

21 世纪高职高专规划教材
ER SHI YI SHI JI GAO ZHI GAO ZHUAN GUI HUA JIAO CAI

电路学习指导

DIANLU XUEXI ZHIDAO

奚仲达 主编
成建生 主审



中国电力出版社
www.infopower.com.cn

电路学习指导

DIANLU XUEXI ZHIDAO

ISBN 7-5083-2288-6



9 787508 322889 >

ISBN 7-5083-2288-6

定价：15.00 元

21世纪高职高专规划教材
ER SHI YI SHI JI GAO ZHI GAO ZHUAN GUI HUA JIAO CAI

电路学习指导

DIANLU XUEXI ZHIDAO

奚仲达 主编
成建生 主审



中国电力出版社

www.infopower.com.cn

内容提要

本书为教育部高职高专规划教材“电路分析”配套教材。全书分为11章：电路的基本概念与基本定律，直流电阻电路的分析，电容元件和电感元件，正弦稳态电路的分析，谐振电路，三相交流电路，非正弦周期性电流电路，互感耦合电路，一阶动态电路的分析，双端口网络，磁路和变压器。各章都由基本要求，基本内容，例题分析，自测题组成。

本书可作为工科高职高专电工，电气，自动化专业学生和自学人员电路课程的辅导教材，也可作为相关专业教师的教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

电路学习指导 / 奚仲达主编. —北京：中国电力出版社，2004

21世纪高职高专规划教材·教辅系列

ISBN 7-5083-2288-6

I. 电... II. 奚... III. 电路分析—高等学校：技术学校—教学参考资料 IV. TM133

中国版本图书馆CIP数据核字(2004)第075667号

丛 书 名：21世纪高职高专规划教材·教辅系列

书 名：电路学习指导

出版发行：中国电力出版社

地址：北京市三里河路6号 邮政编码：100044

电话：(010) 88515918 传真：(010) 88518169

本书如有印装质量问题，我社负责退换

印 刷：北京丰源印刷厂

开本尺寸：185×233 印 张：9.75 字 数：207千字

书 号：ISBN 7-5083-2288-6

版 次：2004年9月北京第一版

印 次：2004年9月第一次印刷

印 数：0001—4000册

定 价：15.00元

版权所有，翻印必究

前 言

《电路学习指导》是为了适应广大读者,特别是在校高等专科和高等职业学校学生学习电路理论课程的需要而编写的。电路理论是工科各专业的一门技术基础课,由于它本身毋庸置疑的重要性,学好电路理论已成为广大初学者的迫切愿望和要求。多年的教学实践表明,电路理论具有较强的理论性、系统性和灵活性,使广大初学者感到有相当的难度。为了帮助广大初学者克服学习上的困难,掌握好电路理论的基本概念、基本理论和基本分析方法,特编写《电路学习指导》。本书在一定程度上体现了作者多年从事电路理论教学实践的经验,希望能对广大读者学习电路理论有所帮助,成为广大读者,尤其是高专、高职学生身边的“辅导教师”。

依据教育部关于高专、高职学生对理论知识“必须”、“够用”的原则,本书在编写时参考了目前国内公开发行的多种高专、高职层次的电路理论教材版本,尽量做到具有广泛的适用性。全书共分十一章(详见目录),每章的结构均由四部分组成。第一部分为基本要求,扼要叙述本章所应掌握的基本内容;第二部分为阅读指导,较详细地介绍本章的主要内容及应注意的问题,并对一些概念、理论的应用方法和一些解题方法进行了归纳、总结,有的内容还采用了比喻的方法,便于读者更好地掌握;第三部分为例题详解,列举了许多典型例题,不少例题还给出了多种解法;第四部分为自测题,便于读者自我检查对本章内容掌握的情况。

本书第三、四、六、九、十一章由奚仲达编写,第一、二、五、十章由龚希宾编写,第七、八章由刘利宏编写,奚仲达任主编,成建生任主审。编写本书时,参考了许多电路理论教材版本及相关的教学参考书,在此一并对这些书的作者表示诚挚的谢意。本书中的不当之处,恳请广大读者批评指正。

本书对高专、高职院校从事电路理论教学的教师具有一定的参考作用。

作 者

2004年6月

第四章 正弦稳态电路分析

4.1 基本要求

4.2 阅读指导

4.3 例题详解

4.4 自测题

第五章 谐振电路

5.1 基本要求

5.2 阅读指导

5.3 例题详解

5.4 自测题

目 录

前言	1
第一章 电路的基本概念与基本定律	1
1.1 基本要求	1
1.2 阅读指导	1
1.3 例题详解	6
1.4 自测题	11
第二章 直流电阻电路的分析	15
2.1 基本要求	15
2.2 阅读指导	15
2.3 例题详解	27
2.4 自测题	43
第三章 电容元件和电感元件	49
3.1 基本要求	49
3.2 阅读指导	49
3.3 例题详解	52
3.4 自测题	54
第四章 正弦稳态电路分析	56
4.1 基本要求	56
4.2 阅读指导	56
4.3 例题详解	65
4.4 自测题	74
第五章 谐振电路	77
5.1 基本要求	77
5.2 阅读指导	77
5.3 例题详解	81
5.4 自测题	83

第六章 互感耦合电路	85
6.1 基本要求	85
6.2 阅读指导	85
6.3 例题详解	89
6.4 自测题	94
第七章 三相交流电路	97
7.1 基本要求	97
7.2 阅读指导	97
7.3 例题详解	104
7.4 自测题	111
第八章 非正弦周期电流电路	113
8.1 基本要求	113
8.2 阅读指导	113
8.3 例题详解	115
8.4 自测题	121
第九章 一阶线性动态电路	122
9.1 基本要求	122
9.2 阅读指导	122
9.3 例题详解	124
9.4 自测题	129
第十章 磁路及变压器	132
10.1 基本要求	132
10.2 阅读指导	132
10.3 例题详解	135
10.4 自测题	137
第十一章 二端口网络	139
11.1 基本要求	139
11.2 阅读指导	139
11.3 例题详解	144
11.4 自测题	146
18.....	146
18.....	146

第一章 电路的基本概念与基本定律

1.1 基本要求

- 掌握各种理想元件的图形符号及电磁性能。
- 掌握电压、电流参考方向的概念，弄清楚数值与参考方向、实际方向之间的关系，能根据给定的参考方向列出电压、电流方程。
- 理解（理想）电压源、（理想）电流源特性。
- 会正确应用功率计算公式计算元件的功率，并能正确判别元件是吸收还是发出功率。
- 理解支路、节点、回路、网孔的定义，并能正确识别。
- 深刻理解基尔霍夫电流定律（KCL）、基尔霍夫电压定律（KVL）、欧姆定律，并能应用定律，列写电路方程。

1.2 阅读指导

本章主要介绍了电路模型和理想电路元件，包括电阻和独立电源。同时介绍了电流、电压的参考方向。最后介绍了基尔霍夫定律。

一、电路和电路模型

电路分析的对象是电路模型。由理想电路元件构成的电路称为电路模型。理想电路元件是指实际电路元件的理想化模型。理想电路元件简称电路元件，它是概括实际电路中主要物理过程的一种集总参数元件，简称集总元件。由集总元件构成的电路称为集总电路。

电源、负载和中间环节是组成电路的三要素。

二、电路的基本物理量

电路的基本物理量有电流、电压和功率。

1. 电流

电荷在外力作用下做有规则的定向运动便形成电流。电流既有大小又有方向，其大小用电流强度表示，即单位时间内通过导体横截面的电荷量。单位为安培（A）。其实际方向规定为正电荷的运动方向，实际电路中运动的电荷是自由电子，故其运动方向与电流的实际方向相反。电流一般用符号 i 表示，直流用符号 I 表示。

在电压和电流的关联参考方向下，任何时刻线性电阻元件消耗的功率为

2. 电压

电路中 a、b 两点间的电压，其大小等于电场力由 a 点移动单位正电荷到 b 点所作的功。单位为伏特 (V)。其实际方向规定由高电位点指向低电位点。电压一般用符号 u 表示，直流电压用符号 U 表示。

注意：电路中，电压的大小与参考点选择无关，而电位是场中某点性质的物理量，它与参考点的选择有关。在同一电路中若选取的参考点不同，则各点的电位是不同的，但任意两点间的电压值并不变。

由于在分析复杂电路时，很难事先确定电路中电流的实际方向，有时电流的实际方向还在不断地改变，因此在电路中很难标明电流的实际方向。为了解决这样的困难，引入了电流的“参考方向”这一概念。在一段电路或一个电路元件中事先设定一个方向作为电流的方向，该方向称为电流的参考方向。同时把电流看成代数量，若电流的参考方向与它的实际方向一致，则电流记为正值，若两者相反，则电流记为负值。电流的参考方向用箭头表示，也可用双下标表示，如 i_{ab} ，表示电流的参考方向由 a 到 b。

同样，两点间电压的实际方向（即高电位点指向低电位点的方向）也难以标明，因此，也需指定一个方向为电压的参考方向。同时把电压看成代数量，当电压的参考方向与它的实际方向一致时，电压记为正值，若两者相反，则电压记为负值。

电压的参考方向可以用正 (+)、负 (-) 极性来表示，正极指向负极的方向就是电压的参考方向，也可用一个箭头表示电压的参考方向，同时还可以用双下标来表示电压的参考方向，如 u_{ab} ，表示电压的参考方向是由 a 指向 b 的。

当指定的电流参考方向与电压参考方向一致时，即指定的电流的参考方向是从标有电压“+”端指向“-”端，则称电流和电压的这种参考方向为关联参考方向，简称关联方向，如图 1-1 (a) 所示。否则称为非关联参考方向，如图 1-1 (b) 所示。

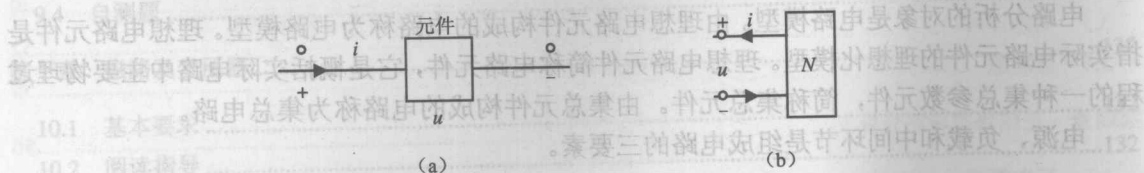


图 1-1

电流和电压的参考方向是有关电路分析计算的一个重要概念。不规定参考方向而谈论一个电流或电压的值乃是讨论一个不确定的事物，是没有意义的。因此，在分析电路问题时，必须把所涉及到的电流、电压的参考方向标注在电路图上。初学者往往忽视这一点，必须加以注意。

3. 电功率

电场力在单位时间内所作的功称为电功率，简称功率。用公式表示为

$$P(t) = \frac{dw(t)}{dt}$$

式中 $P(t)$ ——随时间变化的功率;

$w(t)$ ——电场力所做的功;

t ——时间。

功率的单位为瓦特 (W)。

在电路中, 对于一个元件的功率计算及判断该元件是吸收还是发出功率, 有两种方法。

方法 1 当元件上的电压、电流取关联方向时, 用

$$P = ui \quad (1-1)$$

计算, 当电压、电流取非关联方向时, 用

$$P = -ui \quad (1-2)$$

计算 (注意: 这里 u 、 i 都是代数量)。当计算结果为正 (即 $P > 0$) 时, 表示该元件吸收功率, 当计算结果为负 (即 $P < 0$) 时, 表示该元件发出功率。这种方法可归纳为看 (参考) 方向 → 选公式 → 求功率 → 判 “吸”、“发”。

方法 2 不论一个电路元件上电压、电流参考方向是否关联。其功率均用

$$P = ui$$

来计算。当电压、电流参考方向关联时, 若 $P > 0$, 表示该元件吸收功率; 若 $P < 0$, 表示该元件发出功率。当电压、电流参考方向非关联时, 若 $P > 0$, 表示该元件发出功率; 若 $P < 0$, 表示该元件吸收功率。这种方法可归纳为用公式 → 求功率 → 看 (参考) 方向 → 判 “吸”、“发”。

三、电阻元件

线性电阻元件在电路中的图形符号见图 1-2。在电压和电流的关联参考方向下, 按欧姆定律, 线性电阻元件的电压、电流关系可写为

$$u = Ri \quad (1-3)$$

式中 R ——元件的电阻, R 是一个正实常数。

式 (1-3) 中的电压的单位用 V 表示, 电流的单位用 A 表示时, 则电阻 R 的单位为 Ω (欧姆)。

令 $G = 1/R$, 则式 (1-3) 变成

$$i = Gu \quad (1-4)$$

式中 G ——电阻元件的电导, 电导的单位为 S (西门子)。

如果电阻元件电压的参考方向与电流的参考方向相反, 即非关联 (见图 1-3), 则欧姆定律应写为

$$u = -Ri \quad (1-5)$$

或

$$i = -Gu \quad (1-6)$$

所以, 公式必须与参考方向配套使用。

在电压和电流的关联参考方向下, 任何时刻线性电阻元件吸收的电

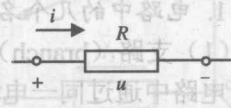


图 1-2

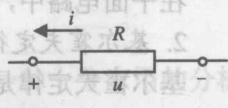


图 1-3

功率

$$P = ui = Ri^2 = Gu^2 \quad (1-7)$$

电阻 R , 电导 G 是正实常数, 故功率 P 恒为非负值。所以, 线性电阻元件是耗能元件。另外, 电阻元件的电压、电流关系在 $u-i$ 坐标轴上的图形表示称为电阻的伏安特性。

四、电压源和电流源

电压源和电流源是有源元件, 统称为独立源。

1. 电压源

电压源是一个二端理想元件, 元件的电压总保持为某给定的时间函数而与通过元件的电流无关, 通过它的电流随与它联结的外电路的不同而不同。电压源在电路中的图形符号如图 1-4 所示, 其中 u_s 为电压源的电压, 而“+”, “-”号为其参考极性。当 u_s 为常数时, 这种电压源称为直流电压源, 用 U_s 表示。



图 1-4

2. 电流源

电流源是一个二端理想元件, 通过元件的电流与电压无关, 电流总保持为某个给定的时间函数。其端电压随与它所联结的外电路的不同而不同。电流源在电路中的图形符号如图 1-5 所示, 其中 i_s 表示电流源的电流, 箭头所指的方向为 i_s 的参考方向, 当 i_s 为常数时, 这种电流源称为直流电流源, 用 I_s 表示。



图 1-5

五、基尔霍夫定律

1. 电路中的几个名词

(1) 支路 (branch)

电路中通过同一电流的每个分支叫做支路。

如图 1-6 中的 amf、bne、cld 三条支路。

(2) 节点 (node)

三条或三条以上支路的连接点叫做节点。如

图 1-6 所示电路中的 b 点和 e 点。

(3) 回路 (loop)

电路中任一闭合路径称为回路。如图 1-6

中, 共有 abnefma、bcldenb、abcldfma 三个回路。

(4) 网孔

在平面电路中, 内部不含支路的回路称为网孔。如图 1-6 中有两个网孔。

2. 基尔霍夫定律

基尔霍夫定律是集总电路的基本定律。

(1) 基尔霍夫电流定律 (KCL)。

“在集总电路中, 任何时刻, 对任一节点, 所有支路电流的代数和恒为零。”表示为

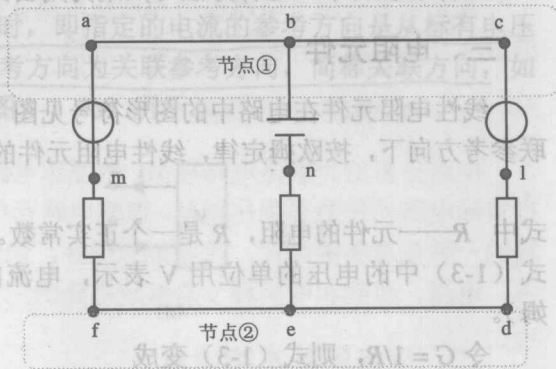


图 1-6

式(1-8)中,若流出节点的电流前面取“+”号,则流入节点的电流前面取“-”号。也可以将流入节点的电流前面取“-”,流出节点的电流前面取“+”。归纳起来就是“出入异号”。而电流是流入节点还是流出节点均按电流的参考方向来判断,如图1-7所示,利用KCL可得

$$I_1 + I_2 + I_5 - I_3 - I_4 = 0。$$

KCL也适用于包围几个节点的闭合面,即通过任一闭合面的电流的代数和恒为零。基尔霍夫电流定律是电荷守恒的体现。

(2) 基尔霍夫电压定律(KVL)。

“在集总电路中,任何时刻,沿任一回路各段电压的代数和恒为零”。即沿任一回路有

$$\sum u = 0 \quad (1-9)$$

在利用式(1-9)时,首先需要指定一个回路的绕行方向,凡电压的参考方向与回路绕行方向一致者,该电压前面取“+”号;电压参考方向与回路绕行方向相反者,则电压前面取“-”号。

基尔霍夫电压定律实质上是电压与路径无关这一性质的反映。如图1-8所示,由KVL可得

$$I_1 R_1 - I_2 R_2 + I_3 R_3 + I_4 R_4 - U_{s4} + U_{s3} = 0$$

将上式改写为

$$I_1 R_1 - I_2 R_2 + I_3 R_3 + I_4 R_4 = -U_{s3} + U_{s4}$$

写成一般形式

$$\sum IR = \sum UI_s \quad (1-10)$$

此式可以看作是基尔霍夫电压定律在只含有电阻和电压源的回路中的具体化。式中左边为各电阻上

的电压,若电流参考方向与回路的绕行方向一致,则 IR 前面取“+”号,反之取“-”号;右边的电压源电压,当其参考方向与回路的绕行方向一致时, U_s 前面取“-”号,反之取“+”号。需要注意的是,上式不能用于含电流源的回路。

KCL和KVL仅与元件的相互联结有关,而与元件的性质无关。只要是集总电路,KCL和KVL总是成立的。

六、电路中各点电位的分析

电路中各点电位的分析是KCL,KVL和欧姆定律的一种应用,它是一种十分有用的分析方法。常常根据电路中某些点电位的高低直接分析电路的工作状态。

等电位点: 电路中电位相同的点称为等电位点。

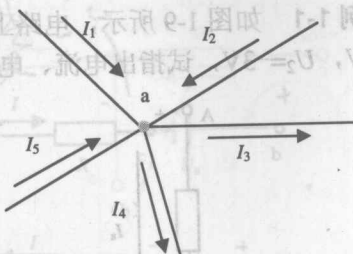


图 1-7

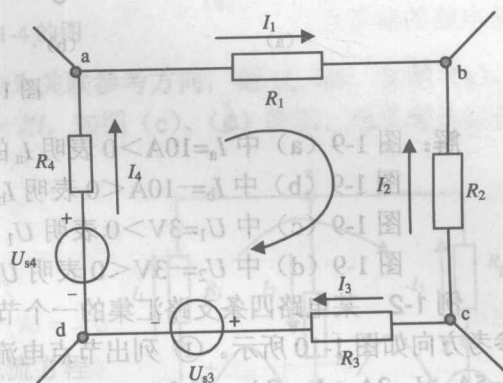


图 1-8

注意：电位的参考点可以任意选定。参考点的电位为零，所以又叫零电位点，各点的电位随参考点选择的不同而不同。

1.3 例题详解

例 1-1 如图 1-9 所示，电路上电流或电压的参考方向已选定。已知 $I_a=10\text{A}$ ， $I_b=-10\text{A}$ ， $U_1=3\text{V}$ ， $U_2=-3\text{V}$ ，试指出电流、电压的实际方向。

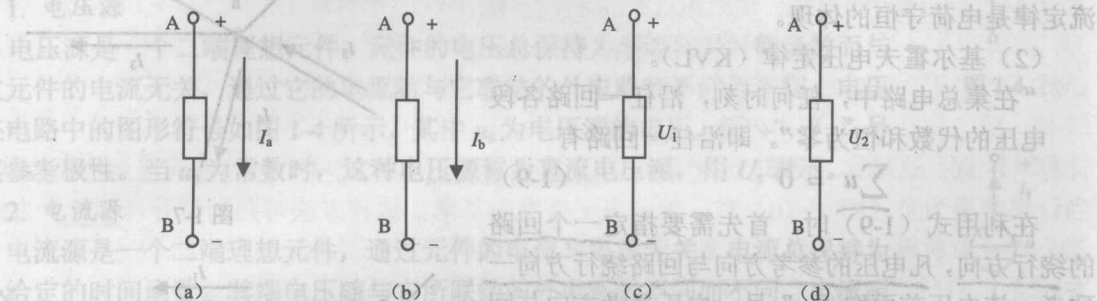


图 1-9 例 1-1 的图

解：图 1-9 (a) 中 $I_a=10\text{A}>0$ 表明 I_a 的实际方向与参考方向相同，由 A 流向 B。

图 1-9 (b) 中 $I_b=-10\text{A}<0$ 表明 I_b 的实际方向与参考方向相反，由 B 流向 A。

图 1-9 (c) 中 $U_1=3\text{V}>0$ 表明 U_1 的实际方向与参考方向相同，由 A 指向 B。

图 1-9 (d) 中 $U_2=-3\text{V}<0$ 表明 U_2 的实际方向与参考方向相反，由 B 指向 A。

例 1-2 某电路四条支路汇集的一个节点 a，指定的电流参考方向如图 1-10 所示。① 列出节点电流方程。② 如已知 $I_1=5\text{A}$ ， $I_2=2\text{A}$ ， $I_3=-3\text{A}$ ，求 I_4 。

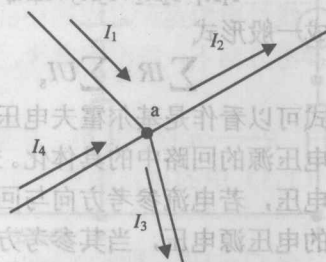


图 1-10 例 1-2 的图

解：(1) 根据 KCL，以流入节点电流为正，流出为负，对于节点 a

$$I_1 - I_2 - I_3 + I_4 = 0$$

(2) 将已知电流值代入，即： $I_1=5\text{A}$ ， $I_2=2\text{A}$ ， $I_3=-3\text{A}$ ，可得

$$I_4 = -6\text{A}$$

例 1-3 求图 1-11 中各元件的功率，并判断其是吸收还是发出功率。

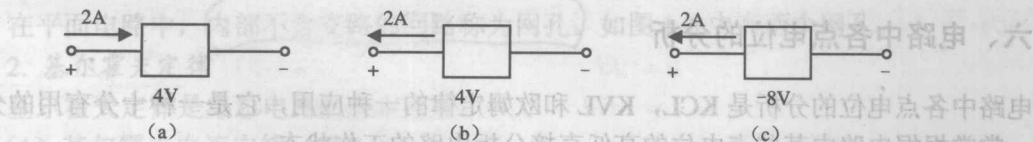


图 1-11 例 1-3 的图

立解：用前面介绍的方法 1 计算并判断

(1) 图 (a) 中电压和电流为关联参考方向, $P=UI=4\times 2=8\text{W}>0$, 元件吸收功率。

(2) 图 (b) 中电压和电流为非关联参考方向, $P=-UI=-4\times 2=-8\text{W}<0$, 元件发出功率。

(3) 图 (c) 中电压和电流为非关联参考方向, $P=-UI=-(-8)\times 2=16\text{W}>0$, 元件吸收功率。

读者也可用方法 2 来分析, 结论是一样的。

例 1-4 写出图中各段电路的电压 U_{ab} 的表达式。

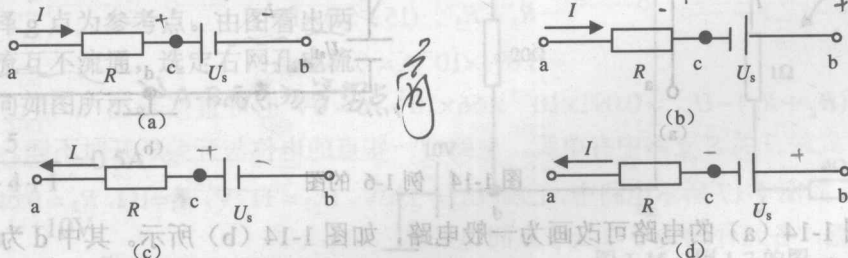


图 1-12 例 1-4 的图

解：对电阻上的电压 U_{ac} , 若与电流的参考方向为关联参考方向, 则 $U_{ac}=RI$, 如图 (a)、(d) 所示。若与电流 I 为非关联参考方向, 则 $U_{ac}=-RI$, 如图 (c)、(b) 所示。电压源的正负极性是给定的。所以

图 1-12 (a) 中 $U_{ab}=U_{ac}+U_{cb}=RI+U_s$

图 1-12 (b) 中 $U_{ab}=IR-U_s$

图 1-12 (c) 中 $U_{ab}=-RI+U_s$

图 1-12 (d) 中 $U_{ab}=-RI-U_s$

例 1-5 如图 1-13 所示电路, 试列出节点的电流方程

和回路的电压方程。

解：先任意选定各支路电流的参考方向和回路的绕行方向, 并标于图中。

根据 KCL 列出

节点 a

$$I_2 - I_1 - I_3 = 0$$

节点 b

$$I_1 + I_3 - I_2 = 0$$

可以看出上面两个式子是相同的, 所以, 对于具有两个节点的电路, 只能列出一个独立的节点电流方程。同理, 对于具有 n 个节点的电路, 只能列出 $n-1$ 个独立的节点电流方程。根据 KVL 列出

网孔 a3b2a

$$-I_3 R_3 + U_{s3} - I_2 R_2 = 0$$

网孔 a2b1a

$$I_2 R_2 - U_{s1} + I_1 R_1 = 0$$

回路 a3b1a

$$-I_3 R_3 + U_{s3} - U_{s1} + I_1 R_1 = 0$$

上面三个方程中的任一个方程都可以由其他两个方程导出, 因此, 只有两个电压方程是独立的。

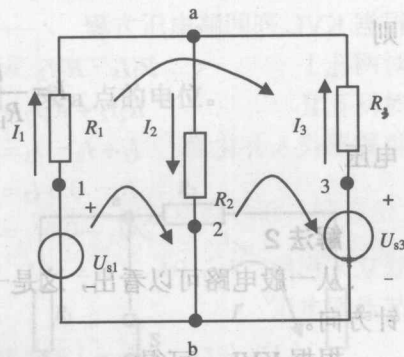


图 1-13 例 1-5 的图

可以证明,对于具有 b 条支路、 n 个节点的电路,应用 KVL,只能列出 $b - (n - 1)$ 个独立的回路电压方程,在平面电路中独立的回路电压方程数等于网孔数,通常选网孔列写回路电压方程。

例 1-6 图 1-14 (a) 中,已知 $U_{s1}=10V$, $U_{s2}=5V$, $R_1=100\Omega$, $R_2=1400\Omega$,求 a 、 b 、 c 三点的电位 φ_a 、 φ_b 、 φ_c 及 U_{ab} 。

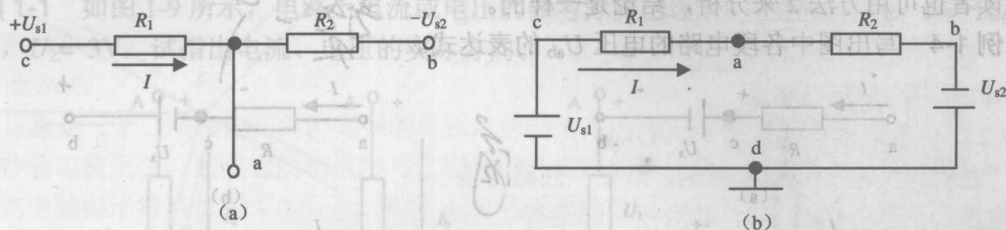


图 1-14 例 1-6 的图

解: 图 1-14 (a) 的电路可改画为一般电路,如图 1-14 (b) 所示。其中 d 为电源公共端,是电路的参考点。

解法 1

$$\begin{aligned} \varphi_c &= U_{s1} = 10V \\ \varphi_b &= -U_{s2} = -5V \\ U_{cb} &= \varphi_c - \varphi_b = 15V \\ I &= \frac{U_{cb}}{R_1 + R_2} = \frac{15}{100 + 1400} = 0.01A = 10mA \\ U_{ab} &= IR_2 = 0.01 \times 1400 = 14V \\ \varphi_a &= U_{ab} + \varphi_b = 14 + (-5) = 9V \end{aligned}$$

解法 2

从一般电路可以看出,这是一个单回路电路,电流参考方向选定如图。选绕行方向为顺时针方向。

根据 KVL, 可得

$$\begin{aligned} IR_1 + IR_2 - U_{s2} - U_{s1} &= 0 \\ I &= \frac{U_{s2} + U_{s1}}{R_1 + R_2} = \frac{10 + 5}{100 + 1400} = 0.01A \end{aligned}$$

$$\varphi_a = U_{ad} = IR_2 - U_{s2} = 0.01 \times 1400 - 5 = 9V$$

$$\varphi_b = U_{bd} = -U_{s2} = -5V$$

$$\varphi_c = U_{cd} = U_{s1} = 10V$$

或沿另一路径, 则

$$\varphi_a = U_{ad} = -IR_1 + U_{s1} = -0.01 \times 100 + 10 = 9V$$

独立
电压

点的

$$\varphi_b = U_{bd} = -I(R_1 + R_2) + U_{s1} = -0.01 \times (100 + 1400) + 10 = -5V$$

$$\varphi_c = U_{cd} = I(R_1 + R_2) - U_{s2} = 0.01 \times (100 + 1400) - 5 = 10V$$

$$U_{ab} = \varphi_a - \varphi_b = 9 - (-5) = 14V$$

结果与前面所求一样, 可见电位、电压的计算与路径的选择无关。

例 1-7 求图 1-15 所示电路中 a, b, c, d, e, f 各点的电位。

解: 选择 g 点为参考点。由图看出两个单回路电流互不流通, 选定右网孔电流 I 的参考方向如图所示。

$$I = \frac{5}{5+4+1} = 0.5A$$

$$\varphi_b = U_{bg} = -10V$$

$$\varphi_c = U_{cg} = -10V$$

$$\varphi_a = U_{ag} = U_{ac} + \varphi_c = -20 + (-10) = -30V$$

$$\varphi_d = U_{dc} + \varphi_c = -I \times 1 + \varphi_c = -0.5 \times 1 + (-10) = -10.5V$$

$$\varphi_e = U_{ec} + \varphi_c = -5 + (-10) = -15V$$

$$\varphi_f = U_{fd} + \varphi_d = -I \times 4 + \varphi_d = -0.5 \times 4 + (-10.5) = -12.5V$$

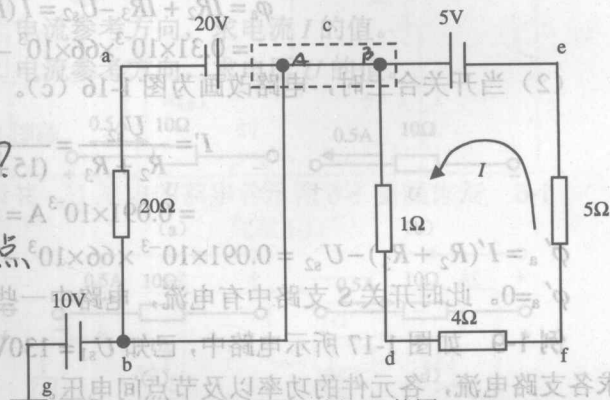


图 1-15 例 1-7 的图

例 1-8 如图 1-16 (a) 所示电路, 当开关断开与接通时, 求 a 点的电位。

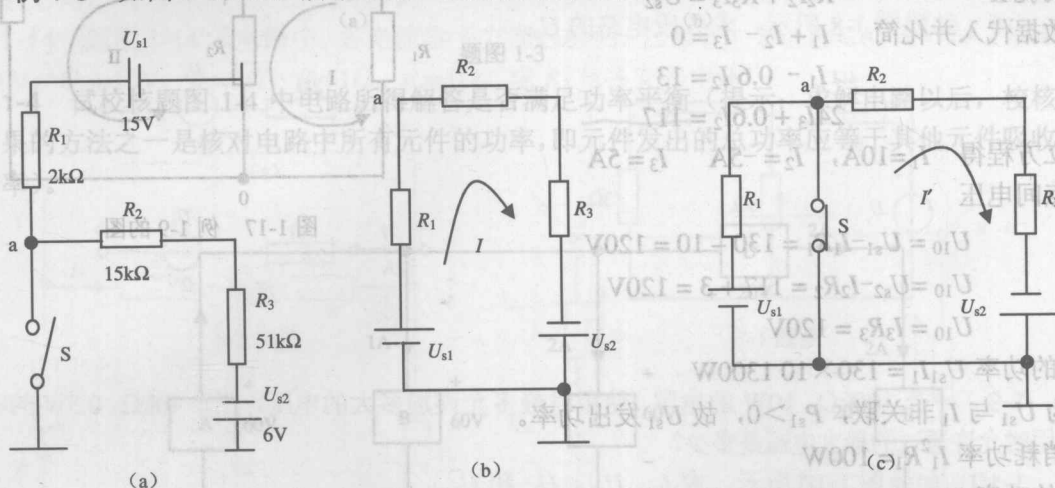


图 1-16 例 1-8 的图

解: 电路中所有接地点实际上都是连在一起的。

(1) 当开关 S 断开时, 电路改画成图 1-16 (b)。电流 I 的参考方向选定如图 (b) 所示。