



普通高等教育“十一五”国家级规划教材配套参考书

电路与电子技术 电工电子应用技术 学习辅导与习题解答

■ 朱伟兴 马长华 主编

■ 朱承高 主审



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS



普通高等教育“十一五”国家级规划教材配套参考书

电路与电子技术 电工电子应用技术 学习辅导与习题解答

Dianlu yu Dianzi Jishu Diangong Dianzi Yingyong Jishu Xuexi Fudao yu Xiti Jieda

■ 朱伟兴 马长华 主编
■ 朱承高 主审



高等教育出版社·北京
HIGHER EDUCATION PRESS BEIJING

内容提要

本书是朱伟兴主编的普通高等教育“十一五”国家级规划教材《电路与电子技术》和《电工电子应用技术》的教学辅导书。全书共分2篇,19章,各章包含“教学基本要求”、“学习要点”、“解题指导”、“思考题解答”和“习题全解”,本书最后还有“模拟考题”,供学生对自己学习情况进行综合评估和自检自测。

本书可作为高等学校非电类专业电工学课程的辅导教材,可供学生学习电工学课程时预习、自主学习和复习使用,也可作为自学考试和各种成人教育的教学辅导参考书。同时也可供电工学系列课程任课教师备课和批改作业以及上习题课时参考。

图书在版编目(CIP)数据

电路与电子技术、电工电子应用技术学习辅导与习题解答 / 朱伟兴, 马长华主编. — 北京: 高等教育出版社, 2012.1

ISBN 978-7-04-033556-9

I. ①电… II. ①朱… ②马… III. ①电路理论—高等学校—自学参考资料②电子技术—高等学校—自学参考资料③电工技术—高等学校—自学参考资料 IV. ①TM②TN

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第228914号

策划编辑 金春英
插图绘制 尹 莉

责任编辑 杨 希
责任校对 胡晓琪

封面设计 于文燕
责任印刷 尤 静

版式设计 杜微言

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街4号
邮政编码 100120
印 刷 北京市昌平百善印刷厂
开 本 787×1092 1/16
印 张 24.25
字 数 590千字
购书热线 010-58581118

咨询电话 400-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
版 次 2012年1月第1版
印 次 2012年1月第1次印刷
定 价 35.00元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换
版权所有 侵权必究
物 料 号 33556-00

前 言

电工学是非电专业学生学习电技术的基础课。对有些专业来说,是仅有的有关电技术的课程。该课程教学效果的好坏直接关系到非电专业学生了解和掌握电工电子技术的好坏,最终关系到机械、动力、材料、化工等各个非电行业应用电技术的基础,也会对未来我国各个领域采用电技术、实现跨学科创新产生重大影响。如何使学生轻松高效地学好本课程,特别是在高等教育进入大众化阶段的情况下,加强辅导,为学生提供辅导参考书,帮助学生自主学习就显得格外重要。

辅导是一个过程,包括预习、上课、复习、作业、系统复习和考试,是一个综合的指导和帮助学习的过程。本书包含的学习辅导与解题指导,旨在能够最大限度地满足学生个性化的学习要求,帮助学生梳理知识脉络、剖析重点难点、解决疑难问题、巩固所学知识,从而有效地扫除学习障碍,提升学生的学习兴趣和学习效率,提高学习成绩,增强自主学习能力。

本书是朱伟兴主编的普通高等教育“十一五”国家级规划教材《电路与电子技术》和《电工电子应用技术》的配套学习辅导与习题解答,全书共分为两篇和附录。第一篇为“电路与电子技术”,共12章;第二篇为“电工电子应用技术”,共7章。本书根据配套教材的内容而顺序安排,每章包含“教学基本要求”、“学习要点”、“解题指导”、“思考题解答”和“习题全解”。附录为学习成果的检查与测试,精选了10套试题,供学生学完本课程后自检自测或考试前模拟热身。全书是编者在电工电子技术教学实践基础上的总结,内容简明扼要,许多问题的阐述是针对教学过程中学生容易出现的错误而编排的。解题注重阐述方法和运用,部分例题和习题采用多种方法,突出解题思路的分析,使学生快速入门,将所学知识融会贯通,能举一反三,灵活运用。

本书的第一篇中的第1、2、3章由朱伟兴编写,第4、5章由向海健编写,第6、7和8章由赵曾贻编写,第9、10、12章由马长华编写,第11章由叶雁群编写。第二篇中的第1、2章由叶雁群编写,第3章由马长华编写,第4、5、6章由李凤祥编写,第7章由马长华和王东宏编写。本书由朱伟兴和马长华担任主编,在编写过程中得到了所在学校领导和同事的大力支持和帮助,在此表示感谢!

承蒙上海交通大学的朱承高教授在百忙之中仔细审阅全书,提出了很多建设性的修改意见。在此,谨向他表示衷心的感谢和敬意。

最后,感谢使用本书的高校同行教师和读者。由于编者水平有限,书中不妥和错误之处在所难免,恳切希望读者给予批评指正。

编者

2011年2月

郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其为人将承担相应的民事责任和行政责任；构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人进行严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话 (010)58581897 58582371 58581879

反盗版举报传真 (010)82086060

反盗版举报邮箱 dd@hep.com.cn

通信地址 北京市西城区德外大街4号 高等教育出版社法务部

邮政编码 100120

目 录

第一篇 电路与电子技术

第1章	电路的基本概念与定律	1
第2章	电路的基本分析方法	18
第3章	电路的瞬态过程	51
第4章	交流电路分析	72
第5章	三相交流电路	117
第6章	半导体器件	136
第7章	基本放大电路	148
第8章	集成运算放大器	166
第9章	集成门电路与组合逻辑电路	181
第10章	触发器及时序逻辑电路	200
第11章	大规模集成电路	217
第12章	电工测量	227

第二篇 电工电子应用技术

第1章	直流电源	237
第2章	电力电子技术	248
第3章	磁路与变压器	255
第4章	电动机	271
第5章	继电接触器控制	283
第6章	可编程序控制器	294
第7章	测量及控制系统设计	298

附 录

试卷及其解答(含评分标准)	303
---------------	-----

第一篇 电路与电子技术

第1章 电路的基本概念与定律

1.1 教学基本要求

1. 了解电路的组成、作用和电路模型。正确运用电路的基本定律。
2. 理解电压与电流参考方向的意义以及功率正负的含义。
3. 理解五种理想电路元件的特性。
4. 了解电路的三种状态和额定值及额定状态的意义。
5. 理解基尔霍夫定律并能熟练运用。
6. 理解电路中电位的概念并掌握电位的计算方法。

1.2 学习要点

1.2.1 实际电路与电路模型

1. 电路的组成

实际电路都是由电源(或信号源)、负载(用电设备)以及连接电源和负载的中间环节组成的。

2. 电路的作用

- (1) 实现电能的传输和转换;
- (2) 实现信号的传递和处理。

3. 电路模型

电路模型是由理想化的电路元件组成的、用以描述和分析实际电路性能与功能的电路图。

4. 电路分析

电路分析就是在已知激励、电路结构和参数(电路模型)的情况下,根据电路的基本定律对电路模型进行分析,求出各元件上的电压、电流及电功率等物理量,预测实际电路的特性,以便设计更优化的电路。

1.2.2 电路中常用的物理量

在电路分析中,基本的物理量主要是电流、电压、电动势和电功率。这些物理量是分析和设计电路的基本指标。

1. 电流、电压的参考方向

是为便于分析电路而人为假定的方向。

2. 参考方向与实际方向的关系

当选定参考方向之后,电压或电流值才有正负之分:

(1) 当选定的参考方向与电压或电流的实际方向一致时,电压或电流值为正值;

(2) 当选定的参考方向与电压或电流的实际方向相反时,电压或电流值为负值。

3. 关联参考方向

当某一具体元件或一段电路上的电流和电压的参考方向一致时,称为关联参考方向。

4. 判断某元件是负载还是电源

判断某元件是电源还是负载的方法有两种:

(1) 通过元件上电流的实际方向和电压的实际方向来判别。如果两者的实际方向一致,则该元件为负载性质;如果两者的实际方向相反,则该元件为电源性质。

(2) 在标定参考方向的情况下,通过计算元件上功率的正负值加以判断。在关联参考方向下,当某元件上的功率为正值时,说明该元件消耗功率或者取用功率,则判断该元件在电路中作为负载;反之,当某元件上的功率为负值时,说明该元件发出功率或者产生功率,则判断该元件为电源。

1.2.3 电阻、电容和电感元件

电阻、电感和电容是三种常用的无源电路元件,它们的电流-电压关系、瞬时功率、功率值和元件性质如表 1.2.1 所示。

表 1.2.1

元件名称	电流-电压关系	瞬时功率	功率值	元件性质
电阻	$u = Ri$	$p = ui = Ri^2 = \frac{u^2}{R}$	大于等于零	耗能元件
电感	$u = -e = L \frac{di}{dt}$	$p(t) = u(t)i(t) = Li(t)\frac{di(t)}{dt}$	可正可负	储能元件
电容	$i = \frac{dq}{dt} = C \frac{du}{dt}$	$p(t) = u(t)i(t) = Cu(t)\frac{du(t)}{dt}$	可正可负	储能元件

(1) 电阻 R : 电流-电压关系满足欧姆定律。电阻元件的功率总是大于等于零,是耗能元件。

(2) 电感 L : 当电感元件上的 u 和 i 取关联参考方向时, $u = L \frac{di}{dt}$ 。在直流电路中,电感元

件相当于短路。电感是储能元件,电感所储存的磁场能(量)为 $W = \frac{1}{2}Li^2$ 。

(3) 电容 C : 当电容元件上的 u 和 i 取关联参考方向时, $i = C \frac{du}{dt}$ 。在直流电路中,电容元件相当于断路。电容是储能元件,电容所储存的电场能(量)为 $W = \frac{1}{2}Cu^2$ 。

1.2.4 电源

根据电源是以电压还是电流的形式向电路或负载提供能量或信号,可以分为电压源和电流源。

1. 电压源

(1) 电压源的伏安关系为 $U = U_s - IR_0$ 。

(2) 当 $R_0 = 0$ 时的电压源为理想电压源。理想电压源有两个重要特点:

- ① 输出电压恒定(理想电压源也称为恒压源);
- ② 输出电流由外电路决定。

2. 电流源

(1) 电流源的伏安关系为 $I = I_s - \frac{U}{R_0}$ 。

(2) 当 $R_0 \rightarrow \infty$ 时的电流源为理想电流源。理想电流源有两个重要特点:

- ① 输出电流恒定(理想电流源也称恒流源);
- ② 输出电压由外电路决定。

3. 受控电源

(1) 如果电压源的电动势是受电路中其他部分的电压或电流控制的,则这种电压源称为受控电压源。

(2) 如果电流源的电激流是受电路中其他部分的电压或电流控制的,则这种电流源称为受控电流源。

(3) 受控电压源和受控电流源统称为受控电源。

(4) 由于受控电压源和受控电流源又都可分为受电压控制的还是受电流控制的两种,故受控电源可细分为四种类型: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)。

1.2.5 电路的工作状态

电路可能出现三种状态,即有载状态、开路状态和短路状态。

1. 有载状态

电源与负载(用电设备)接通,电路则处于有载状态,有时也称为负载状态。在有载状态下,电源发出的功率之和等于电路中其他元件所消耗的功率之和,这称为功率平衡。

(1) 负载有两种含义:

- ① 指用电设备;
- ② 指从电源取用的功率(或电流)。

(2) 负载电阻是指负载(用电设备)的等效电阻,与负载这个概念是不同的,两者不能混淆。

(3) 负载的大小指负载取用功率的多少,也可理解成连接在电源上的用电设备的多少。负载取用的功率越大,则负载越大。

通常负载都是以并联方式与电源相连的。若电源端电压基本恒定,当负载(用电设备)增加时,负载取用的电流和功率都增加。在这种情况下,负载增加即指负载取用的电流和功率增加,等效的负载电阻减小。可见,通常所说的负载大是指负载电流大或功率大,并不是负载电阻大。

(4) 额定值和额定状态

① 电气设备的额定值是指设备在规定条件下正常连续运行时对电压、电流、功率等所规定的数值。它反映产品重要技术性能的数据,是生产、设计、制造和使用产品时的技术依据。

② 额定状态是指当电路(电气设备)中的电压、电流和功率的实际值等于额定值时,电路(电气设备)所处的工作状态。在额定状态下,可以充分利用电气设备的容量;当实际值大于额定值时,称为过载。过载将导致电气设备过热而损坏,造成事故;当实际值小于额定值时,称为轻载或欠载。这时,设备容量不能得到充分利用,导致效率降低,不经济。

2. 开路状态

若电源没有接上负载,则处于开路状态,故也称为空载状态。

开路状态有两个特点:

(1) 外电路中没有电流。

(2) 电源的端电压称为开路电压,用 U_{oc} 表示,它等于 U_s 。

3. 短路状态

由于某种原因使电源两端通过导线直接搭接(形成通路)时,电路则处于短路状态。

(1) 短路状态有两个特点:

① 外电路的电阻为零。

② 电路中电流很大。这时的电流称为短路电流 I_{sc} , 即 $I_{sc} = \frac{U_s}{R_0}$ 。

(2) 短路与短接有两个区别:

① 短路是意外的故障状态。它通常由于电气设备的绝缘损坏或不慎错接等原因而引起。为此,通常在电路中安装自动断路器或熔断器等用作短路保护,当短路发生时,自动断路器或熔断器会及时断开电路,将引起短路故障的电气设备脱离电源,以防止电源短路事故的发生。

② 短接是指根据测试或控制的需要,人为地在电路中的某一部分或某一元件两端用导线连接起来。因此,短接是有目的的人为操作,而短路是一种意外事故。

1.2.6 基尔霍夫定律

结点 三条或三条以上支路的连接点称为结点。

支路 电路中通过同一电流的分支电路称为支路。

回路 电路中由支路构成的任何闭合路径称为回路。

1. 基尔霍夫电流定律(KCL)

(1) 定律形式

① $\sum I_{\text{入}} = \sum I_{\text{出}}$ 。任一瞬时,对电路中的任一结点,流入结点的电流之和等于流出该结点的电流之和。

② $\sum I = 0$ 。如果规定流入结点的电流为正,流出结点的电流为负,那么,对任一结点而言,电流的代数和恒等于零。

(2) 注意两套正负号同时存在:

① 电流的流入与流出。流入结点的电流为正,流出结点的电流为负。

② 电流本身的正负。实际方向与参考方向一致时为正,相反时为负。

(3) 基尔霍夫电流定律也可推广应用于任一假想的封闭面(称为广义结点)。

2. 基尔霍夫电压定律(KVL)

(1) 定律形式

① $\sum U = 0$ 。沿回路绕行一周,回路中各部分电压的代数和等于零。

运用 KVL 列回路方程时,应首先设定回路的绕行方向,并标出各支路或元件上电流和电压的参考方向。当回路内某个电压的参考方向与回路的绕行方向一致时取正号,相反时取负号。

② $\sum E = \sum (IR)$ 。沿回路绕行一周,电阻上电压降的代数和等于电动势的代数和。其中,电流的参考方向与回路绕行方向一致时,该电流在电阻上所产生的电压取正号;两者方向不一致时,取负号。凡电动势的参考方向与绕行方向一致者取正号;不一致者取负号。

(2) KVL 也可以推广应用于不闭合回路,用于求取一段电路的端电压。

1.2.7 电路中电位的计算

1. 首先要选定电路中的某一点为电位参考点,设定该点的电位为零。即参考点的电位为零。

2. 电路中某一点的电位是相对参考点而言的。电路中的电位参考点选得不同,各点的电位就不同。电路中某点的电位等于该点与参考点(零电位点)之间的电压。

3. 电路中两点之间的电压是绝对的、不变的,与参考点的选取无关。

4. 电路中某点电位的计算与路径无关。

5. 电位的计算方法

(1) 选定电路中的某一点为电位参考点,设定该点的电位为零。

(2) 求所要求支路的电流,以便求出各部分的电压。

(3) 从电位参考点出发推算出所要求的各点电位。

6. 引入电位概念后,为了简化电路的画法,通常不画出直流电源,只标出电路中各点(如电源的正极)相对于参考点(地)的电位值。反过来,遇到这种简化画法的电路,在分析电路前可把电路改画为它的完整画法。具体方法是:在标着电位的悬空端与参考点(地)之间画一理想电压源,理想电压源的极性和数值应和原来标的电位值一致。

1.3 解题指导

【例题1】 有一盏 220 V/60 W 的电灯, 接在 220 V 的电源上。试求通过电灯的电流和该电灯的电阻。如果每晚使用 3 h(小时), 问该电灯一个月(按 30 天计算)消耗多少电能?

【解题思路分析】 从题目中给出的 220 V/60 W 额定参数可知, 该电灯接在额定电压为 220 V 的电源上其额定功率为 60 W。运用电功率公式和欧姆定律可求出电灯的工作电流和电阻值。然后, 由电能公式 $W = Pt$, 求出电灯每月(30 天)消耗的电能。

【解】 (1) 由 $P = IU$ 先求出电灯的电流

$$I = \frac{P}{U} = \frac{60}{220} \text{ A} = 0.2727 \text{ A}$$

(2) 再由欧姆定律求出电灯接在 220 V 电压时的电阻值

$$R = \frac{U}{I} = \frac{220}{0.2727} \Omega = 806.75 \Omega$$

也可运用公式 $R = \frac{P}{I^2}$ 或 $R = \frac{U^2}{P}$ 来计算 R 值。

(3) 电灯一个月(30 天)所消耗的电能

$$W = Pt = 60 \text{ W} \times (3 \times 30) \text{ h} = 5400 \text{ W} \cdot \text{h} = 5.4 \text{ kW} \cdot \text{h}$$

【总结】 工程上, 电能的计量单位是 $\text{W} \cdot \text{h}$ 或 $\text{kW} \cdot \text{h}$ (千瓦时), 1 千瓦时即为 1 度电。电能的国际计量单位是 J(焦耳), 它们的换算关系为 $1 \text{ kW} \cdot \text{h} = 3.6 \times 10^6 \text{ J}$ 。

【例题2】 有一额定值为 500 Ω /5 W 的线绕电阻器, 其额定电流为多少? 在长期使用时电压不得超过多大的数值?

【解题思路分析】 对于电阻(包括线绕电阻器、电位器和其他电阻元件)不仅要知其阻值, 还要知道其功率, 特别是在长期使用时, 电阻上消耗的功率不得超过其额定功率。由此, 根据欧姆定律可计算出它的额定电压值。

【解】 根据额定功率(瓦数)和电阻值, 求出额定电流。即

$$I_N = \sqrt{\frac{P}{R}} = \sqrt{\frac{5}{500}} \text{ A} = 0.1 \text{ A}$$

线绕电阻器的额定电压值 U_N 为

$$U_N = RI = 500 \times 0.1 \text{ V} = 50 \text{ V}$$

或

$$U_N = \frac{P_N}{I_N} = \frac{5}{0.1} \text{ V} = 50 \text{ V}$$

还可以直接求得 U_N 为

$$U_N = \sqrt{RP} = \sqrt{500 \times 5} \text{ V} = 50 \text{ V}$$

因此, 电阻在长期使用时, 其工作电压不得超过额定电压, 即 $U \leq U_N$ 。

【总结】 (1) 在选用电阻器时, 常见错误是只关注电阻值的大小, 没有考虑它允许通过的电流或电压有多大, 也就是没有考虑它的额定功率(瓦数)。因此, 在大电流或大电压的条件下, 很容易烧毁电阻器。

(2) 电阻将电能转换为热能。在阻值相同的情况下, 只要电流及通电时间相同, 产生的热效应是相等的。但电阻的发热状态不仅与热量大小有关, 也与散热条件等诸多因素有关。一般来说, 额定功率小的电阻, 体积小, 通以电流后热量集中, 温升就高; 额定功率大的电阻则体积大, 通以电流后热量分散, 温升就低。因此, 在修理电器设备换用电阻元件时, 必须根据其在电路中的负载持续率、功耗以及允许温升等来合理选取其额定功率, 保证电阻不超功耗, 使发热状态符合电路的要求。

【例题3】 用截面积为 6 mm^2 的铝线从车间向 150 m 外的临时工地送电, 如果车间的电压是 220 V , 线路的电流是 20 A , 试问临时工地的电压是多少? 根据日常观察, 电灯在深夜要比在黄昏亮一些, 为什么?

【解题思路分析】 本题是一个实际工程问题。(1) 根据题意, 要计算出从车间向 150 m 外的临时工地送电时线路上的电压降。临时工地的电压就等于车间的电压 (220 V) 减去线路上的电压降。由于线路上的电压降等于输电线的电阻乘以线路中的电流, 所以首先要计算出输电线的电阻。(2) 电灯的亮度与电灯取用的功率大小有关, 深夜电灯亮, 表明电灯取用的功率大。

【解】 (1) 根据导线电阻的计算公式计算输电线的电阻。

$$R_l = \rho \frac{l}{S}$$

查手册得, 铝的电阻率为 $\rho = 0.026 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$, 将已知数据代入上式, 得

$$R_l = 0.026 \times \frac{150}{6} \Omega = 0.65 \Omega$$

临时工地的电压就是车间电压减去输电回路 ($2 \times 150 \text{ m}$) 导线电阻产生的电压降, 假定车间电压为 $U_0 = 220 \text{ V}$ 保持不变 (忽略车间电源的内阻), 临时工地的电压

$$U = U_0 - 2IR_l = (220 - 2 \times 20 \times 0.65) \text{ V} = 194 \text{ V}$$

(2) 黄昏时工地上用的电灯多 (负载多), 取用电流大, 线路上的电压降随着线路中电流的增大而增大, 临时工地电灯上的电压就减小, 电灯取用的功率就小, 电灯就暗一些。深夜时工地上用的电灯少 (部分人已关灯睡觉), 取用电流小, 而线路上的电压降随着线路中电流的减小而减小, 临时工地的电压就增大, 电灯取用的功率就大一些, 因此, 电灯在深夜要比在黄昏亮一些。

【总结】 由于输电线总存在电阻, 其电阻愈大, 送电时线路上的电压降愈大, 真正加到用电设备上的电压就会减小。当输电线很长, 电阻很大时, 可能不能满足用电设备的额定电压, 从而使用电设备不能正常工作。

【例题4】 在如图 1.3.1 所示的电动自行车充电电路中, 电动势 $E_1 = 40 \text{ V}$, 电动势 $E_2 = 36 \text{ V}$, 内阻 $R_{01} = 0.4 \Omega$, $R_{02} = 0.6 \Omega$ 。(1) 试求电路中的充电电流 I 和各个元件上的功率;(2) 试说明功率的平衡。

【解题思路分析】 本题的关键是先运用欧姆定律求出电路中的电流, 然后运用功率计算公式求出各元件上的功率, 并验证电源产生的功率等于负载取用或消耗的功率。

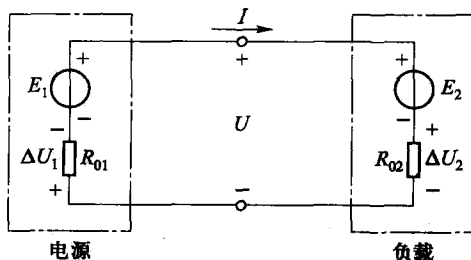


图 1.3.1 例题 4 的图

【解】 (1) 求充电电流 I

根据 KVL 定律,

$$R_{01}I + R_{02}I = E_1 - E_2$$

充电电流为

$$I = \frac{E_1 - E_2}{R_{01} + R_{02}} = \frac{40 - 36}{0.4 + 0.6} \text{ A} = 4 \text{ A}$$

(2) 各元件上的功率

① 电动势 E_1 上的功率

$$P_{E1} = IE_1 = 4 \times 40 \text{ W} = 160 \text{ W}$$

由于电动势 E_1 上的电压和电流的实际方向不一致, 故电动势 E_1 发出功率。

② 电动势 E_2 上的功率

$$P_{E2} = IE_2 = 4 \times 36 \text{ W} = 144 \text{ W}$$

由于电动势 E_2 上的电压和电流的实际方向一致, 故电动势 E_2 吸收功率。

③ 内阻 R_{01} 上的功率

$$P_{R01} = I^2 R_{01} = 4 \times 4 \times 0.4 \text{ W} = 6.4 \text{ W}$$

由于内阻 R_{01} 上的电压和电流的实际方向一致, 故内阻 R_{01} 吸收功率。

④ 内阻 R_{02} 上的功率

$$P_{R02} = I^2 R_{02} = 4 \times 4 \times 0.6 \text{ W} = 9.6 \text{ W}$$

由于内阻 R_{02} 上的电压和电流的实际方向一致, 故内阻 R_{02} 吸收功率。

(3) 由上面的计算可知, $E_1 I = E_2 I + R_{01} I^2 + R_{02} I^2$, 验证了电路的功率平衡。

其中, $E_1 I = 160 \text{ W}$ 是充电电源发出的功率, 充电电源通常是将 220 V 的交流电转变为 40 V 的直流电。 $E_2 I = 144 \text{ W}$ 是蓄电池(作为负载)取用的功率; $R_{01} I^2 = 6.4 \text{ W}$ 是充电电源内阻上损耗的功率; $R_{02} I^2 = 9.6 \text{ W}$ 是蓄电池内阻上损耗的功率。

【总结】 一般来说, 电源元件产生功率, 负载元件取用功率。但在一些特殊场合, 并非所有的电源元件都产生功率, 例如电源元件被充电时是取用功率的。对于这种情况, 在计算功率时, 为避免引起误解, 可以用两种方法计算功率: 第一, 在已知电压和电流的实际方向的情况下, 如果元件上的电压和电流的实际方向相反, 那么该元件为发出功率, 否则为取用功率。第二, 在不知道电压和电流的实际方向的情况下, 当元件上电压和电流的参考方向为关联方向时, 功率表示为 $P = UI$; 当元件上的电压和电流参考方向为非关联方向时, 功率表示为 $P = -UI$ 。如果某元件上的功率 $P > 0$, 说明该元件取用功率; 反之, 如果某元件上的功率 $P < 0$, 说明该元件产生功率。

1.4 思考题解答

1.4.1 实际电路与电路模型

(1) 电路由哪三个基本部分组成?

答: 电路由电源(或信号源)、负载以及连接电源和负载的中间环节组成。

(2) 电路的主要作用大致分为哪两个方面?

答: ① 实现电能的传输和转换。② 实现信号的传递和处理。

(3) 什么叫电路模型? 为什么要用电路模型来表示电路?

答: 所谓电路模型, 就是由理想化的电路元件组成的电路图。实际电路元件的电磁性质很难用简单的数学表达式加以精确描述。若不分主次地把实际元件的次要性质也一起考虑, 就会使问题变得相当复杂, 给分析带来较大的难度。为此, 在误差许可的情况下, 常常把实际元件加以理想化, 忽略其次要性质, 用表达它们的主要性质的模型加以表示, 以便于对电路进行分析和计算。

1.4.2 电路中常用的物理量

(1) 某元件的电压和电流采用的是关联参考方向, 当元件的 $P > 0$ 时, 该元件是发出还是吸收功率? 该元件在电路中起电源还是负载作用?

答: 该元件吸收功率, 起负载作用。

(2) 某一元件的电压与电流的参考方向一致时, 说明该元件是负载。这句话对吗?

答: 不对, 电压与电流的参考方向一致不代表它们的实际方向一致。只有元件上的电压与电流的实际方向一致, 该元件才是负载。

(3) U_{ab} 是否表示 a 端的电位高于 b 端的电位?

答: 否。若当 $U_{ab} < 0$ 时, a 端电位就低于 b 端电位。

1.4.3 电阻、电容和电感元件

(1) 一个额定功率为 $1/2$ W、阻值为 $1\text{ k}\Omega$ 的电阻能否接到输出电压为 5 V 的电源上? 为什么? 它允许流过的最大电流为多大?

答: 额定电压: $U = \sqrt{PR} = 22.4\text{ V}$, 5 V 没有超过它的额定电压, 因此可以。

额定电流: $I = P/U = 0.022\text{ A}$, 所以允许流过的最大电流为 0.022 A 。

(2) 一个 $5\text{ k}\Omega$ 、 0.5 W 的电阻器, 在使用时允许流过的电流和允许加的电压不得超过多少?

答: 电流: $I = \sqrt{\frac{P}{R}} = 0.01\text{ A}$

电压: $U = IR = 50\text{ V}$

(3) 一只 110 V 、 8 W 的指示灯, 现在接在 380 V 的电源上, 问要串多大的电阻? 该电阻应选用多大瓦数的?

答: 指示灯额定电流 $I = \frac{P}{U} = \frac{8}{110}\text{ A}$

要串联的电阻 $R = \frac{(380 - 110)}{I} = 3\,712.5\ \Omega$

该电阻的功率 $P' = U'I = (380 - 110)\left(\frac{8}{110}\right)\text{ W} = 19.6\text{ W}$

(4) 如果一个电感元件两端的电压为 0, 其储能是否也一定为 0? 如果一个电容元件中的

电流为 0，其储能是否也一定为 0？

答：当流过电感元件的电流为 I 时，它所储存的磁场能(量)为

$$W = \frac{1}{2}LI^2$$

所以，当其两端电压为零时储能不一定为 0。

当电容两端的电压为 U 时，它所储存的电场能(量)为

$$W = \frac{1}{2}CU^2$$

所以，当其电流为零时储能不一定为 0。

(5) 电感元件中通过直流电流时可视作短路，是否此时电感 L 为零？电容元件两端加直流电压时可视作开路，是否此时电容 C 为无穷大？

答：电感元件的自感系数 L 是元件本身的特性，与其通过的电流无关。

同理，电容 C 也不是无穷大。

(6) 电感元件中通过正弦交流电流 $i = I_m \sin \omega t$ ，试求电感电压 u 的表达式。

答： $u = L \frac{di}{dt} = L\omega I_m \cos \omega t$

(7) 若电容元件上加上三角波电压，此时其中的电流是什么波形？

答：根据 $i = C \frac{du}{dt}$ 可得出电流波形为方波。

1.4.4 电源

(1) 一个理想电压源向外电路供电时，若再并一个电阻，这个电阻是否会影响原来外电路的电压和电流？

答：并联电阻后外电路上的电压还是理想电压源的电压，没有变化，因而此时电流也不会变。

(2) 一个理想电流源向外电路供电时，若再串一个电阻，这个电阻是否会影响原来外电路的电压和电流？

答：串联电阻后外电路上的电流还是理想电流源的电流，没有变化，因而此时电压也不会变。

(3) 根据电源的外特性，实际电源通常用哪两种不同的模型来表示？它们对外电路而言有什么特点？

答：实际电源通常用电压源模型和电流源模型来表示。

电压源模型可表示为一个电动势 U_s 和一个内部电阻(简称内阻) R_0 的串联组合；电流源模型可表示为一个电激流 I_s 和一个内部电阻(简称内阻) R_0 的并联组合。

(4) 当电压源内阻 R_0 为多少时，称为理想电压源？当电流源内阻 R_0 为多少时，称为理想电流源？

答：当电压源内阻 $R_0 = 0$ 时称为理想电压源；当电流源内阻 R_0 为无穷大时称为理想电流源。

1.4.5 电路的工作状态

(1) 电路可能存在哪几种状态?

答: 电路可能存在三种状态, 即有载状态、开路状态和短路状态。

(2) 什么叫额定状态? 什么叫过载和轻载?

答: 当电路(电气设备)中的电压、电流和功率的实际值等于额定值时, 电路(电气设备)的工作状态称为额定状态; 当实际值大于额定值时, 称为过载; 当实际值小于额定值时, 称为轻载或欠载。

(3) 什么叫短路和短接?

答: 由于某种原因使电源两端直接搭接时, 电路则处于短路状态; 人为地将电路中的某一部分或某一元件两端用导线连接起来, 这种现象则称为短接。

(4) 负载开路时, 教材中图 1.5.1 所示电路中的功率有多大?

答: 此时电路处于开路状态, 电路中无电流, 因此功率为零。

1.4.6 基尔霍夫定律

(1) 什么叫结点、支路和回路? 什么叫网孔?

答: 结点——三条或三条以上支路的连接点称为结点。

支路——电路中通过同一电流的分支电路称为支路。

回路——电路中由支路构成的任何闭合路径称为回路。

网孔——电路中不再含有分支电路的回路称为网孔。

(2) 基尔霍夫电流定律的内容是什么? 它的适用范围如何?

答: 任一瞬时, 对电路中的任一结点, 流入结点的电流之和等于流出该结点的电流之和。其数学表达式为 $\sum I_{\text{入}} = \sum I_{\text{出}}$ 。

基尔霍夫电流定律(KCL)不仅适用于电路中任一结点, 也适用于电路中任一假想的封闭面。这个封闭面称为广义结点。

(3) 基尔霍夫电压定律的内容是什么? 它的适用范围如何?

答: 在任一时刻, 对于电路中的任一回路, 按一定方向沿着回路绕行一周, 回路中所有支路电压或元件电压的代数和为零。其数学表达式为 $\sum U = 0$ 。

基尔霍夫电压定律(KVL)可应用于任一闭合回路, 但也可以推广应用于不闭合回路或某一条支路。如图 1.4.1 所示, 可列出 KVL 方程为

$$IR_s + U_{ab} = U_s$$

(4) 基尔霍夫定律能适用于非线性电路吗?

答: 可以。

1.4.7 电路中电位的计算

(1) 什么叫电位的参考点?

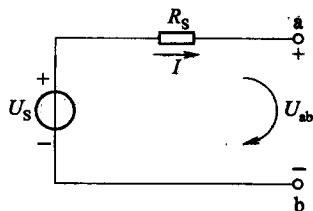


图 1.4.1 电压源电路