

电工技术

DIAN GONG JI SHU

胡伟轩 周鑫霞 主编

华中科技大学出版社



电 工 技 术

华中科技大学电工学教研室

胡伟轩 周鑫霞 主编

艾 武 李 燕 周鑫霞

段春玲 胡伟轩 编

华中科技大学出版社

武 汉

图书在版编目(CIP)数据

电工技术/胡伟轩 周鑫霞主编

武汉:华中科技大学出版社, 1997年9月

ISBN 7-5609-1560-4

I. 电…

I. ①胡… ②周…

II. 电工技术-高等学校-教材

IV. TM

电工技术

胡伟轩 周鑫霞 主编

责任编辑:郑兆昭

*

华中科技大学出版社出版发行

(武昌喻家山 邮编:430074)

华中科技大学印刷厂印刷

*

开本:787×1092 1/16 印张:17.75 字数:430 000

1997年9月第1版 2003年3月第3次印刷

印数:3 501—5 000

ISBN 7-5609-1560-4/TM·68

定价:22.00元

(本书若有印装质量问题,请向出版社发行部调换)

内 容 简 介

本书是按照电工学课程指导委员会 1993 年新修订的“高等学校《电工技术(电工学 I)》、《电子技术(电工学 II)》课程教学基本要求”进行编写的。全套书分《电工技术》、《电子技术》两本出版。

本书主要内容是:电路的基本概念和基本定律、电路的分析方法、电路的暂态分析、单相正弦交流电路、三相电路、非正弦周期电压和电流的分析、磁路与变压器、三相异步电动机、直流电机、其它类型电机、继电-接触器控制、微型计算机与可编程控制器控制系统、电量和非电量测试技术和安全用电。

在叙述时,尽量将微型计算机技术在电工技术中的应用加以介绍。

每章附有例题、习题和教学基本要求。

本书可作为高等工业学校本科机械类、近机械类各专业《电工技术(电工学 I)》课程的教材,也可供从事电工技术的工程技术人员参考。

前 言

为适应形势发展的需要,我们从1987年就编写了《电工技术》、《电子技术》两种讲义。经多年教学使用并修订过一次,在使用中得到了学生和兄弟院校好评,此次由我校教材建设委员会评审推荐正式出版。出版前又在上述讲义(第二版)的基础上重新编写。编写时注意了以下几点:

1. 贯彻了1993年电工学课程指导小组修订的新的教学基本要求。
2. 尽量反映电工技术、电子技术中的最新技术,尤其是那些目前已应用较广或带有方向性的新技术。
3. 反映计算机技术对电工电子技术的渗透。
4. 为学生今后学习微型计算机打基础。
5. 电工学课程指导小组修订的教学基本要求是面向全国各类高等学校的,而学校各有特点,专业也有不同,为适应不同需要,在选材时,内容的宽度和深度都有适当扩大。具体地说,在电工技术中,我们增加了可编程控制器、微型计算机在控制、测量、信号分析中的应用、非电量测量等内容;在电子技术中,增加了可编程逻辑器件、存储器、电力电子技术、半导体敏感元件及应用、电子线路中的抗干扰技术等内容。另外,每章都列出了电工学课程指导小组修订的教学基本要求。教学基本要求以外的内容,由任课教师根据需要与可能来选择。

参加本书编写工作的有艾武(第七、八、九、十章),李燕(第十三章),周鑫霞(第一、二、三章,十二章部分),段春玲(第四、五章),胡伟轩(第六、十一、十四章,十二章部分)。最后由胡伟轩、周鑫霞定稿。

由于编写时间仓促,水平有限,书中难免有欠妥之处,恳切希望读者批评指正。

编 者

1996.6

主要符号表

符号	意 义	单 位
B	①磁感应强度	T
	②电纳	S
B_0	真空磁感应强度	T
B_m	磁感应强度最大值	T
B_r	剩磁	T
C	电容	F, μ F, pF
E	①直流电动势	V, mV, kV
	②交流电动势有效值	V, mV, kV
$\bar{E}$	正弦交流电动势有效值相量	V, mV, kV
e	交流电动势瞬时值	V, mV, kV
F	①磁动势	A
	②电磁力	N
f	频率	Hz
f_0	谐振频率	Hz
G	电导	S
H	磁场强度	A/m
H_c	矫顽力	A/m
I	①直流电流	A, mA, μ A
	②交流电流有效值	A, mA, μ A
$\dot{I}$	正弦交流电流有效值相量	A, mA, μ A
I_1	①定子电流	A
	②变压器原边电流	A
I_2	①转子电流	A
	②变压器副边电流	A
I_A	电枢电流	A
I_f	励磁电流	A, mA
I_m	交流电流最大值	A, mA, μ A
I_N	额定电流	A, mA, μ A
I_{st}	启动电流	A
i	交流电流瞬时值	A, mA, μ A
K	匝比	无量纲
L	电感	H, mH, μ H
m	步进电机的相数	无量纲
N	线圈匝数	无量纲
N_1	变压器原边线圈匝数	无量纲
N_2	变压器副边线圈匝数	无量纲
n	转子转速	r/min
n_N	额定转速	r/min
n_s	同步转速	r/min
P	平均功率(有功功率)	W, kW
P_{in}	(电机)输入功率	W, kW

符号	意 义	单位
P_2	(电机)输出功率	W, kW
P_N	额定功率	W, kW
p	①瞬时功率	W, kW
	②电机的磁极对数	无量纲
Q	①电荷量	C
	②无功功率	var
	③品质因数	无量纲
q	电荷量瞬时值	C
R	电阻	$\Omega, k\Omega, M\Omega$
R_0	(仪表)表头内阻	$\Omega, k\Omega, M\Omega$
R_2	转子电阻	$\Omega, k\Omega, M\Omega$
R_a	电枢绕组电阻	$\Omega, k\Omega, M\Omega$
R_f	励磁绕组电阻	$\Omega, k\Omega, M\Omega$
R_L	负载电阻	$\Omega, k\Omega, M\Omega$
R_m	磁阻	A/Wb
R_s	电源内阻	$\Omega, k\Omega, M\Omega$
R_{st}	启动电阻	$\Omega, k\Omega, M\Omega$
r	动态电阻	$\Omega, k\Omega, M\Omega$
S	①视在功率	V·A
	②复功率	V·A
	③磁路截面积	mm ²
s	转差率	无量纲
T	①周期	s
	②电磁转矩	N·m
T_0	空载转矩	N·m
T_L	负载转矩	N·m
T_N	额定转矩	N·m
T_{st}	启动转矩	N·m
U	①直流电压值	V, mV, kV
	②交流电压有效值	V, mV, kV
$\dot{U}$	正弦交流电压有效值相量	V, mV, kV
U_1	①定子电压	V, mV, kV
	②变压器原边电压	V, mV, kV
U_2	变压器副边电压	V, mV, kV
U_L	线电压有效值	V, mV, kV
U_m	交流电压的最大值	V, mV, kV
U_N	额定电压	V, mV, kV
U_ϕ	相电压有效值	V, mV, kV
u	交流电压瞬时值	V, mV, kV
φ	电路某点电位值	V, mV, kV
v	速度	m/s
W	功, 能	J, kW·h
X	电抗	$\Omega, k\Omega$
X_C	容抗	$\Omega, k\Omega$

符号	意 义	单 位
X_L	感抗	$\Omega, k\Omega$
η	效率	无量纲
λ	过载系数	无量纲
μ	①导磁率	H/m
	②电压放大系数	无量纲
μ_0	空气导磁率	H/m
ρ	电阻率	$\Omega \cdot mm^2/m$
ϕ	磁通	Wb
ϕ_m	磁通最大值	Wb
ϕ_σ	漏磁通	Wb
φ	相位差	$^\circ, rad$
φ	初相位	$^\circ, rad$
ω	角频率	rad/s
ω_0	谐振频率	rad/s

目 录

第一章 电路的基本概念和基本定律

1.1 电路及电路模型.....	(1)	四、理想电压源	(11)
1.2 电路的基本物理量.....	(2)	五、理想电流源	(12)
一、电流和电流强度	(2)	1.4 电路的工作状态	(13)
二、电动势	(3)	一、电路的有载工作状态	(13)
三、电压	(3)	二、开路	(14)
四、电位	(4)	三、短路	(15)
五、电功和电功率	(6)	1.5 克希荷夫定律	(15)
1.3 理想元件	(6)	一、克希荷夫电流定律	(15)
一、电阻元件	(7)	二、克希荷夫电压定律	(16)
二、电感元件	(9)	习题	(18)
三、电容元件	(10)		

第二章 电路的分析方法

2.1 等效电路的概念	(22)	一、戴维南定理	(30)
2.2 实际电源的两种模型之间 的等效变换	(23)	二、诺顿定理	(33)
2.3 支路电流法	(25)	2.6 叠加原理	(34)
2.4 节点电压法	(27)	2.7 受控电源	(36)
2.5 等效电源定理	(30)	习题	(38)

第三章 电路的暂态分析

3.1 概述	(42)	一、耦合电路	(52)
3.2 换路定则	(42)	二、微分电路	(53)
3.3 一阶电路的响应	(44)	三、积分电路	(54)
一、一阶电路的零输入响应	(44)	3.6 RLC 电路的零输入响应	(55)
二、一阶电路的零状态响应	(47)	3.7 用微型计算机对电路暂态过程 进行测试与辅助分析	(58)
三、一阶电路的全响应	(48)	习题	(59)
3.4 一阶电路暂态分析的三要素法	(49)		
3.5 RC 电路对矩形脉冲的响应	(52)		

第四章 单相正弦交流电路

4.1 正弦交流电的基本概念	(64)	4.2 正弦交流电的相量分析	(69)
一、正弦电压、电流和电动势	(64)	一、相量和相量图法	(70)
二、正弦交流电的三要素	(65)	二、相量式	(71)
三、正弦交流电的有效值	(68)	4.3 单一参数的交流电路	(74)
四、正弦交流电的参考方向	(69)	一、电阻元件的交流电路	(74)

二、电感元件的交流电路	(76)	一、瞬时功率	(92)
三、电容元件的交流电路	(78)	二、有功功率、无功功率和功率因数	(93)
4.4 RLC 串联的交流电路	(80)	三、视在功率	(94)
一、电压和电流的关系	(80)	四、复功率	(96)
二、阻抗三角形和复阻抗	(81)	4.8 功率因数的提高	(99)
三、电路性质的讨论	(82)	一、提高功率因数的意义	(99)
四、阻抗的串联	(83)	二、提高功率因数的方法	(100)
4.5 RLC 并联的交流电路	(85)	4.9 电路中的谐振	(102)
一、电压和电流的关系	(85)	一、串联谐振	(103)
二、阻抗的并联与复导纳	(87)	二、并联谐振	(105)
4.6 复杂交流电路的分析与计算	(89)	习题	(108)
4.7 正弦交流电路的功率	(92)		

第五章 三相电路

5.1 三相电源	(113)	二、三相三线制电路	(118)
一、三相对称电动势的产生	(113)	三、不对称三相负载的星形联接	(119)
二、电源的星形(Y)联接	(114)	5.3 三相负载的三角形(Δ)联接	(120)
5.2 三相负载的星形(Y)联接	(116)	5.4 三相电路的功率	(122)
一、三相四线制电路	(116)	习题	(123)

第六章 非正弦周期电压和电流的分析

6.1 非正弦周期量的分解	(125)	6.3 用微机分析非正弦	
6.2 非正弦周期量的有效值	(128)	周期信号	(129)
		习题	(129)

第七章 磁路与变压器

7.1 磁路及其基本物理量	(131)	二、功率损耗	(138)
一、磁路的基本概念	(131)	7.6 变压器	(139)
二、磁路的基本物理量	(132)	一、变压器的基本结构	(139)
7.2 磁性材料的基本特性	(133)	二、变压器的工作原理	(140)
一、高导磁性	(133)	三、变压器的运行特性	(142)
二、磁饱和性	(133)	四、三相变压器	(144)
三、磁滞性	(134)	五、特殊变压器	(145)
7.3 磁路的基本定律	(135)	六、变压器绕组极性的测定	(147)
7.4 直流磁路的计算	(137)	7.7 电磁铁	(148)
7.5 交流铁心线圈的基本特性	(138)	一、直流电磁铁	(148)
一、交流铁心线圈电路中外加电压		二、交流电磁铁	(149)
与磁通的关系	(138)	习题	(151)

第八章 三相异步电动机

8.1 三相异步电动机的基本结构	(153)	一、定子	(153)
------------------------	-------	------------	-------

二、转子	(154)	一、直接启动(全压启动)	(166)
8.2 三相异步电动机的工作原理	(154)	二、降压启动	(166)
一、旋转磁场	(155)	三、线绕式异步电动机的启动	(167)
二、转动原理	(158)	8.6 三相异步电动机的调速	(169)
8.3 三相异步电动机的铭牌		一、改变电源频率调速	(169)
及技术数据	(159)	二、改变极对数调速	(169)
8.4 三相异步电动机的电磁转矩		三、改变转差率调速	(170)
与机械特性	(160)	8.7 三相异步电动机的制动	(170)
一、定、转子电路	(160)	一、反接制动	(170)
二、电磁转矩	(161)	二、能耗制动	(171)
三、机械特性	(162)	8.8 选用异步电动机的一般原则	(171)
四、运行特性	(164)	习题	(172)
8.5 三相异步电动机的启动	(165)		

第九章 直流电机

9.1 直流电机的基本结构	(174)	二、机械特性	(178)
9.2 直流电机的工作原理	(175)	9.5 并励直流电动机的其它	
一、直流发电机的工作原理	(175)	工作状态	(179)
二、直流电动机的工作原理	(176)	一、启动	(179)
9.3 直流电动机的分类与额定值	(177)	二、反转	(181)
一、分类	(177)	三、调速	(181)
二、额定值	(177)	四、制动	(184)
9.4 并励直流电动机的运行	(178)	习题	(186)
一、运行参数之间的联系	(178)		

第十章 其它类型电机

10.1 同步电动机	(188)	二、转动原理	(191)
一、同步电动机的基本结构	(188)	10.3 控制电机	(193)
二、同步电动机的运行原理	(188)	一、伺服电动机	(193)
三、同步电动机的异步启动	(189)	二、直流调速发电机	(195)
10.2 单相异步电动机	(190)	三、步进电动机	(195)
一、磁场分析	(190)	习题	(200)

第十一章 继电-接触器控制

11.1 常用控制电器	(201)	二、单向直接启动控制	(209)
一、主令电器	(201)	三、正反转控制	(210)
二、接触器	(204)	四、联锁控制	(211)
三、继电器	(205)	五、集中控制与分散控制	(212)
四、熔断器	(206)	11.3 典型控制环节	(212)
五、自动开关	(208)	一、行程控制	(212)
11.2 基本继电-接触器控制电路	(208)	二、时间控制	(214)
一、电气原理图	(208)	三、速度控制	(216)

11.4 综合应用	(218)	三、工作台循环运动的自动控制	(221)
一、行程与时间的综合控制	(218)	11.5 电液控制系统	(223)
二、顺序控制	(219)	习题	(225)

第十二章 微型计算机和可编程控制器控制系统

12.1 开环控制与闭环控制	(228)	四、逻辑概念	(232)
12.2 微型计算机控制系统	(230)	五、PC 程序的表达方式	(233)
12.3 可编程控制器	(231)	六、F1-20MR-E 可编程控制器的常用指令	(234)
一、可编程控制器的特点	(231)	七、编程举例	(237)
二、可编程控制器的基本结构	(231)	习题	()
三、可编程控制器的工作方式	(232)		

第十三章 电测技术

13.1 概述	(238)	三、功率的测量	(245)
13.2 电测量指示仪表的一般知识	(238)	四、电能的测量	(246)
一、电测量指示仪表的分类	(239)	13.4 电阻、电感、电容的测量	(247)
二、电测量指示仪表的误差、准确度及灵敏度	(239)	一、电阻的测量	(247)
三、量程的选择	(241)	二、电感和电容的测量	(247)
四、电工仪表的表面符号及意义	(241)	13.5 万用表	(248)
五、电工仪表的结构、作用原理、特点和用途	(242)	13.6 非电量的电测技术	(248)
六、仪表的选择与使用	(243)	一、参数式传感器	(250)
13.3 电流、电压、功率和电能的测量	(243)	二、发电式传感器	(252)
一、电流的测量	(243)	三、半导体敏感元件	(254)
二、电压的测量	(244)	四、测量电路	(254)
		13.7 微型计算机在测试技术中的应用	(256)
		习题	(256)

第十四章 安全用电

14.1 电流对人体的危害	(257)	14.5 电气防火与防爆	(260)
14.2 人体触电方式	(258)	14.6 微型计算机在安全用电方面的应用	(261)
14.3 防止人身触电的技术措施	(259)	习题	(261)
14.4 静电的防护	(260)		

附录一 常用电气图形符号	(262)
--------------------	-------

附录二 部分习题答案	(265)
------------------	-------

第一章 电路的基本概念和基本定律

本章主要讨论电路的组成、电路的基本物理量和电路的基本定律。本章的内容很多已在物理课中学过,因此,这些内容属于复习性质并起一种承上启下的作用。若学生基础很好,本章的讲课进度可加快,甚至可让学生自学。本章虽以直流电路为例来讨论,但基本概念和基本定律在交流电路中也适用。

本章的教学基本要求是:

- (1)理解电路模型及理想电路元件(电阻、电感、电容、电压源和电流源)的电压与电流关系。理解电压、电流参考方向的意义。
- (2)理解克希荷夫定律。
- (3)了解电功率和额定值的意义。
- (4)了解非线性电阻元件的伏安特性及静态电阻、动态电阻的概念。了解简单非线性电阻电路的图解分析法。

1.1 电路及电路模型

电流流通的路径称为电路。它是为了某种需要由某些电工电子设备或元件按一定方式联接而成的。电路的形式多种多样。图 1.1 是一种常见的典型电路,其作用是实现电能的传输和转换。它是由电源、负载、联接导线以及控制和保护电器等四个基本部分组成。

电源是产生电能和设备。其作用是将其它形式的能量(如化学能、热能、水能、太阳能、原子能等)转变为电能。常用的电源有发电机、电池等。

负载就是各种用电设备。它的作用是将电源供给的电能转变为其它形式的能量。如灯泡将电能变为光能、电炉将电能变为热能等。

联接导线将电源和负载联成一个闭合通路,起着传输和分配电能的作用。

控制和保护电器的作用是对电路进行控制和保护。如刀开关控制电路的接通与断开,保险丝用作短路保护等。

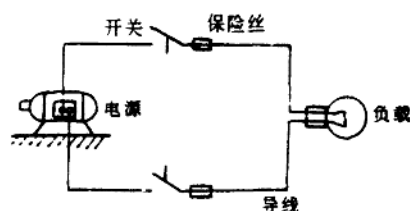


图 1.1 电路的组成

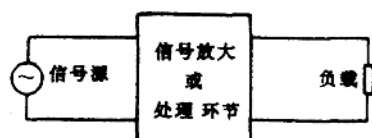


图 1.2 另一种典型电路

工程上另一种常见的电路如图 1.2 所示。它是由信号源、信号放大或处理环节、负载及联接导线组成。这种电路的作用是传递、放大或处理信号。收音机电路就是一个典型的例子。

信号源的作用是向信号放大或处理环节提供电信号。电信号可能由信号源直接产生,也可

能通过传感器将非电量(例如温度、声音等)变换而来。信号放大或处理环节对信号源发出的电信号进行处理,如放大、整形、运算等。经处理后的电信号输出至负载(如扬声器、伺服电机等)。

在《电工技术》中,我们遇到的多数是图 1.1 所示类型的电路,而在《电子技术》中,我们所遇到的大多都是图 1.2 所示类型的电路。

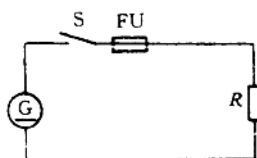


图 1.3 图 1.1 电路的电路模型

任何实际电路都是由实际元件组成的。实际元件的特性比较复杂,它在电路中往往同时有热效应、电磁效应和电场效应,但是以其中的一种或两种效应为主。例如,电灯泡以热效应为主,而电磁效应和电场效应很小。因此,在分析和计算实际电路时,常用理想元件(电路元件)例如电阻元件 R 、电感元件 L 和电容元件 C 等来代替实际元件。理想元件可以精确定义并可准确地表示出一个实际元件的主要性质。这样,一个实际的电路就可抽象成由一些理想元件组成的电路,这就是电路模型。在电工技术中,我们所讨论的都是电路模型。在一定条件下,任何实际元件都可由理想元件来表示。每一个实际电路都可以得到与之对应的电路模型。例如图 1.1 电路的电路模型如图 1.3 所示。

1.2 电路的基本物理量

不管是什麼形式的电路,也不管电路的作用如何,它们都是通过电动势、电压、电流等一些基本物理量来实现电能的传递和转换的。这些基本物理量在中学和大学物理中已学过,因此这里只作些简单的叙述。

一、电流和电流强度

在电场作用下带电粒子作定向运动形成电流。习惯上把正电荷移动的方向作为电流的方向。电流的大小用电流强度来表示。电流强度等于单位时间内通过导体截面的电量,即

$$I = \frac{dq}{dt} \quad (1.1)$$

电流强度和方向不随时间变化的电流称为恒定电流,简称直流。此时

$$I = \frac{Q}{t} \quad (1.2)$$

式中, $q(Q)$ 是时间 t 内流过导体截面的电量,它的单位为库仑(C),简称库。

电流强度的单位为安培(A) $1A = 1$ 库仑/秒(C/s)。有时安培单位太大,可用毫安(mA)或微安(μA)为单位。它们的关系为

$$1A = 10^3 mA = 10^6 \mu A$$

电路中电流方向通常是随时间变化的,而在较复杂的直流电路中,一般也难以事先判断电流的真实方向。因此,在分析电路时常可任意选择一个方向作为电流的参考方向(或称正方向)并用箭头标在图上作为解题的依据。

根据参考方向并结合某一时刻电流值的正负,便可判断出此时电流的真实方向。若电流值为正,则电流的真实方向与参考方向一致;若电流值为负,则两者相反。注意,电流的真实方向一般不标在图上,以免与参考方向混淆。

二、电动势

每个电源都有两个电极,一个叫正极,一个叫负极。在电源内部存在着一种非静电力,它能克服静电力力的阻碍把正电荷从负极(低电位)移到正极(高电位)。在这个过程中非静电力作了功,正电荷获得了能量,将其它形式的能量转变为电能。在电源内部使单位正电荷由电源的负极移到正极非静电力作的功称为电源的电动势。所以电动势是表示非静电力做功的本领的物理量。

设非静电力将电荷 q 由电源负极移到正极所作的功为 w , 则电源的电动势为

$$e = \frac{dw}{dq} \quad (1.3)$$

当电源电动势恒定时,称之为直流电源的电动势,此时

$$E = \frac{W}{Q} \quad (1.4)$$

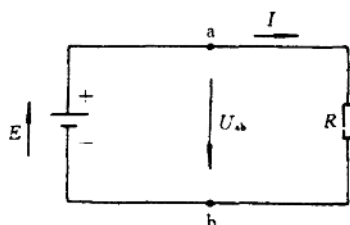


图 1.4 电路中的 E 、 U 和 I

电动势的单位是伏特,简称伏(V)。

电动势的方向规定为由负极指向正极,即电位升高的方向,如图 1.4 所示。

三、电压

在外电路,正电荷在电场力的作用下从高电位处流向低电位处。在这个过程中,正电荷把它原先在电源内获得的能量释放出来而做功,将电能转换为其它形式的能量。

电场力将单位正电荷从电路中某一点沿外电路移到另一点所作的功称为这两点之间的电压,用 u 表示。

$$u = dw / dq \quad (1.5)$$

电场力恒定的电压称为直流电压,在图 1.4 中,

$$U_{ab} = W / Q \quad (1.6)$$

电压是表示电场力做功本领的物理量。其方向规定为从高电位指向低电位,即电位降的方向。

电压的单位也是伏。电压过高时用千伏(kV)作单位,电压很低时用毫伏(mV),微伏(μ V)作单位。

在求解较复杂电路时通常也事先任选一个方向作为电压的参考方向(或称正方向),用箭头或正、负极性标在图上作解题依据。当所得电压为正值时,则电压的真实方向与参考方向相同,当电压为负值时,则两者方向相反。

电路中每一个元件电流的参考方向和电压的参考方向均可任意选择,不会影响结果的正确性。当同一元件上的电流和电压的参考方向取得一致时,称之为关联方向;反之,则称为非关联方向。习惯上常采用关联方向,此时图上只需标出电流或者电压的参考方向就可以了。在以后各章里,只要不附加说明,电路均采用的是关联方向。

原物理学中所学过的欧姆定律等公式都是在关联方向的前提下推导出来的。当 U 、 I 取非关联方向时,根据电压的定义则有

$$U = -IR$$

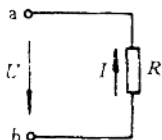


图 1.5 例 1.1 图

例 1.1 图 1.5 所示电路中, 已知 $I = -1\text{A}$, $R = 5\Omega$, 试求电压 U 。

解: 因 R 上 U 、 I 非关联方向, 故欧姆定律形式应为

$$U = -IR$$

得 $U = -(-1)\text{A} \times 5\Omega = 5\text{V}$

从例中可以看出, 在以后的学习过程中, 我们将与两套符号打交道: 一套是公式的正、负号 (如欧姆定律中的正、负号等), 另一套是物理量自身的正、负号 (如电压、电流的正、负等)。通常是先根据参考方向的选择 (关联或非关联) 确定相应的公式, 然后再代入具体数值求解, 以免出错。

四、电位

在分析电路尤其是电子线路时, 常常需要计算电路中某点的电位。而为了确定某点的电位, 必须事先在电路中选定某一点作为“参考点”。参考点的电位就是参考电位。通常规定参考点的电位为零。电路中其他各点的电位则和参考点电位作比较。比它高的为正, 比它低的为负。电力工程上常常选大地作为参考点, 即认为大地电位为零; 而在电子线路中, 则选一条特定的公共线作为参考点, 这条线也叫“地线”, 但它不是真正的大地, 也没有与大地相连。在电工技术和电子技术中, 根据我国规定, 接地符号 (即与大地直接相连) 用 $\perp$ 表示; 接机壳或接底板用符号 $\perp$ 或 $\perp$ 表示; 等电位用符号 ∇ 表示。接地、或接机壳、或接底板、或等电位点就是线路中的参考点。

在选定参考点后, 电路上其他各点便有了确定的电位。电路中某一点的电位, 等于电场力把单位正电荷从该点移到参考点所作的功, 也就是该点与参考点之间的电压。

例 1.2 如图 1.6 所示。已知 ac 两点之间的电压 $U_{ac} = 10\text{V}$, $R_1 = 4\Omega$, $R_2 = 6\Omega$, 并指定 c 点为参考点。求 a 点和 b 点的电位。

解: 根据欧姆定律得

$$I = \frac{U_{ac}}{R_1 + R_2} = \frac{10}{4 + 6}\text{A} = 1\text{A}$$

则 a 点电位 V_a 为

$$V_a = U_{ac} = 10\text{V}$$

b 点电位 V_b 为

$$V_b = U_{bc} = IR_2 = (1 \times 6)\text{V} = 6\text{V}$$

从这里不难看出, 电路中两点之间的电压就是该两点之间电位之差。例如

$$U_{ab} = V_a - V_b = (10 - 6)\text{V} = 4\text{V}$$

这和用欧姆定律

$$U_{ab} = IR_1 = (1 \times 4)\text{V} = 4\text{V}$$

求出的结果是一样的。

因此要求电路中某一点的电位, 只要把该点与参考点之间的电压求出来即可。

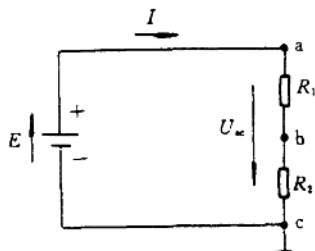


图 1.6 例 1.2 图

注意:参考点可以任意选择。但参考点一旦选定,电路上其他各点的电位也就随之确定了。电路中各点的电位因参考点的不同而改变(即与参考点的选择有关)。但电路中任意两点之间的电压(电位差)却不因参考点的不同而改变(与参考点的选择无关),即电路中各点电位值是相对的,而两点间的电压值是固定的。

例 1.3 如图 1.7(a)和(b)所示电路。它们不同之处是参考点不同。

对图 1.7(a),因为选定 c 点为参考点,即 c 点电位为零。因此

a 点电位 $V_a = 3\text{V}$

b 点电位 $V_b = 1.5\text{V}$

a 点和 b 点之间的电压

$$U_{ab} = V_a - V_b = (3 - 1.5)\text{V} = 1.5\text{V}$$

对图 1.7(b),因为选定 b 点为参考点,即 b 点电位为零,因此

a 点电位 $V_a = 1.5\text{V}$

b 点电位 $V_b = 0\text{V}$

c 点电位 $V_c = -1.5\text{V}$,即 c 点电位比 b 点电位低 1.5V,但 a 点和 b 点之间的电压

$$U_{ab} = V_a - V_b = (1.5 - 0)\text{V} = 1.5\text{V}$$

不因参考点的不同而改变。

在画电路时,为了简化起见,常不画电源,这时各端标以电位值。如图 1.8(a)电路的简化画法如图(b)所示。

例 1.4 电路如图 1.9 所示。求开关 S 断开和合上时 b 点和 c 点的电位。

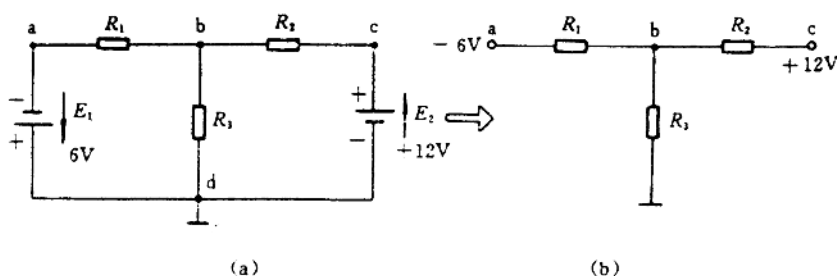


图 1.8 电路的简化画法

解:开关 S 断开时

$$I = \frac{(12+6)\text{V}}{(2+10+20)\text{k}\Omega} = 0.56\text{mA}$$

b 点电位

$$V_b = 0.56\text{mA} \times 20\text{k}\Omega - 6\text{V} = 5.2\text{V}$$

$$(\text{或 } V_b = 12\text{V} - 0.56\text{mA} \times (2+10)\text{k}\Omega = 5.2\text{V})$$

c 点电位

$$V_c = 0.56\text{mA} \times (10+20)\text{k}\Omega - 6\text{V} = 10.8\text{V}$$

$$(\text{或 } V_c = 12\text{V} - 0.56\text{mA} \times 2\text{k}\Omega = 10.8\text{V})$$

开关 S 合上时,电路分成两个独立的回路,流过电阻 $10\text{k}\Omega$ 的电流