



QICHE DIANGONG
DIANZI JISHU

汽车电工

电子技术

(第2版)

主编 ◆ 张 华 管秀君 白光泽
主审 ◆ 高树德



汽车电工电子技术

(第2版)

张 华 管秀君 白光泽 主 编
高树德 主 审



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书根据汽车电气与电控技术等专业课程的特点,将电工技术、电子技术的基本知识与内容进行了适当的整合。内容主要包括六个单元:直流电路、交流电路、磁路、变压器与继电器,电动机及在汽车中的应用,晶体管及其应用,数字电子技术基础。

本书适合作为高等院校机械制造大类,特别是汽车类各专业选用,也可作为社会岗位培训用书。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

汽车电工电子技术 / 张华, 管秀君, 白光泽主编. —2 版. —北京: 北京理工大学出版社, 2014. 1

ISBN 978 - 7 - 5640 - 8830 - 9

I. ①汽… II. ①张… ②管… ③白… III. ①汽车 - 电工 - 高等职业教育 - 教材 ②汽车 - 电子技术 - 高等职业教育 - 教材 IV. ①U463. 6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 029918 号

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (总编室)

82562903 (教材售后服务热线)

68948351 (其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 天津紫阳印刷有限公司

开 本 / 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

印 张 / 19.5

字 数 / 454 千字

版 次 / 2014 年 1 月第 2 版 2014 年 1 月第 1 次印刷

定 价 / 49.80 元

责任编辑 / 赵 岩

文案编辑 / 赵 岩

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 马振武

图书出现印装质量问题, 请拨打售后服务热线, 本社负责调换

前 言

本书采用以基本知识与技术应用相结合为单元的模式进行编写。

本书注重电工与电子技术基础知识的掌握和技能的训练，内容符合教学规律，虚（拟）实（践）结合；结构按照高职需求，理论密切联系实践。针对机械大类，特别是汽车各专业，对传统教材重新进行调整、归类，“弱化”理论较深的定量分析，“强化”基础知识与技术应用之间的关系，力图做到由浅入深、由简到繁、由电路原理到实际电路的应用。我们知道，汽车电路除了交流发电机外，其余的都是直流电。现代汽车用各种继电器作为开关；用传感器将非电量变成电量；用电子控制器（ECU）作为控制单元（包含数字电路）；通过车窗升降电路实训，掌握直流电动机正反转原理及电路检测；通过汽车鼓风机实训，了解电阻分压实现汽车调速原理，新增直流电机和步进电机的原理与应用。

本教材优点之一为以基础学科《电工电子技术》知识体系为框架，以简单而又典型的电器为载体，以汽车电路为分析、计算或检测案例，介绍了汽车电路的组成，各个连接器件的功能和作用；在蓄电池和发电机两个电源的作用下，阐述了复杂电路的分析方法；优点之二为在课堂例题的基础上，增加了课堂练习题；优点之三为以汽车直流电机为基础，增加了步进电动机知识，同时保留了异步电动机相关知识；优点之四为在每个单元前面增加了单元描述，运用“相关链接”，延伸和拓展知识，注重学生的智力开发和能力培养，以适应电工电子技术发展和变化的需要。

本书每单元分为四个部分：即单元描述、知识/技能内容、单元小结、单元习题。

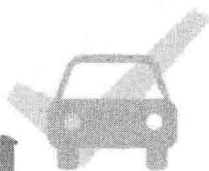
本教材由张华教授、管秀君教授、白光泽教授任主编，由朱晶波、王玉娟、闫东伟、闫冬梅、向波、李艳任副主编，参加本教材编写的还有郭旭、邢燕、张春蓉、赵炜、汤思佳、张彩萍、徐作华、孔红霞、张芙慧等老师。

本教材由高树德教授主审，他为本书提出了许多宝贵意见，在此表示感谢。由于编写时间较紧且教材涉及面较宽，有些想法难以一并体现在教材中。限于编者水平，书中难免有错误或不妥之处，恳请广大读者提出宝贵建议，以便进一步修改和完善。

编 者

目 录

C O N T E N T S • 0 0 1



单元一 直流电路

单元描述 / 001

任务 1.1 直流电路基本知识及汽车电路特点 / 002

1.1.1 电路的基本知识 / 002

1.1.2 电路工作状态及电气设备额定值 / 008

1.1.3 汽车电路组成、特点及电器元件 / 011

1.1.4 常用电子元器件——电阻器 / 021

1.1.5 电阻串并联计算与应用 / 025

任务 1.2 汽车简单电路识读与计算 / 029

1.2.1 汽车电路识读与计算 / 029

1.2.2 基尔霍夫定律 / 030

1.2.3 复杂电路计算 / 032

任务 1.3 技能训练 / 040

1.3.1 元器件识别及万用表使用 / 040

1.3.2 Multisim 10 仿真软件的操作使用 / 046

1.3.3 用 Multisim 10 验证基尔霍夫定律 / 057

1.3.4 用 Multisim 10 验证叠加定理 / 060

单元小结 / 062

单元习题 / 063

单元二 交流电路

单元描述 / 067

任务 2.1 正弦交流电路 / 068

2.1.1 正弦交流电的基本知识 / 068

2.1.2 正弦量的三要素及有效值 / 069

2.1.3 正弦量的四种表示方法 / 071



- 任务 2.2 单相正弦交流电路 / 074
 - 2.2.1 单一参数的正弦交流电路 / 074
 - 2.2.2 $R-L-C$ 串联交流电路 / 078
 - 2.2.3 $R-L-C$ 并联交流电路 / 081
 - 2.2.4 阻抗的串并联计算 (拓展知识) / 084
 - 2.2.5 功率与功率因数 / 087
- 任务 2.3 三相交流电路 / 090
 - 2.3.1 三相交流电源 / 090
 - 2.3.2 三相负载的连接 / 092
 - 2.3.3 三相功率的计算 / 093
 - 2.3.4 安全用电 / 095
- 任务 2.4 技能训练 / 096
 - 2.4.1 安全用电常识 / 096
 - 2.4.2 日光灯电路的装接及功率因数的提高 / 098
- 单元小结 / 099
- 单元习题 / 100

单元三 磁路、变压器与继电器

- 单元描述 / 104
- 任务 3.1 磁路与霍尔效应 / 105
 - 3.1.1 磁性材料 / 105
 - 3.1.2 磁路的基本定律 / 108
 - 3.1.3 霍尔效应 / 110
 - 3.1.4 电磁感应、自感与互感 / 111
- 任务 3.2 变压器 / 114
 - 3.2.1 变压器结构 / 114
 - 3.2.2 变压器的工作原理 / 115
 - 3.2.3 三相电力变压器 / 117
- 任务 3.3 继电器及在汽车电路中的应用 / 118
 - 3.3.1 继电器组成及分类 / 118
 - 3.3.2 继电器在汽车喇叭电路中的应用 / 121
- 任务 3.4 技能训练 / 124
 - 3.4.1 汽车继电器的检测 / 124
 - 3.4.2 喇叭电路的检测 / 126
- 单元小结 / 127
- 单元习题 / 128

单元四 电动机在汽车中的应用

- 单元描述 / 131
- 任务 4.1 直流电动机 / 132
 - 4.1.1 直流电动机的认识 / 132
 - 4.1.2 直流电动机的组成 / 132

4.1.3	直流电动机的分类 / 134
4.1.4	直流电机的铭牌 / 134
4.1.5	直流电动机的工作原理 / 136
4.1.6	电磁转矩与反电动势 / 137
4.1.7	直流电动机在汽车中的应用 / 138
4.1.8	直流伺服电动机 / 140
4.1.9	直流电动机常见故障 / 141
任务 4.2	步进电动机 / 141
4.2.1	步进电动机的组成 / 141
4.2.2	步进电动机的工作原理 / 142
4.2.3	步进电动机的分类 / 145
4.2.4	步进电动机的特征 / 147
4.2.5	步进电动机在汽车中的应用 / 147
任务 4.3	三相异步电动机 / 148
4.3.1	三相交流异步电动机的组成 / 148
4.3.2	三相异步电动机的工作原理 / 149
4.3.3	三相异步电动机的转速 / 150
4.3.4	三相异步电动机的铭牌 / 150
4.3.5	三相异步电动机的转动原理 / 151
4.3.6	三相异步电动机的转矩和机械特性 / 152
任务 4.4	技能训练 / 154
单元小结	/ 154
单元习题	/ 155

单元五 晶体管及其应用

单元描述	/ 157
任务 5.1	半导体器件 / 158
5.1.1	半导体基本特征 / 158
5.1.2	PN 结 / 161
5.1.3	半导体二极管 / 162
5.1.4	半导体三极管 / 169
5.1.5	晶闸管 / 174
任务 5.2	汽车直流电源 / 177
5.2.1	整流电路 / 177
5.2.2	电容及应用 / 180
5.2.3	集成三端稳压电路 / 186
5.2.4	单相可控整流电路 / 188
5.2.5	晶闸管的保护 / 190
任务 5.3	三极管放大电路 / 192
5.3.1	基本放大电路 / 192
5.3.2	分压式稳定静态工作点偏置电路 / 198
5.3.3	多级放大器及负反馈放大器 / 198
5.3.4	汽车闪光器电路分析 / 203



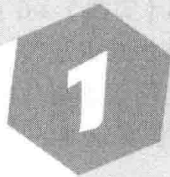
- 任务 5.4 集成运算放大器在汽车中的应用 / 205
 - 5.4.1 集成运算放大器 / 205
 - 5.4.2 集成运算放大器组成的几种基本放大器 / 210
- 任务 5.5 技能训练 / 213
 - 5.5.1 直流电源电路仿真实验 / 213
 - 5.5.2 直流稳压电源制作 / 216
 - 5.5.3 单管放大电路仿真实验 / 218
 - 5.5.4 汽车闪光器仿真设计 / 221
 - 5.5.5 汽车闪光器制作 / 223
- 单元小结 / 225
- 单元习题 / 226

单元六 数字电子技术基础

- 单元描述 / 231
- 任务 6.1 数字电路基本知识 / 232
 - 6.1.1 数字电路概述 / 232
 - 6.1.2 数制与码制 / 234
 - 6.1.3 逻辑代数 / 238
 - 6.1.4 逻辑门电路 / 245
 - 6.1.5 集成门电路 / 249
- 任务 6.2 数字组合与时序逻辑电路 / 253
 - 6.2.1 组合逻辑电路 / 253
 - 6.2.2 时序逻辑电路 / 265
- 任务 6.3 信号的采集与转换 / 277
 - 6.3.1 电子技术在汽车中的应用 / 277
 - 6.3.2 汽车电子控制系统 / 277
 - 6.3.3 A/D、D/A 转换器的应用 / 279
- 任务 6.4 技能训练 / 282
 - 6.4.1 逻辑门电路的测试仿真实验 / 282
 - 6.4.2 集成 8 线—3 线优先编码器仿真实验 / 286
 - 6.4.3 七段数码显示电路仿真实验 / 289
 - 6.4.4 三变量表决器仿真实验 / 292
 - 6.4.5 JK 触发器仿真实验 / 293
 - 6.4.6 计数、译码和显示电路仿真实验 / 294
- 单元小结 / 295
- 单元习题 / 295

单元习题参考答案 / 299

参考文献 / 304



单元一

直流电路

单元描述

汽车电路绝大多数是直流电路。通过直流电路及汽车电路的识图与分析,要求学生掌握电路的基本组成、基本物理量、工作状态、基本定律以及汽车电路特点。能够用万用表进行测量,能利用 Multisim 10 电子仿真软件对电路的三种基本状态(通路、短路、断路)进行判断;能对基本定律(欧姆定律、基尔霍夫定律、叠加原理等)进行实验和验证。了解常用汽车元器件符号,了解汽车原理图、电路连接图和定位图。通过对汽车除霜电路识读与检测,加深对汽车电路连接图的理解。实现做中学,手脑并用,学做合一,实现理实一体化教学。



知:识:要:求

1. 掌握直流电路组成,基本元器件符号及电路图的识读方法。
2. 掌握汽车电路的基本特点。
3. 掌握电路中电位计算方法。
4. 重点掌握基尔霍夫定律的内容及应用。
5. 了解戴维南定理、叠加原理分析方法。



技:能:要:求

1. 能够进行除霜电路的电压、电流、电阻等物理量的基本测量。
2. 会用万用表测量直流电路中的电阻、电压及电流值。
3. 能够操作 Multisim 10 电子仿真软件进行简单电路实验,如电路的三种状态。
4. 能够操作 Multisim 10 电子仿真软件进行欧姆定律、基尔霍夫定律、叠加原理验证。



参考学时

22 学时【10（理论）+6（实践）+6（仿真软件）】

工作任务 1：直流电路基本知识及汽车电路特点。

6 学时

工作任务 2：汽车除霜电路识读与分析。

10 学时

工作任务 3：Multisim10 仿真软件的操作及应用。

6 学时

任务 1.1 直流电路基本知识及汽车电路特点



1.1.1 电路的基本知识

汽车的很多领域中都使用电气设备，这些电器设备提供各种功能，当电流流经电阻时，会对电阻起作用而实现许多功能。

1.1.1.1 电的三大效应

1. 热效应

当电流经过电阻时，电阻会产生热的现象，如图 1-1 中(a)点烟器、(b)熔断丝等。

2. 光效应

当电流经过电阻时，电阻会发光，如图 1-1 中(e)灯泡。

3. 电磁效应

当电流经过导体或线圈时，导体或线圈周围空间会产生电磁场。如图 1-1 中(c)点火线圈、(d)交流发电机、(f)喷油器。

所有的物质都是由原子所组成，原子又由原子核和电子组成，金属原子中含有自由电子，自由电子易于自由地脱离原子核，金属原子内自由电子的流动即产生电流，因此，电路的电流只不过是电子在导体中运动。在金属(导体)两端施加电压时，电子便从负极流向正极，电子流向与电流方向相反。

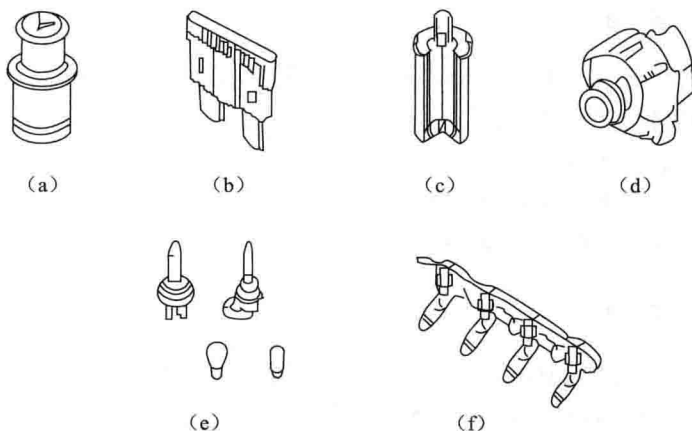


图 1-1 电气设备

1.1.1.2 电的三个要素

电流、电压、电阻是电路中三个重要的物理量，通常称为电的三要素，它们之间的关系如图1-2所示。

1. 电流 是指流经电路的电流强度。

单位：A(安培)

2. 电压 是指使电流流过电路的一种压力。电压越高，流过电路的电流就越大。

单位：V(伏特)

3. 电阻 电子通过物体的困难程度。

单位： Ω (欧姆)

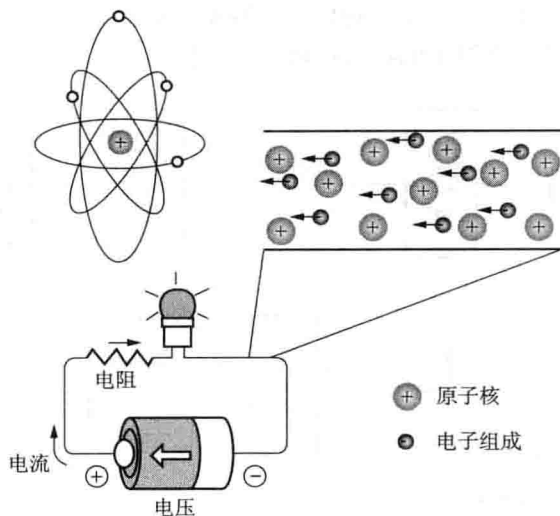


图1-2 电的三要素

1.1.1.3 电路的组成

电路就是电流所经过的路径，形成一个闭合回路。或者说是为了实现某种功能，由各种电气设备和器件按一定方式连接而成，从而形成的电流通路称为电路。

每个电路不论其作用如何、结构多么复杂，一般都是由电源、负载(用电器)、导线和开关四部分组成(也可以将导线和开关组合为中间环节，称电路一般由电源、负载和中间环节三部分组成)。

1. 电源：是把其他形式的能量转换成电能的装置，或者说是供应电能的装置。常见的有干电池、蓄电池、发电机、信号源等。汽车电路中的电源主要由蓄电池和带整流器的交流发电机组成。

2. 负载：负载是指用电的装置或设备，如电灯、电烙铁、电机等，汽车电路中的负载很多，例如照明灯、信号灯、车用点烟器、起动机、汽车音响、空调、电视机等。

3. 导线：是连接电源与用电器的金属线，它把电源产生的电能输送到电器，常用材料有铜、铝等。

4. 开关：是控制电路接通或断开的器件，例如手电筒的按钮，汽车上的点火开关、转向灯开关和各种继电器等。

简单电路的中间环节是由连接导线所组成，而复杂电路的中间环节是由各种控制设备、

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。

1.1.1.4 电路的作用

实际电路的种类很多, 形式和结构也各不相同, 但其作用不外乎有两类: 一是可以进行电能的传输和分配, 以实现与其他形式的能量的相互转换, 我们通常称为“电工技术”, 俗称“强电”。例如: 其典型实例是电力系统中的发电机, 就是将其他形式的能量转换为电能, 再通过变压器和输电线路将电能输送给工厂、农村和千家万户的用电设备, 即从发电、输电、配电到用电的过程。这些用电设备再将电能转换为机械能、热能、光能或其他形式的能量, 图 1-3(a) 就是一个简单的电力系统电路。二是可以实现信号的传递和转换, 进行信号的传输、交换和处理, 我们通常称为“电子技术”, 俗称“弱电”。例如: 生产过程的自动控制; 电视、广播的发射和接收; 汽车各种信号、数据的储存和处理; 无线电通信电路和检测电路等。图 1-3(b) 就是一个简单的扩音机电路示意图。

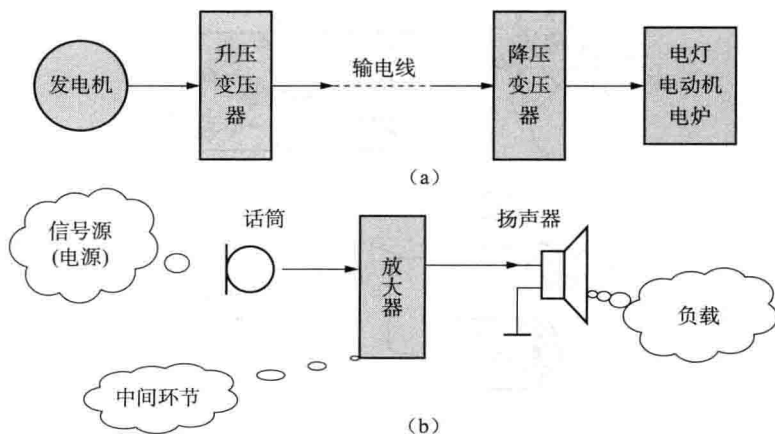


图 1-3 两种典型的电路框图

(a) 电力系统电路示意图; (b) 扩音机电路示意图

1.1.1.5 电路的模型

任何实际电路都是由多种电路元件组成的。例如, 最简单的手电筒电路或较复杂的汽车电路等。电路中各种元件所表征的电磁现象和能量转换的特征一般都比较复杂, 而按实际电路元件做出电路图有时也比较困难。因此在分析和计算实际电路时, 是用理想电路元件及其组合来近似替代实际电路元件组成的电路, 这给分析和计算带来很多方便。所以, 初学者必须要对电路建立模型概念。

电路模型: 由理想元件组成与实际电路元件相对应, 并用统一规定的符号表示而构成的电路, 就是实际电路的模型, 或称电路模型。它是实际电路电磁性质的科学抽象和概括, 通过分析电路模型来提示实际电路的性能和所遵循的普遍规律。

图 1-4 是几种常见的理想电路元件。

图 1-5 是一个最简单的电路模型,

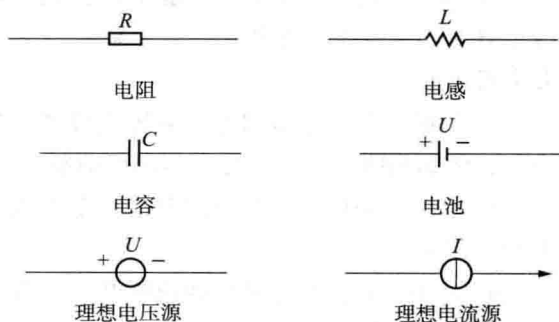


图 1-4 几种常见的理想电路元件符号

其实际电路是一常见的电灯电路。实际元件有干电池、灯泡、开关和导线。在电路模型中电阻 R_L 就是灯泡，电源电动势 U_S 和其内阻 R_S 就是干电池，导线和开关就是中间环节。

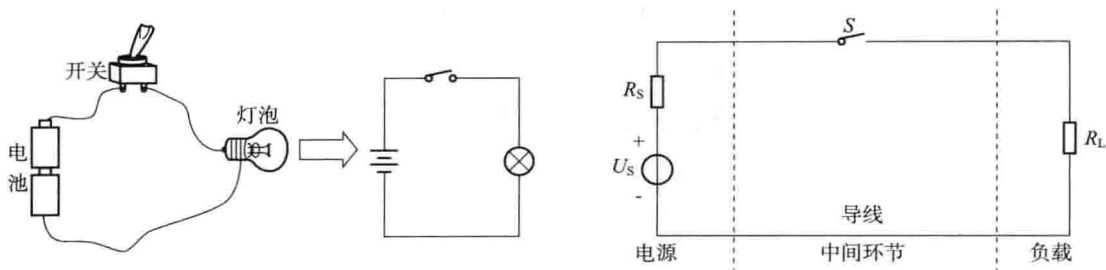


图 1-5 最简单的电路模型

相关链接:

所谓理想电路元件，是指在一定条件下，突出其主要电磁特性，忽略其次要因素以后，把电路元件抽象为只含一个参数的理想电路元件。基本的理想电路元件有理想电阻 R 、理想电感 L 、理想电容 C 、理想电压源 U 和理想电流源 I 五种。它们的电路符号如图 1-4 所示。

1.1.1.6 电路的基本物理量

1. 电流

(1) 电流的概念 电荷的有规则的定向移动形成电流。它是一种物理现象，金属导体内的电流是由带负电的自由电子，在电场力的作用下，逆电场方向作定向运动而形成的。在导体两端施加电压时，电子便从负极流向正极。

注：人体能承受的最大电流为 30 ~ 50 mA。

(2) 电流的大小 电流的大小用电流强度 I (简称电流) 表示。单位时间内通过导体某一横截面的电荷量称为电流。恒定不变的电流，用符号 I 表示。交变电流，用符号 i 表示。设在单位时间(单位：秒，s)内通过导体某一横截面的电荷量为 q (单位：库仑，C)，则通过该截面积的电流为

$$i = \frac{dq}{dt} \quad (1-1)$$

式中： dq 为时间 dt 内通过导线某一截面的电荷量。在国际单位制(SI)中，规定电流的单位为安培(A)。

如果电流的大小和方向均不随时间变化，这种电流称为恒定电流，简称直流电流，用大写字母 I 表示，则：

$$I = \frac{Q}{t} \quad (1-2)$$

一般情况下，随时间变化的物理量用小写字母表示，大写字母表示恒定物理量。

(3) 电流的方向 习惯上把正电荷的运动方向规定为电流的实际方向。但在复杂电路分析中，往往很难事先判断电流的实际方向(如图 1-6 所示)，因此需要引入参考方向(即正方向)的概念。其方法是：任意假设某一支路中的电流参考方向，把电流看作代数量；若计

算结果为正,则表示电流的正方向与实际方向相同;若计算结果为负,则表示电流的正方向与实际方向相反。

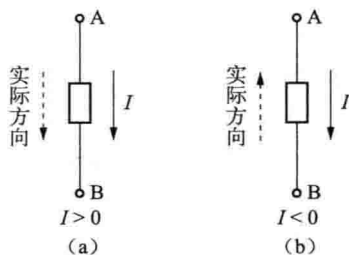


图 1-6 电流的参考方向与实际方向

2. 电位

(1) 电位又称电势:是指单位正电荷在静电场中的某一点所具有的电势能。在电路中任选一节点设其电位为零。其他各点到参考点的电压降,便是该点的电位。

如图 1-6 所示,把 B 点作为零参考点(用“⊥”符号来表示),那么正电荷在 A 点所具有的电势能 W_A 与正电荷所带电量 Q 的比值,称为电路中 A 点的电位,用 V_A 表示,即

$$V_A = \frac{W_A}{Q} \quad (1-3)$$

电位的单位是焦耳/库仑(J/C),称为伏特,简称伏(V)。电位的高低是相对的,与所设零参考点有关,在电路中电位比零参考点高的一些点,它们的电位为正值;电位比零参考点低的一些点,它们的电位为负值。

(2) 电位的计算步骤:

- ① 任选电路中某一点为参考点,设其电位为零;
- ② 标出各电流参考方向并计算;
- ③ 计算各点至参考点间的电压即为各点的电位。

在汽车电路中,通常用汽车车身和发动机等金属体作为公共线,并与电源负极相连接,视其为电路中的零参考点,也就是常说的“搭铁”,汽车电路符号用“⊥”表示。

3. 电压

在分析电子电路时,通常在电路中选取某一个固定点作为参考点,而把电路中其他各点与参考点之间的电压称为该点的电位。电位用 V 表示,单位也是 V(伏特)表示。

电压与电位的关系为:电场内两点之间的电压等于这两点之间的电位差,即

$$U_{AB} = V_A - V_B \quad (1-4)$$

式中, V_A 为 A 点的电位, V_B 为 B 点的电位。

电压的单位:用伏特(V)表示,计量较大的电压时用千伏(kV),计量较小的电压时用毫伏(mV)。其换算关系如下

$$1 \text{ kV} = 10^3 \text{ V} = 10^6 \text{ mV}$$

4. 电流与电压的参考方向

尽管从物理课程中已经学过了在分析简单电路时,当元器件中有电流通过,其流动方向总是从高电位一端流向低电位的一端,这是电流流动的实际方向;或者当知道了电流流动的

实际方向,也能判别出元器件两端的电位高低。然而,当分析复杂电路时,为了确定电流和电压,就要写出含有电流、电压未知量的电路方程。在电路方程中,电流和电压前面的正负号至关重要,实际方向往往不易确定,这就要先假定一个方向,因此引入了电流“参考方向”,它是分析和计算电路的基础。

在大小和方向都不随时间变化的直流电路中,规定电压的实际方向由电位高的“+”端指向电位低的“-”端,即电位降低方向。

在参考方向下,根据电流的正、负值,就可以确定电流的实际方向,如图1-6所示。在分析电路时,首先要假定电流的参考方向,并据此分析计算,然后再从结果的正、负值来确定电流的实际方向。如不作说明,电路图上标出的电流方向一般都是指参考方向。

电流的单位:电流的标准单位是安培(A),计量微小电流时,可采用毫安(mA)或微安(μA)来表示,其换算关系如下: $1\text{ A}=10^3\text{ mA}=10^6\text{ }\mu\text{A}$ 。

电压在分析电路时也有方向性,电压的方向规定为由高电位指向低电位,即电位降低的方向。电压参考方向和电流参考方向一样,也是任意指定,分析电路时,假定某一方向是电位降低的方向,如所假定的电压方向与实际方向一致时,则电压为正值($U>0$);电压参考方向与实际方向不一致时,则电压为负值($U<0$)。因此,参考电压的值也是个标量,有正负之分;只有参考方向被假定后,电压的值才有正负之分。如图1-7所示。

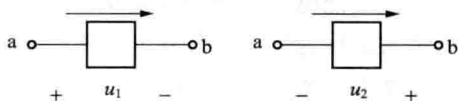


图1-7 电压的正方向

电路中各点的电位随参考点的选择不同而不同,但是任意两点之间的电位差是不变的,它不随参考点的变化而变化。也就是说,电路中任意两点间的电压与参考点的选择无关。虽然在电路中,参考点可以任意选取,但工程上常选择大地、设备外壳或接地点作为参考点,参考点电位为零。如汽车电路的负极搭铁。

5. 电动势

电动势是一个表征电源特征的物理量。是电源将其他形式的能转化为电能,在数值上,等于非静电力将单位正电荷从电源的负极通过电源内部移送到正极时所做的功。它是能够克服导体电阻对电流的阻力,使电荷在闭合的导体回路中流动的一种作用。

理想电源其电动势与其两端的输出电压之间的关系是:

$$E_{BA} = -U_{AB} \quad (1-5)$$

电动势的单位与电压相同,也用伏特来表示。

电动势的实际方向规定是从电路的低电位指向高电位,即与电压的方向是相反的,在直流电路中,电动势的实际方向是很容易通过直观确定的。

6. 电功率

当一段导体中有电流通过时,正电荷从高电位移向低电位端,电场力对它做了功,这个功通常叫做电流的功,简称电功。其单位是焦耳(J)。

单位时间内所做的电功称为电功率,用 P 来表示,在闭合电路中(如图1-5所示),电源产生的电功率为



$$P_{\text{电源}} = IU_{\text{S}} \quad (1-6)$$

负载取用的电功率为

$$P_{\text{负载}} = IU_{\text{L}} \quad (1-7)$$

电功率的单位是瓦特,简称瓦(W)。

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(如正在充电的电瓶)。

对于一个实际的电源,由于有内阻,因而其自身也会消耗小部分的电功率:

$$P_{\text{损耗}} = I^2 R_0 \quad (1-8)$$

对于负载,一般将电压和电流的方向选为一致,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。

这三者之间有如下关系: $P_{\text{电源}} = P_{\text{负载}} + P_{\text{损耗}} \quad (1-9)$



1.1.2 电路工作状态及电气设备额定值

1.1.2.1 电路的三种工作状态

电路的工作状态有三种:通路状态、断路或开路状态、短路状态,如图1-8所示。

1. 通路状态

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电流时,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、安全、可靠的,能够保证电气设备有一定的使用寿命。如标有220 V、100 W的灯泡,在使用时不能接在380 V的电源上,应尽可能使其在额定状态下工作,否则就可能被烧坏。如图1-8(a)所示,开关S合上以后,若负载 R_{L} 两端的电压为额定电压,流过的电流为额定电流,则电路处在额定工作状态。由于电源电压经常波动,电气设备在实际使用时电压、电流和功率不一定等于它们的额定值。

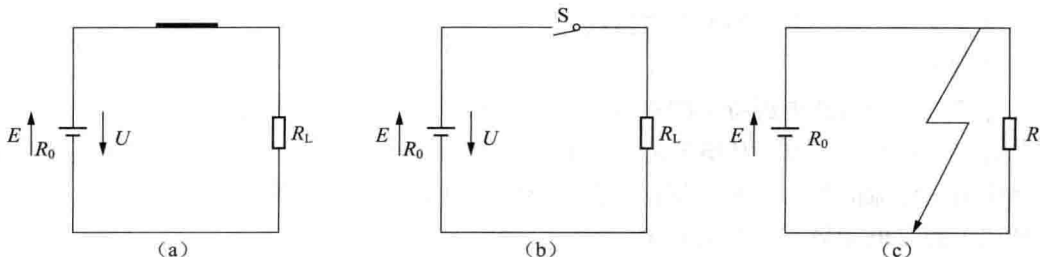


图1-8 电路的三种工作状态

(a) 通路; (b) 断路; (c) 短路

2. 断路或开路状态

所谓断路,就是电源与负载没有构成闭合回路,如图1-8(b)所示电路中,当开关S断开,电路就处于开路或断路状态,此时外电路电阻可视为无穷大,因此电路特征:电路中的电流为零,即 $I=0$ 、 $U=E$ 。

在汽车接触器中,开路是由填料不足导致接触不良,如图1-9所示。

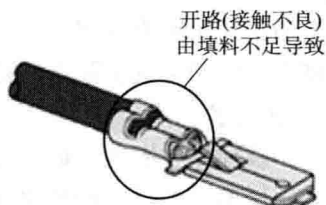


图1-9 汽车接触器的开路现象

3. 短路状态

所谓短路,就是电源未经负载而直接由导线接通构成闭合回路(或当电源两端由于某种原因而被短接时),如图1-8(c)所示,此时电路处于短路状态,负载的端电压为零,即 $U=0$ 。

电源内部的电流 I_s (短路电流)为最大,即 $I_s = E/R_0$ 。

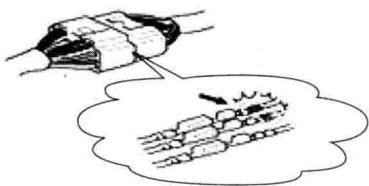


图1-10 汽车接触器的短路现象

所示为汽车接触器的短路现象。

总之,电阻元件有电流就有电压。但有两个特殊情况:零电阻和无穷大电阻。

当 $R=0$ 时称零电阻,此时电路短路,电压为零,也相当于开关闭合,电流为最大,即 $I_s = E/R_0$ (R_0 为电源内阻)。

当 $R=\infty$ 时称无穷大电阻,此时电路开路,电压为电源电压,电流为0。

【例1-1】求图 U_2 的电压。如图1-11所示。

解: $I_3=0$ (开路)

$I_2=0$ (开路)

$I_1 = (10 - 4)/(R_1 + R_2) = 1(\text{A})$

$U_2 = -E_2 + I_1 R_1 + E_1 = 6(\text{V})$

1.1.2.2 电气设备的额定值

为了保证电气设备和器件能安全、可靠和经济地工作,制造厂规定了每种设备和器件在工作时所允许的最大电流、最高电压和最大功率,这称为电气设备和器件的额定值,常用下标符号N表示,如额定电流 I_N ,额定电压 U_N 和额定功率 P_N 。这些额定值常标记在设备的铭牌上,故又称为铭牌值。

例如,白炽灯标记“220 V、60 W”;电动机标记“380 V、4 kW”。

由于供电电压有一系列电压等级标准,如交流用330 kV、220 kV、110 kV、35 kV、10 kV、660 V、380 V等;直流用660 V、220 V、110 V等;蓄电池用6 V、12 V、24 V等;干电池为1.5 V、3 V、6 V等,因此电气设备的额定电压应与供电电压等级相吻合。

当电气设备工作电流、电压、功率等于额定值时,称满载;低于额定值时称轻载或欠载;高于额定值时称过载或超载。

注意:轻载不能充分利用电气设备能力,而超载会引起电气设备损坏或降低使用寿命。所以,使用时必须留意电气设备上的铭牌额定值,不应使实际值超过额定值,并且尽量使电气设备工作在满载状态。例如,在我们生活中白炽灯会因电压过高或电流过大而烧毁灯丝,也会因电压过低或电流过小而发暗。

提示:电源短路是一种严重事故,可使电源的温度迅速上升,短路时电源本身及所流过的导线温度剧增,将会损坏绝缘,以致烧毁电源及其他电气设备,甚至引起火灾。

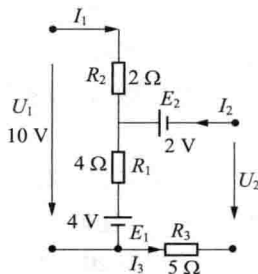


图1-11 例1-1