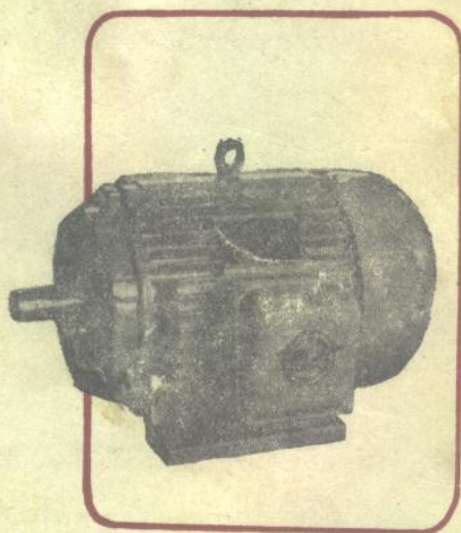
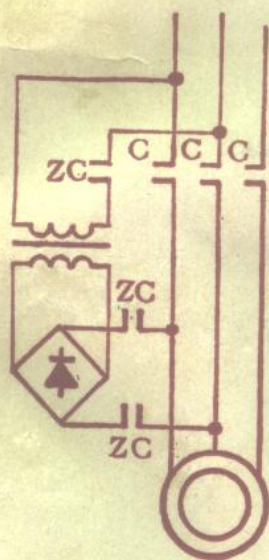


电路和电机基础

谢兴仪 主编



重庆大学出版社

电 路 和 电 机 基 础

谢兴仪 主编

重 庆 大 学 出 版 社

电 路 和 电 机 基 础

谢兴仪 主编

责任编辑：王 孝 祥

出 版：重 庆 大 学 出 版 社

发 行：新 华 书 店 重 庆 发 行 所

印 刷：中 国 人 民 解 放 军 第 三 军 医 大 学 印 刷 厂

*

开本：787×1092 1/32 印张：9.625 字数：200千

1986年三月第一版 1986年三月第一次印刷

印数：1—8,000

统一书号：15408·3 定价：1.80元

序 言

考虑到微处理机应用的迅速发展,1984年10月在庐山召开的电工学教材研究工作会议建议将电工学课程分设为《电路和电机基础》、《应用电子技术》、《电路和电子技术》三门课程。各专业可根据需要,选择其中一门或两门为必修课。腾出时间用来加设《微处理机应用》课程。

本书是其中的一门课程,计划学时数为60~70学时,其中讲课40学时,其余为实验课和机动时间。新教材增加了电气测量的内容,同时把原规定讲课时数从52缩减到40学时。

为了完成上述任务,在组织教材内容时,先把《大纲》规定的内容进行排队、比较;又根据教育部1982年印发的《关于大力提高高等学校工科基础课教材质量的几点意见》精神,选出基本内容,舍去次要内容,确定深度和广度以及相应的讲法,保证每课时的篇幅在3000~4000字范围之内。例如,数学和物理学中已阐明的概念,本课程不再重述;在讲述问题时力求深入浅出,避免不必要的繁琐论证,同时保证理论的科学性,保证概念清楚、正确。由于编者才疏学浅,兼之时间仓促,以上处理难免有不当之处,希望读者,特别是使用本书的教师和同学提出批评意见,编者将万分感激。

本书承许德沛副教授和周始终讲师审阅,指出错误,提出修改意见,编者在此对他们表示衷心感谢。

谢兴仪 于重庆大学

目 录

第一部分 电路与磁路

第一章 电路的基本分析方法

1—1	电路的组成	(1)
1—2	电流和电压的正方向	(4)
1—3	克希荷夫定律	(7)
1—4	克希荷夫定律的应用	(11)
一、	电路的电位计算	(11)
二、	分压电路	(12)
三、	分流电路	(14)
1—5	串联和并联电路	(15)
一、	电阻的串联	(15)
二、	电阻的并联	(17)
三、	电压源串联和电流源并联	(18)
1—6	电源及其等效变换	(21)
1—7	戴维南定理和诺顿定理	(24)
1—8	叠加原理	(31)
1—9	*节点电压法	(33)
1—10	非线性电阻电路	(35)
一、	非线性电阻电路的概念	(35)
二、	简单非线性电阻电路的解法	(37)
习题一		(39)

第二章 正弦稳态交流电路

2-1	正弦交流的基本概念	(46)
2-2	正弦量的有效值	(49)
2-3	正弦量的相量表示法	(52)
2-4	电路参数	(59)
一、	电阻参数	(60)
二、	电感参数	(61)
三、	电容参数	(66)
2-5	R、L、C单一元件的正弦响应	(70)
一、	电阻电路	(70)
二、	电感电路	(72)
三、	电容电路	(73)
2-6	R、L、C串联电路	(75)
2-7	交流电路的功率	(81)
2-8	网络定理在交流电路中的应用	(85)
2-9	电路的谐振	(87)
一、	串联谐振	(87)
二、	通频带	(88)
三、	品质因数	(88)
四、	并联谐振	(89)
2-10	功率因数的提高	(92)
2-11	非正弦周期电流电路	(95)
2-12	对称三相电路	(98)
一、	三相电源	(99)
二、	电源Y形联接的电压关系和电流关系	(101)
三、	三相负载的基本联接方法	(102)
四、	三相系统的功率	(106)
习题二		(108)

第三章 电路中的过渡过程

3—1	概述	(116)
3—2	RC 电路的零输入响应	(118)
3—3	时间常数	(120)
3—4	RL 电路的零输入响应	(123)
3—5	RC 电路对恒定激励的响应	(127)
3—6	一阶电路的简捷解法	(130)
3—7	阶跃函数和阶跃响应	(134)
3—8	微分电路和积分电路	(138)
	一、微分电路	(138)
	二、积分电路	(140)
	习题三	(142)

第四章 交流铁芯线圈和变压器

4—1	交流铁芯线圈电路	(148)
4—2	变压器的工作原理	(151)
4—3	变压器的性能	(157)
4—4	自耦变压器	(160)
4—5	三相变压器	(161)
4—6	变压器的构造	(162)
	习题四	(165)

第二部分 电气测量

第五章 电工测量仪表

5—1	电工测量的概念	(167)
5—2	电工量的度量器	(168)

5—3	电工仪表的分类及标志	(169)
一、	电工仪表的分类	(169)
二、	电工仪表的标志	(170)
5—4	模拟电工仪表基本概念	(172)
5—5	各种模拟仪表的结构特点和工作原理	(177)
一、	磁电系仪表	(177)
二、	电磁系仪表	(179)
三、	电动系仪表 瓦特表	(181)
四、	感应系仪表 电度表	(183)
5—6	记录仪表	(185)
一、	自录仪表	(186)
二、	示波器	(186)
5—7	数字仪表	(189)
	习题五	(192)

第六章 电气测量

6—1	电流和电压的测量	(193)
6—2	电阻、电感和电容的测量	(194)
6—3	三相电路功率的测量	(197)
6—4	磁的测量	(200)
一、	用高斯计测量磁感应强度	(200)
二、	用功率表法测量铁损	(201)
6—5	非电量电测法简介	(202)

第三部分 电机与控制

第七章 异步电动机

7—1	异步电动机的基本构造	(204)
-----	------------------	-------

7—2	异步电动机的工作原理	(208)
7—3	异步电动机的机械特性	(212)
7—4	异步电动机的工作特性	(215)
7—5	异步电动机的起动	(217)
	一、绕线式电动机的起动	(218)
	二、鼠笼式电动机的起动	(220)
7—6	异步电动机的调速	(221)
7—7	异步电动机的制动	(223)
7—8	三相异步电动机的名牌	(226)
7—9	单相异步电动机	(227)
	习题七	(231)

第八章 同步电机

8—1	同步电机的基本结构和工作原理	(233)
8—2	同步发电机的空载特性	(236)
8—3	同步发电机的外特性	(237)
8—4	同步发电机的调节特性	(239)
8—5	同步电机的功角特性	(240)
8—6	同步电动机	(244)
	习题八	(248)

第九章 直流电动机

9—1	直流电机的构造和工作原理	(249)
9—2	直流电机按励磁方式分类	(252)
9—3	他(并)励电动机的机械特性	(253)
9—4	他励直流电动机的起动和反转	(256)
9—5	他励直流电动机的调速	(257)
9—6	他励直流电动机的制动	(262)

9—7 串励直流电动机	(265)
习题九	(267)

第十章 自动控制

10—1 概述	(268)
10—2 低压开关	(269)
10—3 熔断器	(271)
10—4 按钮	(272)
10—5 热继电器	(273)
10—6 交流接触器	(274)
10—7 鼠笼电动机直接起动与正反转控制	(277)
一、直接起动控制线路	(277)
二、正反转控制线路	(278)
10—8 行程开关与行程控制	(279)
10—9 时间继电器与时间控制	(280)
10—10 速度继电器与速度控制	(282)
10—11 闭环控制系统的方块图	(284)
10—12 闭环控制系统举例	(287)
一、位置反馈控制系统	(287)
二、异步电动机半导体起动器	(290)
习题十	(291)
附录一 常用国际单位	(292)
附录二 材料的电阻率和电阻温度系数	(293)
附录三 电气设备的接地和接零	(294)

第一部分 电路与磁路

第一章 电路的基本分析方法

本章从电路的组成开始，叙述电路有源元件的基本性质及电路的基本分析方法。无源元件的基本性质则留到下章电路参数一节中去讲。电路的基本分析方法在电工各个领域中得到广泛的应用，因为各种电气设备和电子设备都是以它们的等值电路来进行分析的。为简便起见，我们用直流电阻电路来讲述，所得结论容易推广到其他电路。

1—1 电路的组成

电路是电流的通路，它由电源和用电设备组成。用电设备又称为负载。简单电路如图 1—1 所示。组成电路的单元称为电路元件——有一对接线端子的电器。实际电路的形式可以多种多样，但就其用途而言，可归纳为两种：一种是为了传输、分配和使用电能的强电电路，另一种是为了传送和处理信息的弱电电路。不论哪种电路，总是进行着电能与其他能量的相互转换：电能的耗散，电能与磁场储能的互换，电能与电场储能的互换。电路的这三种效应分别用理想电路元件电阻器、电感器和电容器来代表。组成电路的实际元件，同时含有上述三种能量转换效应，但有主次之分；在分析电路时，我们常把实际元件或者当做理想元件来处理，或者用理想元件的组合来模拟。就是说，电路分析的对象是一种从实际电路抽象出来的、由理想元件组成的电路模型。

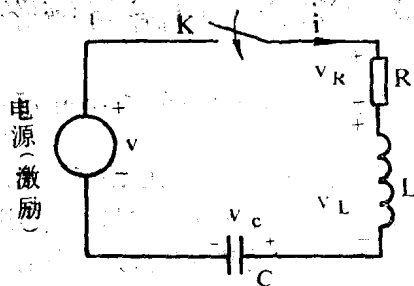


图 1—1 电路的组成

电路元件分为无源元件和有源元件两大类。无源元件的特征是只能接受电能，如电阻器、电感器和电容器都是无源元件。有源元件是能够长期输出电能的元件，如发电机，电池都是有源元件。

有源元件按其伏安特性又可分为电压源和电流源两类。理想电压源的端电压与输出的电流无关。电压 v 可以是时变的，即随时间变化的，例如电力公司供给的按正弦波形随时间变化的电压；也可以是时不变的，即不随时间变化的，例如蓄电池供给的电压。理想的时不变电压源的伏安特性如图 1—2 直线 A 所示，电路符号如图 1—3a 或 b 所示。为强调时不变性质，往往采用图 1—3b 的符号。

理想电流源输出的电流称为**电激流**，与其端电压无关，电路伏安特性如图 1—2 直线 B 所示，电路符号如图 1—3c 所示，电流方向用箭头表示。目前我们对电流源比较陌生，但以后在学习电子线路时就会经常遇到。

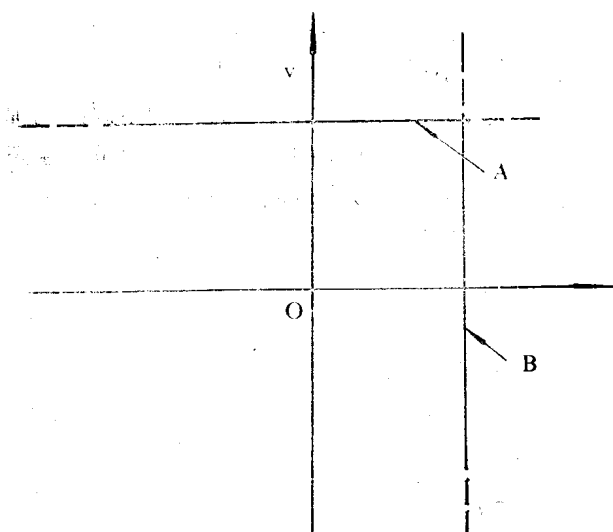


图 1—2 理想电源的伏安特性
A—电压源 B—电流源

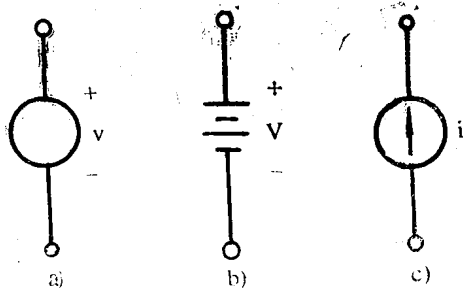


图 1—3 独立电源的符号
a)、b) 电压源、c) 电流源

以上两种电源称为**独立电源**，因为它们的电源量值，即电压值或电流值，不受电路其余部分变动的影响。

电路分析中还会遇到另一种电源，这种电源的电源量值受电路另一部分的电流或电压的直接控制，叫做**受控源**。受控源也分受控电压源和受控电流源，电路符号如图 1—4 所示。晶体管就是常见的受控电流源的例子。

研究电路的目的有两个。

一个是分析电路，即给定电路在受到电源作用时，要求计算每个元件的电流和电压。实际经验告诉我们，全面分析往往是不必要的，通常只要求计算某个指定元件上的电流或电压。**电源又称为激励、信号、或输入。**在激励作用下，电路的某处出现了电流和电压，称为电路的**响应**。响应又称为输出。

另一个目的是设计电路。即指定某种设备的输出电流和电压，要求设计出能满足所提要求的电路。例如要求设计一个由交流220伏、50赫供电的12伏、200毫安直流稳压电源，就属于电路设计。本课程的主要目的是分析电路。

本书除特别指明的外，一律采用国际单位制（参看附录一）。

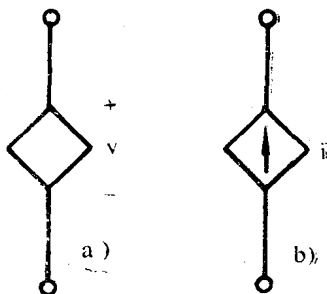


图 1—4 受控源符号
a) 电压源 b) 电流源

1—2 电流和电压的正方向

求解电路问题时，为了确定电流和电压，就要书写含有

电流和电压的电路方程。在电路方程中，电流和电压的正负号至关重要。为了正确书写方程，有必要规定合适的电流、电压的正方向。

单个元件电流 i 的正方向可以任意规定，如图 1—5 中箭头所示。当求得的 i 为正值时，电流实际方向与箭头所指的方向相同；反之，当 i 为负值时，电流实际方向与箭头所指的方向相反。

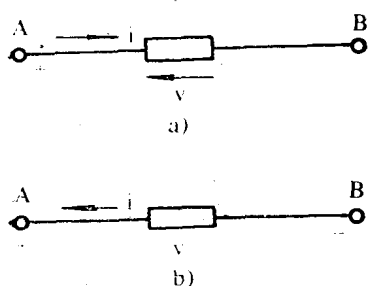


图 1—5 电流和电压的正方向

元件上电压 v 的正方向也可以任意规定，并用 $+$ 、 $-$ 号标注。 $+$ 号表示高电位， $-$ 号表示低电位。当 v 为正值时，实际极性与所选极性相同，即实际上 A 是正端，B 是负端。当 v 为负值时，实际极性与所选极性相反，即

A 实际上是负端，B 是正端。

对于单个元件，电流正方向与电压正方向都可以任意选定。例如在图 1—5 中选定了电压正方向之后，既可选电压降的方向作为电流 i 的正方向（图 a），也可选电压升的方向作为电流 i 的正方向（图 b）。究竟如何选择，视使用方便而定。如果元件是电源，电流的正方向宜选电压升的方向；如果元件是负载，则电流的正方向宜选电压降的方向。我国过去的习惯把电压定义为电压降，并在电压符号 v 旁用箭头指明电压降的正方向。实际上，电压就是电路两点之间的电位差，既可表示电位升，又可表示电位降。所以本书不采用这

种定义和标注。在不引起误解的情况下，我们认为电压与电位有相同的含义。除非特别指出 v 代表电压降， v 旁的箭头一般指明电位的方向，即电位升的方向，如图 1—5a 所示。

例1—1 已知图 1—6 a 中元件 E 的电压为 10 伏。

(a) 正电荷从 B 通过 E 到 A 实际获得能量，试为这个电压选参考极性并求出电压之值；

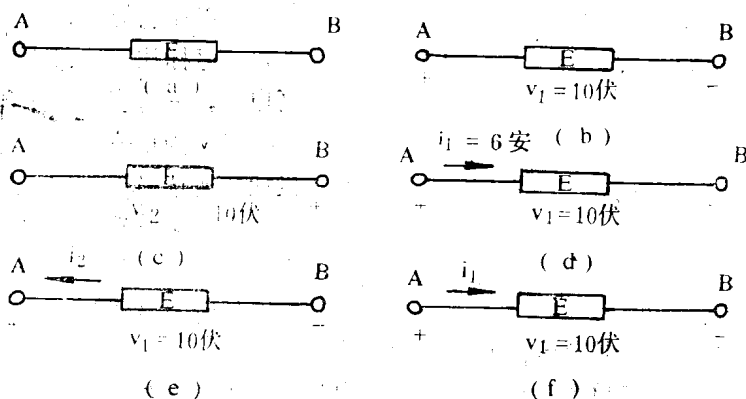


图 1—6 例 1—1 的图

(b) 假定 6 安电流从 A 通过 E 流到 B，在 (a) 的条件下确定送到 E 的功率；

(c) 假定在 (a) 的条件下元件 E 输出 50 瓦功率，试确定 E 中的电流并为电流规定正方向。

解 (a) 实际极性是 A 为正，B 为负，即从 B 到 A 电位升高 10 伏。有两种方式说明这个电压，如图 1—6b、c 所示。图 b 中选定的

极性与实际极性相同,故 v_1 为正。图c中选定的极性与实际极性相反,故 v_2 为负,即从B到A电压降低-10伏。

(b) 本问条件画在图1—6d中,电流方向选为电压降的方向。因此E吸收的功率为 $P = v_1 i_1 = 10 \times 6 = 60$ 瓦。

(c) 本问中元件E的电流和电压可以表示如图1—6e, 电流方向选电压升的方向。输出功率用 v_1 和 i_2 之积表示,

$$P = v_1 i_2 = 50 \text{ 瓦}$$

因 $v_1 = 10$ 伏, 故得 $i_2 = 5$ 安。

用电压 v_1 和电流 i_1 之积表示也可以, 如图1—6f所示。显然

$$P = 50 = v_1 (-i_1)$$

得 $i_1 = -5$ 安。

本例表明, v 和 i 都可正可负, 学生可从中体会到正负号的含义。元件吸收的功率总是等于电压与电压降方向上电流的乘积。而元件输出的功率总是等于电压与电压升方向上电流的乘积。

1—3 克希荷夫定律

克希荷夫定律是分析电路的基础, 因为分析电路时处处都要用到克希荷夫定律。

克希荷夫电流定律 (Kirchhoff's current law 缩写为 KCL) 用于节点, 它说明任何节点上各电流之间的关系。

电路的节点指两个或两个以上电路元件的连接点。图1—7a的电路有三个节点。节点1包括电路上端的全部连接线。初学者往往错误地认为a点和b点都是节点。应该注意, 在电路图中a点和b点是用理想导体连接起来的, 理想导体是没有电阻的, 因而a、b两点之间没有电压, 所以a、b两点是电气上相同的点。把a)图重画成b)图的形状, 全部连线汇