及它们所处的温度。当温度一定时, 导体的电阻与它长度 L 成正比, 与它的横截面 S 成反比, 且与导体的材料有关, 即

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

式中 L ——导体长度(米);

S ——导体截面积(米²);

ρ ——导体的电阻系数, 又称电阻率(欧·米);

R ——电阻(欧)。

不同材料有不同电阻率, 且电阻率随温度变化而变化。如在 20°C 时, 银的电阻率为 1.6×10^{-8} 欧·米, 铜的电阻率为 1.7×10^{-8} 欧·米, 铝的电阻率为 2.9×10^{-8} 欧·米。

第二节 欧姆定律

一、部分电路欧姆定律

在日常生活和生产中, 发现汽车上的照明灯泡的亮度, 随着蓄电池使用时间的增长, 会逐渐减弱, 手电筒也如此。这是因为灯泡两端的电压减小了, 表明通过灯泡的电流在减小。由此可知, 通过灯泡的电流与加在灯泡两端的电压有关。

另外, 在电压不变的情况下, 将室内的 15 瓦的灯泡换为 100 瓦的灯泡, 这时就会感觉到

亮度大大增加。这是因小灯泡的灯丝电阻比大灯泡的灯丝电阻大，且大灯泡的灯丝通过电流也大的缘故。这说明，通过灯丝的电流还与灯丝的电阻有关。

上述分析，表明负载上的电流大小与负载两端的电压和负载的电阻有密切关系。1827年德国物理学家欧姆由实验首先发现，一段通电的电路 AB (如图 1-1-1 所示) 上的电流强度与这段电路两端的电压成正比，与电路中的电阻成反比，这就是部分电路的姆欧定律。其关系式为

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

式中 U ——电阻两端电压(伏)；

R ——导体电阻(欧)；

I ——电流强度(安)。

由上式可知，只要知道式中的任意两个数就可求出第三个未知数。例如工业生产中，要测量某一负载的电阻，就按照图 1-1-1 所示的联接方式，在安培表和伏特表上取其读数，再利用欧姆定律计算出电阻的大小，即

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

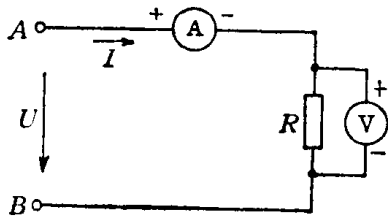


图 1-1-1 部分电路

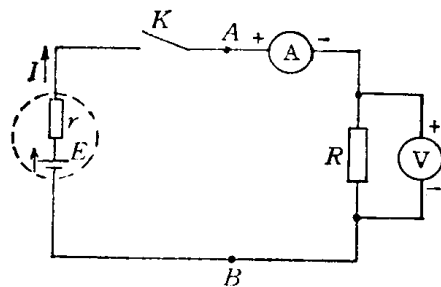


图 1-1-2 一个电源的全电路

二、全电路欧姆定律

通常我们将电源外部的电路，称为外电路。而任何电源都有一定的内部结构，如发电机内的线圈，蓄电池内的极板组和电解液。它们是电流在电源内部的通路，称为内电路。内电路也有电阻，称为内电阻，用符号 r 表示。全电路形式如图 1-1-2 所示。

当开关 K 闭合时，外电路与电源相通。电流通过外、内电路形成闭合电路。在外电路中，根据部分欧姆定律得

$$U = IR$$

同理，在内电路中电源内阻 r 上的电压降为

$$U' = Ir$$

在闭合电路中，电源的电动势应等于内、外电路电阻上的电压降，即

$$E = U + U'$$

经整理得

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

式中 E ——电源的电动势(伏)；

R ——外电路的电阻(欧)；

r ——电源的内阻(欧)；

I ——电路中的电流强度(安)。

上式为全电路欧姆定律的表达式,表明闭合电路中,电流的大小与电源的电动势成正比,而与整个电路的全部电阻成反比。

【例】已知 $E=3$ 伏, $R=9.8$ 欧,求 (1) 当 $r=0$ 时, I 等于多少? (2) $r=0.5$ 欧时 I 等于多少?

【解】(1) 因为 $r=0$,所以可以近似的将 U 等于 E ,即

$$U \approx E = 3 \text{ 伏}$$

运用部分电路欧姆定律

$$I = \frac{U}{R} = \frac{3}{9.8} = 0.31 \text{ 安}$$

(2) 当 $r=0.5$ 欧时,应根据全电路欧姆定律进行计算,即

$$I = \frac{E}{R+r} = \frac{3}{9.8+0.5} = 0.29 \text{ 安}$$

第三节 电功和电功率

一、电功和电功率

1. 电功

起动机起动发动机,是将电能转化为机械能;电流通过电炉将电能转化为热能;电流给蓄电池充电将电能转化为化学能;电流通过电磁线圈又将电能转化为磁能。这些都说明电流在作功。所以,电流作功的过程,就是将电能转化为其他形式能量的过程。电流所作的功用符号 W 表示,单位为焦。它与加在负载两端的电压、通过负载的电流及负载上通电的时间成正比,其计算式如下

$$W = IUt$$

式中 I ——通过负载的电流(安);

U ——负载两端的电压(伏);

t ——负载通电时间(秒);

W ——电流所作的功(焦)。

2. 电功率

单位时间内电流所作的功,就叫电功率或简称功率。用符号 P 表示 单位为瓦,其计算公式为

$$P = \frac{W}{t} = \frac{IUt}{t} = IU$$

或

$$P = I^2 R = \frac{U^2}{R}$$

电功率的单位还有千瓦、毫瓦等。

但在实际应用中,电功的常用单位是千瓦·时(kWh),此单位表示用电器的电功率为1千瓦时,电流1小时所作的功,通常称为1度电,即

$$1 \text{ 度电} = 1 \text{ 千瓦} \cdot \text{时}$$

其计算公式为

$$W = Pt$$

式中 P ——电功率(千瓦);

t ——用电器使用时间(时);

W ——电流所作的功(千瓦·时)。

【例】 家中有 40 瓦和 25 瓦灯泡各两只, 平均每天用 4 小时, 电视机 60 瓦, 每晚开 3 小时, 洗衣机 150 瓦, 一个月用 20 小时, 问一个月(30 天计)耗电多少千瓦·时?

【解】 根据题意可知:

$$P_1 = (0.04 + 0.025) \times 2 = 0.13 \text{ 千瓦};$$

$$t_1 = 4 \times 30 = 120 \text{ 小时}$$

$$P_2 = 0.06 \text{ 千瓦}; \quad t_2 = 3 \times 30 = 90 \text{ 小时}$$

$$P_3 = 0.015 \text{ 千瓦}; \quad t_3 = 20 \text{ 小时}$$

因为

$$W = Pt$$

所以

$$\begin{aligned} W &= P_1 t_1 + P_2 t_2 + P_3 t_3 = 0.13 \times 120 + 0.06 \times 90 + 0.015 \times 20 \\ &= 24 \text{ 千瓦·时} \end{aligned}$$

二、电流的热效应

当电流通过电灯、电熨斗、熔断器、线圈等物体时都会产生热, 这种现象称为电流的热效应。英国物理学家焦耳 1840 年首先发现, 电流通过导体所产生的热量与电流强度的平方、这段电路的电阻, 以及通电的时间成正比。这就是焦耳定律, 其计算公式为

$$Q = I^2 R t$$

式中 I ——通过负载的电流(安);

R ——负载电阻(欧);

t ——负载通电的时间(时);

Q ——负载(导体)所发出的热量(焦)。

从式 $Q = I^2 R t$ 中可知, 对某一用电器来说(即 R 一定的条件下), 通过的电流越大, 发出的热量越多, 用电器工作时间越长其温度就越高。所以, 为保护用电器正常运行, 通过的电流最大值不能超过额定电流 I_e , 超负的时间也不宜过长, 否则就会使用电器损坏。

第四节 直流电和交流电

一、电流的种类

所有电流的性质大体上都是一样的, 不同的只是它们的流的方法、方向或强度。电流一般可分为: ① 不变电流; ② 直流电流; ③ 脉动电流; ④ 交流电流; ⑤ 振荡电流; ⑥ 断续电流。在日常生活和工农业生产中, 直流和交流应用最多, 下面只介绍这两种电流的基本概念。

我们知道, 电池出来的电流, 总是从正(+)极流向负(-)极, 其流动方向是一定的, 这种大小和方向不随时间变化的电流就称为直流电。但还有一种电流, 恰和直流不同, 其流动方向老是变换的, 这种电流称为交流电流。

交流电可以通过变压器让其电压变高变低, 尤其长距离输送电力时, 要尽量增高电压, 以减少电压降和电力损失。在日常生活和工农业生产中, 直流电源和交流电源都有着广泛用途, 具体采用那种电源要根据实际情况而定。例如, 汽车的蓄电池的充电采用直流电源; 交流电动机用交流电源……等等。

二、交流电和电压

在电工作业中,通常无须知道交流电在某一时刻的交流电压,而是用与热效应相等的直流电来表示交流电的大小,称为交流电的有效值。换句话说,在相同的单位时间内,用两个阻值相等的电阻,分别通以直流电和交流电,当两个电阻产生的热量相等时,其直流电的数值便称为交流电的有效值。在线路中用交流电压表或交流电流表测得的数值和平时所说的 220V 交流电都是指交流电的有效值,用符号 U 和 I 表示交流电的电压和电流。

交流电的有效值与最大值之间的关系为

$$U = 0.707 U_m$$

$$I = 0.707 I_m$$

式中 U_m ——交流电电压最大值(伏);

I_m ——交流电电流最大值(安);

U ——交流电电压有效值(伏);

I ——交流电电流有效值(安)。

第五节 电 路

将用电器接到电源上所组成的线路,称电路。简言之,通过电流的路叫电路。电路有不同的组成形式。本节主要简述“串联”和“并联”的简单电路,并研究其电压、电流、电阻的关系。

一、串联

串联就是电路的通路只用一根线连接成的电路。例如把两个或两个以上的蓄电池串接起来的情形,或把两个小灯泡串接起来,再连接一个电池的情形等等。

1. 电池的串联

电池的串联如图 1-1-3 所示。电池串联后其两端的电压等于各个电池电压之和,即

$$E = E_1 + E_2 + E_3 + \cdots + E_n$$

根据欧姆定律,电流为

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

但须注意,串联电池时,应按正(+)、负(-)的顺序连接,否则会造成电压相减。

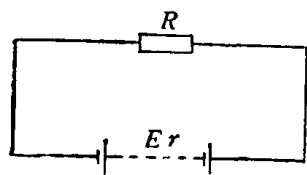


图 1-1-3 电池串联

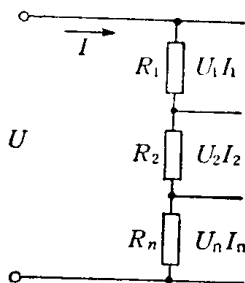


图 1-1-4 电阻串联

2. 电阻串联

电阻的串联如图 1-1-4 所示。按照图示的连接方法,电路的总电阻 R 为各个电阻 R_1 、 R_2 、 R_3 之和,即

$$R = R_1 + R_2 + R_3 + \cdots + R_n$$

由此可见, 电路中串联入电阻, 回路的电阻增加了, 而电流随之减小, 按照欧姆定律可计算出电流的大小。

由图 1-1-4 所示, 在串联电阻的两端所加给的电压, 可根据各个电阻的阻值, 按比例把电压分配给各个电阻。如两个相同的灯泡串联、在 100 伏的电源上, 则每一个灯泡只能得到 50 伏; 若串联 4 个, 则每个灯泡只能得到 25 伏。所以, 有

$$U = U_1 + U_2 + U_3 + \cdots + U_n$$

由上式可知, 总路的电流和各电阻通过的电流相等, 即

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

归纳以上得出:

- (1) 串联电池, 总电压等于各个电池电压之和。
- (2) 串联电阻, 总电阻等于各个电阻之和。
- (3) 串联电阻两端所加给的电压, 是按各个电阻之间的比例分配给各个电阻的。
- (4) 电路的电流等于总电阻去除总电压, 或者用各个电阻去除各个电阻上的电压, 流过各电阻的电流相等, 并等于总电流。

二、并联

并联电路就是电流的通路一个个分别连成的(见图 1-1-5 和图 1-1-6)。

1. 电池的并联

电池并联的连接形式如图 1-1-5 所示。相同电池并联后的电压和一个电池的时候相同。例如, 一个 3 伏的电池, 并联三个或四个后, 其两端的电压不变, 仍为 3 伏, 即有

$$E = E_1 = E_2 = E_3 = \cdots = E_n$$

然而电池并联后其所能释放的电流就不同了, 它是并联电池个数的倍数。例如三个各能流出 2 安电流的电池并联在一起, 其总电流为 6 安, 即有

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

并联电池时应注意, 正(+)极接正(+)极, 负(-)极接负(-)极。倘若接错了, 就等于电池发生短路一样, 就会很快将电池损坏。

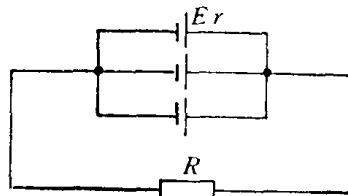


图 1-1-5 电池并联

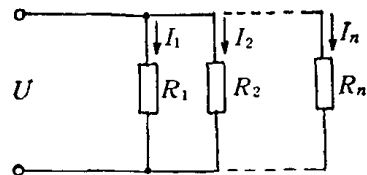


图 1-1-6 电阻并联

2. 电阻的并联

电阻的并联如图 1-1-6 所示。电阻并联后, 其电路的总电阻一定比只是一个电阻的时候要小。当并联的电阻相同, 其总电阻等于电路并联所有的电阻个数去除一个电阻。如图中并联的电阻 R_1 、 R_2 、 R_3 相等, 则其总电阻 R 为 $R_1/3$; 若并联的电阻不相同, 不论两个、三个或 n 个, 其总电阻, 就是各个电阻倒数之和的倒数。换句话说, 总电阻的倒数等于各个电阻倒数之和, 即

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \cdots + \frac{1}{R_n}$$

由图 1-1-6 中可见, 加给各个电阻两端的电压都相等, 且等于外加总电压 U , 即

$$U = U_1 = U_2 = U_3 = \cdots = U_n$$

根据以上的分析结论, 通过对电路的总电流和各并联支路电流的计算得知, 总电流等于各支路电流之和, 即

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

现将上述的内容归纳如下:

- 1) 相同电池的并联, 其总电压和一个电池相同, 输出电流的能力等于并联电池个数之和。
- 2) 电阻的并联, 其电路总电阻的倒数等于各个电阻倒数之和。当相同电阻并联时, 其总电阻等于并联个数去除一个电阻的阻值, 但这属于并联电阻的特例。
- 3) 电阻并联时, 加给并联各个电阻的两端电压为电源电压的原值。

第六节 基尔霍夫定律

欧姆定律是求解简单直流电路的有效工具, 但要解决复杂电路, 仅靠欧姆定律还不够, 必须应用基尔霍夫定律。在讨论本定律之前, 介绍几个常用电路的名词。

支路: 电路中的每条分支。

节点: 三条或三条以上支路的交点。

回路: 由一条或多条支路构成的闭合电路。

网孔: 不可再分的回路, 即最简单的回路。

1. 基尔霍夫第一定律

基尔霍夫第一定律也称基尔霍夫电流定律, 其具体内容是: 对于电路中任一节点, 流入节点的电流之和恒等于流出这个节点的电流之和。这表明了在任何一个节点上既不可能有电荷的积累, 也不可能电荷的消失。基尔霍夫第一定律的内容可用下式表示为

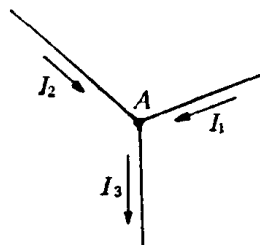


图 1-1-7 基尔霍夫第一定律

$$\sum I_{\text{入}} = \sum I_{\text{出}}$$

式中 $\sum$ ——求和的符号。

根据基尔霍夫第一定律可列出节点电流方程式。如图 1-1-7 中所示的电流方向, 对已知电流按实际方向标出; 对未知电流以假定方向标出(当计算结果为正值, 说明假定方向与实际方向一致, 如为负值, 则方向相反)。对 A 点可得三条支路电流的关系式为

$$I_1 + I_2 = I_3$$

或

$$I_1 + I_2 - I_3 = 0$$

上式的一般形式为

$$\sum I = 0$$

上式表明, 任何一个节点上电流的代数和恒等于零。通常规定, 流入节点的电流为正, 流出节点的电流为负。

例如, 图 1-1-7 为某一复杂电路中的一个节点 A , 已知 $I_1=5$ 安, $I_2=2$ 安, 试求 $I_3=?$
根据题意得方程为

$$I_1 + I_2 - I_3 = 0$$

即

$$5 + 2 - I_3 = 0$$

解得

$$I_3 = 7 \text{ 安}$$

2. 基尔霍夫第二定律

基尔霍夫第二定律也称为基尔霍夫电压定律, 其具体内容是: 在任何一个由电阻元件和电源组成的闭合回路中, 沿回路绕行一周, 其电源电动势的代数和等于各电阻上电压降的代数和。其数学表达式为

$$\sum E = \sum IR$$

在运用基尔霍夫第二定律列方程式时, 首先要确定各电源电动势和电阻上各电压降的极性。其方法为: 先在图上选择一个回路绕行方向(见图 1-1-8)。以这个方向作为判断电动势和电压降正负的标准。一般选电动势的正方向(从负到正的方向)作为回路绕行方向。如果回路中具有两个或两个以上的电动势, 通常以大的电动势的正方向作为回路的绕行方向。若电动势的正方向与绕行方向一致, 则取正号, 反之取负号; 若通过电阻的电流方向与回路绕行方向一致, 其电压降取正号, 反之取负号。

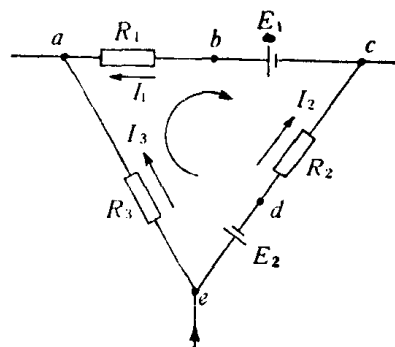


图 1-1-8 基尔霍夫第二定律

根据上述原则, 说明了从一点出发绕回路一周回到该点时, 各段电压的代数和恒等于零, 其一般表达式为

$$\sum U = 0$$

以图 1-1-8 为例可得:

$$\sum U = -I_1 R_1 - I_2 R_2 + I_3 R_3 - E_1 + E_2 = 0$$

或

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

第七节 磁与电磁感应

一、磁的基本知识

1. 磁现象

我们的祖先早就发现了天然的磁铁矿, 它能吸铁, 称为磁铁。实际上磁铁不但能吸铁, 而且能吸引钴和镍等物质, 磁铁的这种性质叫磁性。能长期保持磁性的磁铁, 称为永磁体。通常永磁体用铁、钴、镍及其合金制成, 根据需要可制成各种形状。

把一根条形磁铁放在铁屑中拿起, 可看到在磁铁的两端吸附着大量的铁屑, 而条形磁铁中间却没有铁屑。这种现象说明, 磁铁两端对铁屑的吸引力最大, 即磁性最强, 故称为磁极。

如果把一根细条长形的磁铁以中间为支点悬挂起来, 并使其在水平位置上能自由转动。静止时, 总是一个磁极指向北边, 另一磁极指向南边。把指向南边的一端称南极, 用 S 表示, 指向北边的一端叫北极, 用 N 表示。指南针就利用这一性质制成的。任何形状的磁铁总是同时存在两个极。

当我们将两根悬挂的磁铁靠近时, 则发现同是 N 极(或 S 极)靠近时, 则两块磁铁互相