



21世纪高职系列教材
SHIJI GAOZHI XILIEJIAOCAI

电工与电子技术

主编 / 朱秀兰 主审 / 王明吉 ■

哈尔滨工程大学出版社



21世纪高职系列教材
SHIJI GAOZHI XILIE JIAOCAI

电工与电子技术

主编 / 朱秀兰 副主编 / 陈雅娟 阎世杰 主审 / 王明吉

江苏工业学院图书馆
藏书章

哈尔滨工程大学出版社

内 容 简 介

本书充分考虑高职学生的特点,在内容的安排上,以学生的“技术应用能力的培养”为主线,以应用为目的,以“必须”和“够用”为度,以讲清概念、强化应用为重点。叙述简明扼要,语言文字流畅,具有鲜明的高职特色。

全书共分十三章。主要包括直流电路、正弦交流电路、三相交流电路、磁路和变压器、交流电动机、继电—接触器控制系统、安全用电与防护知识、半导体器件、放大电路基础、逻辑代数基础、组合逻辑电路、触发器及时序逻辑电路、模拟数字混合电路。每章后面有小结和习题,既便于教师讲授,又起到了对学生引导、总结、提高和自我检查的目的。

本书可作为高职高专院校工科非电类专业电工与电子技术课程的教材,也可供电大、成教工科、岗位培训和工程技术人员使用。

图书在版编目(CIP)数据

电工与电子技术/朱秀兰主编.—哈尔滨:哈尔滨工程大学出版社,2008

ISBN 978-7-81133-302-2

I. 电… II. 朱… III. ①电工技术②电子技术 IV. TM
TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 131043 号

出版发行 哈尔滨工程大学出版社
社 址 哈尔滨市南岗区东大直街 124 号
邮政编码 150001
发行电话 0451-82519328
传 真 0451-82519699
经 销 新华书店
印 刷 肇东粮食印刷厂
开 本 787mm×1 092mm 1/16
印 张 14
字 数 312 千字
版 次 2008 年 8 月第 1 版
印 次 2008 年 8 月第 1 次印刷
定 价 26.00 元

<http://press.hrbeu.edu.cn>

E-mail: heupress@hrbeu.edu.cn

哈尔滨工程大学出版社

21 世纪高职系列教材编委会

(按姓氏笔画排序)

主任委员	王景代	丛培亭	刘 义	刘 勇
	李长禄	张亦丁	张学库	杨永明
委 员	杨泽宇	季永青	罗东明	施祝斌
	唐汝元	曹志平	蒋耀伟	熊仕涛
	马瑶珠	王景代	丛培亭	刘 义
	刘 勇	刘义菊	刘国范	闫世杰
	李长禄	杨永明	杨泽宇	张亦丁
	张学库	陈良政	沈苏海	肖锦清
	周 涛	林文华	季永青	罗东明
	施祝斌	钟继雷	唐永刚	唐汝元
	郭江平	晏初宏	柴勤芳	曹志平
	蒋耀伟	熊仕涛	潘汝良	

前言

本书立足于高职高专人才培养目标,充分考虑高职高专学生的特点,内容尽量做到结构紧凑、内容简明、脉络清晰。主要有下面几个方面的特点。

1. 理论教学体现以应用为目的,以“必需、够用”为度,避开繁琐的理论推导和较深的理论知识,以通俗易懂的图示和流程方式说明电路原理,更适合高职高专学生的特点。

2. 突出基本概念、基本原理和基本分析方法,采用较多的图表来代替文字描述和进行归纳、对比。

3. 淡化器件内部结构分析,重点介绍器件的符号、特性、功能及应用。

4. 本教材反映电工与电子技术的精华,系统地吸收已有相关优秀教材的内核,以及最新的理论研究和实践成果。

5. 每章末有小结、习题。既便于教师讲授,又起到了对学生引导、总结、提高和自我检查的目的。

6. 在编写方法上打破以往过于注重“系统性”的倾向,摒弃了陈旧内容和繁琐的数学推导,突出实用技能,内容体系更加合理。

本教材由朱秀兰担任主编,陈雅娟、阎世杰担任副主编。朱秀兰编写第一章、第二章第1,2,3节、第四章、第十章、第十一章、第十二章、第十三章,阎世杰编写第九章第5节,郑严编写第二章第4,5,6节和第三章,于森编写第五章第1节,鱼敏英编写第五章第2,3,4节,张琳编写第六章,陈雅娟编写第七章,周荣华编写第八章,付慧敏编写第九章1,2,3,4节。全书由朱秀兰统稿。

本教材由大庆石油学院王明吉教授主审,王明吉教授提出了许多宝贵的意见和建议,在此表示衷心的感谢。

在本教材编写之际,对所列参考文献作了一些借鉴,在本书出版之际,对参考文献的作者表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中的缺点和错误在所难免,敬请各位读者批评指正。

编者

2008年3月

目 录

第一章 直流电路	1
第一节 电路及其物理量	1
第二节 电路的工作状态和电气设备的额定值	5
第三节 电路的基本定律	7
第四节 叠加定理	9
第五节 戴维南定理	11
本章小结	12
习 题	12
第二章 正弦交流电路	16
第一节 正弦交流电的基本概念	16
第二节 正弦交流电的相量表示法	18
第三节 单一参数的交流电路	20
第四节 电阻、电感与电容元件串联的交流电路	25
第五节 电路中的谐振	28
第六节 功率因数的提高	30
本章小结	32
习 题	33
第三章 三相交流电路	35
第一节 三相交流电源	35
第二节 三相负载的连接	37
第三节 三相电路的功率	40
本章小结	41
习 题	42
第四章 磁路和变压器	43
第一节 磁路的基本概念	43
第二节 交流铁心线圈电路	45
第三节 变压器	46
本章小结	50
习 题	50
第五章 交流电动机	52
第一节 三相异步电动机的结构和工作原理	52
第二节 三相异步电动机的运行分析	56
第三节 三相异步电动机的启动、调速、制动	59
第四节 单相异步电动机	63
本章小结	65
习 题	65

第六章 继电—接触器控制系统	67
第一节 常用低压电器	67
第二节 三相异步电动机的基本控制电路	74
本章小结	79
习 题	80
第七章 安全用电与防护知识	82
第一节 电流对人体的伤害	82
第二节 触电类型	82
第三节 防止触电的保护措施	84
第四节 触电急救	86
第五节 安全用电实用知识	89
本章小结	91
习 题	91
第八章 半导体器件	93
第一节 半导体基本知识	93
第二节 半导体二极管	96
第三节 半导体三极管	98
第四节 场效应管	103
本章小结	106
习 题	107
第九章 放大电路基础	109
第一节 基本放大电路	109
第二节 射极输出器	113
第三节 放大电路中的负反馈	116
第四节 集成运算放大电路	120
第五节 功率放大器	126
本章小结	130
习 题	130
第十章 逻辑代数基础	133
第一节 数制的转换及常用编码	133
第二节 逻辑代数的运算及逻辑门电路	136
第三节 逻辑代数的公式和基本定理	142
第四节 逻辑函数的化简	147
本章小结	151
习 题	151

第十一章 组合逻辑电路	154
第一节 组合逻辑电路的分析	154
第二节 组合逻辑电路的设计	155
第三节 编码器	158
第四节 译码器	160
第五节 数据选择器与数据分配器	164
本章小结	165
习 题	166
第十二章 触发器及时序逻辑电路	168
第一节 RS 触发器	168
第二节 边沿触发器	171
第三节 时序逻辑电路的分析	175
第四节 计数器	177
第五节 集成计数器	180
第六节 集成寄存器	185
本章小结	188
习 题	189
第十三章 模拟数字混合电路	193
第一节 数/模转换器(DAC)	193
第二节 模/数转换器(ADC)	196
第三节 555 定时器	199
第四节 555 定时器应用电路	202
本章小结	209
习 题	209
参考文献	212

第一章 直流电路

第一节 电路及其物理量

一、电路的组成及作用

电路是由各种电气器件按一定方式用导线连接组成的总体,它提供了电流通过的闭合路径。一个完整的电路由电源、负载和中间环节三个基本部分组成。

电源是把其他形式的能量转换为电能的装置,例如,发电机将机械能转换为电能。负载是取用电能的装置,它把电能转换为其他形式的能量。例如,电动机将电能转换为机械能,电热炉将电能转换为热能,电灯将电能转换为光能。中间环节包括导线、开关、熔断器等连接或保护器件。图 1-1 为一最简单的电路。

电路的功能和作用有两类:第一类功能是进行能量的转换、传输和分配;各类电力系统就是典型实例。图 1-1(a)是一种简单的手电筒实际电路,它由干电池、开关、小灯泡和连接导线等组成。当开关闭合时,电路中有电流通过,小灯泡发光,干电池向电路提供电能;小灯泡是耗能器件,它把电能转化为热能和光能;开关和连接导线的作用是把干电池和小灯泡连接起来,构成电流通路。

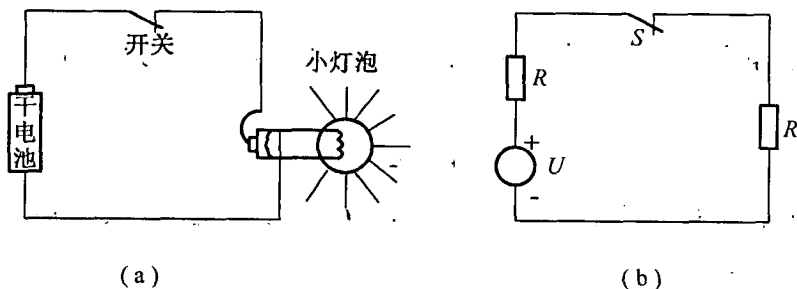


图 1-1 简单电路

(a) 实际电路; (b) 电路模型

第二类功能是进行信号的传递与处理。例如;扩音机的输入是由声音转换而来的电信号,通过晶体管组成的放大电路,输出的便是放大的电信号,从而实现了放大功能;电视机可将接收到的信号,经过处理,转换成图像和声音。

二、电路的基本物理量

(一) 电流

电流是由电荷的定向移动而形成的。当金属导体处于电场之内时,自由电子要受到电场力的作用,逆着电场的方向作定向移动,这就形成了电流。

其大小和方向均不随时间变化的电流叫恒定电流,简称直流。

电流的强弱用电流强度来表示,对于恒定直流,电流强度 I 用单位时间内通过导体截面的电量 Q 来表示,即

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

电流的单位是 A(安[培])。在 1 秒内通过导体横截面的电荷为 1 C(库仑)时,其电流则为 1 A。

计算微小电流时,电流的单位用 mA(毫安)、 μ A(微安)或 nA(纳安),其换算关系为:1 mA = 10^{-3} A, 1 μ A = 10^{-6} A, 1 nA = 10^{-9} A

习惯上,规定正电荷的移动方向表示电流的实际方向。在外电路,电流由正极流向负极;在内电路,电流由负极流向正极。

在简单电路中,电流的实际方向可由电源的极性确定,在复杂电路中,电流的方向有时事先难以确定。为了分析电路的需要,我们便引入了电流的参考正方向的概念。

在进行电路计算时,先任意选定某一方向作为待求电流的正方向,并根据此正方向进行计算,若计算得到结果为正值,说明了电流的实际方向与选定的正方向相同;若计算得到结果为负值,说明电流的实际方向与选定的正方向相反。图 1-2 表示电流的参考正方向(图中实线所示)与实际方向(图中虚线所示)之间的关系。(a)参考正方向与实际方向一致,称为关联参考方向。(b)参考正方向与实际方向相反,称为非关联参考方向。

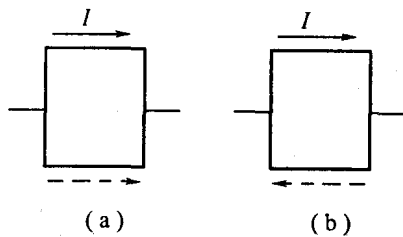


图 1-2 电流的方向

(a)关联参考方向;(b)非关联参考方向

(二)电压

电场力把单位正电荷从电场中点 A 移到点 B 所做的功 W_{AB} 称为 A、B 间的电压,用 U_{AB} 表示,即

$$U_{AB} = \frac{W_{AB}}{Q} \quad (1-2)$$

电压的单位为 V(伏[特])。如果电场力把 1 C 电量从点 A 移到点 B 所作的功是 1 J(焦耳),则 A 与 B 两点间的电压就是 1 V。

计算较大的电压时用 kV(千伏),计算较小的电压时用 mV(毫伏)。其换算关系为:1 kV = 10^3 V, 1 mV = 10^{-3} V

电压的实际方向规定为从高电位点指向低电位点,即由“+”极指向“-”极,因此,在电压的方向上电位是逐渐降低的。

电压总是相对两点之间的电位而言的,所以用双下标表示,前一个下标(如 A)代表起点,后一个下标(如 B)代表终点。电压的方向则由起点指向终点,有时用箭头在图上标明。当标定的参考方向与电压的实际方向相同时(图 1-3(a)),电压为正值;当标定

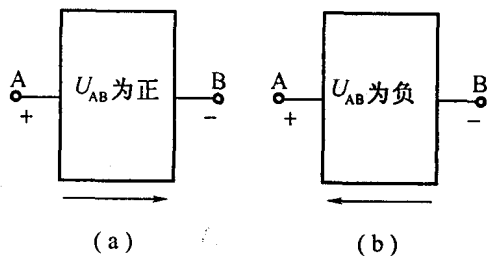


图 1-3 电压的正负与实际方向

(a)参考正方向与实际方向一致;

(b)参考正方向与实际方向相反

的参考方向与实际电压方向相反时(图 1-3(b)),电压为负值。

(三) 电动势

为了维持电路中有持续不断的电流,必须有一种外力,把正电荷从低电位处(如负极 B)移到高电位处(如正极 A)。在电源内部就存在着这种外力。

如图 1-4 所示,外力克服电场力把单位正电荷由低电位 B 端移到高电位 A 端,所做的功称为电动势,用 E 表示。电动势的单位也是 V。如果外力把 1 C 的电量从点 B 移到点 A,所做的功是 1 J,则电动势就等于 1 V。

电动势的方向规定为从低电位指向高电位,即由“-”极指向“+”极。

(四) 电功率

在直流电路中,根据电压的定义,电场力所做的功是 $W = QU$ 。把单位时间内电场力所做的功称为电功率,则有

$$P = \frac{QU}{t} = UI \quad (1-3)$$

功率的单位是 W(瓦[特])。

对于大功率,采用 kW(千瓦)或 MW(兆瓦)作单位,对于小功率则用 mW(毫瓦)或 μ W(微瓦)作单位。

计算功率时,在关联参考方向下, $P = UI$ 。若 $P > 0$,元件吸收功率,为负载;若 $P < 0$,元件产生功率,为电源。在非关联参考方向下, $P = -UI$ 。若 $P > 0$,元件吸收功率,为负载;若 $P < 0$,元件产生功率,为电源。

当已知设备的功率为 P 时,在 t 秒内消耗的电能 $W = Pt$,电能就等于电场力所作的功,单位是 J(焦[耳])。在电工技术中,往往直接用 $W \cdot s$ (瓦特秒)作单位,实际上则用 $kW \cdot h$ (千瓦小时)作单位,俗称 1 度电。 $1 kW \cdot h = 3.6 \times 10^6 W \cdot s = 3.6 \times 10^6 J$ 。

例 1-1 图 1-5 所示为直流电路, $U_1 = 4 V$, $U_2 = -8 V$, $U_3 = 6 V$, $I = 4 A$,求各元件接受或发出的功率 P_1 、 P_2 和 P_3 ,并求整个电路的功率 P 。

解 元件 1 的电压参考方向与电流参考方向相关联,故

$$P_1 = U_1 I = 4 \times 4 = 16 W \quad (\text{接受 } 16 W)$$

元件 2 和元件 3 的电压参考方向与电流参考方向非关联,故

$$P_2 = -U_2 I = -(-8) \times 4 = 32 W \quad (\text{接受 } 32 W)$$

$$P_3 = -U_3 I = -6 \times 4 = -24 W \quad (\text{发出 } 24 W)$$

整个电路的功率 P 为

$$P = 16 + 32 - 24 = 24 W$$

(五) 电位

分析电子电路时常用到电位这一物理量。在电路中任选一点作为参考点,则某点的电

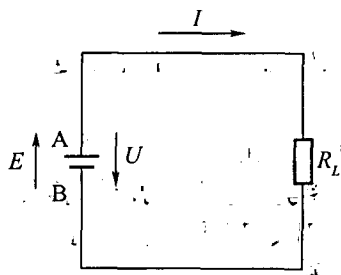


图 1-4 电动势

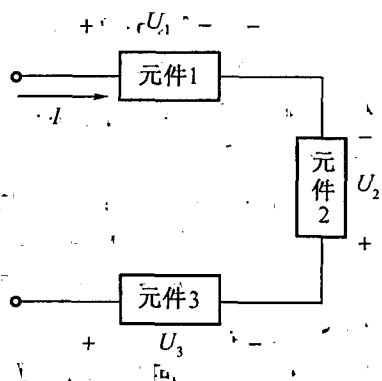


图 1-5 例 1-1 图



位就是由该点到参考点的电压。也就是说,如果参考点为 O ,则 A 点的电位为: $V_A = U_{AO}$ 。

至于参考点本身的电位,则是参考点对参考点的电压,显然为零,所以参考点又叫零电位点。

如果已知 A 、 B 两点的电位各为 V_A 、 V_B ,则此两点间的电压为

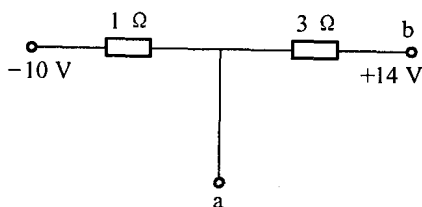
$$U_{AB} = V_A - V_B \quad (1-4)$$

即两点间的电压等于这两点的电位的差,所以电压又叫电位差。

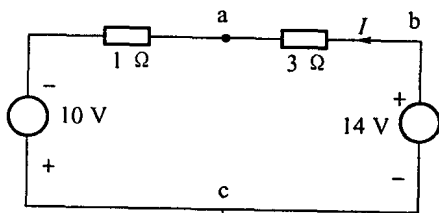
参考点选择不同,同一点的电位就不同,但电压与参考点的选择无关。至于如何选择参考点,则要视分析计算问题的方便而定。电子电路中需选各有关部分的公共线作为参考点,常用符号“ $\perp$ ”表示。

例 1-2 试求图 1-6(a)所示电路中的 V_a 、 V_b 及 U_{ab} 。

解 如果不习惯这种画法时,可将它改画成一般形式,如图 1.6(b)所示,其中 c 为参考点,于是有



(a)



(b)

图 1-6 例 1-2 图

$$I = \frac{14 + 10}{1 + 3} = 6 \text{ A}$$

$$V_a = U_{ac} = 1 \times 6 - 10 = -4 \text{ V} \quad \text{或者} \quad V_a = -3 \times 6 + 14 = -4 \text{ V}$$

$$V_b = 3 \times 6 + 1 \times 6 - 10 = 14 \text{ V}$$

$$U_{ab} = V_a - V_b = -4 - 14 = -18 \text{ V}$$

例 1-3 求图 1-7 所示电路中开关 S 打开及闭合后 a 、 b 两端的电压。

解 (1) S 打开时,电路中没有电流, a 、 b 两端电压为

$$U_{ab} = V_a - V_b = 0$$

$$V_a = V_b = -10 \text{ V}$$

(2) S 闭合后

电路中有由 a 流向 b 的电流 I

$$I = \frac{10}{2} = 5 \text{ A}$$

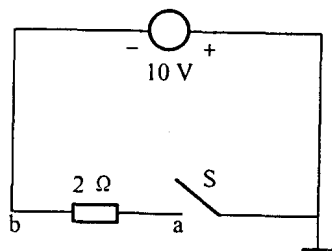


图 1-7 例 1-3 图

a 点经 S 接地,故

$$V_a = 0$$

$$V_b = -10 \text{ V}$$

或:

$$U_{ab} = V_a - V_b = 0 - (-10) = 10 \text{ V}$$

第二节 电路的工作状态和电气设备的额定值

一、电路的工作状态

本节将以最简单的直流电路为例,分别讨论电路的有载工作状态、开路及短路状态。

(一)有载工作状态

如图 1-8 所示,电源与负载接成闭合回路,电路中的电流为 I ,负载两端的电压为 U ,电路处于有载工作状态。在实际电路中,负载为各种各样的用电设备, R_L 代表等效负载电阻。

负载两端的电压与电动势 E 、电源内阻 R_0 以及负载电流 I 之间的关系如下

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

当电路中的负载变动时,电源端电压的大小也随之改变。电源端电压 U 随电源负载电流 I 的变化关系,即 $U = f(I)$,称为电源的外特性,外特性曲线如图 1-9 所示。其斜率与电源内阻的大小有关。

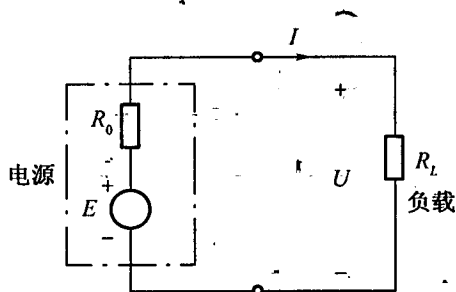


图 1-8 电路的有载工作状态

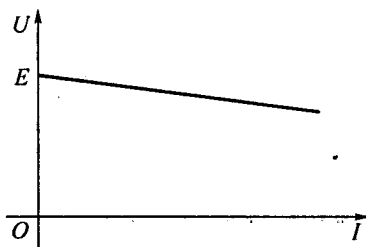


图 1-9 电源的外特性

根据负载大小,电路在有载工作状态时又分为三种工作状态:当电气设备的电流等于额定电流时,称为满载工作状态;当电气设备的电流小于额定电流时,称为轻载工作状态;当电气设备的电流大于额定电流时,称为过载工作状态。

式(1-5)中各项乘以电流 I ,则得电路的功率平衡式

$$IU = IE - R_0 I^2$$

即

$$P = P_E - \Delta P \quad (1-6)$$

式中: $P_E = IE$ ——电源产生的功率;

$\Delta P = R_0 I^2$ ——电源内阻上损耗的功率;

$P = UI$ ——电源供出的功率。

(二)开路状态

所谓开路,就是电源与负载没有构成闭合回路。在图 1-10 所示的电路中,当 S 断开时,电路即处于开路状态。

开路状态的特征是:电路中的电流为零,电源的端电压等于电源电动势,电源不输出功

率,可用下式表示

$$\left. \begin{aligned} I &= 0 \\ U &= E \\ P &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (1-7)$$

此种情况,也称为电源的空载。

(三)短路状态

所谓短路,就是电源未经负载而直接由导线接通成闭合回路,如图 1-11 所示。图中折线是指示短路点的符号。短路的特征可用下式表示

$$\left. \begin{aligned} I &= I_s = \frac{E}{R_0} \\ P &= 0 \\ P_E &= \Delta P = R_0 I_s^2 \end{aligned} \right\} \quad (1-8)$$

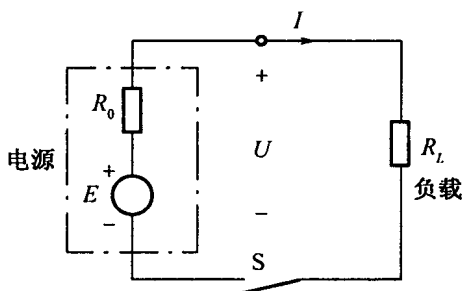


图 1-10 电路的开路状态

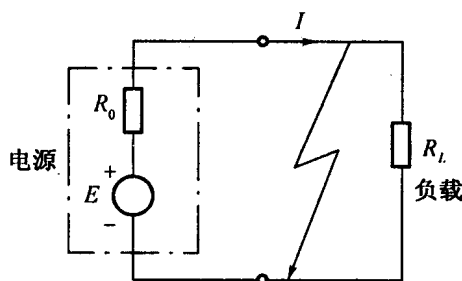


图 1-11 电路的短路状态

因

为电源内阻 R_0 一般都很小,所以短路电流总是很大。如果电源短路事故未迅速排除,很大的短路电流将会烧毁电源、导线及电气设备,所以,电源短路是一种严重事故,应尽力预防。

为了防止短路事故损坏电气设备,常在电路中串联熔断器。熔断器中装有熔断丝。熔断丝是由低熔点的铅锡合金丝或铅锡合金片做成的。一旦短路,串联在电路中的熔断丝将因发热而熔断,从而保护电气设备免于烧坏,电路如图 1-12 所示。

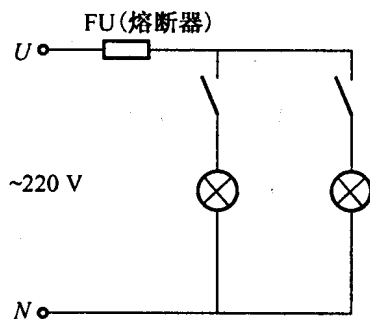


图 1-12 熔断器在电路中的安装

二、电气设备的额定值

额定值是电气设备制造厂家为了保证设备能在给定的工作条件下正常运行而规定的正常容许值。电气设备的额定值一般标在铭牌上或写在说明书中,主要有额定电流(I_N)、额定电压(U_N)和额定功率(P_N)等。

额定值是使用者使用电气设备的主要依据,使用时必须遵守。例如,一只白炽灯上标明“220 V、40 W”,表示其额定电压为 220 V,额定功率为 40 W。即说明这只白炽灯接 220 V 电压,消耗功率为 40 W,属于正常使用。若接到了 380 V 电压上,则会因电流过大将灯丝烧毁,

属于不安全使用;若接到 110 V 电压上,白炽灯的消耗功率小于 40 W(较暗),属于不正常使用。

第三节 电路的基本定律

欧姆定律描述了电阻元件的伏安关系;基尔霍夫定律描述了电路中各部分电流、电压间的约束关系。欧姆定律和基尔霍夫定律都是分析电路的重要理论基础。

一、欧姆定律

(一)一段电路的欧姆定律

图 1-13 所示电路,是不含电动势,只含有电阻的一段电路。

若 U 与 I 正方向一致,则欧姆定律可表示为

$$U = IR \quad (1-9)$$

若 U 与 I 方向相反,则欧姆定律表示为

$$U = -IR \quad (1-10)$$

电阻的单位是 Ω (欧[姆]),计量大电阻时用 $k\Omega$ (千欧)或 $M\Omega$ (兆欧)。其换算关系为:
 $1\ k\Omega = 10^3\ \Omega$, $1\ M\Omega = 10^6\ \Omega$ 。

电阻的倒数 $1/R = G$,称为电导,它的单位为 S(西[门子])。

(二)全电路的欧姆定律

图 1-14 所示是简单的闭合电路, R_L 为负载电阻, R_0 为电源内阻,若略去导线电阻不计,则此电路用欧姆定律表示为

$$I = \frac{E}{R_L + R_0} \quad (1-11)$$

式(1-11)的意义是: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成反比。电源的电动势和内电阻一般认为是不变的,所以,改变外电路电阻,就可以改变回路中的电流大小。

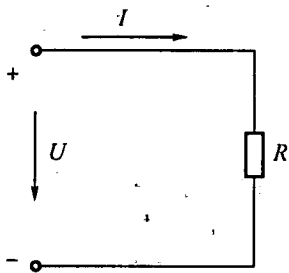


图 1-13 一段电路

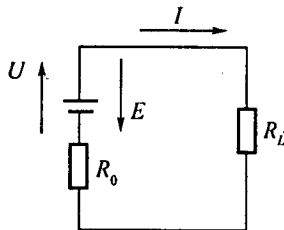


图 1-14 简单的闭合电路

二、基尔霍夫定律

基尔霍夫定律包括电流定律和电压定律。为了便于讨论,先介绍几个专业术语。

(1)支路:电路中每一段不分支的电路,称为支路,如图 1-15 中,BAF、BCD、BE 等都是支路。

(2)节点:电路中三条或三条以上支路相交的点,称为节点,如图 1-15 中,B、E 都是节点。

(3)回路:电路中任一闭合路径称为回路,如图 1-15 中,ABEFA、BCDEB、ABCDEF 等都是回路。

(一)基尔霍夫电流定律(KCL)

基尔霍夫电流定律(Kirchhoff's Current Law)简称 KCL。表述为:在电路中,任何时刻对于任一节点而言,流入节点电流之和等于流出该节点电流之和,即

$$\sum I_i = \sum I_o \quad (1-12)$$

如图 1-15 所示,对节点 B 有

$$I_1 + I_2 = I_3$$

(二)基尔霍夫电压定律(KVL)

基尔霍夫电压定律(Kirchhoff's Voltage Law)简称 KVL。表述为:沿任一回路绕行一周,回路中所有电动势的代数和等于所有电阻压降的代数和,即

$$\sum E = \sum IR \quad (1-13)$$

如图 1-15 所示,沿 ABCDEFA 回路,有

$$E_1 - E_2 = I_1 R_1 - I_2 R_2$$

应用 KVL 定律时应注意,先假定绕行方向,当电动势的方向(由负极到正极的方向)与绕行方向一致时,则此电动势取正号,反之取负号;当电阻上的电流方向与回路绕行方向一致时,取此电阻上的电压降为正号,反之,取负号。

三、基尔霍夫定律的应用——支路电流法

分析、计算复杂电路的方法很多,下面介绍一种最基本的方法——支路电流法。

支路电流法是以支路电流为未知量,应用基尔霍夫定律列出与支路电流数目相等的独立方程式,再联立求解。应用支路电流法解题的步骤如下(假定某电路有 m 条支路, n 个节点):

- (1)首先标定各待求支路的电流参考正方向及回路绕行方向;
- (2)应用基尔霍夫电流定律列出 $(n-1)$ 个节点方程;
- (3)应用基尔霍夫电压定律列出 $[m-(n-1)]$ 个独立的回路电压方程式;
- (4)由联立方程组求解各支路电流。

例 1-4 如图 1-16 所示电路, $E_1 = 10\text{ V}$, $R_1 = 6\ \Omega$, $E_2 = 26\text{ V}$, $R_2 = 2\ \Omega$, $R_3 = 4\ \Omega$, 求各

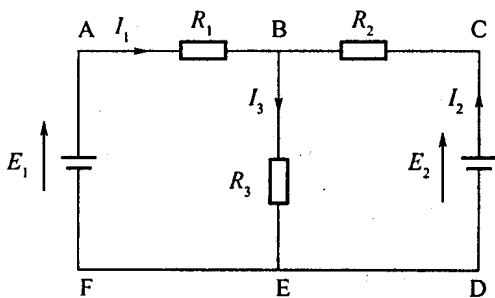


图 1-15 复杂电路

支路电流。

解 假定各支路电流方向如图所示, 根据基尔霍夫电流定律(KCL), 对节点 A 有

$$I_1 + I_2 = I_3$$

设闭合回路的绕行方向为顺时针方向, 对左侧回路, 有

$$E_1 - E_2 = I_1 R_1 - I_2 R_2$$

同理对右侧回路, 有

$$E_2 = I_2 R_2 + I_3 R_3$$

联立方程组:

$$\begin{cases} I_1 + I_2 = I_3 \\ 10 - 26 = 6I_1 - 2I_2 \\ 26 = 2I_2 + 4I_3 \end{cases}$$

解方程组, 得:

$$I_1 = -1 \text{ A}, \quad I_2 = 5 \text{ A}, \quad I_3 = 4 \text{ A}$$

题中解得 I_1 为负值, 说明该电流的实际方向与假定方向相反, 同时说明 E_1 此时相当于负载。

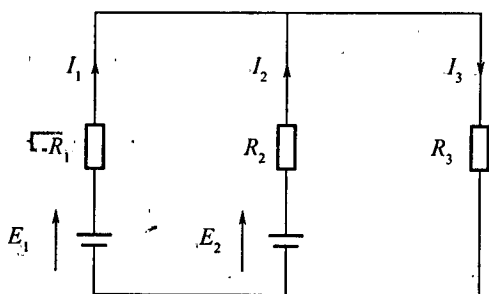


图 1-16 例 1-14 图

第四节 叠加定理

叠加定理是线性电路的一个基本定理。叠加定理的内容是: 在线性电路中, 当有两个或两个以上的独立电源作用时, 则任意支路的电流或电压, 都可以认为是电路中各个电源单独作用而其他电源不作用时, 在该支路中产生的各电流分量或电压分量的代数和。

需要指出: 当某个独立电源单独作用于电路时, 其他独立电源应该除去, 称为“除源”。即对电压源来说, 令其电源电压 U_s 为零, 相当于“短路”(实际电源模型的内阻仍应保留在电路中); 对电流源来说, 令其电源电流 I_s 为零, 相当于“开路”(实际电源模型的内阻仍应保留在电路中), 如图 1-17 所示。

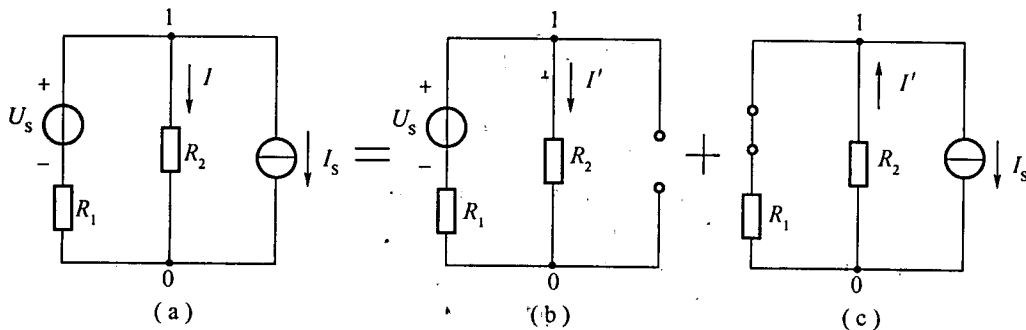


图 1-17 叠加定理举例

在图 1-17 所示电路中, 流过 R_2 的电流 I , 等于电压源、电流源单独对 R_2 支路作用时