

高等学校教学用书

电工与 电子技术

● 李季渊 嵇启春 编

DIANGONG
YU DIANZI
JISHU

冶金工业出版社

高等学校教学用书

电工与电子技术

李季渊 嵇启春 编
武维善 主审

北 京
冶 金 工 业 出 版 社
2004

内 容 提 要

本书是根据我国高等学校工科非电类专业的教学要求编写的。全书内容分上下两篇共 15 章。考虑到工程上的实际需要,特别增加了动力与照明供电及安全用电、运算放大器等内容。

书中内容力求重点突出,详略适当,层次清晰,联系工程实际。为便于学生的自学,每章后还附有小结、思考题或习题等内容。

本书可供普通高等学校工科非电类专业的教学使用,亦可供相关专业的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

电工与电子技术/李季渊,嵇启春编. —北京:冶金工业出版社,2004.2

ISBN 7-5024-3180-2

I. 电… II. ①李… ②嵇… III. ①电工技术—教材②电子技术—教材 IV. ①TM②TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 002596 号

出版人 曹胜利(北京沙滩嵩祝院北巷 39 号,邮编 100009)

责任编辑 宋 良 美术编辑 王耀忠 责任校对 符燕蓉 责任印制 李玉山

北京兴顺印刷厂印刷;冶金工业出版社发行;各地新华书店经销

2004 年 2 月第 1 版,2004 年 2 月第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16; 15 印张; 356 千字; 222 页; 1—5000 册

26.00 元

冶金工业出版社发行部 电话:(010)64044283 传真:(010)64027893

冶金书店 地址:北京东四西大街 46 号(100711) 电话:(010)65289081

(本社图书如有印装质量问题,本社发行部负责退换)

前 言

编写一套适应高等工科学校非电类专业“电工与电子技术”课程的教材,是我们长久以来的愿望。

“电工与电子技术”是非电类专业开设的一门电类技术基础课,课程的特点是量大面广、实践性很强,教学内容涉及电工与电子学科各个领域。虽然本课程内容要求不深,但知识面广、信息量大,是工科学生知识结构中不可缺少的重要部分。

秦曾煌教授曾提出:要根据不同学校、不同专业的要求,由教学经验丰富的教师编写几套程度不同的“电工学”教材。按照这一精神,我们在编写适应工科非电类专业“电工与电子技术”教材时,本着少而精的原则,基本理论和基本定律选取适当,够用为宜;概念清晰,水平要求适中,易学易懂,便于自学;习题选取适量,根据学生的学习水平,未选取较难题;电工技术部分增加了动力与照明供电及安全用电等内容;电子技术部分突出了实践性、实用性,加强了运算放大器的应用。

本书分为电工技术和电子技术上下两篇,李季渊编写上篇(第1~9章),嵇启春编写下篇(第10~15章)。全书由西安建筑科技大学武维善教授主审。

在编写过程中,还得到西安建筑科技大学高等职业技术学院领导的关心和大力支持,在此谨向他们表示真诚的谢意。

由于高等工科学校非电类电工与电子技术教材内容的深度、广度较难把握,加之我们的水平有限,错误和不妥之处,恳请读者及同行提出宝贵意见。

编 者

2003.6

冶金工业出版社部分书目简介

书 名	作 者
计算机控制系统	顾树生 等编
自动控制原理(第3版)	顾树生 主编
机电一体化技术基础与产品设计	刘 杰 等编
机器人技术基础	柳洪义 等编
自动控制系统(第2版)	刘建昌 主编
自动检测技术	宋文绪 主编
过程检测控制技术与应用	朱晓青 主编
微型计算机控制系统	孙德辉 等编
电力电子变流技术	曲永印 主编
单片微机原理与接口技术	孙和平 主编
工业企业供电(第2版)	周 瀛 等编
工厂供电系统继电保护及自动装置	王建南 主编
工业企业供电课程设计及实验指导书	王建南 主编
工业企业电力网及变电设备	祝淑平 主编
电力系统微机保护	张明君 等编
智能控制原理及应用	张建民 等编
可编程序控制器及常用控制电器	何友华 主编
基于神经网络的智能诊断	虞和济 等著
智能管理系统研究开发及应用	郜焕平 著
工业企业电气调整手册	刘春华 主编
电气设备的故障监测与诊断	余道松 编著
工厂电气控制设备(高职教材)	赵秉衡 主编
工业企业供电(高职教材)	新希才 主编
电机及电力拖动(高职教材)	吴裕隆 主编
数字电子技术基础(高职教材)	刘培宇 主编
实用模拟电子技术(高职教材)	欧伟民 主编
计算机辅助设计(高职教材)	王 茹 等编

目 录

上篇 电工技术

第1章 电路的基本概念与基本定律	(1)
1.1 电路的组成与物理量	(1)
1.1.1 电路的组成与作用	(1)
1.1.2 电路的基本物理量及其参考方向	(2)
1.2 电路的三种状态	(2)
1.2.1 负载状态	(2)
1.2.2 开路状态	(4)
1.2.3 短路状态(事故状态)	(4)
1.3 克希荷夫定律	(5)
1.3.1 克希荷夫电流定律(KCL)	(5)
1.3.2 克希荷夫电压定律(KVL)	(6)
1.4 电路中电位的计算	(7)
本章小结	(8)
习 题	(8)
第2章 电路的分析与计算	(11)
2.1 电阻的串联、并联电路	(11)
2.1.1 电阻的串联	(11)
2.1.2 电阻的并联	(12)
2.2 支路电流法	(12)
2.3 结点电压法	(13)
2.4 电压源和电流源及其等效变换	(14)
2.4.1 电压源与电流源	(15)
2.4.2 电压源与电流源的等效变换	(15)
2.5 叠加原理	(16)
2.6 戴维南定理	(18)

2.6.1 二端网络	(18)
2.6.2 戴维南定理	(19)
本章小结	(20)
习 题	(20)
第3章 单相交流电路	(24)
3.1 正弦电压与电流	(24)
3.1.1 正弦电压与电流的参考方向	(24)
3.1.2 正弦交流电的三个要素	(24)
3.2 交流电的有效值	(26)
3.3 正弦量的相量表示法	(26)
3.3.1 复数的表示形式	(27)
3.3.2 正弦量的相量表示法	(28)
3.4 电阻元件的交流电路	(28)
3.4.1 电压与电流关系	(28)
3.4.2 功率	(29)
3.5 电感元件的交流电路	(30)
3.5.1 电压与电流关系	(30)
3.5.2 功率	(31)
3.6 电容元件的交流电路	(32)
3.6.1 电压与电流关系	(32)
3.6.2 功率	(33)
3.7 电阻、电感与电容元件串联的交流电路	(34)
3.8 交流电路的功率	(36)
3.8.1 瞬时功率、有功功率和无功功率	(36)
3.8.2 视在功率和功率三角形	(37)
3.9 阻抗的串联与并联	(38)
3.9.1 复数阻抗的串联电路	(38)
3.9.2 复数阻抗的并联电路	(39)
3.10 电路中的谐振	(40)
3.10.1 串联谐振	(41)
3.10.2 并联谐振	(42)
3.11 功率因数的提高	(43)
本章小结	(45)
习 题	(46)

第4章 三相交流电路	(50)
4.1 三相电压的产生	(50)
4.1.1 三相电源的星形联接	(51)
4.1.2 三相电源的三角形联接	(52)
4.2 三相负载的联接	(52)
4.2.1 对称三相负载的星形联接	(52)
4.2.2 不对称三相负载的星形联接	(54)
4.3 三相负载的三角形联接	(54)
4.3.1 对称负载的三角形联接	(54)
4.3.2 不对称负载的三角形联接	(55)
4.4 三相功率	(55)
4.4.1 三相负载不对称	(56)
4.4.2 对称三相负载功率	(56)
本章小结	(57)
习 题	(57)
 第5章 电路中的过渡过程	(60)
5.1 换路定则与电压和电流初始值的确定	(60)
5.2 RC 电路的过渡过程	(61)
5.2.1 RC 电路的充电过程	(61)
5.2.2 RC 电路的放电过程	(63)
5.3 RL 电路的过渡过程	(64)
5.3.1 RL 电路接通恒定电压	(64)
5.3.2 具有初始储能功能的 RL 电路的短接	(65)
5.4 一阶线性电路过渡过程的一般求解法	(66)
本章小结	(68)
习 题	(69)
 第6章 变压器	(72)
6.1 交流铁心线圈	(72)
6.1.1 电压和电流、磁通的关系	(72)
6.1.2 功率损耗和电压、电流关系	(73)
6.2 变压器基本结构	(73)
6.2.1 单相变压器的结构	(73)
6.2.2 三相变压器的结构	(74)

6.3 变压器的工作原理	(75)
6.3.1 空载运行和电压变换	(75)
6.3.2 负载运行和电流变换	(76)
6.3.3 变压器的阻抗变换作用	(77)
6.4 变压器的外特性、损耗和效率	(78)
6.4.1 外特性	(78)
6.4.2 损耗和效率	(78)
6.5 三相变压器	(79)
6.6 单相自耦变压器	(79)
6.7 仪用互感器	(80)
6.7.1 电压互感器(PT)	(81)
6.7.2 电流互感器(CT)	(81)
本章小结	(81)
习 题	(82)
 第7章 三相异步电动机	 (84)
7.1 三相异步电动机的构造	(84)
7.1.1 定子	(84)
7.1.2 转子	(85)
7.2 三相异步电动机的转动原理与转差率	(85)
7.2.1 转动原理	(85)
7.2.2 转差率	(86)
7.3 三相异步电动机旋转磁场的产生	(86)
7.4 三相异步电动机的机械特性	(87)
7.4.1 电磁转矩	(87)
7.4.2 机械特性	(89)
7.5 三相异步电动机的启动	(90)
7.5.1 鼠笼式电动机常用的启动方法	(90)
7.5.2 绕线式异步电动机的启动	(92)
7.6 异步电动机的铭牌数据	(92)
7.7 电动机的选择	(94)
7.7.1 电动机种类和型式的选择	(94)
7.7.2 电动机电压和转速的选择	(94)
本章小结	(96)
习 题	(97)

第8章 继电接触控制电路	(99)
8.1 几种常用继电接触控制电器	(99)
8.1.1 按钮	(99)
8.1.2 闸刀开关	(99)
8.1.3 熔断器	(99)
8.1.4 交流接触器	(101)
8.1.5 接触器的选择	(102)
8.1.6 中间继电器	(103)
8.1.7 热继电器	(103)
8.1.8 时间继电器	(104)
8.1.9 行程开关	(106)
8.2 三相异步电动机的控制线路	(106)
8.2.1 三相异步电动机的直接启动控制线路	(106)
8.2.2 三相异步电动机的正反转控制线路	(106)
8.2.3 三相异步电动机 Y- Δ 启动的控制线路	(107)
8.2.4 用行程开关控制电动机的正反转电路	(108)
8.2.5 顺序控制	(109)
本章小结	(110)
习 题	(111)
第9章 动力与照明供电及安全用电	(113)
9.1 工业企业供电系统	(113)
9.1.1 电源	(113)
9.1.2 供电方式	(113)
9.1.3 大型民用建筑照明供电	(114)
9.2 安全用电	(115)
9.2.1 电流对人体的危害	(115)
9.2.2 触电方式	(115)
9.3 接地和接零的基本概念	(116)
9.3.1 保护接地	(116)
9.3.2 保护接零	(117)
9.3.3 金属外壳的单相电器的接地接零	(117)
9.3.4 重复接地	(118)
本章小结	(118)
习 题	(119)

下篇 电子技术

第 10 章 半导体器件	(120)
10.1 半导体的基本特性	(120)
10.1.1 本征半导体	(120)
10.1.2 N 型半导体和 P 型半导体	(121)
10.2 PN 结及其单向导电性	(122)
10.2.1 PN 结的形成	(122)
10.2.2 PN 结的单向导电性	(122)
10.3 半导体二极管	(123)
10.3.1 基本结构	(123)
10.3.2 伏安特性	(123)
10.3.3 主要参数	(125)
10.4 稳压管	(125)
10.4.1 伏安特性	(126)
10.4.2 主要参数	(126)
10.5 半导体三极管	(127)
10.5.1 基本结构	(127)
10.5.2 三极管的电流放大作用	(128)
10.5.3 特性曲线	(129)
10.5.4 主要参数	(130)
本章小结	(132)
习 题	(132)
第 11 章 基本交流放大电路	(134)
11.1 基本放大电路的组成	(134)
11.2 基本共射放大电路的静态分析	(134)
11.2.1 静态工作点与直流通路	(134)
11.2.2 估算法确定静态工作点	(135)
11.2.3 用图解法确定静态工作点	(135)
11.3 基本共射放大电路的动态分析	(136)
11.3.1 图解分析法	(136)
11.3.2 微变等效电路法	(138)
11.4 分压式偏置放大电路	(141)

11.5 射极输出器.....	(143)
11.5.1 静态分析.....	(143)
11.5.2 动态分析.....	(143)
11.5.3 射极输出器的应用.....	(144)
11.6 多级放大电路	(145)
11.7 负反馈在放大电路中的应用	(146)
11.7.1 反馈的基本概念与分类.....	(146)
11.7.2 交流负反馈的基本组态.....	(148)
11.7.3 负反馈对放大电路工作性能的影响	(149)
11.8 差动放大电路	(150)
11.8.1 差动放大电路的工作原理.....	(150)
11.8.2 差动放大器的输入方式与输出方式	(151)
11.8.3 静态分析.....	(151)
11.8.4 动态分析.....	(152)
11.8.5 共模抑制比.....	(155)
11.9. 功率放大电路	(155)
11.9.1 功率放大电路的基本要求.....	(156)
11.9.2 提高功率放大电路效率的主要途径	(156)
11.9.3 互补对称功率放大电路.....	(157)
本章小结.....	(158)
习 题.....	(158)

第 12 章 集成运算放大器及其应用	(163)
12.1 集成运算放大器	(163)
12.1.1 集成运算放大器的组成及各部分的作用.....	(163)
12.1.2 集成运算放大器的主要参数	(163)
12.2 理想运算放大器	(164)
12.2.1 理想运算放大器的条件.....	(164)
12.2.2 运算放大器的电压传输特性与基本工作方式.....	(165)
12.2.3 理想运放的两个重要结论.....	(165)
12.3 集成运算放大器在信号运算方面的应用.....	(166)
12.3.1 比例运算电路	(166)
12.3.2 加法运算.....	(167)
12.3.3 减法运算.....	(168)
12.3.4 积分运算.....	(168)

12.3.5 微分运算	(169)
12.4 正弦波振荡电路	(170)
12.4.1 正弦波振荡的条件	(170)
12.4.2 振荡的建立	(170)
12.4.3 RC 正弦波振荡电路	(171)
12.5 使用集成运算放大器应注意的问题	(172)
本章小结	(173)
习 题	(173)
第 13 章 直流稳压电源	(176)
13.1 整流电路	(176)
13.2 滤波电路	(178)
13.2.1 电容滤波电路	(178)
13.2.2 电感滤波电路	(179)
13.2.3 π 型滤波电路	(180)
13.3 稳压管稳压电路	(181)
13.4 集成稳压电路	(182)
13.4.1 W7800 和 W7900 系列三端固定式集成稳压电路	(182)
13.4.2 集成稳压电路的应用	(182)
本章小结	(184)
习 题	(184)
第 14 章 逻辑门电路和组合逻辑电路	(186)
14.1 逻辑门电路	(186)
14.1.1 与运算和与门	(186)
14.1.2 或运算和或门	(187)
14.1.3 非运算和非门	(187)
14.2 分立元件门电路	(188)
14.2.1 半导体元件的开关作用	(189)
14.2.2 分立元件门电路	(189)
14.3 集成元件门电路:	(191)
14.3.1 输入端不全为“1”的情况	(191)
14.3.2 输入端全为“1”的情况	(192)
14.4 逻辑函数及化简	(192)
14.4.1 逻辑代数的运算法则	(192)

14.4.2	逻辑函数及其表示方法	(193)
14.4.3	逻辑代数的简化	(193)
14.5	组合逻辑电路的分析和设计方法	(194)
14.5.1	组合逻辑电路的分析	(194)
14.5.2	组合逻辑电路的设计	(195)
14.6	基本组合逻辑电路	(196)
14.6.1	加法器	(196)
14.6.2	编码器	(198)
14.6.3	译码器	(200)
本章小结		(203)
习 题		(204)
第 15 章	触发器和时序逻辑电路	(206)
15.1	触发器	(206)
15.1.1	基本 RS 触发器	(206)
15.1.2	同步触发器	(207)
15.1.3	触发方式	(209)
15.2	时序逻辑电路	(210)
15.2.1	寄存器	(211)
15.2.2	计数器	(212)
15.3	集成计数器及其应用	(216)
15.3.1	74161 的功能	(216)
15.3.2	74161 的应用	(218)
本章小结		(219)
习 题		(219)
参考文献		(222)

上篇 电工技术

第 1 章 电路的基本概念与基本定律

在物理学中大家已经学过了简单电路的分析与计算方法。本章是在物理学的基础上更进一步研究复杂直流电路的分析和计算方法,比较全面地了解和掌握直流电路的普遍规律。

本章首先介绍电流、电压、电动势三个物理量及其参考方向,电路的组成和作用,电路的三种状态,着重介绍电路的克希荷夫电压、电流定律。这些概念与定律是电路分析与计算的基础。而这些研究直流电路的理论和方法稍加扩展,原则上也适用于分析、计算交流电路。

1.1 电路的组成与物理量

1.1.1 电路的组成与作用

电流所流过的路径称为电路,图 1-1(a)是实际当中常见的简单电路。一般电路都是由电源、负载、开关和连接导线四个基本部件组成的。在电力和电子工程上,按国家统一规定的各种电气设备和器件的符号绘制的电路,称为电路图,如图 1-1(b)所示。

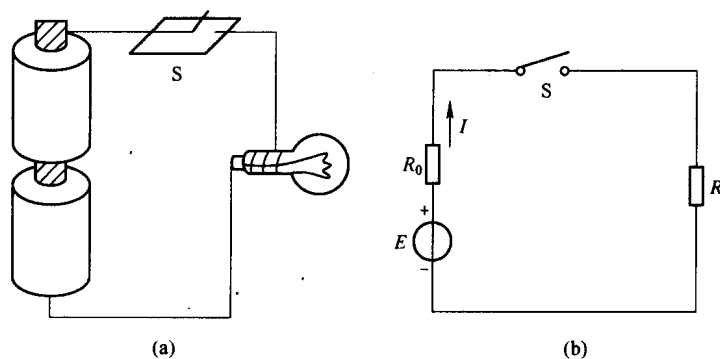


图 1-1 电路和电路图

(a)实际电路; (b)电路图

电源是把非电能转换成电能,向负载提供电能的装置,如干电池、蓄电池和发电机。负载通常是用电器,它们是把电能转换成其他形式能的元器件和设备,如电灯把电能变为光能,电炉把电能变为热能,扬声器把电能变为声能,而电动机可以把电能转变为机械能等。开关用来控制电路接通或断开电源。连接导线担负传输或分配电能的任务。

总之,电路在电工技术中的作用是传输与转换电能,而在电子技术中则是传递和处理信号。

1.1.2 电路的基本物理量及其参考方向

1.1.2.1 电压和电流的实际方向

电流、电压和电动势是电路中的基本物理量。在物理学中已经学过,电压的实际方向规定为与电场的方向相同,即从高电位端指向低电位端,简称为电位降。电动势的方向在电源内部是由低电位端指向高电位端,简称为电位升。电流的方向规定为正电荷在电路中的流动方向。在电源内部,电流的方向由低电位端流向高电位端,它与电动势方向相同;在电源外部,电流的方向是由高电位端流向低电位端,它与电压方向相同。这些方向称为电压、电动势、电流的实际方向,如图 1-2 所示。

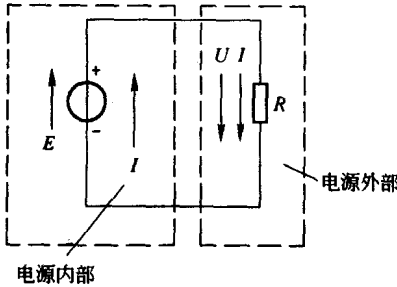


图 1-2 电路中电流、电压、电动势实际方向

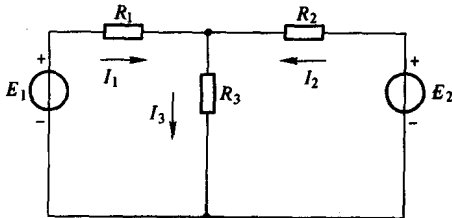


图 1-3 电路中电流的参考方向

1.1.2.2 电压和电流的参考方向

图 1-3 所示电路中,往往难以事先判断出电压、电流的实际方向。为了分析和计算的方便,可任意在电路中选择每一个电流和电压的方向作为参考方向。当电流的实际方向与参考方向一致时,定为正值;不一致时,定为负值。如图 1-4 所示。

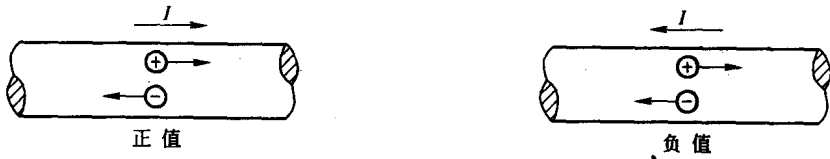


图 1-4 电流正、负值

1.2 电路的三种状态

实际工程中,电路可能处于不同状态,即非工作状态(断开状态)和工作状态(负载状态)。而第三种是短路状态(事故状态),这一状态是非正常状态,在实际工程中应尽量避免发生。这三种状态对安全用电很重要。

为了突出主要矛盾,下面以一简单电路的模型为例(如图 1-5 所示),分析电路的三种状态。

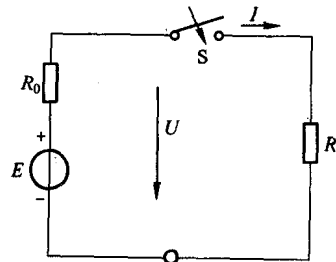


图 1-5 简单电路模型

1.2.1 负载状态

把图 1-5 中的开关 S 合上,接通电源与负载,称为电路的有负载工作状态。此时电路中的电流为

$$I = \frac{E}{R_0 + R} \quad (1-1)$$

一般电源的电动势 E 和内阻 R_0 是一定的, 负载 R 越小, 电流 I 越大。负载电阻两端的电压则为

$$U = IR$$

将上式代入式(1-1), 则得

$$U = E - IR_0 \quad (1-2)$$

由式(1-2)可见, 电源端电压小于电动势, 两者之差为电流通过电源内阻所产生的电压降 IR_0 。电流愈大, 则电源端电压下降愈多。 U 与 I 之间的关系称为电源的外特性曲线, 如图 1-6 所示。

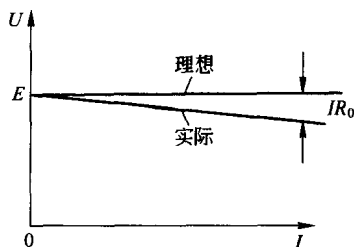


图 1-6 电源外特性曲线

如果 $R_0 = 0$ 时, 则 $U = E$, 此时电源端电压为一恒定值, 称为理想电压源。在图 1-6 中, 是一条平行于横轴的直线。它说明, 电压源的端电压是恒定的; 而电流是任意的, 取决于负载的大小。

给式(1-2)各项乘以电流 I , 则得到功率平衡式,

$$UI = EI - I^2 R_0 \quad (1-3)$$

$$P = P_E - \Delta P$$

式中, $P_E = EI$, 是电源产生的功率; $\Delta P = I^2 R_0$, 是电源内阻上损耗的功率; $P = UI$, 是负载消耗的功率。

例 1-1 在图 1-7 中, 六个方块代表电源或负载。电流和电压方向如图 1-7(a) 所示。通过测量得到: $I_1 = 2A$, $I_2 = 1A$, $I_3 = -1A$, $U_1 = 3V$, $U_2 = 4V$, $U_3 = 2V$, $U_4 = 4V$, $U_5 = 5V$, $U_6 = -9V$ 。

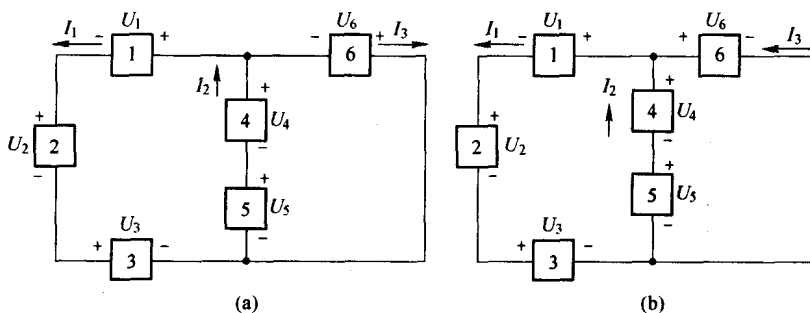


图 1-7 例 1-1 电路

(a) 电流与电压的参考方向; (b) 电流与电压的实际方向

- (1) 试标出各电流的实际方向和电压的实际极性;
- (2) 判断哪些方块是电源, 哪些是负载;
- (3) 计算各方块代表的电源发出的功率和各方块代表的负载吸收的功率是否平衡。

解: (1) 根据电流、电压的参考方向与实际方向之间的关系, 即当参考方向与实际方向一致时, 其值为正, 反之为负。为此, 把各负值的电流、电压的参考方向反过来改换一下, 便可得到各电流的实际方向和电压的实际极性, 如图 1-7(b) 所示。