

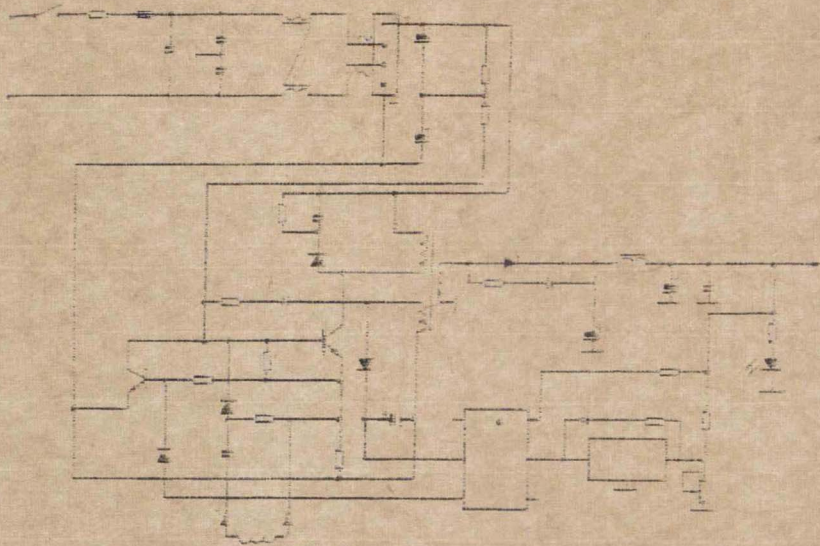


普通高等院校“十二五”规划教材指导用书

电工电子技术 学习指导

李良洪 主编

李志勇 陈 影 李纪红 副主编



国防工业出版社

National Defense Industry Press

普通高等院校“十二五”规划教材指导

电工电子技术学习指导

李良洪 主编

李志勇 陈 影 李纪红 副主编

国防工业出版社

内 容 简 介

本书以“电工电子技术”课程教学大纲为依据,注重基本理论、基本知识和基本技能的灵活应用,使学生方便系统地学习电工电子技术课程,掌握解答各类题型的思路、方法、规律和技巧,培养学生分析问题、解决问题的实际能力。

全书共20章,包括电路的基本概念和基本定律、电路的分析方法、电路的过渡过程、正弦交流电路、三相交流电路、磁路和变压器、电动机、继电接触器控制系统、可编程控制器、安全用电、半导体器件、基本放大电路、负反馈放大电路、集成运算放大器、正弦波振荡电路、直流稳压电源、电力电子技术、门电路和组合逻辑电路、触发器和时序逻辑电路、模拟量和数字量的转换等内容。各章内容均由基本要求、基本知识点、典型题分析、自我测验题和参考答案五部分组成。

本书可作为学习“电工电子技术”和“电工学”课程的高等学校非电类本科、专科学生以及电大、职大、函大、夜大、成人教育等学生的辅助教材,也可作为有关教师的教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

电工电子技术学习指导/李良洪主编. —北京:国防工业出版社, 2013.6

普通高等院校“十二五”规划教材指导用书

ISBN 978-7-118-08717-8

I. ①电… II. ①李… III. ①电工技术—高等学校—教学参考资料
②电子技术—高等学校—教学参考资料 IV. ①TM ②TN

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第043796号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路23号 邮政编码 100048)

涿中印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 15¼ 字数 381 千字

2013年6月第1版第1次印刷 印数 1—3000册 定价 32.00元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010) 88540777

发行邮购:(010) 88540776

发行传真:(010) 88540755

发行业务:(010) 88540717

前言

“电工电子技术”(或“电工学”)是高等院校非电类专业的一门技术基础课,是面向非电专业学生开设的电类基础课程,影响面大,受益面广。“电工电子技术”课程的作用和任务是使学生通过本课程的学习,获得电工技术和电子技术的基本理论、基本知识和基本技能,了解电工技术和电子技术的应用和发展,为学习后续课程和从事今后工作打下一定基础。

电工电子技术的发展十分迅速,这就要求“电工电子技术”课程不断引入新的教学内容,也就必然出现教学体系中有限课时与无限膨胀的课程内容之间的矛盾。因而,“电工电子技术”课程的课堂教学只能是电工技术和电子技术的基本理论、基本知识和基本技能的“启发”和“提纲挈领”式的教学。要学好“电工电子技术”课程,除了课堂的学习和训练之外,要结合教学要求,完成一定数量的习题,提高分析问题和解决问题的能力。基于这一认识,根据作者在长期为非电类专业学生开设“电工电子技术”课程的教学实践和经验,为了适应教学内容、课程体系改革和发展的需要而编写了本书。

全书共 20 章。包括电路的基本概念和基本定律、电路的分析方法、电路的过渡过程、正弦交流电路、三相交流电路、磁路和变压器、电动机、继电接触器控制系统、可编程控制器、安全用电、半导体器件、基本放大电路、负反馈放大电路、集成运算放大器、正弦波振荡电路、直流稳压电源、电力电子技术、门电路和组合逻辑电路、触发器和时序逻辑电路、模拟量和数字量的转换。各章内容均由基本要求、基本知识点、典型题分析、自我测验题和参考答案等五部分组成。“基本要求”是对学生学习各章内容所提出的要求,一般分为三个层次:了解、理解和掌握。“基本知识点”精炼了各章中的主要知识点,概括了主要定理及相关推论和重要公式,帮助学生迅速了解本章重要知识点,系统理解各章的体系结构,奠定扎实的理论基础。对各章主要内容的说明和学习指导,指出在学习中的疑难之处和应注意的问题。“典型题分析”以例题的形式表明了各章的重点和难点,分析问题的突破点,指引解决问题的思路,旨在帮助学生学会独立思考的方式和分析问题的方法,这些例题有利于学生掌握学习方法和对问题的深入思考。“自我测验题”用来对学习效果进行检验,“参考答案”是自我测验题的答案(或提示)。

本书可作为学习“电工电子技术”和“电工学”课程的高等学校非电类本科、专科学生以及电大、职大、函大、夜大、成人教育等学生的辅助教材,也可作为有关教师的教学参考书。

本书由李良洪任主编,李志勇、陈影、李纪红任副主编,参加本书编写工作的还有钱晓涛、马博韬、俞妍、赵建辉、赵玲、蒋建峰、沈虹等。全书由黄永义、付少波主审。

本书编写过程中,借鉴和参考了国内外大量资料,在此致以诚挚谢意。

由于时间仓促和编者水平所限,本书在内容、章节安排等方面难免有不当甚至谬误之处,恳请广大读者批评指正。

编者

2013 年 5 月

目 录

第 1 章 电路的基本概念和基本定律	1
一、基本要求	1
二、基本知识点	1
三、典型题分析	3
四、自我测验题	9
五、参考答案	10
第 2 章 电路的分析方法	11
一、基本要求	11
二、基本知识点	11
三、典型题分析	15
四、自我测验题	25
五、参考答案	30
第 3 章 电路的过渡过程	32
一、基本要求	32
二、基本知识点	32
三、典型题分析	35
四、自我测验题	39
五、参考答案	42
第 4 章 正弦交流电路	43
一、基本要求	43
二、基本知识点	43
三、典型题分析	47
四、自我测验题	55
五、参考答案	58
第 5 章 三相交流电路	60
一、基本要求	60
二、基本知识点	60
三、典型题分析	63
四、自我测验题	68
五、参考答案	70
第 6 章 磁路和变压器	71
一、基本要求	71

二、基本知识点	71
三、典型题分析	74
四、自我测验题	80
五、参考答案	81
第7章 电动机	82
一、基本要求	82
二、基本知识点	82
三、典型题分析	85
四、自我测验题	86
五、参考答案	87
第8章 继电器接触器控制系统	88
一、基本要求	88
二、基本知识点	88
三、典型题分析	90
四、自我测验题	93
五、参考答案	94
第9章 可编程控制器	95
一、基本要求	95
二、基本知识点	95
三、典型题分析	96
四、自我测验题	100
五、参考答案	101
第10章 安全用电	102
一、基本要求	102
二、基本知识点	102
三、典型题分析	102
四、自我测验题	103
五、参考答案	104
第11章 半导体器件	105
一、基本要求	105
二、基本知识点	105
三、典型题分析	109
四、自我测验题	113
五、参考答案	115
第12章 基本放大电路	117
一、基本要求	117
二、基本知识点	117
三、典型题分析	126

四、自我测验题	137
五、参考答案	140
第 13 章 负反馈放大电路	141
一、基本要求	141
二、基本知识点	141
三、典型题分析	142
四、自我测验题	145
五、参考答案	147
第 14 章 集成运算放大器	148
一、基本要求	148
二、基本知识点	148
三、典型题分析	152
四、自我测验题	159
五、参考答案	163
第 15 章 正弦波振荡电路	164
一、基本要求	164
二、基本知识点	164
三、典型题分析	166
四、自我测验题	171
五、参考答案	172
第 16 章 直流稳压电源	173
一、基本要求	173
二、基本知识点	173
三、典型题分析	176
四、自我测验题	180
五、参考答案	183
第 17 章 电力电子技术	184
一、基本要求	184
二、基本知识点	184
三、典型题分析	190
四、自我测验题	192
五、参考答案	193
第 18 章 门电路和组合逻辑电路	194
一、基本要求	194
二、基本知识点	194
三、典型题分析	201
四、自我测验题	208
五、参考答案	212

第 19 章 触发器和时序逻辑电路	213
一、基本要求	213
二、基本知识点	213
三、典型题分析	219
四、自我测验题	226
五、参考答案	229
第 20 章 模拟量和数字量的转换	231
一、基本要求	231
二、基本知识点	231
三、典型题分析	233
四、自我测验题	235
五、参考答案	235
参考文献	236

第 1 章 电路的基本概念和基本定律

一、基本要求

1. 了解电路的作用，理解电路模型的概念，正确理解模型与电路之间的关系。
2. 理解电压、电流参考方向的概念。
3. 熟练掌握并能正确使用电路的欧姆定律、基尔霍夫定律。
4. 了解电路的三种状态，正确理解额定值的意义。
5. 掌握电路中电位的计算方法。

二、基本知识点

1. 电路的基本概念

1) 电路

电路是为了某种需要由某些电工设备或元器件按一定方式组合起来的电流的通路，连续电流的通路必须是闭合的。

2) 电路的组成

电路是由电源、负载和中间环节组成。电源是将其他形式的能量转换成电能的装置，如电池、蓄电池、发电机等。负载为用电设备，其作用是将电能转换成其他形式的能量，如电灯、电动机、各类终端设备等。中间环节起传递、分配、信息处理和控制电能的作用，最简单的中间环节是导线和开关，也可能是各种元器件或设备组成的网络系统。

3) 电路的功能和分类

(1) 以传输和分配电能，并将电能转换为非电能为目的的电路称为力能电路。

(2) 以传递和处理信号为目的的电路称为信号电路。

4) 电路的几个名词

(1) 电路中三个或三个以上元件的公共连接点称为节点。

(2) 在两个节点之间，由一个或几个元件串联构成的一段无分支电路，称为支路。

(3) 由一条或多条支路组成的闭合路径，称为回路。

(4) 除组成回路本身的支路外，内部不包含其他支路的回路称为网孔。凡是网孔均属回路，而回路不一定是网孔。

(5) 通常将作用于电路的电压源电压或电流源电流，称为激励。

(6) 激励在电路各支路产生的电压或电流称为响应。对各种不同的激励，电路的响应也将是不同的。

2. 电路元件与电路模型

1) 电路元件

电路元件分为无源元件和有源元件。

(1) 无源元件：电阻、电感、电容元件。

(2) 有源元件：分为独立电源和受控电源两类。

① 独立电源：电源参数不受支配，是独立的，分为理想电压源和理想电流源。其参数值恒定，方向恒定。

② 受控电源：电源参数受电路中某一电量（ U 或 I ）的支配和控制，其大小和方向与该电量（ U 或 I ）的大小和方向有关，不是独立的。分为四种：电压控制电压源（VCVS）、电流控制电压源（CCVS）、电压控制电流源（VCCS）和电流控制电流源（CCCS）。

2) 电路模型

由理想电路元件及其组合构成的反映实际电路主要特性的电路称为电路模型。

实际电路的模型化是工程上常用的方法，它是对实际电路的逼真和模拟。

3. 电路的基本物理量和电流、电压的参考方向以及参考电位

1) 电路的基本物理量

电路的基本物理量包括：电流、电压、电动势、电位以及电功率等。

2) 电压（或电流）的参考方向

人为任意规定或假定的电压（或电流）的正方向称为电压（或电流）的参考方向。在设电路元件的电压、电流参考方向时，通常采用电压和电流一致的参考方向，并称为关联参考方向。引入参考方向后，电流、电压即成为代数量，根据电路结构和电路定律计算出来的结果为正时表明其参考方向与实际方向相同，为负时，则相反。

3) 电路的参考电位

人为规定的电路中的零电位点称为电路的参考电位。参考电位确定后，电路中各点电位有确定的值。参考电位改变，各点电位值变化，但任意两点间的电位差不变。即电位是相对的，电压是绝对的。

4. 电路的基本定律

电路的基本定律包括欧姆定律和基尔霍夫定律，是各种电路分析方法的基础。

1) 欧姆定律

欧姆定律表明电阻元件上电压与电流的关系如下：

U 、 I 为关联参考方向时： $U=IR$

U 、 I 为非关联参考方向时： $U=-IR$

2) 基尔霍夫定律

基尔霍夫定律包括基尔霍夫电流定律（KCL）和基尔霍夫电压定律（KVL）。

（1）基尔霍夫电流定律：流入任一节点（或任一闭合面）的电流的代数和为零，即 $\sum I=0$ （若流入为正，则流出为负）。KCL 反映了电路中任一点电荷的连续性。

（2）基尔霍夫电压定律：沿回路任一循行方向各段电压的代数和为零，即 $\sum U=0$ （若电压与循行方向相同取正，相反则取负）。KVL 反映了电路中任一点电位的单值性。

（3）KCL 和 KVL 可用于任意时刻、任意性质的元件、任意变化的电流和电压，两定律只与电路结构有关。

5. 电功率及元件性质的判断

1) 电功率

电功率为元件两端电压与电流的乘积。

U 、 I 为关联参考方向时： $P=UI$

U 、 I 为非关联参考方向时： $P=-UI$

2) 元件性质判断

$P > 0$ 时, U 、 I 实际方向相同, 电流流过元件时电位降低, 元件为负载性质。

$P < 0$ 时, U 、 I 实际方向相反, 电流流过元件时电位升高, 元件为电源性质。

6. 电源的三种工作状态与额定值

1) 有载

电源接有负载的工作状态称为有载, 此时电源输出功率, 同时内阻也消耗功率。分为满载(额定负载)、轻载(不足额定负载)、过载(超过额定负载)。

2) 空载

电源未接负载, 输出端开路的状态称为空载, 此时电源的输出电压称为空载电压, 大小等于电源的电动势, 内阻无功率损耗。

3) 短路

电源输出端未接负载而直接连通的状态称为短路, 此时电源的输出电流将很大, 称为短路电流, 大小为电动势与内阻之比, 内阻消耗电源的全部输出功率。这是一种故障状态, 将损坏电源。

4) 额定值

电气设备的额定值是选用电气设备的主要依据, 在额定状态时, 电气设备将有最好的经济性、可靠性、安全性和较长的使用寿命。

电源设备通常以一定电压供电的, 其供出的电流和功率由负载决定, 应当正确选择和使用。

三、典型题分析

【例 1-1】在图 1-1 中, 已知 $R_1=10\text{k}\Omega$ 、 $R_2=20\text{k}\Omega$ 、 $I_1=3\text{mA}$ 、 $I_2=1\text{mA}$ 。试确定电路元件 3 中的电流和其两端电压, 并说明它是电源还是负载。并校验整个电路的功率是否平衡。

解: 设节点 A、网孔 I、电路元件 3 中的电流为 I_3 、其两端电压为 U_3 , 如图 1-2 所示。

对于节点 A, 由 KCL 得

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

所以

$$I_3 = -I_1 + I_2 = -3 + 1 = -2\text{mA}$$

对于网孔 I, 由 KVL 得

$$-R_1 I_1 + U_3 - U_1 = 0$$

代入数据得

$$U_3 = 60\text{V}$$

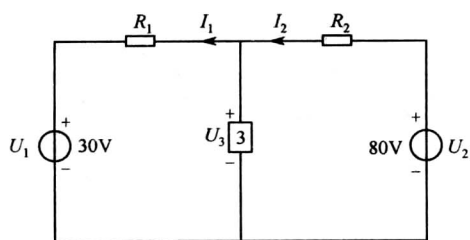


图 1-1 【例 1-1】的图

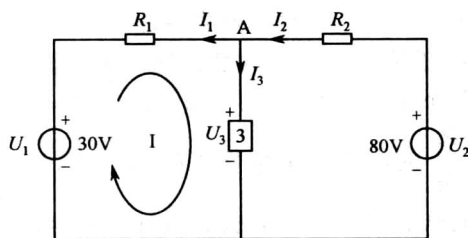


图 1-2 【例 1-1】的题解

图 1-2 中 U_3 、 I_3 的参考方向一致, 所以元件 3 吸收的功率为 $P_3 = U_3 I_3 = 60 \times (-2) = -120\text{mW}$, 说明元件 3 实际发出的功率为 120mW , 是电源。

电阻 R_1 的功率为

$$P_{R_1} = I_1^2 R_1 = 3^2 \times 10 = 90\text{mW} \quad (\text{吸收功率})$$

电阻 R_2 的功率为

$$P_{R_2} = I_2^2 R_2 = 1^2 \times 20 = 20\text{mW} \quad (\text{吸收功率})$$

30V 电源的功率为

$$P_1 = U_1 I_1 = 30 \times 3 = 90\text{mW} \quad (\text{吸收功率})$$

80V 电源的功率为

$$P_2 = -U_2 I_2 = -80 \times 1 = 80\text{mW} \quad (\text{发出功率})$$

电源发出的功率为

$$\Sigma P_{\text{发}} = |P_2 + P_3| = |-80 + (-120)| = 200\text{mW}$$

负载吸收的功率为

$$\Sigma P_{\text{吸}} = P_1 + P_{R_1} + P_{R_2} = 90 + 90 + 20 = 200\text{mW}$$

电源发出的总功率与负载吸收的总功率相等, 都为 200mW 。二者相等, 整个电路的功率平衡。

【例 1-2】有两只额定值分别为“ 40Ω 、 10W ”和“ 200Ω 、 40W ”的电阻, 试问它们允许通过的电流分别是多少? 如将两者串联起来, 其两端最高允许电压可加多大?

解: 根据功率与电阻、电流的关系算出两只电阻的额定电流分别为 0.5A 、 0.447A , 如将两者串联时, 流过它们的电流应不超过 0.447A , 故其两端所加最高允许电压为

$$U = 0.447 \times (40 + 200) = 107\text{V}$$

【例 1-3】有一台直流稳压电源, 其额定输出电压为 30V , 额定输出电流为 2A , 从空载到额定负载, 其输出电压的变化率为千分之一 ($\Delta U = \frac{U_o - U_N}{U_N} = 0.1\%$), 试求该电源的内阻。

解: 根据题意知, $U_N = 30\text{V}$, $I_N = 2\text{A}$, 又由 $\Delta U = \frac{U_o - U_N}{U_N} = 0.1\%$, 得 $U_o = 30.03\text{V}$, U_o 为空载电压, 由于电源空载端电压等于电动势, 故 $E = U_o = 30.03\text{V}$ 。

设该电源内阻为 R_0 , 则由 KVL 得 $E = U_N + I_N R_0$, 解得

$$R_0 = \frac{E - U_N}{I_N} = 0.015\Omega$$

【例 1-4】图 1-3 所示是电阻应变仪测量电桥的原理电路。设电源电压 U 是直流 3V 。 R_X 是电阻应变片, 黏附在被测零件上。当零件发生变形 (伸长或缩短) 时, R_X 的阻值随之而改变, 这反映在输出信号 U_o 上。在测量前如果把各个电阻调节到 $R_X = 100\Omega$, $R_1 = R_2 = 200\Omega$, $R_3 = 100\Omega$, 这时满足 $\frac{R_X}{R_3} = \frac{R_1}{R_2}$ 的电桥平衡条件, $U_o = 0$ 。在进行测量时, 如果测出 (1) $U_o = +1\text{mV}$, (2) $U_o = -1\text{mV}$, 试计算两种情况下的 ΔR_X 。 U_o 极性的改变反映了什么?

解: 由电路可知, $U_o = V_A - V_B$, 令 $U_B = 0$, 则

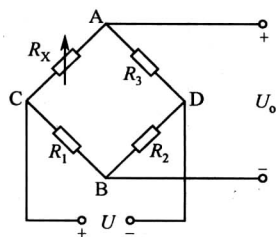


图 1-3 【例 1-4】的图

$$V_B = \frac{R_2}{R_1 + R_2} U = \frac{200}{200 + 200} \times 3 = 1.5V; \quad V_A = \frac{R_3}{R_X + R_3} U = \frac{100}{R_X + 100} \times 3 = \frac{300}{R_X + 100}$$

所以

$$U_o = \frac{300}{R_X + 100} - 1.5 = \frac{150 - 1.5R_X}{R_X + 100}$$

① $U_o = +1\text{mV}$ 时, 由上式得 $R_X = 99.867\Omega$; ② $U_o = -1\text{mV}$ 时, 由上式得 $R_X = 100.133\Omega$, 即

$$\Delta R_X = \begin{cases} -0.133\Omega, & U_o = +1\text{mV} \\ +0.133\Omega, & U_o = -1\text{mV} \end{cases}$$

U_o 极性的改变, 反映了电阻应变片阻值的减小或增大, 同时也就反映了零件的缩短或伸长, 由以上计算可知, $U_o > 0$ 时, 零件被压缩; $U_o < 0$ 时, 零件被拉伸。

【例 1-5】如图 1-4 所示, 方框代表电源或负载。已知 $U=220\text{V}$, $I=-1\text{A}$, 试问哪些方框是电源, 哪些是负载?

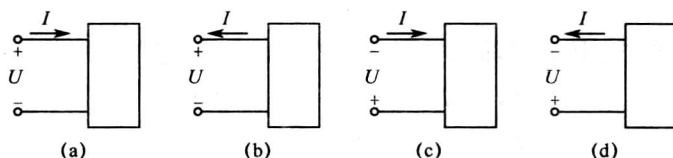


图 1-4 【例 1-5】的图

解: 进行电源或负载的判断可采用两种方法。

方法一: 利用电压、电流的实际方向来判断。如果两者相同, 意味着电流由高电位流向低电位, 电荷经过该部分电路 (或元件) 后能量降低, 说明该部分电路 (或元件) 吸收 (消耗) 了能量, 因此为负载; 反之, 若两者相反, 意味着电流由低电位流向高电位, 电荷经过该部分电路 (或元件) 后能量增高, 说明该部分电路 (或元件) 发出 (释放) 了能量, 因此为电源。

图 1-4 (a)、(d) 中 U 、 I 的实际方向相反, 因此方框中具有电源性质; 图 1-4 (b)、(c) 中 U 、 I 的实际方向相同, 因此方框中具有负载性质。

方法二: 利用参考方向来判断。 U 、 I 参考方向相同时, $P=UI$, U 、 I 参考方向相反时, $P=-UI$ 。如果 $P > 0$ 时 (表明 U 、 I 实际方向相同), 为负载; $P < 0$ 时 (表明 U 、 I 实际方向相反), 为电源。

注意: 以上式中 U 、 I 为参考电压和参考电流, 因此它们的值可能有正有负。

因图 1-4 (a)、(d) 中 U 、 I 参考方向相同, 且 $P=UI=220 \times (-1) < 0$, 故为电源; 图 1-4 (b)、(c) 中 U 、 I 参考方向相反, 且 $P=-UI=-220 \times (-1) > 0$, 故为负载。

实际上, 方法一、方法二的判断方法, 其本质是相同的, 判断结果也是一致的。

【例 1-6】在图 1-5 中, 五个元器件代表电源或负载。电流和电压的参考方向如图 1-5 所示, 通过实验测量得知 $I_1 = -4\text{A}$, $I_2 = 6\text{A}$, $I_3 = 10\text{A}$, $U_1 = 140\text{V}$, $U_2 = -90\text{V}$, $U_3 = 60\text{V}$, $U_4 = -80\text{V}$, $U_5 = 30\text{V}$ 。(1) 试标出各电流的实际方向和各电压的实际极性; (2) 判断哪些元器件是电源, 哪些是负载? (3) 计算各元器件的功率, 电源发出的功率和负载取用的功率是否平衡?

解: (1) 五个元器件中电流和电压的实际方向可根据参考方向和实验测量结果确定: 实

验测量结果为正值,说明实际方向与参考方向相同;实验测量结果为负值,说明实际方向与参考方向相反。图 1-6 标出了各电流的实际方向和各电压的实际极性。

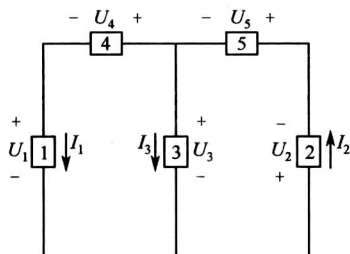


图 1-5 【例 1-6】的图

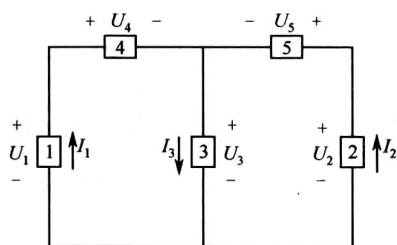


图 1-6 【例 1-6】的题解

(2) 电压与电流实际方向相同的元器件,吸收电能,为负载;电压与电流实际方向相反的元器件,释放电能,为电源。因此,根据图 1-6 可知,元器件 1、2 为电源,元器件 3、4、5 为负载。

(3) 因为各元器件电压、电流为关联参考方向,故吸收的功率分别为

$$P_1 = U_1 I_1 = 140 \times (-4) = -560 \text{ W}$$

$$P_2 = U_2 I_2 = (-90) \times 6 = -540 \text{ W}$$

$$P_3 = U_3 I_3 = 60 \times 10 = 600 \text{ mW}$$

$$P_4 = U_4 I_1 = (-80) \times (-4) = 320 \text{ mW}$$

$$P_5 = U_5 I_2 = 30 \times 6 = 180 \text{ mW}$$

电源发出的功率为

$$\Sigma P_{\text{发}} = |P_1 + P_2| = |-560 - 540| = 1100 \text{ mW}$$

负载吸收的功率为

$$\Sigma P_{\text{吸}} = P_3 + P_4 + P_5 = 600 + 320 + 180 = 1100 \text{ mW}$$

二者相等,整个电路的功率平衡。

【例 1-7】有一直流电源,其额定功率 $P_N = 200 \text{ W}$, 额定电压 $U_N = 50 \text{ V}$, 内阻 $R_0 = 0.5 \Omega$, 负载电阻 R 可以调节,其电路如图 1-7 所示。试求:(1) 额定工作状态下的电流及负载电阻;(2) 开路状态下的电源端电压;(3) 电源短路状态下的电流。

解:电源输出的额定功率 P_N 、额定电压 U_N 和额定电流 I_N 之间的关系为

$$P_N = U_N I_N$$

(1) 额定电流

$$I_N = \frac{P_N}{U_N} = \frac{200}{50} = 4 \text{ A}$$

额定工作状态下的负载电阻

$$R_N = \frac{U_N}{I_N} = \frac{50}{4} = 12.5 \Omega$$

(2) 开路状态下的电源端电压 U_0 等于电源电动势 E , 即

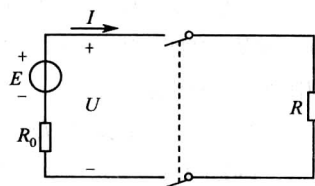


图 1-7 【例 1-7】的图

$$U_o = E = U_N + I_N R_0 = 50 + 4 \times 0.5 = 52\text{V}$$

(3) 短路状态下的电流

$$I_s = \frac{E}{R_0} = \frac{52}{0.5} = 104\text{A}$$

【例 1-8】 根据 KCL, 求图 1-8 所示电路中的电流 I_1 和 I_2 。

解: 对于节点 a, $I_1 + 2 = 7$, $\therefore I_1 = 5\text{A}$

对于广义节点 (图 1-9 中点划线部分), $I_1 + 2 + I_2 = 0$, 则 $I_2 = -7\text{A}$ 。

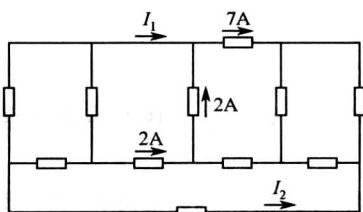


图 1-8 【例 1-8】的图

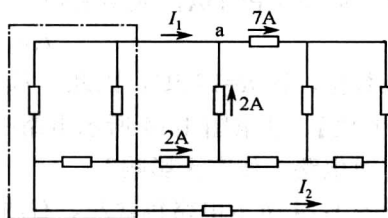


图 1-9 【例 1-8】的题解

【例 1-9】 根据 KVL 求如图 1-10 所示电路中的电压 U_1 、 U_2 和 U_3 。

解: 标出 U_4 及网孔 I、II、III、IV, 如图 1-11 所示,

对于网孔 I, $2 + U_2 - 2 = 0$, $\therefore U_2 = 0\text{A}$

对于网孔 II, $U_1 + 4 - U_2 = 0$, $\therefore U_1 = -4\text{A}$

对于网孔 III, $-5 + 10 - U_4 - U_1 = 0$, $\therefore U_4 = 9\text{A}$

对于网孔 IV, $U_4 + U_3 - 4 = 0$, $\therefore U_3 = -5\text{A}$

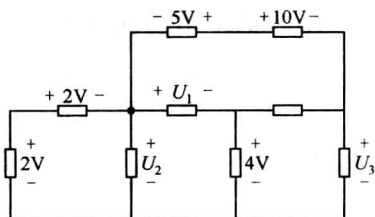


图 1-10 【例 1-9】的图

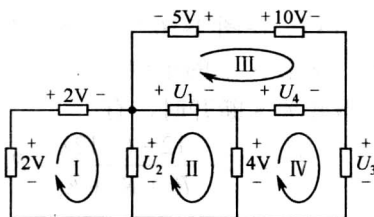


图 1-11 【例 1-9】的题解

【例 1-10】 如图 1-12 所示, 已知 $I_1=0.01\mu\text{A}$, $I_2=0.3\mu\text{A}$, $I_5=9.61\mu\text{A}$, 试求电流 I_3 、 I_4 、 I_6 。

解: 根据 KCL, 得

$$I_3 = I_1 + I_2 = 0.01 + 0.3 = 0.31\mu\text{A}$$

$$I_4 = I_5 - I_3 = 9.61 - 0.31 = 9.3\mu\text{A}$$

$$I_6 = I_2 + I_4 = 0.3 + 9.6 = 9.9\mu\text{A}$$

或由 $I_1 + I_6 = I_5$ (将电流为 I_2 、 I_3 、 I_4 的三条支路构成的电路看作是一个广义节点), 得

$$I_6 = I_5 - I_1 = 9.61 - 0.01 = 9.6\mu\text{A}$$

其结果是一致的。

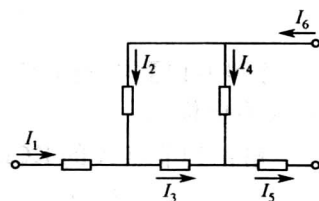


图 1-12 【例 1-10】的图

【例 1-11】 在图 1-13 中, 已知 $R_1=10\Omega$, $R_2=15\Omega$, $R_3=5\Omega$, $R_4=10\Omega$, $R_5=10\Omega$, $I_1=5\text{A}$, $I_4=2\text{A}$, $I_5=3\text{A}$, $U_2=30\text{V}$, 试求电阻 R 及 B 点的电位 V_B 。

解：由题意可知

$$I_2 = \frac{U_2}{R_2} = \frac{30}{15} = 2\text{A}$$

对节点 A，根据 KCL 列方程，有

$$I_3 = I_1 + I_2 = 5 + 2 = 7\text{A}$$

对节点 B，根据 KCL 列方程，有

$$I = I_3 - I_4 - I_5 = 7 - 2 - 3 = 2\text{A}$$

对闭合回路 ABCDA，应用 KVL 可得

$$I_3 R_3 + IR - 100 + 30 = 0$$

代入数据，得 $R = 17.5\Omega$ ，因此， $V_B = RI = 17.5 \times 2 = 35\text{V}$ 。

【例 1-12】试求图 1-14 所示电路中 A 点和 B 点的电位。如将 A、B 两点直接连接或接一电阻，对电路工作有无影响？

解：图 1-14 所示电路包含左、右两个回路，根据分压公式得， $V_A = V_B = 8\text{V}$ ，A、B 两点电位相等。如将 A、B 两点直接连接或接一电阻时，如图 1-15 所示，由于 $V_A = V_B$ ，所以对电路工作无任何影响。

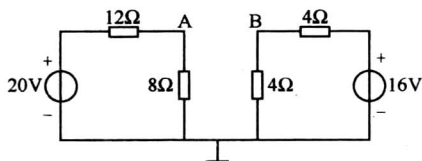


图 1-14 【例 1-12】的图

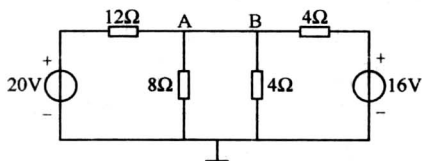


图 1-15 【例 1-12】的题解

【例 1-13】在图 1-16 中，已知 $R_1 = 3\text{k}\Omega$ ， $R_2 = 3.9\text{k}\Omega$ ， $R_3 = 20\text{k}\Omega$ ，在开关 S 断开和闭合两种情况下，试求 A 点的电位。

解：当开关 S 断开时，有

$$\begin{aligned} V_A &= 12 - \frac{12 - (-12)}{R_1 + R_2 + R_3} \times R_3 \\ &= 12 - \frac{12 - (-12)}{3 + 3.9 + 20} \times 20 = -5.84\text{V} \end{aligned}$$

当开关 S 闭合时，有

$$V_A = 12 - \frac{12}{R_2 + R_3} \times R_3 = 12 - \frac{12}{3.9 + 20} \times 20 = 1.96\text{V}$$

【例 1-14】在图 1-17 中，已知 $R_1 = 10\Omega$ ， $R_2 = 5\Omega$ ， $R_3 = 20\Omega$ ，求 A 点电位 V_A 。

解：列节点 A 的 KCL 方程为

$$\frac{50 - V_A}{R_1} + \frac{-50 - V_A}{R_2} + \frac{0 - V_A}{R_3} = 0$$

解得

$$V_A = -14.3\text{V}$$

另解：图 1-17 可看成是三条支路的并联，所以可直接利用求多条支路并联的节点电压公式

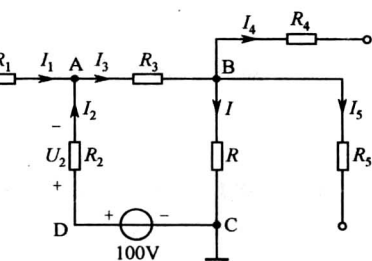


图 1-13 【例 1-11】的图

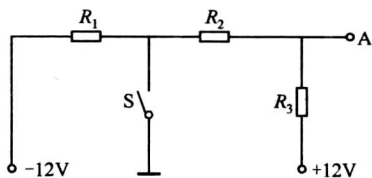


图 1-16 【例 1-13】的图

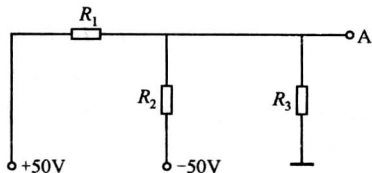


图 1-17 【例 1-14】的图

$$V_A = \frac{\frac{50}{R_1} + \frac{-50}{R_2}}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}} = \frac{\frac{50}{10} + \frac{-50}{5}}{\frac{1}{10} + \frac{1}{5} + \frac{1}{20}} = -14.3V$$

四、自我测验题

- 1.1 电路由_____、_____和_____三部分组成。
- 1.2 有源电路元件包括_____、_____。
- 1.3 元件电压、电流参考方向相反时，则电功率 $P=$ _____；相同时电功率 $P=$ _____。
- 1.4 额定值为“220V 40W”的白炽灯，灯丝热态电阻的阻值为_____。如果把它接到 110V 的电源上，实际消耗的功率为_____。
- 1.5 生产厂家在电气设备和元器件的铭牌或外壳上均明确标出了电压、电流和功率的值，分别用符号_____、_____、_____来表示，它们均为_____。
- 1.6 直流电路如图 1-18 所示，则 $U_{AB}=$ _____V。
- 1.7 如图 1-19 所示电路中有_____个节点，_____条支路，_____个回路。

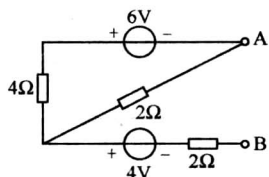


图 1-18 测验题 1.6 的图

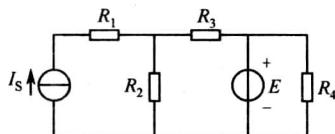


图 1-19 测验题 1.7 的图

- 1.8 电路中节点上各支路电流任意时刻均遵循_____定律；回路上各电压之间的关系则受_____定律的约束。
- 1.9 电路中任意两点之间电位的差值等于这两点间_____；电路中某点到参考点间的电压称为该点的_____。
- 1.10 理想电压源的_____是恒定的，其_____是由与其相连的外电路决定的。
A. 电流 B. 电压 C. 吸收 D. 发出
- 1.11 理想电流源的_____是恒定的，其_____是由与其相连的外电路决定的。
A. 电流 B. 电压 C. 吸收 D. 发出
- 1.12 当元件的电压与电流取关联参考方向时，即为假设该元件_____功率；当元件的电压与电流取非关联参考方向时，即为假设该元件_____功率。
A. 吸收 B. 发出 C. 电流 D. 电压
- 1.13 KCL 是关于电路中_____受到的约束，KVL 是关于电路中_____受到的约束。
A. 电磁关系 B. 支路电流 C. 回路电压 D. 回路电流
- 1.14 一电阻 R 上 u, i 参考方向不一致，令 $u=-10V$ ，消耗功率为 $0.5W$ ，则电阻 R 为_____。
A. 200Ω B. -200Ω C. 100Ω D. -100Ω
- 1.15 有两盏“220V、100W”、“220V、25W”白炽灯，串联后接入 200V 交流电源，其亮度情况是_____。
A. 100W 灯泡比较亮 B. 25W 灯泡比较亮