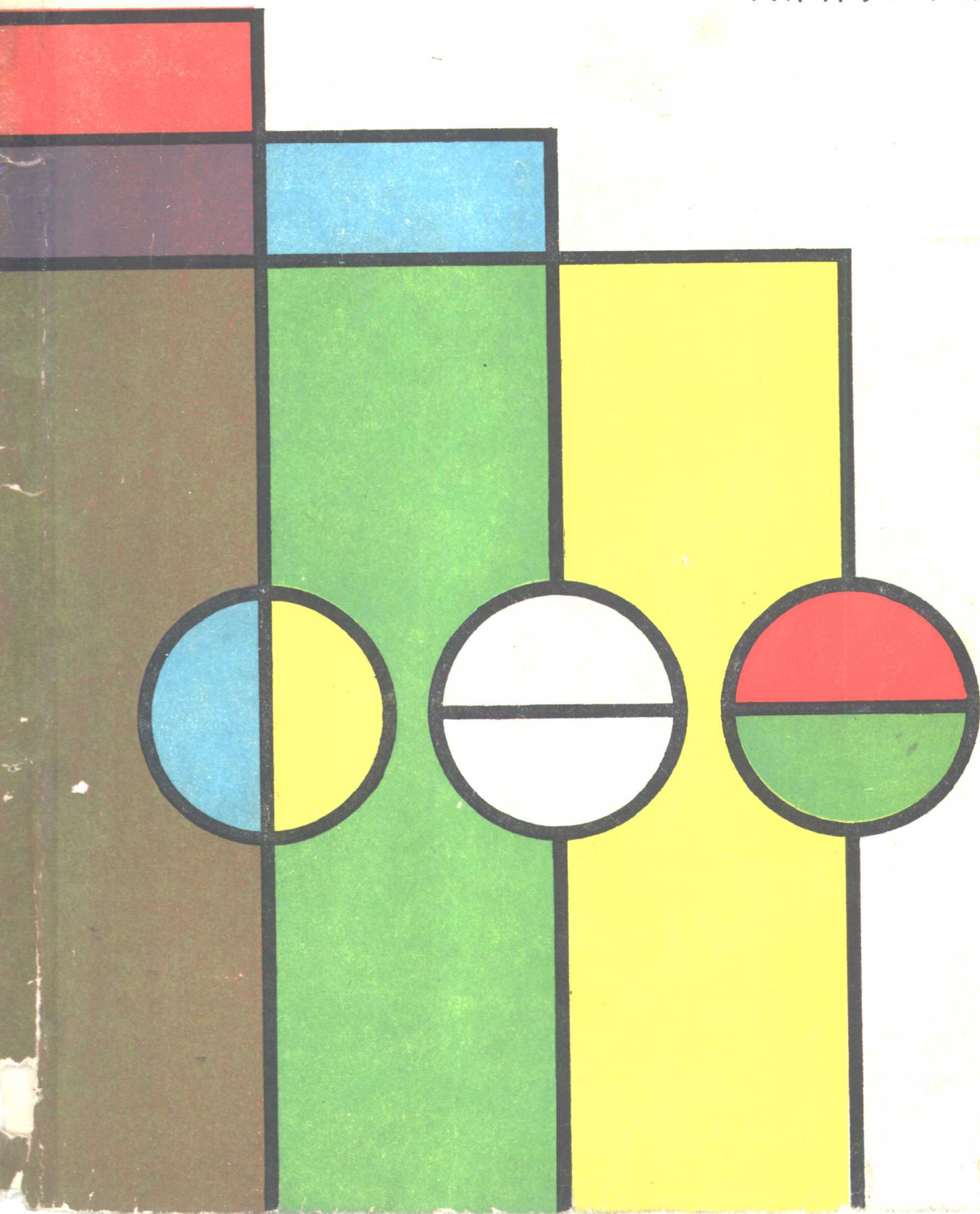


电路分析与 解题方法

天津科学技术出版社



电路分析与解题方法

康巨珍 编

天津科学技术出版社

422856

内 容 简 介

本书是根据1980年6月审订的《高等工业学校电路教学大纲》(草案),参照1985年6月全国职师、成教教学计划研讨会起草的《电工原理教学大纲》的内容、要求编写的,着重讲述《电路》的重点、难点和疑点以及学习方法,题目特点与解题技巧。全书共分十四章:电路的基本概念及基本定律、直流电路分析方法、正弦电路和相量法、互感电路、谐振电路、三相电路、非正弦电路、过渡过程经典分析法、过渡过程的运算法、网络图论及状态方程、二端口网络、运算放大器、非线性电路、磁路。

本书是电类专业本科生、函授生及自学读者学好《电路》,进一步巩固概念,掌握解题技巧,开拓思维能力的好教材,也可供其他相近专业师生及有关工程技术人员参考。

津新登字(90)003号

电路分析与解题方法

康巨珍 编

责任编辑:王定一

天津科学技术出版社出版

天津市赤峰道130号

天津新华印刷一厂印刷

新华书店天津发行所发行

开本787×1092毫米 1/32 印张7.625 字数372 000

1992年9月第1版

1992年9月第1次印刷

印数 1—4 000

ISBN 7-5308-1106-1/TM·13 定价: 8.10元

前 言

本书是根据1980年6月审订的《高等工业学校电路教学大纲》(草案),参照1985年6月全国职师、成教教学计划研讨会起草的《电工原理教学大纲》的内容、要求编写的。全书着重分析了《电路》各章重点、难点和疑点,以及学习方法与解题要领,可帮助电类专业本科生、函授生及自学读者学好《电路》课程。

书中所述学习方法,主要是针对各章内容特点和不同要求而讲述的。如有的章主要精化内容、突出重点,采取归纳对比法帮助读者理清头绪,建立概念;有的章则是指出难点、重点和疑点、启发读者抓纲带目有的放矢;有的则是提出问题、引导读者深入思考和正确理解。

本书在选材上强调基础理论,注重实际应用,特别突出难理解和易混淆的问题,适当介绍了现代科学;编排上先直流后交流、先稳态后暂态,先线性后非线性,符合认识规律,便于读者接受;概念准确、文字简练、条理清楚、叙述畅达,很适合自学。

本书在编写中得到徐克服、薛景文等同志大力支持;刘桂萍同志协助画草图,康晓明、郑肇洽、杨建武等同志参加了部分内容编写和校对工作;王毓洵、黄庆元同志审阅了初稿并提出了宝贵意见,在此一并致谢。

由于时间仓促,加之编者水平所限,书中缺点和错误在所难免,诚望读者批评指正。

编 者

1991年11月于天津

目 录

第一章 电路基本概念及基本定律·····	(1)
第二章 直流电路分析方法·····	(13)
综合练习题 I ·····	(39)
第三章 正弦电路和相量法·····	(42)
第四章 互感电路·····	(52)
第五章 谐振电路·····	(62)
综合练习题 II ·····	(71)
第六章 三相电路·····	(74)
综合练习题 III ·····	(88)
第七章 非正弦电路·····	(90)
第八章 过渡过程经典分析法·····	(107)
第九章 过渡过程的运算分析法·····	(144)
综合练习题 IV ·····	(160)
第十章 网络图论及状态方程·····	(162)
第十一章 二端口网络·····	(180)
第十二章 运算放大器·····	(202)
综合练习题 V ·····	(211)
第十三章 非线性电路·····	(214)
第十四章 磁路·····	(230)
参考书目·····	(238)

第一章 电路基本概念及基本定律

在国民经济迅速发展，工业、农业、国防和科学技术走向现代化的今天，电是我们几乎一分一秒都离不开的能源。人民生活水平愈高，电愈重要。

电的内容丰富多彩，其分类也是极其广泛的，可以从频率高低分，也可以从能量强弱分。这里大体分成三类：

①电力，它是研究产生电能和充分应用电能的科学；②电子，它是研究新型元器件发展并为电子技术发展开辟美好途径的一门科学；③无线电，它是研究通讯、导航、遥控等的一门科学。本书从“三电”最基本的共性出发，研究电路与磁路的基本规律与分析方法，即电工原理。它是电类专业主要的技术基础课，也是理论课。说它是技术课，它本身可直接解决实际技术问题，有工艺性和设计性；说它是理论课，因为它有严密的逻辑性、系统性、科学性和完整性，即有完整的科学体系。

电工原理主要包括路和场两大部分内容。路包括电路和磁路，场包括电场和磁场。本书着重讲述电路的理论基础及分析方法，关于磁路只涉及无分支磁路和对称有分支磁路的计算，至于场分别在其他有关教课书中讨论，本书不涉及。

电路就其理论体系，主要有两大分支或者说两类问题：一类是电路分析，即已知电路结构及元件参数，求电路的输入（激励）与输出（响应）之间的关系。另一类是电路综合，即已知电路的输出和输入之间的关系，求电路结构和元件参数。例如已知某扩音机输入信号 $u = 80\text{mV}$ ，输出信号（功率） $P_0 = 40\text{W}$ ，频率响应 $f = 10\text{kHz}$ ，非线性失真度 $\eta \leq 1\%$ ，中心频率 $f_0 = 1\text{kHz}$ ，求电路结构及元件参数，即符合以上指标要求的电路图及元件参数。后一类问题放入电子技术中讨论。

关于电路分析，主要研究线性时不变“集总”参数元件所构成的电路。

所谓“集总”参数元件是指，在任何时候从二端理想元件一个端点输入的信号，必等于从另一个端点输出的信号，其他均不变。如图1-1所示 $i_1 = i_2$ 。



图1-1

判断实际元件（部件）是不是集总参数元件，其方法是：当元件的几何尺寸远远小于电路工作时电磁波的波长时，可把实际元件看作集总参数元件。换句话讲，在电路工作时，只考虑元件的主要电磁性质（单一作用）忽略其他电磁性质，这时把实际元件抽象成一种理想化的模型，称做理想元件，简称元件。例如图1-2所示电炉，当电流通过炉丝时耗去电能产生热能，显“电阻”作用，同时电流通过炉丝时在其周围必然要激发出磁场，因此有电感作用，而且任一瞬间炉丝两点电位也不相等，因此又有电场，显电容作用，但主要电磁作用是耗电能，因此用电阻器（元件）来模拟电炉。即在电路分析中，电炉用一个电阻元件来代替。

把实际部件用这些理想化的模型表示后，联接起来所构成的图称为电路图。我们所研究的电路图，就是这种抽象化的模型图。虽然在我们周围客观世界，描述实际元件的电路图形形形色色，品种繁多，功能各异，但就组成电路的基本元件来看却不外乎三种，即电阻 R 、电

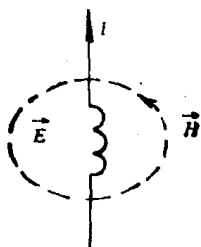


图1-2

感 L 和电容 C 。

R 、 L 、 C 作为电路的基本元件，其渊源要追溯到电路的基本变量。众所周知，电路的基本变量有：电压 $u(t)$ 、电流 $i(t)$ 、电荷 $q(t)$ 和磁链 $\psi(t)$ ，在这四个变量中 $u(t)$ 与 $\psi(t)$ 及 $i(t)$ 与 $q(t)$ 分别遵循如下规律

$$\left. \begin{aligned} u(t) &= \frac{d\psi(t)}{dt} \\ i(t) &= \frac{dq(t)}{dt} \end{aligned} \right\} \quad (1-1)$$

式 (1-1) 表明 $u(t)$ 、 $\psi(t)$ 、 $i(t)$ 、 $q(t)$ 四个变量并不都是独立的，换句话说讲， $u(t)$ 与 $\psi(t)$ 、 $i(t)$ 与 $q(t)$ 分别为动态相关量。

若将以上四个变量中的每两个进行组合，构成变量偶，则这四个变量有六种可能的组合形式： (q, u) ， (u, i) ， (i, ψ) ， (ψ, u) ， (q, i) ， (q, ψ) 如图1-3所示。

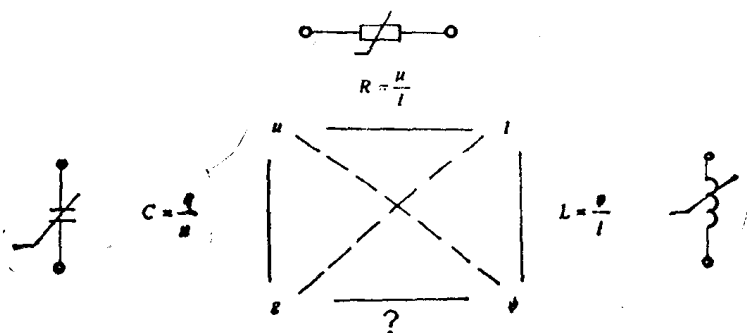


图1-3

图1-3除去 (u, ψ) ， (i, q) 分别遵从式1-1外，只有 (q, u) 、 (u, i) 、 (i, ψ) 和 (ψ, q) 四个变量偶动态无关。这四个变量偶的前三个就是大家熟悉的三类基本元件 R 、 L 、 C 。根据完全类似的理由，我们可推断第四个变量偶也应代表一种元件，暂时称它为记忆电阻器，用“ M ”表示。这种推断正像俄罗斯化学家门捷列夫根据他发明的化学元素周期表预言镓（Ga）、锗（Ge）等元素存在一样，果然事隔几年后，被人们一一发现了。

1826年德国物理学家欧姆用实验证明 $u(t) = Ri(t)$ ，1831年英国物理学家法拉第提出电感线圈的模型，1821年法国数学家柏松对电容器上所储存的能量进行了数学论证，电容元件就是电容器的模型，1820年丹麦物理学家奥斯特发现电流周围存在着磁场。

电阻 R 、电感 L 、电容 C 等三类基本元件称为无源元件，此外还有独立电压源 U 和独立电流源 I 等称为有源元件。由这些理想元件相互联接的整体，构成了电流可以流通的路径，称电路。电路主要作用有：①转换能量，如电炉把电能转变成热能，电灯泡把电能转变成光能，电动机把电能转变成机械能等；②处理信号，如放大电路把微弱信号放大，调谐电路从各种不同信号源中选出需要的信号等。那么电路是如何组成的？例如在手电筒里按照要求装入干电池，合上开关后灯泡发光，关闭开关灯泡熄灭，这个装有干电池的手电筒就组成电路。其中干电池是一种电源，它是供给电路电能的，电灯泡是把电能转化成其他形式能量（如光能）的一种设备，在电路中称负载；电筒皮起导线作用，联接电源、负载和开关。由此可见，任何电路都是由电源、负载以及联接导线等三部分所组成。为了分析和计算上的方便，常常用

一些简单的图形符号代表具体的电气设备和器件，联接起来画成电原理图。它只反映各器件间的联接关系，而不表示实际电路的形状、尺寸和相互位置。

(通常把直流电路分析、正弦电路、互感电路、谐振电路、三相电路和非正弦电路等算做经典内容；把过渡过程、运算法、网络图论及状态方程、二端口网络、运算放大器等算做近代科学。)

一、内容重点与学习方法

1. 前已谈及，电路分析是研究电路中激励和响应之间关系的。要研究这一关系，首先应知道电流在元件中是怎样流动的，换句话讲对于像图1-4所示电阻器 R ，其上电流 i 是从 A 流向 B ，还是从 B 流向 A 呢？在没有专门仪器测量的情况下是无法确定的，尤其交流电流时刻在变！由于分析电路首先需要知道电路中的电流方向，而实际上电流方向在电路中事先又无法确定，因此引入参考方向。

电路中，电流和电压的参考方向是任意指定的，在电路分析中，一旦指定了电流、电压参考方向，在整个分析计算中，中途不允许改变。这既是重点，也是难点，它贯穿于全书的始终。

当元件的电流和该元件两端电压参考方向一致（即电流从该元件电压正极端流入该元件）时，称做关联参考方向，否则为非关联参考方向。实际上不指定参考方向，电流的正值或负值是没有意义的，见例1-1的计算与说明。

2. 要弄清电压与电位的关系。电位与参考点的选取有关，而电压等于电位差，与参考点的选择无关。例如图1-5所示电路，当分别选取 a 、 c 为参考点时，各点电位是不一样的，但电压值不变。

例如当选 a 为参考点时，即 $V_a = 0\text{ V}$ 则

$$V_c = -10\text{ V} \quad V_b = -6\text{ V}$$

由电压含义知 $U_{cb} = V_c - V_b = 0 - (-6) = 6\text{ V}$

$$U_{ac} = V_a - V_c = 0 - (-10) = 10\text{ V}$$

若选 c 为参考点时，即 $V_c = 0\text{ V}$

$$V_a = 10\text{ V} \quad V_b = 4\text{ V}$$

而 $U_{cb} = V_c - V_b = 10 - 4 = 6\text{ V}$ $U_{ac} = V_a - V_c = 10 - 0 = 10\text{ V}$ 即选取不同参考点时，同一点的电位值不同，而两点之间的电压值则不变！

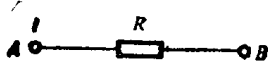


图1-4

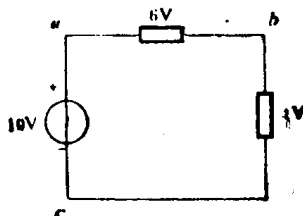


图1-5

3. 如何判别元件是吸收功率还是发出功率, 特别是有源元件在什么情况下是吸收功率, 在什么情况下发出功率, 这是本章难点也是疑点, 初学者极易弄错。这里特别指出, 不论无源元件还是有源元件, 当其功率 $p = ui > 0$ 表示该元件吸收功率, 当 $p = ui < 0$ 表示该元件发出功率。也就是说,

当元件之电流和该元件两端电压参考方向一致 (即关联参考方向, 电流从该元件电压正极端流入该元件) 时, $p = ui > 0$ 表示该元件吸收功率, $p = ui < 0$ 表示该元件发出功率; 当元件之电流与该元件两端电压参考方向相反 (即非关联参考方向, 电流从该元件电压正极端流出该元件) 时, $p = -ui > 0$ 表示该元件吸收功率, $p = -ui < 0$ 表示该元件发出功率。例如图 1-6a), b), c), d) 所示。

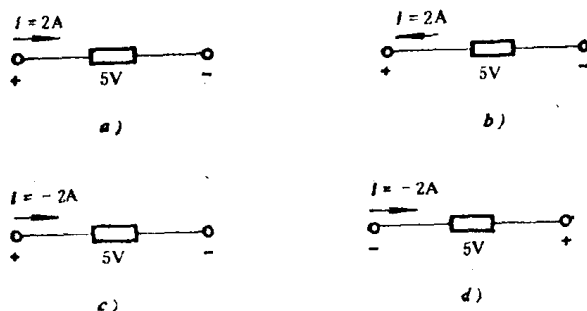


图1-6

图a) 电流 i 从元件电压正极端流入该元件, 即关联参考方向, 其功率 $p = ui = 5 \times 2 = 10W > 0$, 所以该元件吸收功率 $10W$ 。

图b) 电流 i 从元件电压正极端流出该元件, 即非关联参考方向, 其功率 $p = -ui = -5 \times 2 = -10W < 0$, 所以该元件发出功率 $10W$ 。

图c) 通过元件之电流与元件两端电压为关联参考方向, 所以 $p = ui = 5 \times (-2) = 10W < 0$, 所以该元件发出功率 $10W$ 。

图d) 通过元件之电流与该元件两端电压为非关联参考方向, 故 $p = -ui = -(-5) \times (-2) = -10W < 0$, 故元件发出功率 $10W$ 。

判别元件是吸收功率还是发出功率, 先看该元件之电流与元件两端电压参考方向是否一致 (是否关联参考方向), 后看其功率 p 值是大于零还是小于零 (即正值还是负值), 然后按上面结论而得之。

有些教材在判别元件是吸收还是发出功率时, 把有源元件与无源元件分开来叙述。在判别有源元件吸收还是发出功率时, 有的引入电动势, 有的引入电流实际方向, 虽然物理概念还清楚, 但判别起来容易搞错, 请读者注意。

4. 受控源是具有两对端钮或者说具有两条支路的元件, 是一种非独立源。

根据控制量和被控制量的性质可将其分成四类。其分析方法是: 先看控制量所在支路等于零的物理量是电流还是电压, 再看受控源所在支路等于受控源的物理量是电流还是电压, 把这两个量 (控制量所在支路等于零的物理——电流或电压, 和受控源所在支路等于受控源的物理量——电流或电压) 当作未知量, 其余两个量当作已知量写成矩阵形式。这个矩阵就

是该受控源的数学表达式，如图1-7所示。控制量所在支路等于零的物理量是 i_1 ，受控源所在支路等于受控源的物理量是 u_2 ，因此把 i_1 、 u_2 当作未知量，其余两个量 u_1 、 i_2 当作已知量写成矩阵形式为

$$\begin{bmatrix} i_1 \\ u_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ \mu & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_1 \\ i_2 \end{bmatrix}$$

称为电压控制电压源 (VCVS)，其特性为

$$u_2 = \mu u_1$$

式中 μ 为传递电压比（或电压放大系数），无量纲。且电压控制时输入电流为零，即输入电阻无限大，相当于输入端口内部开路，如图1-7a)所示。电子管电压放大器就是VCVS。

电流控制电压源 (CCVS)，其特性为

$$u_2 = r i_1$$

式中 r 是输出电压与输入电流之比值，具有电阻量纲，称传递电阻。电流控制时输入电压为零，输入电阻也为零，相当于输入端口内部短路，如图1-7b)所示。直流发电机就是CCVS。

电压控制电流源 (VCCS)，其特性为

$$i_2 = g u_1$$

式中 g 是输出电流与输入电压之比，它有电导量纲，称为传递电导，如图1-7c)所示，场效应管电路就是VCCS。

电流控制电流源 (CCCS)，其特性为

$$i_2 = \beta i_1$$

式中 β 称为传递电流比（或电流放大倍数），无量纲，如图1-7d)所示。晶体管电路就是CCCS。

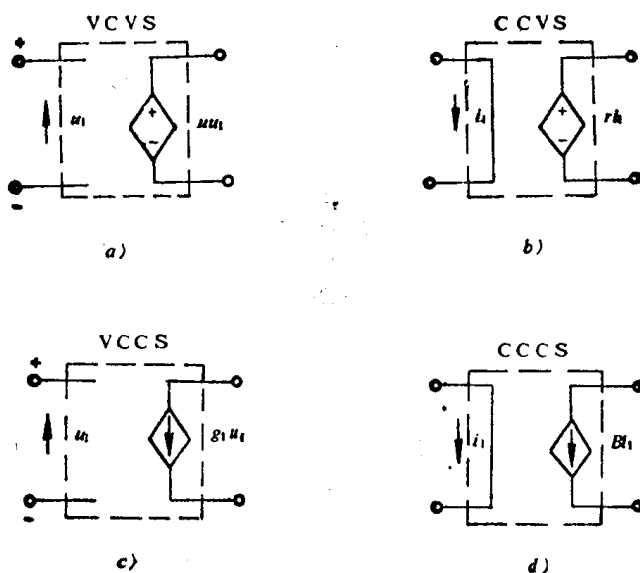


图1-7

5. 基尔霍夫定律是分析电路的最基本定律，具有普遍性。即不论电路性质如何（线性还是非线性，时变或时不变），只要它是由集总元件所构成，就可用基尔霍夫定律来分析。这

是1847年德国物理学家基尔霍夫首先提出的。

实验证明,由集总元件所构成的集总电路,它的各条支路的电压和电流将受到两类约束:一类是元件本身的约束,一类是元件结构的约束。元件本身约束是指元件特性对本元件电压和电流的约束。如电阻元件当电压、电流在关联参考方向下,如图1-8所示,其约束关系遵从欧姆定律

$$u = Ri$$

若电压与电流参考方向相反,则欧姆定律可表示成

$$u = -Ri$$

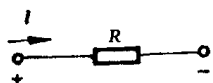


图1-8

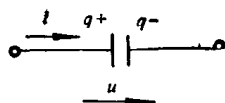


图1-9

对于电容元件,当规定电容元件上电压的参考方向由正极指向负极,且电流的参考方向为流进正极板的方向,如图1-9所示,则得电容器的约束关系为

$$i = C \frac{du}{dt} \quad (1-3)$$

对于电感元件,在关联参考方向下(磁通链 ψ 的参考方向与电流 i 的参考方向满足右螺旋关系时),如图1-10所示,则得电感元件约束关系为

$$u = L \frac{di}{dt} \quad (1-4)$$

元件结构约束,是指元件联接处给支路电流和支路电压带来的约束,这就是基尔霍夫定律所反映的关系。

基尔霍夫定律包括基尔霍夫电流定律和电压定律。

基尔霍夫电流定律又称节点电流定律(KCL),它指出任何时刻流入任一节点的支路电流,必等于流出该节点的支路电流(或者说,任何时刻对任一节点,所有支路电流的代数和恒等于零),即

$$\sum i_i = \sum i_o \quad \text{或} \quad \sum i_n = 0$$

【例1-1】 已知流入、流出节点 N 的电流如图1-11所示,求 I 值

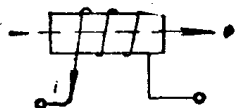


图1-10

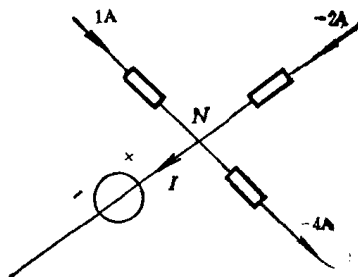


图1-11

解: 设流出节点 N 的电流为正,流入节点 N 的电流为负,根据KCL列方程为

$$I - 1 - (-2) + (-4) = 0$$

解之得

$$I = 3(\text{A})$$

该值表明, 电压源所在支路的电流 I , 其流动方向是从节点 N 流出的, 也就是说电流实际方向和参考方向一致。如果 $I = -3\text{A}$ 说明电流的实际方向是流入节点 N 的, 或者说电流的实际方向和参考方向相反。由此可见, 电流的正值或负值, 说明电流的实际方向和参考方向是否一致, 这就是正值或负值的意义!

值得指出, 在列写 KCL 方程时, 规定流出节点电流为正还是为负, 不会影响计算结果, 但在同一个 KCL 方程中应该一致。列写 KCL 方程时, 会遇到两套符号: 一套是方程中每项前面的正负号, 它取决于各支路电流的参考方向与节点的关系 (即电流流出节点还是流入节点) 称计算符号; 另一套是各支路中电流值前面的正负号, 称数值符号。实际应用时要特别注意。

基尔霍夫电压定律又称回路电压定律 (KVL)。它指出, 任何时刻沿同一闭合回路内所有支路或元件上电压降的代数和恒等于零, 即

$$\sum u_k = 0$$

应用基尔霍夫电压定律时, 首先要指定各回路绕行方向; 其次, 指定各支路电压参考方向; 第三, 凡电压参考方向与回路绕行方向一致者取 “+”, 否则取 “-”。

【例1-2】 求图1-12所示电路中。电压 u_1 和 u_2 之值。

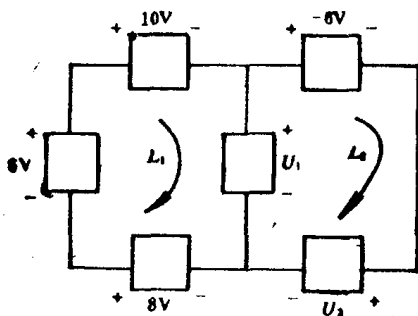


图1-12

解: 设回路 L_1 、 L_2 绕行方向均为顺时针方向 (如图所示)。对于回路 L_1 列写 KVL 方程得

$$U_1 + (-8) + (-6) + 10 = 0$$

解之得

$$U_1 = 4(\text{V})$$

对于回路 L_2 列写 KVL 方程得

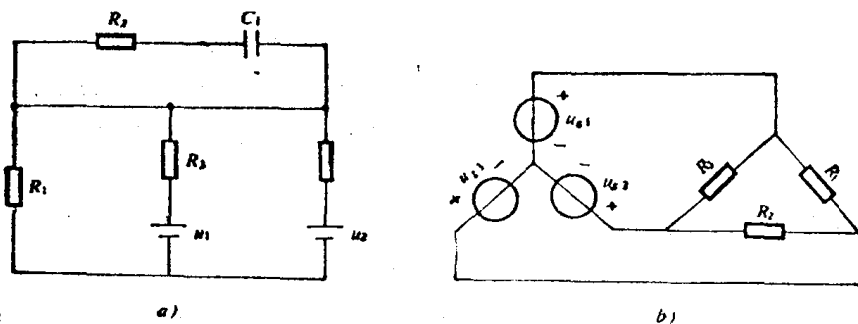
$$U_2 - U_1 + (8) = 0$$

解之得

$$U_2 = 6 + U_1 = 6 + 4 = 10(\text{V})$$

二、题目类型与解题技巧

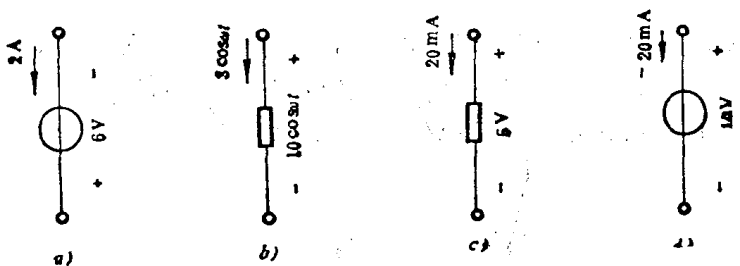
1-1 指出题图中的支路、节点及回路数目。



题1-1图

解：图a)支路4条，节点2个，回路3个。图b)支路6条，节点4个，回路3个。

1-2 按题图中所给的参考方向和数值，作出各元件的电流和电压的实际方向，计算各元件的功率，并说明元件是吸收功率还是发出功率。



题1-2图

解：已知各元件电流和电压的参考方向如图所示。

图a)电流和电压非关联参考方向，所以

$$p = -ui = -6 \times 2 = -12 \text{ W} < 0, \text{发出功率}$$

图b)电流和电压关联参考方向，所以

$$p = ui = 30 \cos^2 \omega t \text{ W} > 0, \text{吸收功率}$$

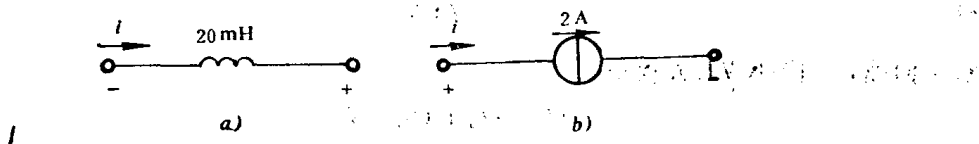
图c)电流和电压关联参考方向，所以

$$p = ui = 5 \times 2 \times 10^{-2} \text{ W} > 0, \text{吸收功率}$$

图d)电流和电压关联参考方向，所以

$$p = ui = 10 \times (-2 \times 10^{-2}) = -2 \times 10^{-1} \text{ W} < 0, \text{发出功率}$$

1-3 在指定电压 u 和电流 i 的参考方向下，写出题图中各元件的约束关系。

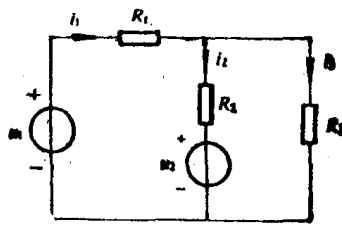


题1-3图

解：图a)约束方程为 $u = -2 \times 10^{-2} \frac{di}{dt}$ 。

图b)约束方程为 $i = 2 \text{ A}$ 。

1-4 已知题图中， $i_1 = 2 \text{ A}$ ， $i_3 = 3 \text{ A}$ ，试求流经 u_2 的电流 i_2 。



题1-4图

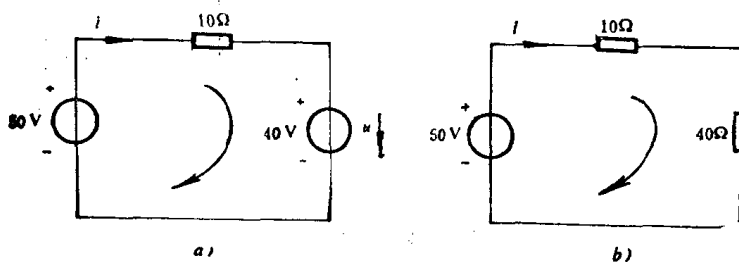
解：根据KCL列方程为

$$-i_1 + i_2 + i_3 = 0$$

将 i_1 、 i_3 数值代入，解之得

$$i_2 = i_1 - i_3 = 2 - 3 = -1(\text{A})$$

1-5 求题图所示电路中电压 u 和电流 i 的值。



题1-5图

解：设图a)、图b)绕行方向均为顺时针方向，如图所示。对于图a)根据KVL列方程为

$$10i + 40 - 50 = 0$$

解之得

$$i = \frac{50 - 40}{10} = 1(\text{A})$$

所以

$$u = 50 - 10 \times 1 = 40(\text{V})$$

对于图b)，根据KVL列方程为

$$10i + 40i - 50 = 0$$

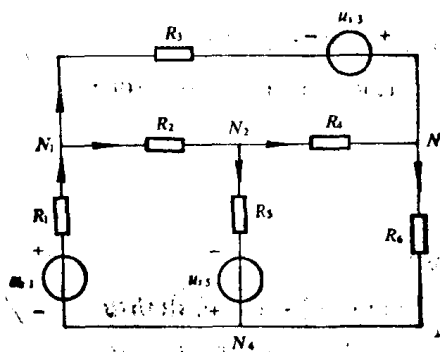
解之得

$$i = \frac{50}{50} = 1(\text{A})$$

所以

$$u = 40 \times 1 = 40(\text{V})$$

1-6 列出题图所示电路中所有节点处的基尔霍夫电流定律方程，并说明这些方程中有



题1-6图

多少是独立的。

解：先标出各支路电流方向如图所示。对于各节点其KCL方程为

$$N_{1:} \quad -i_{R1} + i_{R2} + i_{R3} = 0$$

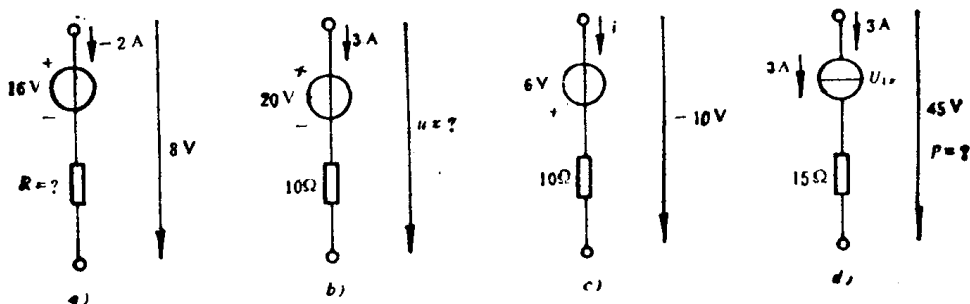
$$N_{2:} \quad -i_{R2} + i_{R4} + i_{R5} = 0$$

$$N_{3:} \quad -i_{R3} - i_{R4} + i_{R6} = 0$$

$$N_{4:} \quad i_{R1} - i_{R5} - i_{R6} = 0$$

这四个方程中只有三个是独立的。

1-7 求出题图中各含源支路的未知量。



题1-7图

解：对于图a)由， $8 = 16 + R \times (-2)$ 解得 $R = 4(\Omega)$ 。

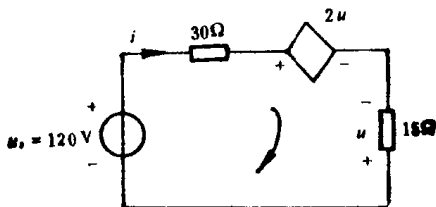
对于图b)， $u = 20 + 10 \times 3 = 50(V)$ 。

对于图c)，由 $-10 = -6 + 10i$ 解得 $i = -0.4(A)$ 。

对于图d)，由 $u_{1,2} = 45 - 15 \times 3 = 0(V)$ ，所以，

$$P = 15 \times 3 = 45(W) > 0 \text{ 吸收功率}$$

1-8 如题图所示，求含有电压控制电压源电路中的 i 、 u 和各元件的功率。



题1-8图

解：设回路绕行方向如图所示，由KVL知

$$120 = 30i + 2u - u = 30i + u$$

$$\text{又} \quad u = -15i$$

$$\text{所以} \quad i = \frac{120}{15} = 8(A)$$

$$u = -15i = -120(V)$$

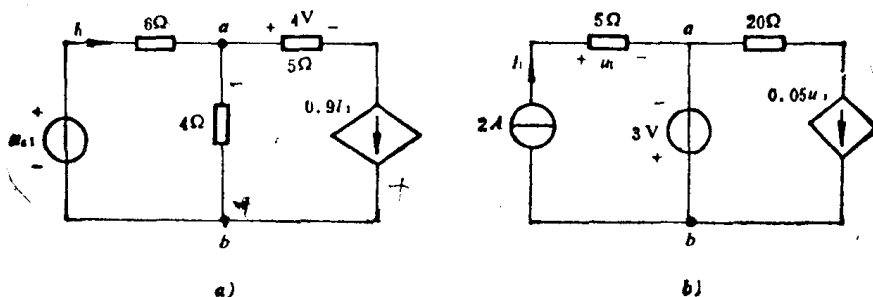
$$P_{u_s} = -u_s i = -120 \times 8 = -960(W) < 0, \text{发出功率}$$

$$P_{30\Omega} = 30 \times i^2 = 30 \times 8^2 = 1920(W) > 0, \text{吸收功率}$$

$$P_{V_{CVS}} = 2ui = 2 \times (-120) \times 8 = -1920(W) < 0, \text{发出功率}$$

$$P_{15\Omega} = -ui = -(-120) \times 8 = 960(\text{W}) > 0 \text{ 吸收功率}$$

1-9 求题图所示电路中的 i_1 和 u_{ab} 。



题1-9图

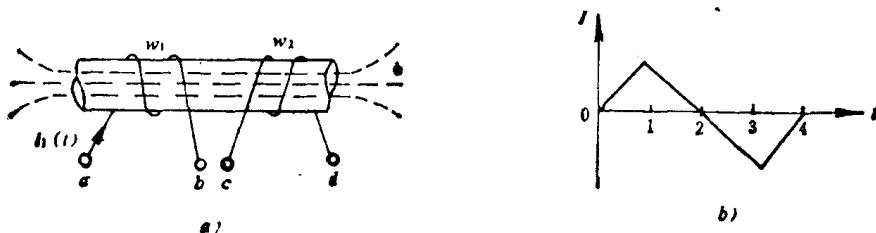
解：图a)中， $0.9 i_1 = \frac{4}{5} = 0.8(\text{A})$ ，

所以得 $i_1 = \frac{0.8}{0.9} = 0.9(\text{A})$

又 $u_{ab} = 4i_{ab} = 4(i_1 - 0.9i_1) = 4 \times 0.1 \times 0.9 = 0.36(\text{V})$

图b)中， $i_1 = 2(\text{A})$ ， $u_{ab} = -3(\text{V})$ 。

1-10 设线圈 W_1 与 W_2 的绕法如题图中a)所示，若在线圈 W_1 中通以电流 $i_1(t)$ ，它的变化曲线如图b)所示。试求在 $0 \leq t \leq 4$ 区间中，线圈 W_1 与 W_2 呈感应电压的实际方向。



题1-10图

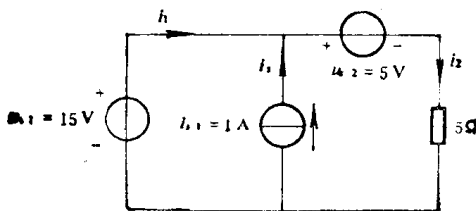
解：根据右螺旋定则，确定由电流 i_1 产生的磁通 Φ 的方向（图上已给出），由楞次定律知两个线圈中感应电压的实际方向如下表所示。

时间区间	$0 \leq t \leq 1$	$1 \leq t \leq 2$	$2 \leq t \leq 3$	$3 \leq t \leq 4$
i 和 Φ 绝对值变化	增加	减少	增加	减少
i 和 Φ 实际方向	$a \rightarrow b$	$a \rightarrow b$	$b \rightarrow a$	$b \rightarrow a$
W_1 中感应电压实际方向	$a \rightarrow b$	$b \rightarrow a$	$b \rightarrow a$	$a \rightarrow b$
W_2 中感应电压实际方向	$d \rightarrow c$	$c \rightarrow d$	$c \rightarrow d$	$d \rightarrow c$

1-11 试求题图所示电路中各电源的功率值。

解：设电路中电流参考方向如图所示。列写KCL方程得

$$i_2 = i_1 + i_3$$



题1-11图

由KVL知

$$5 + 5i_2 - 15 = 0$$

解之得

$$i_2 = 2(\text{A})$$

则

$$i_1 = i_2 - i_3 = 1(\text{A})$$

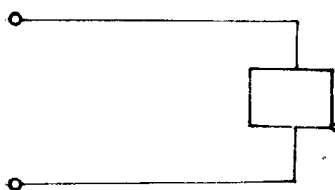
所以有

$$p_{u_1} = -u_{s1}i_1 = -15(\text{W}) < 0 \text{ 发出功率}$$

$$p_{u_2} = U_{s2}i_2 = 5 \times 2 = 10(\text{W}) > 0 \text{ 吸收功率}$$

$$p_{i_1} = -U_{s1}i_1 = -15(\text{W}) < 0 \text{ 发出功率}$$

1-12 已知题图所示电路中 $i(t) = 2\sin(2\pi t)\text{A}$, $u(t) = 10\sin\left(2\pi t - \frac{\pi}{2}\right)\text{V}$, 求(1)方块



图所表示的是什么元件? 其数值是多少? (2) 在一周期内元件吸收的电能量是多少?

解: 由于电压 u 的相位落后电流 i 的相位 $\frac{\pi}{2}$, 所以方块图

所表示的元件是电容器。其参数由

$$C = \frac{I_m}{\omega U_m} = \frac{2}{2\pi \times 10} = 31830\mu\text{F} = 0.3183\text{F}$$

题1-12图

在一周内元件吸收的能量等于零。因为 $0 \leq t \leq \frac{T}{4}$ 元件放出电能, 在 $\frac{T}{4} \leq t \leq \frac{T}{2}$ 该元件又吸收电能 (它吸收的电能正好是上一个 $\frac{T}{4}$ 周期内放出的电能), 在 $\frac{T}{2} \leq t \leq \frac{2T}{3}$ 周期内该元件又放出电能, 在 $\frac{2T}{3} \leq t \leq T$ 周期内该元件又吸收电能 (这 $\frac{T}{4}$ 周期内元件吸收的电能, 正好等于上 $\frac{T}{4}$ 周期内元件放出的电能)。

1-13 设有 $100\Omega 1\text{W}$ 的碳膜电阻使用于直流电路中, 问作用于该电阻的电流、电压值不得超过多大?

解: 由功率表达式 $P = UI = RI^2$

$$\text{所以得 } |I| = \sqrt{\frac{P}{R}} = \sqrt{\frac{1}{100}} = \frac{1}{10} = 100(\text{mA})$$

$$\text{又 } |U| = R|I| = 100 \times 100 \times 10^{-3} = 10(\text{V})$$

所以该元件使用于直流电路中, 电流不得超过 100mA , 电压不得超过 10V 。