

张大恒 主编

电工学自我测验 500 题



这是一本大学工科非电专业电工学课程的教学参考书，是《电工学自我测验四百题》的修订本。

编者从非电专业学习电工学的目的并非以设计计算电工及电子线路为主，而是着眼于应用电工及电子学的基本原理这一特点出发，通过问答的形式，帮助学生复习、巩固和加深理解电工学的重要基本概念。本书不是例题、习题集。

全书基本概括了电工学全部内容，包括电路分析中的基本概念，电路的瞬变过程，正弦电路，变压器，交流电动机，直流电动机，电动机的继电接触控制，交流放大电路，直流放大电路和运算放大器，正弦波振荡电路，数字电路，直流稳压电源，晶闸管技术等。

本书形式比较新颖，内容深浅相宜，各章题目份量恰当，文字通俗易懂。

本书使用对象是大学工科非电专业学生，也可供有关中等专业学校学生、大学函授学生及自学读者学习参考，有关工程技术人员也可参考。

责任编辑 王缉惠

电工学自我测验500题

张大恒 主编

*

高等教育出版社出版

新华书店北京发行所发行

北京市顺义县印刷厂印装

*

开本850×1168 1/32 印张11.25 字数280 000

1989年3月第2版 1989年3月第1次印刷

印数0001-9 600

ISBN7-04-000909-9/TM·57

定价3.00元

修订本前言

这是一本旨在帮助读者复习、巩固和加深理解电工学的参考书，是1981年出版的《电工学自我测验四百题》的修订本。

修订本重点改写了前面三章。和原版比较，电路内容方面增加了理想电路元件、元件的伏安特性、变量的参考方向以及受控源等。在电子学方面，晶体管的漏电流和击穿现象、放大电路中反馈类型的判别、自激振荡电路中相位条件的判别等，历来是教学中的难点，这次修订时作了些增补。其它各章也有不同程度的修改和补充。此外为了便于读者检索，按题序在目录中列出了各题的简目。

修订本共收纳了516题，故改用现在的书名。

修订本由张大恒教授主编，王春田、梁天白、张南、徐国华执笔，刘贤鱼绘图。在修订过程中，受到兄弟院校的同行及读者的关心和支持，在此表示谢意。

全书仍由吕视山教授审稿，提出了许多宝贵的意见和建议，我们表示衷心的感谢。

修订本难免还有错误和不足之处，恳切希望读者批评和指正。

编 者

1987年3月

前 言

在我们多年从事大学工科电工学的教学工作中，感到如能有一本以基本概念为主体的问答式的参考书，将对培养学生的独立思考能力，加深对电工学主要内容的理解方面会有所帮助。为此目的，我们编写了这本书。它的主要内容是电工学中一些重要的基本概念和在工程实际中常遇到的一些电工、电子技术知识，以及在学习过程中一时不易理解和容易混淆的问题。在编选题目的深度和广度方面，一般不超过普通电工学的范围。

本书可作为学习电工学的辅助读物，以帮助读者复习、巩固和加深对电工学基本概念的理解，也可以供有关工程技术人员参考。本书以问答形式编写，因此读者可用自我测验的方式，思考并回答书中所提问题，借以检验自己对电工学主要内容掌握的程度。

本书是华东化工学院自动控制与电子工程系电工教研室集体编写的，由张大恒教授主编，王春田、张南、梁天白和徐国华等协同执笔。上海海运局张尧文工程师为本书的编写提供了部分资料，全书的插图均由刘贤鱼同志绘制。北京化工学院吕砚山同志阅读了全稿，并提出了许多宝贵意见。特此向他们表示衷心的感谢。

由于编写时间仓促，兼之水平有限，错误之处，尚希读者不吝指正。

编 者

1981.8 于上海

目 录

第一章 电路分析中的基本概念.....(1)

- 电路 (1)(2)(18)①
- 元件的伏安关系 (5~8)(17)(18)
- 无源元件 (12)
- 直流电源 (14)(15)(35~37)(39)
- 激励与响应 (17)
- 节点 (19~21)
- 回路 (22)(33)
- 集中参数电路 (26)(27)
- 解题步骤 (30)
- 网孔 (33)
- 不正确的模拟 (39)
- 电路变换 (46~48)
- 实际电源的模拟 (64~67)(69)(70)(73)
- 负载 (71)
- 叠加原理与齐次性原理 (74~77)
- 受控源 (83)(84)
- 回路电流法 (91~95)
- 节点电位法 (97~102)
- 理想电路元件 (3~5)(64)
- 变量的参考方向 (8~11)
- 有源元件 (13)
- 正弦电源 (14)(16)
- 克希荷夫电流定律 (19~22)(26)
- 支路 (21)
- 克希荷夫电压定律 (23~26)
- 功率 (28)(29)(35)
- 支路电流法 (31~33)(86)
- 平面电路和非平面电路 (33)(34)
- 双下标法 (41~43)
- 无源电路的变换 (49~63)(81)(82)
- 有伴电源间的转换 (67)(68)
- 实际电压源与实际电流源的物理区别 (72)
- 戴维南定理与诺顿定理 (78~82)
- 含受控源电路的分析 (83~90)
- 电位与电压 (96)
- 非线性电阻 (103)(104)

第二章 电路的瞬变过程.....(65)

- 瞬变过程 (1)(3~5)
- 电容元件 (6)(7)(10~14)
- 自感电动势 (9)(12)
- R 、 L 和 C 上电压和电流的波形 (13~13)
- 换路定律 (15~18)
- 时间常数 (20)
- 换路 (2)(3)
- 电感元件 (8~13)
- 冲激函数 (11)(18)
- 稳态值 (14)
- 电路的阶数 (19)
- 三要素法 (21)(22)
- 微分电路和积分电路 (24)

第三章 正弦电路.....(82)

- 正弦电路 (1)(2)
- 正弦量的三要素 (3~8)

① 括号内数字表示题号, 下同。

- 初相角、超前与滞后 (9)
- 阻抗与导纳 (13)(14)(28)(29)
- 电感、互感和感抗 (17)(18)(24)
- 平均功率 (23~27)(63)
- 元件的储能 (24)(25)
- 阻抗和式与电压和式 (29)
- 相量图法 (15)(42~44)(47)(65)(66)
- 并联谐振 (53~55)
- 三相 P 、 Q 、 S 和 p (63)
- 用电安全 (67~70)
- 调压器与变阻器 (71)(72)
- 相量分析法 (10~12)(15)
- 伏安关系式的正误 (16)(17)(19)
- 电容与容抗 (19~22)(25)
- 功率因数 (23)(35~41)(61)
- 等效阻抗表达式的正误 (28)
- P 、 Q 和 S (31~34)(63)
- 串联谐振 (45~50)
- 三相电路 (56~67)
- 相序测定 (65)
- 电容器降压 (70)

第四章 变压器(127)

- 为什么要高压输电 (1)
- 空载电流 (3)(9)(10)(16)
- 降压与升压 (7)(8)
- 电压与频率的关系 (14)
- 等效电路 (17)(18)
- 变压器中电流的瞬变 (20)(21)
- 阻抗变换 (25)(26)
- 铁芯 (2)(4)(9)
- 绕组 (5)(6)
- 相对极性 (同名端)(11~13)
- 过压使用 (15)
- 能量传递 (19)
- 自耦变压器 (22~24)

第五章 交流电动机(141)

- 异步电动机: 结构 (1)(2) 转速 (3) 定子绕组接法 (4)(5) 绕组的相对极性 (6) 转差率 (7) 定子电流 (8)(18)(20) 绕线式电动机 (9)(10)(31) 气隙 (11) 磁极数 (12) 调速 (13)(35) 温升 (14)(16) 损耗 (15) 效率和转矩 (17) 功率因数 (19) 转矩和电压的关系 (21)(22) 转速与频率的关系 (23)(24) 起动 (25~27) 频敏变阻器 (28) 起动电流 (29) 起动转矩 (30) 绕线式电动机的起动 (32) 转向 (33) 转速 (34)(37) 电磁转矩 (36) 制动 (38) 开启式和封闭式电机 (39) 断相运行 (40) 单相电机中的旋转磁场 (41) 罩极式电动机 (42) 电容式电动机 (43) 交流执行电动机 (44)(45) 力矩电动机 (46) 绕线式电动机转子绕组的串接 (48)
- 自整角电动机 (47)
- 同步电动机 (50~59)
- 直线电动机 (49)
- 步进电动机 (60)(61)

第六章 直流电动机(172)

- 铭牌数据的意义 (1)
- 发电机用作电动机 (3)
- 铁芯 (5)
- 机械特性 (7)(8)
- 调速 (10)(11)(14)
- 转向 (2)
- 换向极 (4)
- 电动势常数与转矩常数 (6)
- 转速和电枢电流的变化 (9)(12)(13)
- 起动电流 (15)

- 串励电机接交流电源 (16)
- 从结构区别电机的类型 (18)
- 电动机的选用 (20)
- 直流执行电动机 (17)
- 起动 (19)

第七章 电动机的继电接触控制(183)

- 铁壳开关 (1)
- 控制电路中熔丝、热继电器和自锁触头的作用 (3)
- 开关的火花 (4)
- 直流继电器的动作速度 (6)
- 交流电磁铁的温升 (8)
- 继电器线圈能否交直流两用 (10)
- 中间继电器 (12)
- 开关代替按钮 (14)
- Y- Δ 自动起动控制 (17)
- 时间控制 (19)
- 热继电器 (21)
- 断相保护 (23)
- 接地保护 (25~27)
- 熔断器 (2)(3)
- 衔铁的吸动电流 (5)
- 交流接触器的噪声 (7)
- 接触器线圈能否交直流两用 (9)
- 短路环 (11)
- 触头维修 (13)
- 点动控制 (15)(16)
- 限位控制 (18)
- 正反转控制 (20)
- 联锁控制 (22)
- 导线选择 (24)

第八章 晶体管和交流放大电路(200)

- N 型和 P 型半导体是否带电 (1)
- 两个二极管能否接成一个三极管 (2)
- 电流放大系数 (4)(5)(22)
- 三极管 C 、 B 极相连 (7)
- 四种击穿电压 (9)
- V_{BE} 或 V_{CC} 接反 (11)
- 三个极的判别 (13)
- 三极管工作情况判断 (15)
- 硅管和锗管比较 (17)
- $V_B > V_C$ 的情况 (20)
- 放大器的增益 (23)
- R_C 的作用 (25)
- 交流负载线的画法 (27)
- 放大器的幅频特性 (29~31)
- 分贝 (34)(35)
- 射极输出器 (41~43)
- 功率放大器 (45~50)
- 晶体管的温漂 (3)
- $I_{CEO} > I_{CER} > I_{CES} > I_{CBO}$ 的原理 (6)
- 基极断开运行 (8)
- E 、 B 极互换 (10)
- 三极管代替二极管 (12)
- $I_C > I_{CM}$ 是否允许 (14)
- α 和 β 的测试条件 (16)
- 管子的输入、输出电阻 (18)(19)
- 放大器按频率分类 (21)
- 放大器的温漂 (24)
- 偏流的调节 (26)
- R_C 上电压的相位 (28)
- 放大器中的相位问题 (32)(33)
- 反馈的判别 (36~40)
- 自举电路 (44)
- 场效应管及放大器 (51~60)

第九章 直流放大电路和运算放大器(232)

- 幅频特性 (1)(2)
- 直耦放大器的特殊问题 (3~5)

温漂 (6)	调制型直流放大器 (7)
差模输入、共模输入和共模抑制比 (8)	差动放大器 (9~11)
	运算放大器 (12~20)
第十章 正弦波振荡电路	(245)
振荡器的自激 (1)(3)	输出电压的调节 (2)
反馈的相位判别 (4~7)(10)	三点式振荡器 (5~7)
电路纠错 (8)	RC 振荡器 (9~12)
第十一章 脉冲与数字电路	(258)
二极管和三极管的开关特性 (1~3)	电平 (4)
限幅与箝位 (5)(6)	集成电路的分类及特点 (7~10)
门电路及其逻辑关系 (11~14)	触发器 (23)
RS 触发器 (24~26)	空翻 (27)(28)(30)
JK 触发器和 D 触发器 (29~31)	双稳态触发电路 (36~38)
单稳态触发电路 (36)(39)(40)	多谐振荡电路 (36)(41)
计数电路 (42~44)	液晶显示器 (45)
译码电路 (46)	MOS 电路 (47~53)
第十二章 直流稳压电源	(314)
二极管整流性能 (1~5)	整流电路分析 (6~8)
滤波电路分析 (9~14)	有源滤波电路 (15)
硅稳压管及其稳压电路 (16)(17)	稳压电路分析 (18~23)
第十三章 晶闸管技术	(336)
晶闸管的使用 (1~5)(14)	保护电路 (6)
可控整流电路 (7)(8)	触发电路 (9~13)

第一章 电路分析中的基本概念

题1-1 什么是电力电路？什么是信号电路？

〔答〕 电力电路以传输和应用电能为主要目的。电力网电路、照明电路、电加热电路和动力电路等都是电力电路的例子。这类电路的特点是电源波形单一，所消耗的电功率和能量较大。

信号电路以传递和处理信号为主要目的。音响电路、通讯电路和各种检测仪器的电路等都是信号电路的例子。这类电路的特点是信号波形复杂，电路所涉及的功率和能量较小。

题1-2 电路分析中的“电路”与实际电路是一样的吗？

〔答〕 不完全一样。譬如说，由热电偶和毫伏表连接起来的测温装置是一个实际电路。构成这一装置的各种部件和器件，看得见摸得着。它们在结构、外形和材料等方面都各具有一定的特征，是非常具体的。但是，在电路分析中，我们只研究由各种仅体现电磁性能的理想电路元件所组成的电路——抽象的电路，即电路模型。我们有意识地排除了一切与电路性态和功能无直接关系的各种因素。

题1-3 什么叫做理想电路元件？

〔答〕 所谓理想电路元件是一种理想化了的元件模型。把一个元件理想化，就是认为该元件只具有一种物理性能，而忽略其它次要的物理性能。

理想电路元件实际上是不存在的。因为不可能做到一种器件只具有一种物理特性。以电阻器来说，它的主要特性是把电能转换成为热能。然而实际上凡是有电流的地方必定有磁场，这就使电阻器除了发热以外不可避免地要把能量储存在磁场之中，尽管一般来说这种储能作用相对比较弱，有时甚至是微乎其微的。

所以理想电路元件仅是一种概念化的物理模型。例如理想的电阻器，它的参数是纯电阻，流过该电阻器的电流与其端电压之间的关系服从欧姆定律。

在电路分析中，以理想电路元件代替实际的电路器件，可以突出主要矛盾，使电路的分析与设计较为方便。

题1-4 在电路分析中常见哪些理想电路元件？

〔答〕 电阻器、电感器、电容器、变压器、二极管、电压源、电流源等都可以看成是理想电路元件。此时，人们把它们想象成为只反映实际元件主要物理性能的电路器件。例如把电阻器看成是仅能把电能转换成热能的电阻元件，把电感器看成是仅能在磁场中储能电感元件，把电容器看成是仅能在电场中储能的电容元件，等等。

虽然实际电路器件的品种甚多，功能各异，但若用若干种理想电路元件来模拟这些实际器件，进而分析研究其性质和功能，还是可行的。当然，一个实际的电路器件有时难以用单一的理想元件来替代，而需要由几种理想元件串、并联后的电路模型来模拟，电路模型的构成和复杂程度取决于对分析精度的要求。

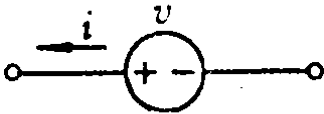
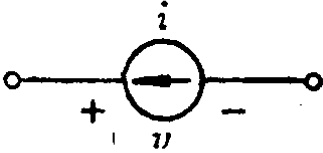
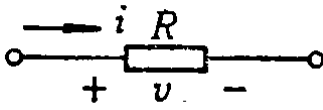
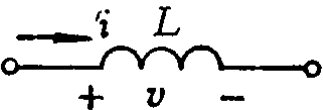
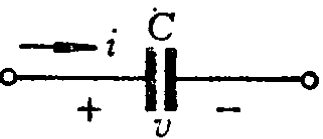
题1-5 什么是理想电路元件的数学定义？

〔答〕 理想电路元件的数学定义是指元件的电压-电流关系（伏安关系）。表 1-5 列出了电压源、电流源、电阻元件、电感元件和电容元件等五种基本理想电路元件的表示符号及其伏安关系。表中电阻元件、电感元件和电容元件的参数 R 、 L 和 C 都是常数，所以它们被称作线性元件。这些元件都由两个端子引出，统称为二端元件，或单端口元件。

题1-6 上述伏安关系中的“ u 一定， i 任意”和“ i 一定， u 任意”是什么意思？

〔答〕 “ u 一定， i 任意”是指电压源电压变化的规律（直流电压或随时间变化的电压）与所流过的电流无关。即不论电流多大，也不论其电流的流向如何，都是允许的，而且并不改变电压

表 1-5

电路元件名称	符 号	伏 安 关 系
电压源		v 一定, i 任意
电流源		i 一定, v 任意
电阻元件		$v = Ri$, $i = v/R$
电感元件		$v = L di/dt$, $i = \frac{1}{L} \int_{-\infty}^t v dt$
电容元件		$v = \frac{1}{C} \int_{-\infty}^t i dt$, $i = C dv/dt$

源原来电压变化的规律。若所论电压源系极性及数值均属恒稳的直流电源, 那么“ v 一定”表示该电源的电压值及其极性均保持不变。若所论电压源是时间函数, 那么“ v 一定”表示电压与时间的函数关系保持不变, 不受电流变化的影响。

“ i 一定, v 任意”是指电流源电流的变化规律(直流电流或随时间变化的电流), 与它的端电压无关。端电压可正可负, 甚至为零。

题1-7 电阻元件的伏安关系不就是欧姆定律吗?

〔答〕 对, 是欧姆定律。在物理学中, 欧姆定律可有几种形式。例如一段均匀电路的欧姆定律, 不均匀电路的欧姆定律, 闭合回路的欧姆定律, 等等, 似乎欧姆定律占有很显要的地位。实

实际上欧姆定律的主要之点在于阐明电阻元件的伏安关系。而各种名目的欧姆定律只是欧姆定律与居于更高层次的克希荷夫定律结合的表现形式，并无真正普遍意义。

题1-8 怎样正确地理解电阻元件的伏安关系？

〔答〕 电阻元件的伏安关系可从以下几层意思去理解。

(1) 电阻元件的伏安关系表明，它的瞬时电压与瞬时电流呈比例关系，比例系数等于 R 。不论电阻元件的电流随时间作怎样变化，它的电压将随之作线性变化。简单地说，电阻元件的电压波形与电流波形是完全相同的。

(2) 把电阻元件的伏安关系写作 $R = v/i$ 的形式，便是电阻的定义。习惯上我们把导体对于电流所呈现的阻力视作电阻，所以认为诸如白炽灯、电热器和电烙铁等器件当然可用电阻元件来模拟，这没有错。但是需知，电阻元件反映电路中消耗电能现象，而电能的消耗未必皆可归属于电流对于这种阻力的反抗。例如由电能转化为机械能、化学能、光能或声能都是电能消耗的结果，却不是只用电流反抗导体阻力的说法所能解释的。所以，用阻力来定义电阻，局限性大，不完善。如果改用电压对于电流之比来定义电阻，显然不存在这样的缺憾；它不仅模拟固体、液体或气体所呈现的电阻，也可以表征一切消耗电能的各种物理现象。

(3) 由电阻元件的伏安关系可知，一个电阻值 R 可由无穷多个电压 v -电流 i 对表现出来。例如 $R = 10\ \Omega$ 可表现为 $v = 10\text{V}$ ， $i = 1\text{A}$ 或 $v = 1\text{V}$ ， $i = 0.1\text{A}$ ，等等。我们称电阻 R 为电阻元件的参数，它表征元件的（耗能）性质；称电压 v 和电流 i 为变量，它们的伏安关系描述了元件的性能。参数与伏安关系是对于同一电路元件的两种不同的描述方式。

(4) 在表 1-5 的符号栏中，电流流向用箭头表示，电压极性用“+”和“-”号表示（也可用由“+”指向“-”的箭头表示）。这个“方向”和“极性”统称为元件变量的参考方向或正方向，作为变量取值正负的参照。规定元件电流和电压的参考

方向是必须的，它是正确列写元件伏安关系的依据。不标以电流和电压参考方向的伏安关系是不确定的，无意义的。为此，电路元件的伏安关系及其参考方向都应配套给出。

题1-9 设定参考方向除了配合列写元件的伏安关系外，是否还有其它意义？

〔答〕 还有。以下几点可资说明。

(1) 不标有参考方向的任一电流或电压是不确定的。

(2) 任何电路方程，只有在各变量具有完全确切参考方向的条件下，才能正确列出。

(3) 如有需要，可就计算结果对照参考方向，了解变量的实际方向和极性。

题1-10 在每一次电路分析中，对于每一电路元件是否都必须标上全部参考方向？

〔答〕 理应如此。不过，由于我们习惯上对于象电阻 (R)、电感 (L)、和电容 (C) 等无源元件一概采用“关联方向”的缘故，标注的手续可稍加简化：只需注上电流参考方向或电压参考方向，并正确列出伏安关系和电路方程，就不会引起误解和混淆。

题1-11 什么叫做“关联方向”？

〔答〕 规定电流是沿电位降落方向取向的称为关联方向；也即称电流与电压取一致的参考方向为关联方向。这种人为规定（约定）较为自然合理，可减少计算出错的机会。在计算功率时，采用变量的关联方向也是合适和方便的。当 $p = vi$ 为正值时，表明元件吸收功率； $p = vi$ 为负值时，则为发出功率。

题1-12 为什么把 R 、 L 、 C 叫做“无源元件”？

〔答〕 凡是不具备输出净电磁能量的元件，均称无源元件。电阻元件只吸收和消耗能量，不可能给出能量，这是明显的。电感元件虽能给出能量，但不会超出原先所储入的，充其量只可释放出所储藏的全部，所以不能有净电磁能量输出。类似地，电容元件也是这样。由此可见，电阻、电感和电容都属于无源元件。

题1-13 电压源和电流源可称为有源元件吗？

〔答〕 有源元件与无源元件相反，它可以对电路输出净的能量，所以电压源和电流源都可称作有源元件。然而电源有时也会处于吸收能量的状态（充电）。此时，电流通过电压源或电流源时，实际并不沿着电位升高而是沿着电位降低的方向。

题1-14 在电路分析中常见哪些电源？

〔答〕 最常见的是直流电源和正弦电源，因为在实践中由直流电源或正弦电源供电的情况十分普遍。同时也因为对于直流电路与正弦电路的分析计算，在电路分析中是最为基本的。

题1-15 什么叫做直流电源？

〔答〕 直流电源包括直流电压源和直流电流源两种。直流电压源一般是指电压极性和电压值恒稳不变的电压源。图 1-15(a) 所示为直流电压源的电压随时间变化的曲线；也称为它的波形图。

直流电流源是指电流流向和电流值恒稳不变的电流源。图 1-15(b) 所示为其波形图。

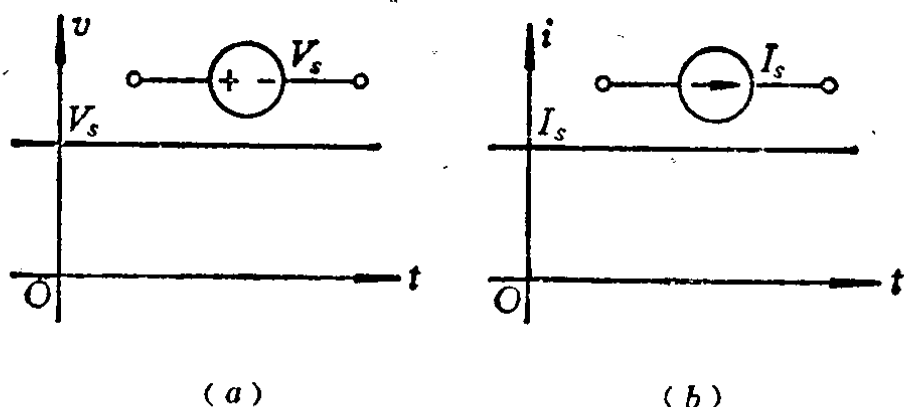


图 1-15

根据电压源和电流源定义，通过电压源的电流、或出现在电流源两端的电压是任意的（不必一定恒稳），它们的波形将由与之相连的外电路中所有元件，包括有源和无源元件共同决定。

题1-16 什么叫做正弦电源？

〔答〕 正弦电源也分为正弦电压源与正弦电流源两种。图示为正弦电压源或电流源的波形图。用数学式表达可写为（以电压

源为例)

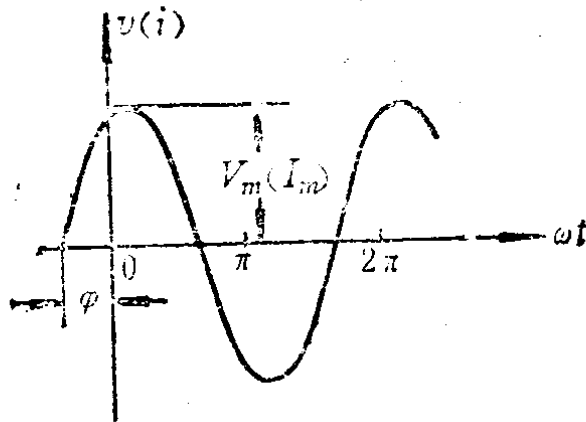


图 1-16

$$v(t) = V_m \sin(\omega t + \varphi)$$

其中 V_m 为电压的最大值或振幅, ω 为角频率, φ 为初相角。可见正弦量的瞬时值及其方向是作周期性变化的。

题1-17 什么叫做电路的“激励”和“响应”?

〔答〕 响应就是反应的意思。例如电源接入后, 电路各处出现了电流和电压; 它们都是由电源引起的反应, 在电路理论中称为响应。对应地说, 这里可把电源称为激励。

就电源本身来说, 电压源的电压是激励, 它的电流是响应。电流源的电流是激励, 它的电压是响应。

对电阻元件来说, 如果激励是电压, 那么电流是响应; 如果电流是激励, 那么电压是响应。

一切元件的伏安关系都是激励与响应的关系。

题1-18 “掌握了电路元件的特性就是掌握了电路的分析方法”, 这句话对吗?

〔答〕 不能这样说。电路中可能包含许多不同的元件, 它们各以其自身的伏安关系运行着。这是确凿无疑的。但是, 电路各支路电流的分配, 以及各回路中电压的分配, 并非只取决于元件的特性, 还要取决于元件的相互连接关系, 即电路的结构。掌握了电路元件的特性, 只能说具备了进行电路分析的部分条件。

题1-19 什么是电路中电流分配的规律?

〔答〕 这是由克希荷夫电流定律 (或称克希荷夫第一定律) 所阐明的。例如图示的电桥电路, 对于各个节点, 有如下的电流关系:

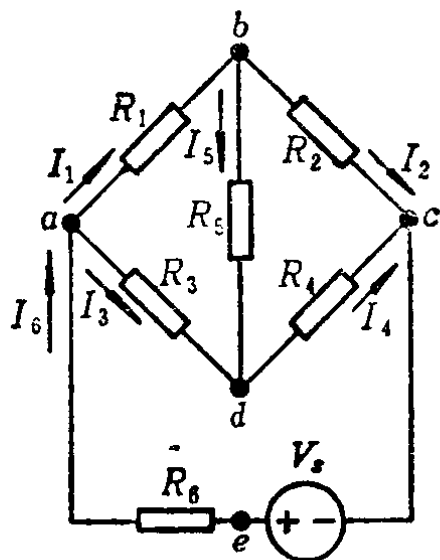


图 1-19

$$\text{节点 } a: I_6 = I_1 + I_3 \text{ 或 } I_1 + I_3 - I_6 = 0 \quad (1)$$

$$\text{节点 } b: I_1 = I_2 + I_5 \text{ 或 } I_2 + I_5 - I_1 = 0 \quad (2)$$

$$\text{节点 } c: I_2 + I_4 = I_6 \text{ 或 } I_6 - I_2 - I_4 = 0 \quad (3)$$

$$\text{节点 } d: I_3 + I_5 = I_4 \text{ 或 } I_4 - I_3 - I_5 = 0 \quad (4)$$

上述诸电流关系是克希荷夫电流定律在电桥电路上的具体应用。

克希荷夫电流定律可这样陈述: 在任一时刻, 流入节点电流的总和等于从该节点流出的电流总和, 或流入节点电流的代数和等于零。用数学式表示, 为

$$\sum i_{\text{入}} = \sum i_{\text{出}}$$

或

$$\sum i = 0$$

题1-20 什么是节点?

〔答〕 两个或两个以上元件的连接点都叫做节点。例如上题

电路图中的 a 、 b 、 c 、 d 和 e 各点都是。不过，仅两个元件的连接点（如节点 e ），由于处于同一支路，电流相同，一般都无需再列电流式。

题1-21 支路是怎样定义的？

〔答〕 支路由元件组成、连接在两节点间的通路。对于一个二端元件来说，被接入电路以后，它的两个端点便成为电路的两个节点。但是支路的实质，在于流入流出节点的电流相同。为此，倘若二元件构成一条支路，如图 1-19 电路中 R_6 、 V_s 支路，那么它们的连接点 e 一般可不作节点论处。毫无疑问，也允许 R_6 和 V_s 的电流取不同的参考方向，如图 1-21 所示。此时节点 e 将显示作为节点的原有功能，得电流方程

$$I_6 + I_7 = 0$$

题1-22 克希荷夫电流定律只限于在节点上定义吗？

〔答〕 不仅这样。克希荷夫电流定律实际上体现了电路的电流连续性或电荷守恒性原理。只要电荷流动，电路任何一点（包括节点）不可能使电荷堆积起来，或从电路一点（包括节点）无限制地抽取电荷。这是由无数次实践所证明了的。因此，在电路上任作一高斯面，任一时刻流入该面的电流总和，必将与同一时刻流出该面的电流总和相等。换言之，克希荷夫电流定律也可在高斯面（广义的节点）上定义。

举一实例，对于图 1-12 所示电路的高斯面，有电流关系

$$I_6 = I_2 + I_3 + I_5$$

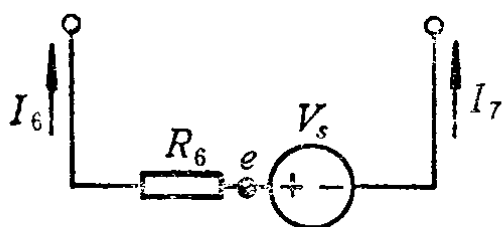


图 1-21

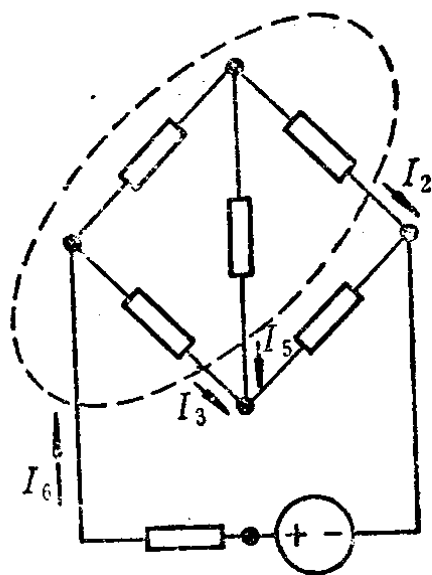


图 1-22