



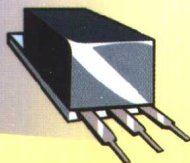
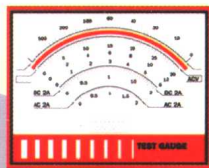
交通高职高专院校统编教材

JIAOTONG GAOZHI GAOZHUAN YUANXIAO TONGBIAN JIAOCAI

电工与电子技术基础

(汽车检测与维修、汽车运用技术、汽车运用工程专业用)

苗庆贵 主 编
管秀君 副主编
郭远辉 主 审



人民交通出版社

交通高职高专院校统编教材

Diangong Yu Dianzi Jishu Jichu

电工与电子技术基础

(汽车检测与维修、汽车运用技术及汽车运用工程专业用)

苗庆贵 主 编
管秀君 副主编
郭远辉 主 审

人民交通出版社

内 容 提 要

本书是交通高职高专院校统编教材,依据最新制定的《高职高专教育电工电子技术课程教学基本要求》编写而成的。主要内容包括:直流电路、交流电路、磁路和常用电器、电动机、直流稳压电源、交流放大电路、集成运算放大器、正弦波振荡电路、晶闸管及其可控整流电路、数字电路基础、数字电路的基本器件,并附有技能训练,每章后附有习题。

本书可作为高等职业学校、高等专科学校、成人高校及本科院校举办的二级职业技术学院和民办高校的汽车、机械等非电专业的《电工电子技术》的教材,也可供工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

电工与电子技术基础 / 苗庆贵主编. —北京: 人民交通出版社, 2002. 5
ISBN 7-114-04277-9

I.电... II.苗... III.①电工技术②电子技术
IV.①TM②TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 031431 号

交通高职高专院校统编教材

电工与电子技术基础

(汽车检测与维修、汽车运用技术及汽车运用工程专业用)

苗庆贵 主 编

管秀君 副主编

郭远辉 主 审

正文设计: 姚亚妮 责任校对: 尹 静 责任印制: 张 恺

人民交通出版社出版

(100013 北京和平里东街 10 号 010 64216602)

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经销

北京鑫正大印刷有限公司印刷

开本: 787×1092 1/16 印张: 15 字数: 368 千

2002 年 8 月 第 1 版

2002 年 8 月 第 1 版 第 1 次印刷

印数: 0001—5000 册 定价: 26.00 元

ISBN 7-114-04277-9

U · 03137

前 言

为了适应并推动高等职业技术教育的发展,落实交通部科教司《高职高专专业教材建设规划方案意见》(高[1999]171号文件)精神,在交通部科教司领导下,交通高职高专教育委员会组织编写了汽车运用工程、汽车运用技术、汽车检测与维修等相关专业使用的高职高专统编教材。

本套高职高专教材坚持以“实际、实用、实践”为原则,同时注重知识的应用价值、可操作性在教材中的科学体现,基本做到了理论与实践的紧密结合,构筑了汽车运用工程、汽车运用技术、汽车检测与维修等相关专业具有高职高专特色的第一套统编教材。

编者根据自己多年的教学经验,结合高职高专教育的特点和要求,在编写过程中,遵循以实用为主,理论以够用为度,力求讲清基本概念,分析准确,减少数理论证,做到深入浅出,通俗易懂。书中附有技能训练,注重理论联系实际,重视培养学生分析、解决问题及动手的能力。

本书由吉林交通职业技术学院的苗庆贵任主编(编写第一、二、五、六、七章)并负责全书的统稿,管秀君任副主编(编写第八、九、十、十一章),浙江交通职业技术学院的刘美玲参与了编写(编写第三、四章)。

全书由四川交通职业技术学院的郭远辉副教授主审,在编写过程中,吉林交通职业技术学院张美田、浙江交通职业技术学院陈文华和内蒙古大学交通职业技术学院李富仓提出了许多具体、宝贵的意见,并得到了安徽交通职业技术学院的大力支持,谨在此表示诚挚的感谢。

由于编者水平有限,编写时间仓促,书中难免有错误和不当之处,殷切希望广大读者批评指正。

编 者

2001年9月

目 录

第一章 直流电路	1
第一节 电路及基本物理量.....	1
第二节 电阻、欧姆定律	4
第三节 电气设备的额定值及电路的状态.....	6
第四节 电压源与电流源及其等效变换.....	7
第五节 克希荷夫定律	10
第六节 支路电流法	11
第七节 叠加原理	12
第八节 戴维南定理	14
第九节 电容器及其充放电	16
技能训练	18
实验一 认识实验	18
实验二 叠加原理和戴维南定理的验证	19
习题一	19
第二章 交流电路	22
第一节 单相正弦交流电的基本概念	22
第二节 正弦交流电的表示法	26
第三节 单一参数的交流电路	28
第四节 RLC 串联电路	32
第五节 R、L 串联与 C 并联的交流电路	36
第六节 三相交流电源	39
第七节 三相负载的星形联结	42
第八节 三相负载的三角形(D)联接	45
第九节 三相电路的电功率	47
技能训练	48
实验三 日光灯电路和功率因数的提高	48
实验四 三相电路	48
习题二	49
第三章 磁路和常用电器	52
第一节 磁路及霍尔效应	52
第二节 交流铁心线圈和电磁铁	57
第三节 变压器	61
第四节 常用低压电器	68
第五节 继电器	73

技能训练	77
实验五 单相变压器的使用和常用低压电器的识别	77
习题三	77
第四章 电动机	79
第一节 三相异步电动机	79
第二节 三相异步电动机的使用	88
第三节 单相异步电动机	95
第四节 直流电动机	99
第五节 伺服电动机	109
第六节 步进电动机	112
技能训练	116
实验六 三相异步电动机和步进电动机的使用	116
习题四	116
第五章 直流稳压电源	118
第一节 半导体的基本知识	118
第二节 半导体二极管	120
第三节 单相整流电路	122
第四节 滤波电路	125
第五节 稳压电路	127
技能训练	128
实验七 整流稳压电路	128
习题五	129
第六章 交流放大电路	131
第一节 半导体三极管	131
第二节 基本交流电压放大电路	134
第三节 基本交流电压放大电路的工作状态	136
第四节 多级放大电路	140
第五节 差分放大电路	143
第六节 功率放大电路	145
第七节 场效应晶体管	147
技能训练	150
实验八 交流电压放大电路	150
习题六	151
第七章 集成运算放大器	153
第一节 集成运算放大器简介	153
第二节 集成运算放大器的基本运算电路	156
第三节 集成运算放大器的反馈分析	159
第四节 运算放大器在信号处理方面的应用	162
技能训练	164
实验九 集成运算放大器的基本运算电路	164

习题七	165
第八章 正弦波振荡电路	167
第一节 自激振荡	167
第二节 LC 高频振荡器	168
第三节 RC 低频振荡器	170
第四节 石英晶体振荡器	171
技能训练	173
实验十 RC 低频振荡器	173
习题八	173
第九章 晶闸管及其可控整流电路	176
第一节 晶闸管	176
第二节 单相可控整流电路	178
第三节 晶闸管的保护	181
第四节 单结晶体管触发电路	183
技能训练	187
实验十一 可控整流电路	187
习题九	187
第十章 数字电路基础	189
第一节 数字电路概述	189
第二节 逻辑门电路	193
第三节 组合逻辑电路	198
技能训练	202
实验十二 用集成逻辑门设计组合逻辑电路	202
习题十	203
第十一章 数字电路的基本器件	205
第一节 编码器	205
第二节 译码器	208
第三节 触发器	210
第四节 计数器	214
第五节 寄存器	216
第六节 存储器	217
第七节 D/A 转换器	220
第八节 A/D 转换器	222
技能训练	224
实验十三 触发器	224
实验十四 计数、译码、显示电路	224
实验十五 DAC 和 ADC 的应用	225
习题十一	225
部分习题答案	227
参考文献	230

第一章 直流电路

本章内容是在已学过的物理学基础上,介绍电路的基本物理量、电阻的基本知识、欧姆定律、电气设备的额定值、电路的几种状态及电容器的充放电。并进一步研究直流电路的分析方法:如电源的等效变换法、支路电流法、叠加原理法、戴维南定理法。

通过本章的学习,应达到以下要求:

(1)能正确地理解电路的基本概念、基本定律和电容充放电电路中电压、电流与时间之间的函数关系。

(2)能用所学过的分析方法对简单和复杂的直流电路进行分析计算。

第一节 电路及基本物理量

一、电路与电路模型

1. 电路

电路是电流所流经的路径,实际电路的种类很多,形式和结构也各不相同,但其作用不外乎有以下两个方面:一是应用电路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,例如:从发电、输电、配电到用电的过程;二是应用电路进行信号的传输、交换和处理,例如:生产过程的自动控制,电视、广播的发射和接收,各种信号、数据的储存和处理等。

图 1-1 所示的是两种典型的电路框图。

2. 电路模型

在研究电路的工作原理时,通常是用一些规定的图形符号来代表实际的设备和器件,并用连线表示出这些设备和器件之间的连接关系,构成电路模型来进行分析。

图 1-2 是几种常用的理想电路元件。

每个电路不论其作用如何、结构多么复杂,都是由以下几个基本部分组成的。

电源:是供应电能的装置,如发电机、电池、信号源等。

负载:负载是指用电的装置或设备,如电灯、电动机、空调、电冰箱等。

中间环节:简单电路的中间环节是由连接导线、开关组成,而复杂电路的中间环节是由各种控制设备、监测仪表等组成的网络,电源接它的输入端,负载接它的输出端。

图 1-3 是一个最简单的电路模型,其实际电路是一常用的手电筒电路,实际元件有干电池、电珠、开关和筒体。在电路模型中电阻 R_L 就是电珠,电源电动势 E 和其内阻 R_0 就是干电池、导线和开关这一中间环节就是筒体。

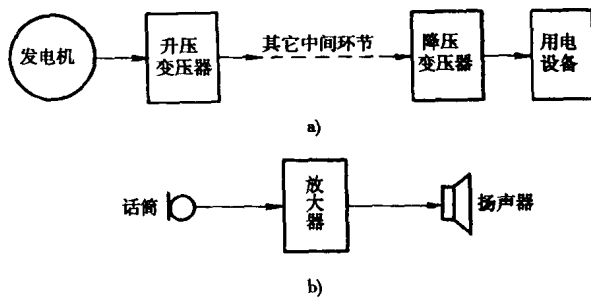


图 1-1 两种典型的电路框图

a)电力系统;b)扩音机

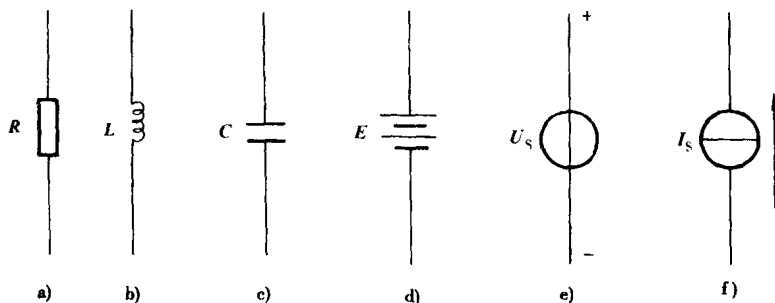


图 1-2 几种常见的电路元件符号

a)电阻;b)电感;c)电容;d)电池;e)恒压源;f)恒流源

无论是电能的传输或转换电路,还是信号的传递和变换电路,其中电源或信号源的电压、电流输入称为激励,它能够推动电路工作。激励在电路各部分所产生的电压和电流输出称为响应。电路分析实质就是分析激励和响应之间的关系。为此,我们必须对电路的物理量有一个明确的认识。

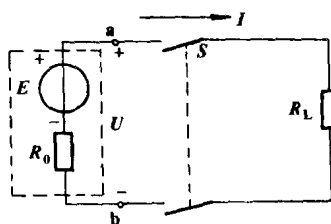


图 1-3 最简单的电路模型

二、电路中的基本物理量

1. 电流

电流强度:电流的强弱是用电流强度来表示。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。其电流强度用单位时间内通过导体横截面的电流来度量,即

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

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,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,如图 1-4 所示。电流用 I 来表示。

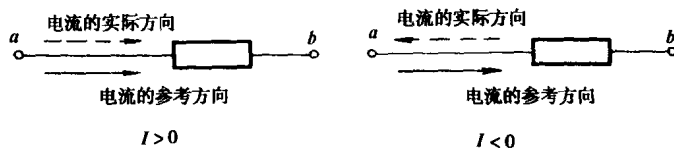


图 1-4 电流的正方向

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

$$1\text{A} = 10^3\text{mA} = 10^6\mu\text{A}$$

2. 电位

与物体在某一位置上具有一定的位能相类似,正电荷在电路的某一点上具有一定的电位能。要确定电位能的大小,必须在电路上选择一参考点作为基准点,该点称为零参考点。

如图 1-3 所示,把 b 点作为零参考点(用“ \perp ”符号来表示),那么正电荷在 a 点所具有的电位能 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

$$V_a = \frac{W_a}{Q} \quad (1-2)$$

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。

3. 电压

电路中任意两点间的电位差称为这两点间的电压,用字母 U 来表示。例如 a, b 两点间的电压为

$$U_{ab} = V_a - V_b \quad (1-3)$$

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

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

电压的方向:电压的方向规定为由高电位指向低电位。但在复杂电路分析时,电压的实际方向也是难以事先判断的,因此仍要假定某段电路上的电压方向(正方向)。若计算结果为正,则电压的正方向与实际方向相同,若计算结果为负,则电压的正方向与实际方向相反。如图 1-5 所示。

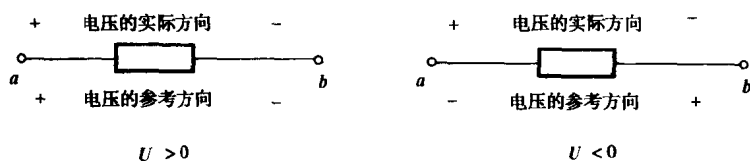


图 1-5 电压的正方向

4. 电动势

理想电源其电动势与其两端的输出电压之间的关系是

$$E_{ba} = -U_{ab} \quad (1-4)$$

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。

三、电 功 率

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

单位时间内所作的电功称为电功率,用 P 来表示,在闭合电路中(如图 1-3 所示),电源产生的电功率为

$$P_{\text{电源}} = IE \quad (1-5)$$

负载取用的电功率为

$$P_{\text{负载}} = IU \quad (1-6)$$

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

$$P_{\text{损耗}} = I^2 R_0 \quad (1-7)$$

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。

$$P_{\text{电源}} = P_{\text{负载}} + P_{\text{损耗}} \quad (1-8)$$

第二节 电阻、欧姆定律

一、欧姆定律

欧姆定律是电路分析中最基本、最重要的定律之一。欧姆定律有两种形式。

1. 一段电阻电路的欧姆定律

图 1-6 所示电路是闭合电路中的一部分,在这一段上不含电势,仅有电阻,因此称为一段电阻电路。设图 1-6a) 中的 U 和 I 正方向一致,则欧姆定律可表示为

$$I = \frac{U}{R} \quad (1-9)$$

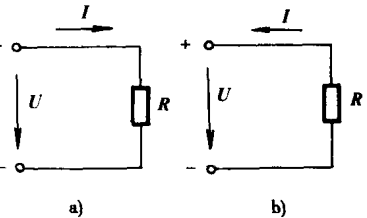


图 1-6 一段电阻电路的欧姆定律
a) UI 正方向相同; b) UI 正方向相反

若 U 和 I 的正方向相反,如图 1-6b) 所示,这时欧姆定律应表示为

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

在电路中,把电阻的倒数定义为电导,用 G 来表示,即 $G = 1/R$ 。电导的单位是西门子(S)。

若用电导来表示欧姆定律,上两种情形可以表示为

$$I = GU$$

$$I = -GU \quad (1-11)$$

2. 全电路的欧姆定律

图 1-7 是简单的闭合电路, R 是负载电阻, R_0 是电源内电阻。则

图 1-7 最简单的闭合电路 全电路的欧姆定律可表示为

$$I = \frac{E}{R + R_0} \quad (1-12)$$

例 1-1 图 1-8 表示闭合电路的一段电路,电压、电流的正方向如图所示,若已知 $R = 2\Omega$, $U_{AB} = -8V$, $E = 5V$,求 I 、 U_{AB} 、 U_{BC} 。

解: 设以 C 点为参考点,则

$$V_C = 0, V_A = -8V, V_B = -5V$$

于是

$$\begin{aligned} U_{AB} &= V_A - V_B = -8 - (-5) \\ &= -3V \end{aligned}$$

$$U_{BC} = V_B - V_C = -5V$$

根据所设定的正方向,得

$$I = \frac{U_{AB}}{R} = -1.5A$$

负号表示电流的实际方向是由 B 指向 A 。

应该指出的是,欧姆定律只适用于线性电阻。

二、线性电阻与非线性电阻

电阻两端电压与其流过电流的关系称为电阻的伏安特性。若以电压为横坐标,电流为纵坐标,电阻的伏安特性是一条直线,则该电阻为线性电阻,若是一条曲线则为非线性电阻(如后面要介绍的半导体二极管的正向电阻)。如图 1-9 所示。

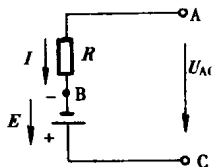


图 1-8 例 1-1 的图

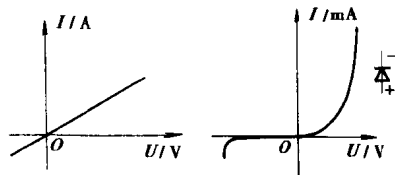


图 1-9 线性与非线性电阻的伏安特性

三、电阻的串联

如果电路中有两个或更多个电阻一个接一个地顺序相联,并且这些电阻中通过的是同一电流,则这样的联结方法就称为电阻的串联。如图 1-10a)所示。

两个串联电阻可用一个等效电阻来代替,如图 1-10b)所示,等效的条件是在同一电压 U 作用下电流 I 保持不变。等效电阻等于各个串联电阻之和,即

$$R = R_1 + R_2 \quad (1-13)$$

而且,总电压等于分电压之和,即

$$U = U_1 + U_2 \quad (1-14)$$

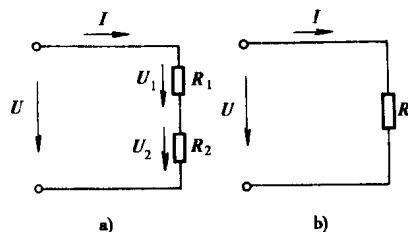


图 1-10 电阻的串联

电阻的串联可以实现分压,各个电阻上的分压分别为

$$\begin{cases} U_1 = IR_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} U \\ U_2 = IR_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} U \end{cases} \quad (1-15)$$

电阻串联的应用很多,例如在负载的额定电压低于电源电压的情况下,通常需要与负载串联一个电阻,以降低一部分电压。有时为了限制负载中通过的电流,也可以与负载串联一个限流电阻。如果需要调节电路中的电流时,一般也可以在电路中串接一个变阻器来进行调节。

四、电阻的并联

如果电路中有两个或更多个电阻联结在两个公共的点之间,则这样的联结法就称为电阻的并联,如图 1-11a)。各个并联电阻上承受同一电压。两个并联电阻也可用一个等效电阻来代替,如图 1-11b)。

等效电阻的倒数等于各个并联电阻的倒数之和,即

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

上式也可写成

$$G = G_1 + G_2$$

并联电阻用电导表示,在分析计算多支路并联电路时可以简便些。

两个并联电阻上的电流分别为

$$\begin{cases} I_1 = \frac{U}{R_1} = \frac{IR}{R_1} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} I \\ I_2 = \frac{U}{R_2} = \frac{IR}{R_2} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} I \end{cases} \quad (1-17)$$

上式称为分流公式。

一般负载都是并联的。负载并联时,它们处于同一电压下,任何一个负载的工作情况基本上不受其他负载的影响。并联的负载电阻越多(负载增加),则总电阻越小,电路中总电流和总功率也就越大。但是每个负载的电流和功率却没有变动(严格地讲,基本上不变)。

有时为了某种需要,可将电路中的某一段与电阻或变阻器并联,以起分流或调节电流的作用。

在实际电路中,往往既有电阻的串联,又有电阻的并联,即称之为混联电路。

电阻的混联电路结构多种多样,繁简不一,所以在分析这种电路时应根据具体情况具体分析。分析时要利用电阻串、并联的特点。

例 1-2 如图 1-12 所示,若 $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = 300\Omega$, $R_5 = 600\Omega$,当 S 闭合时,求 a 、 b 之间的电阻。

解: R_1 和 R_2 并联后再与 R_3 和 R_4 并联后的电阻相串联,然后与 R_5 并联。即

$$R_{12} = R_1 // R_2 = 150\Omega$$

$$R_{34} = R_3 // R_4 = 150\Omega$$

$$R_{ab} = (R_{12} + R_{34}) // R_5 = (150 + 150) // 600 = 200\Omega$$

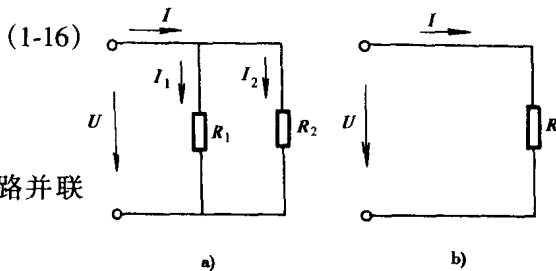


图 1-11 电阻的并联

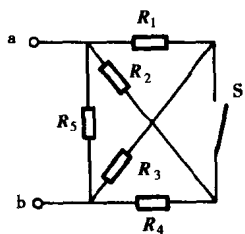


图 1-12 例题 1-2 的电路

第三节 电气设备的额定值及电路的状态

一、电气设备的额定值

1. 额定电流

我们知道电流具有热效应,所以,任何电气设备和元件在工作时都会发热。为了保证电气设备和元件的安全运行,在工作时都规定有一个最高的工作温度,很显然,工作温度取决于工作电流。所以为了不使电气设备或元件的工作温度过高,对通过它的电流值有一个限制,通常把这个限定的电流值叫做额定电流,用 I_N 表示。

2. 额定电压

通常除了额定电流以外,对允许加在电气设备或元件的电压也有一个限定值,把这个限定的电压值叫做该电气设备和元件的额定电压,用 U_N 表示。

任何电气设备和元件都有各自的额定电流和额定电压,对电阻性负载而言,其额定电流和额定电压的乘积就等于它的额定功率,即 $P_N = I_N U_N$ 。如标有 220V、100W 的灯泡,这个值即为额定值。

例 1-3 一只标有“220V、40W”的灯泡,试求它在正常工作条件下的电阻和通过灯泡的电流。若每天使用 4 小时(h),问一个月(30 天)消耗多少度电能?(1kW·h 即为俗称的 1 度电。)

解:

$$I = \frac{P}{U} = \frac{40}{220} = 0.182\text{A}$$

$$R = \frac{U}{I} = \frac{220}{0.182} = 1210\Omega$$

$$W = Pt = 40 \times 4 \times 30 = 4800\text{Wh} = 4.8\text{kW} \cdot \text{h}$$

流过灯泡的电流是 0.182A,灯泡的电阻是 1 210Ω,一个月耗电 4.8 度。

二、电路的状态

1. 额定工作状态

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 220V、100W 的灯泡,在使用时不能接在 380V 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 1-3 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。

2. 断路工作状态

如图 1-3 所示,当开关打开时,电源与负载之间未构成闭合回路,即电路处在断路(开路)状态。此时电路具有以下特点

$$I = 0 \quad U = E \quad (1-18)$$

3. 短路工作状态

当电源两端由于某种原因而被短接时,则电路处于短路状态,此时端电压 $U = 0$,电源将通过极大的电流 $I_S = E/R_0$,这将使电源被烧毁。短路也可能发生在负载或电路的任何处,因此在工作中要防止短路事故发生。造成短路的原因主要有:绝缘损坏或接线不当。为了防止短路造成电气设备的损坏,可在电源侧接入熔断器和自动断路器。

第四节 电压源与电流源及其等效变换

发电机,电池等都是实际的电源。在电路分析中,常用等效电路来代替实际的部件。电源的等效电路有两种表示形式,一种是电压源,一种是电流源。

一、电 压 源

图中 1-13a)中的电源为电池。它的电动势 E 和内电阻 R_0 从电路结构上来看,是紧密地结合在一起而不容易截然分开的,但为了便于电路的分析计算,可用 E 和 R_0 串联的电路结构来

代替实际的电源,如图 1-13b)所示,图 1-13b)就是电源的电压源表示法,简称电压源。

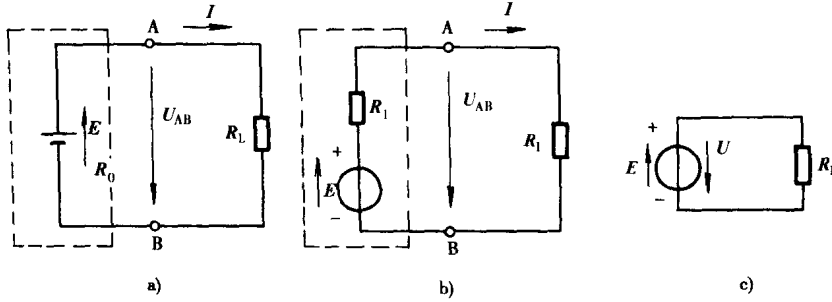


图 1-13 电压源

a)电源为电池;b)电源用电压源表示;c)理想电压源对负载电阻供电

在电压源中,如果令 $R_0 = 0$, 则

$$U_{AB} = E \quad (1-19)$$

因为 E 通常是一恒定值,所以这种电压源称为理想电压源,又称恒压源。理想电压源只是从电路中抽象出来的一种理想元件,实际上并不存在,但从电路理论分析的观点来看,引入这种理想元件是有用的。如果电源的内阻 R_0 远小于负载电阻 R_L ,那么随着负载电流的变化,电源的端电压基本上保持不变,这种电源就接近于一个恒压源。例如稳压电源在它的工作范围内,就认为是一个恒压源。理想电压源的图形符号如图 1-13c)所示。

二、电 流 源

电源的等效电路除用电压源的形式表示外,还可用电流源的形式来表示,由图 1-13b)可得

$$E = U_{AB} + IR_0 \quad (1-20)$$

或

$$\frac{E}{R_0} = \frac{U_{AB}}{R_0} + I$$

上式中 E/R_0 是电源的短路电流 I_S , I 是负载取用的电流, U_{AB}/R_0 等于 I_S 与 I 之差,它是在电源内部被 R_0 分去的电流,若以 $G_0 = 1/R_0$ 来表示电源的内电导,则公式(1-20)可写成

$$I_S = G_0 U_{AB} + I \quad (1-21)$$

因为公式(1-20)和(1-21)是同一电源的两种表达式,所以图 1-14 和图 1-13b)是同一电源的两种等效电路。图 1-14 称为电源的电流源表示法,简称电流源。

在电流源中,如果令 $G_0 = 0$, 即 $R_0 = \infty$, I_S 在电源内被分去的电流等于零,因此

$$I = I_S \quad (1-22)$$

此时电源输出的电流为恒定值,且和负载电阻的大小无关。这种电源称为理想电流源,又称为恒流源。理想电流源的图形符号,如图 1-15 所示。

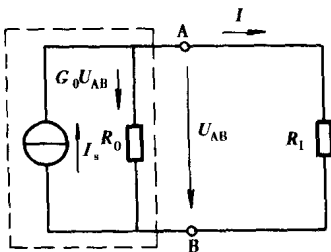


图 1-14 电源的电流源等效电路

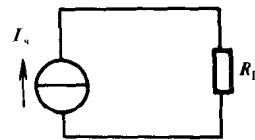


图 1-15 理想电流源

三、电压源和电流源的等效变换

如上所述,一个实际的电源既可用电压源表示,也可用电流源来表示,因此它们之间可以进行等效变换。在进行电源的等效变换时应注意以下几点:

(1)电压源和电流源的等效变换只能对外电路(连接导线、开关和负载等组成)等效,对内电路(电源内部)则不等效。例如把电压源变换为电流源时,若电源的两端处于断路状态,这时从电压源来看,其输出电流和电源内部的损耗均应等于零。但从电流源来看, R_0 上有电流 I_S 通过,电源内部有损耗,两者显然是不等效的。由此可见,所谓电源的等效变换,仅指对计算外电路的电压、电流等效。

(2)把电压源变换为电流源时,电流源中的 I_S 等于电压源的输出端短路时的电流, I_S 的方向应与电压源对外电路输出的电流方向保持一致,电流源中的并联电阻与电压源的内电阻相等。

(3)把电流源变换为电压源时,电压源中的电动势 E 等于电流源输出端断路时的端电压, E 的方向应与电流源对外电路输出电流的方向保持一致,电压源中的内电阻与电流源中的并联电阻相等。

(4)恒压源和恒流源之间不能进行等效变换。

根据以上讲述,应用电压源和电流源的等效变换,可把电源并联的复杂电路简化为简单电路,使计算简便。

例 1-4 如图 1-16 所示,设电路中的 $E_1 = 18\text{V}$, $E_2 = 15\text{V}$, $R_1 = 12\Omega$, $R_2 = 10\Omega$, $R_3 = 15\Omega$, 求各电流值。

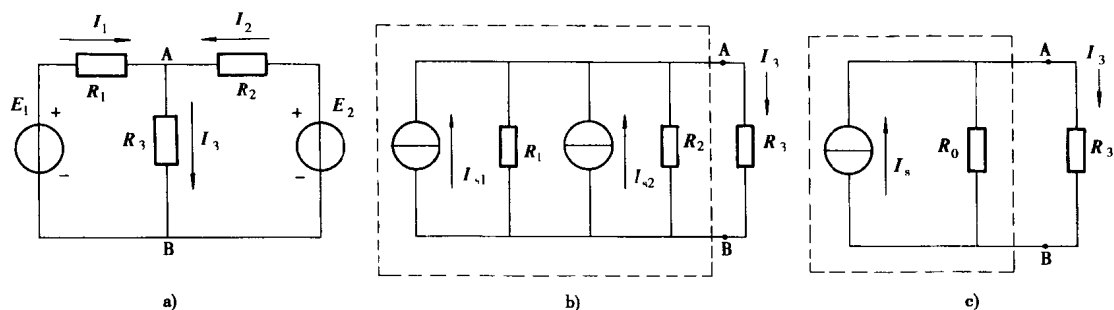


图 1-16 例题 1-4 的电路

分析:图中 R_1 、 R_2 、 R_3 既非串联也非并联,所以仅用欧姆定律和电阻串、并联化简的方法还不能直接求出电路中的电流。这种电路称为复杂电路。但这种多电源并联的复杂电路可运用电压源和电流源等效变换的方法进行化简。

解:首先把图 1-16a)中的两个电压源分别等效为电流源,如图 1-16b)所示。然后再把两个电流源合并,化为一个简单电源,如图 1-16c)所示。

$$I_{S1} = \frac{18}{12}\text{A}, I_{S2} = \frac{15}{10}\text{A}$$

$$I_S = I_{S1} + I_{S2} = 3\text{A}$$

$$R_0 = R_1 // R_2 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{60}{11}\Omega$$

$$I_3 = \frac{R_0}{R_0 + R_3} I_S = \frac{\frac{60}{11}}{\frac{60}{11} + 15} \times 3 = 0.8 \text{ A}$$

$$U_{AB} = I_3 R_3 = 15 \times 0.8 = 12 \text{ V}$$

$$I_1 = \frac{E_1 - U_{AB}}{R_1} = \frac{18 - 12}{12} = 0.5 \text{ A}$$

$$I_2 = \frac{E_2 - U_{AB}}{R_2} = \frac{15 - 12}{10} = 0.3 \text{ A}$$

第五节 克希荷夫定律

一、基本概念

除欧姆定律外,克希荷夫定律也是分析计算电路的基本定律。克希荷夫定律不仅适合分析求解简单电路,而且也适合于分析复杂电路。

克希荷夫定律共有两个:电流定律,适合于结点;电压定律,适合于回路。图 1-17 所示的电路可看做汽车中发电机、蓄电池和车灯等组成的并联电路,下面结合该电路介绍几个基本概念

(1)支路:电路中通过同一电流的每个分支称为支路。例如图中有三条支路。即 $F-E_1-R_{01}-A$; $H-E_2-R_{02}-B$; $D-R_L-C$ 。

(2)结点:三条或三条以上支路的连接点称为节点。如图 1-10 中有两个节点,即 B 点和 H 点。

(3)回路:电路中任一闭合的路径称为回路,如图 1-17 所示的 $ABHFA$, $BCDHB$, $ABCDHFA$ 均是回路。

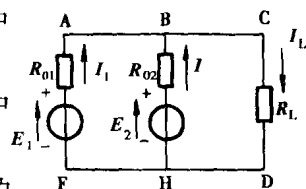


图 1-17 发电机、蓄电池和负载相并联的电路

二、克希荷夫电流定律(KCL)

因为电流具有连续性,在电路中任意节点上均不可能发生电荷持续堆积的现象。所以流入节点的电流之和必定等于流出结节点的电流之和,即

$$\sum I_1 = \sum I_0 \quad (1-23)$$

这一关系称为克希荷夫电流定律,通常又称为第一定律。根据图 1-17 所设定的电流正方向可知,对于 B 点有

$$I_1 + I_2 = I_L$$

三、克希荷夫电压定律(KVL)

当直流电路中各个电动势、电阻一定时,沿任一回路绕行一周,电路中各电位升之和必定等于各电位降之和。即

$$\sum U_r = \sum U_f \quad (1-24)$$

这一关系,就称为克希荷夫电压定律,通常又称为第二定律,显然,它是能量守恒定律的体现。