



普通高等教育“十一五”国家级规划教材配套参考书

电工技术(电工学 I)

(第三版)

学习辅导与习题解答

■ 贾贵玺 王月芹 主编



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

电工技术(电工学 I)

(第三版)

学习辅导与习题解答

■ 贾贵玺 王月芹 主编



高等教育出版社
Higher Education Press

内容简介

本书是与普通高等教育“十一五”国家级规划教材——《电工技术》(电工学 I)(第三版)相配套的学习辅导书。本书先介绍教材的特点和各章教学学时分配;其后为各章内容和基本要求,学习指导、习题解答(每题均有较详细的解题步骤),便于教学使用。

图书在版编目(CIP)数据

电工技术(电工学 I)(第3版)学习辅导与习题解答/
贾贵玺,王月芹主编. —北京:高等教育出版社,2008.11
ISBN 978-7-04-024927-9

I. 电… II. ①贾…②王… III. ①电子技术-高等学校-教学参考资料②电工学-高等学校-教学参考资料 IV. TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 149546 号

策划编辑 金春英 责任编辑 曲文利 封面设计 于文燕
责任绘图 杜晓丹 版式设计 陆瑞红 责任校对 殷然
责任印制 陈伟光

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010-58581118
社 址	北京市西城区德外大街 4 号	免费咨询	800-810-0598
邮政编码	100120	网 址	http://www.hep.edu.cn
总 机	010-58581000		http://www.hep.com.cn
		网上订购	http://www.landaco.com
经 销	蓝色畅想图书发行有限公司		http://www.landaco.com.cn
印 刷	涿州市星河印刷有限公司	畅想教育	http://www.widedu.com
开 本	787×960 1/16	版 次	2008 年 11 月第 1 版
印 张	12.75	印 次	2008 年 11 月第 1 次印刷
字 数	230 000	定 价	16.40 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 24927-00

前 言

.....

由天津大学姚海彬、贾贵玺主编的《电工技术》(电工学 I)(第三版)是普通高等教育“十一五”国家级规划教材,为了使学生更好地掌握基本概念、基本理论和分析方法,抓住重点、开拓思路,便于自学和复习,我们编写了这本与教材配套的《学习辅导与习题解答》,本书也为采用本教材的教师备课、批改作业提供了方便。

本书各章的基本要求和重点是根据教学指导委员会提出的新的“电工学”数学基本要求草案而确定的,重点内容要求学生能深刻理解和熟练掌握;各章的难点为学生不易理解和掌握的内容。习题解答主要是提供解题思路和结果,但应说明解题方法并不一定唯一。望读者能够合理使用本书,以便达到预期效果。

各章学时分配主要是为使用本教材的授课教师提供参考。

本书由贾贵玺、王月芹任主编,参加编写的有王月芹(第1、2、3、4章)、刘艳莉(第5、6、7、12章)、贾贵玺(第8、9、10、11章)。

本书由清华大学王鸿明教授主审,王鸿明教授对书稿进行了十分仔细的审阅,提出了许多中肯的修改意见,在此,我们表示由衷的感谢。

本书难免存在不妥和错误之处,恳请使用本书的教师、学生和读者提出批评指正。

编 者
2008年6月

《电工技术》(电工学 I) 教材的特点

教材以 2004 年教学指导委员会提出的新的“电工学”教学基本要求草案为基点,同时考虑电工学课程改革的方向,对某些传统内容进行了删减、拓宽和延伸,并融入了一些新产品、新技术的内容,使教材更具系统性、应用性、先进性。

教材具有以下几个特点。

一、高起点

本教材直接从电路的组成、结构、模型入手,推出了网络与系统概念和结点、支路、回路、网孔等电工术语;使学生首先对电路-网络-系统有一个概括了解,然后再由整体到局部,切入电路内部,介绍电路的结构约束和元件约束;并联系实际,介绍电气设备的额定值。

二、强电、弱电兼顾

教材的第 1 章 1.1 节概括介绍了力能电路与信号电路的功能及特点。第 2 章介绍了激励与响应概念。以后各章分别介绍正弦交流电路、三相电路、磁路、变压器、电动机、电气控制及安全用电等,章节内容多属强电系统,但也穿插有二极管和晶体管电路分析、受控源、谐波分析、频率特性等内容。使学生不仅掌握强电系统的一些基本知识,而且为学习电子技术、自动控制系统等打下良好基础。

三、着重概念、突出应用,提高学生分析问题的能力

本教材着重于使学生对概念、定义、定理、定律及分析方法有深刻理解和掌握,尤其突出它们在电路分析和工程实际中的应用。教材对传统的电路部分进行了优选和加工,对一些基本概念、基本理论力求定义准确、叙述简明。省去了戴维宁定理的证明、复杂正弦交流电路的分析和二阶电路的时域分析、拉普拉斯变换和 s 域分析,而增加了磁路和变压器、电动机、电气控制、电工测量、安全用电等实践性、应用性较强的部分篇幅。

教给学生许多知识固然重要,培养学生分析问题、解决问题的能力则更为宝贵。本教材注意了对分析问题思路的介绍。在内容的处理方面多处应用“对偶原理”、“等效方法”,不仅节约了学时,而且提高了学生认识问题和解决问题的能力。

四、引入新技术、新成果,使教材增加活力

第 8 章电动机介绍了近几年来得到迅速推广使用的软起动机、变频调速器永磁同步电动机和无刷直流电动机;第 10 章专讲可编程控制器(PLC);第 11 章安全用电介绍了漏电保护器以及各种接地、接零系统;第 12 章电工测量对智能化仪表作了简单介绍。使学生接触到高科技产品和现代化技术,激发学生学科学、用科学的积极性和创新精神。

各章教学学时分配

下面列出的是 55、64、70 三种总学时的学时分配参考表。需要说明的是,各章讲课时数不包括实验时数。实验时数应为总学时数的 25%,故使用本教材应配有 14~16 学时的实验。

学时分配参考表

章节及内容	讲课时数			实验时数
	55 学时	64 学时	70 学时	
第 1 章 电路的基本概念和基本定律	7	10	10	4
第 2 章 电路的分析方法				
第 3 章 正弦交流电路	7	8	8	4
第 4 章 三相正弦交流电路	2	2	2	2
第 5 章 非正弦周期信号电路	2	2	3	
第 6 章 电路的暂态分析	4	4	4	
第 7 章 磁路和变压器	5	6	6	
第 8 章 电动机	6	8	10	
第 9 章 电气控制	3	3	4	2
第 10 章 可编程控制器及其应用	3	3	4	4
第 11 章 安全用电	1	1	1	
第 12 章 电工测量	1	1	2	
合 计	41	48	54	16

注:采用 55 学时时可少做一个实验。

目 录

.....

《电工技术》(电工学 I)教材的特点	I
各章教学学时分配	Ⅲ
第 1 章 电路的基本概念和基本定律	1
第 2 章 电路的分析方法	20
第 3 章 正弦交流电路	48
第 4 章 三相正弦交流电路	80
第 5 章 非正弦周期信号电路	94
第 6 章 电路的暂态分析	111
第 7 章 磁路和变压器	135
第 8 章 电动机	150
第 9 章 电气控制	161
第 10 章 可编程控制器及其应用	165
第 11 章 安全用电	184
第 12 章 电工测量	186

第 1 章 电路的基本概念和基本定律

一、内容提要 and 基本要求

(一) 内容提要

本章内容有:电路与电路模型,电压、电流及其参考方向,电路的功和功率,基尔霍夫定律,无源电路元件,有源电路元件,受控源,电路的基本状态和电气设备的额定值。

(二) 基本要求

1. 理解和掌握电路的基本物理量及其应用,如电压、电流参考方向的意义,电位和功率的计算。
2. 理解和掌握无源电路元件 R 、 L 、 C 的伏安特性。
3. 理解和掌握电压源、电流源的外特性及实际有源元件的两种电路模型。
4. 理解和掌握电路的基本定律——基尔霍夫定律。
5. 了解电气设备的额定值。

二、学习指导

本章内容的重点为电压、电流的参考方向,元件约束和结构约束以及电压源、电流源的特性。

1. 电压、电流的参考方向是为分析电路而假设的。在参考方向下,电压、电流、功率都是代数量。在分析、计算电路时,电压、电流的参考方向通常采用关联参考方向,即一致方向。如果电路中的某无源元件的电压、电流参考方向不关联(相反),则其元件约束方程前加“-”号。如电阻元件的电压、电流参考方向如图 1.1 所示时,其约束方程为

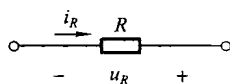


图 1.1

$$u_R = -Ri_R$$

2. 计算电路元件消耗的功率时,要考虑其电压、电流是否为关联参考方向。是,用 $p = ui$ 计算;否,用 $p = -ui$ 计算。无论哪种情况,若 $p > 0$,说明此电路元件消耗了功率,在电路中的作用为负载;若 $p < 0$,说明此电路元件供出功率,在电路中的作用为电源。

3. 电压源、电流源为本章的难点,尤其是电流源,初学者总觉得难以理解和掌握。电压源、电流源都是理想的有源元件。当一个实际电源的内阻远远小于负载电阻时,可近似看成电压源;而当它的内阻远远大于负载电阻时,改变负载电阻,电源供出的电流变化不大,则可近似看成电流源。

电压源与电流源为对偶元件,它们都有两个基本特性,可以对照理解和掌握。电压源的端电压为恒定值或为一定的时变电压,与它供出的电流无关,其供出电流由外电路决定;电流源供出的电流为恒定值或为一定的时变电流,与其端电压无关,它的端电压由外电路确定。因此,如果一个电压源与一个电流源串联时,则此支路电流被电流源所确定,而电流源的端电压要根据 KVL 列方程确定;如果一个电压源与一个电流源并联,则电流源的端电压被电压源确定,而电压源提供的电流要根据 KCL 确定。

例如图 1.2 所示电路。若 $U_{S1} = 4 \text{ V}$, $I_{S1} = 2 \text{ A}$, $I_{S2} = 4 \text{ A}$, $U_{S2} = 10 \text{ V}$, $R = 2 \Omega$, 由于电压源 U_{S1} 与电流源 I_{S1} 串联,则支路电流为

$$I_{S1} = 2 \text{ A}$$

而电流源 I_{S2} 的端电压被 U_{S2} 确定,即

$$U_{I_{S2}} = U_{AB} = U_{S2} = 10 \text{ V}$$

根据 KCL,电压源 U_{S2} 支路电流为

$$\begin{aligned} I &= I_R - I_{S1} - I_{S2} \\ &= \left(\frac{10}{2} - 2 - 4 \right) \text{ A} \\ &= -1 \text{ A} \end{aligned}$$

根据 KVL,电流源 I_{S1} 的端电压为

$$U_{I_{S1}} = U_{S2} - U_{S1} = (10 - 4) \text{ V} = 6 \text{ V}$$

4. 基尔霍夫定律是电路的基本定律,不仅是本章的重点内容,而且是全书电路部分的重点内容,所以要熟练掌握,正确运用。学习基尔霍夫定律前首先要正确理解关于结点、支路、回路、网孔的定义,然后逐一掌握基尔霍夫电流定律(KCL) $\sum i = 0$ 和基尔霍夫电压定律(KVL) $\sum u = 0$ 。

使用 $\sum i = 0$ 和 $\sum u = 0$ 时必须注意到两套正、负号的问题:一套是各项前的运算正、负号;另一套为电流 i 、电压 u 本身代数量的正、负号。 $\sum i = 0$ 中各项前的运算正、负号取决于 i 的参考方向是流入结点还是流出结点; $\sum u$ 中各项前的

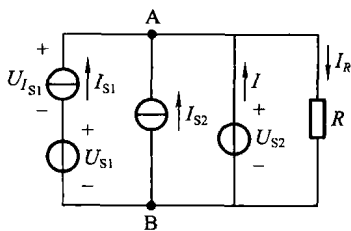


图 1.2

运算正、负号则取决于此电压 u 的参考方向是否与回路循行方向一致。一致者,取正;相反者,取负。而 u 、 i 本身代数量的正、负号均取决于其实际方向是否和参考方向一致。

5. 电气设备的额定值是选用电气设备的主要依据,因此要了解电气设备各项额定值的意义。负载设备需要正常工作于额定状态,而电源设备通常是以一定电压供电的,其供出的电流和功率由负载决定,应当正确选择和使用。

三、习题解答

1.1 理想电流源的外接电阻越小,它的端电压()。

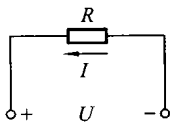
(a) 越高 (b) 越低 (c) 不能确定

解:(b)

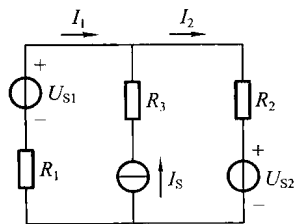
1.2 题 1.2 图所示电路中, U 、 I 之间的关系式应为()。

(a) $U = -RI$ (b) $U = RI$ (c) 不能确定

解:(a)



题 1.2 图



题 1.3 图

1.3 题 1.3 图所示电路中,正确的回路电压方程是()。

(a) $U_{S1} - R_1 I_1 + R_3 I_S = 0$

(b) $U_{S2} + R_3 I_S + R_2 I_2 = 0$

(c) $U_{S1} - R_1 I_1 - U_{S2} - R_2 I_2 = 0$

解:(c)

1.4 题 1.4 图所示电路中,电压源 U_S 供出的功率为()。

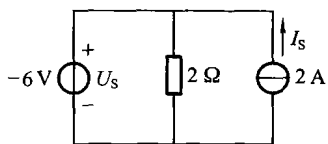
(a) 30 W (b) 6 W (c) 12 W

解:(a)

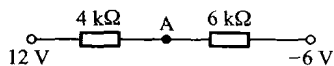
1.5 题 1.5 图所示电路中,A 点的电位 V_A 为()。

(a) 19.2 V (b) 10.8 V (c) 4.8 V

解:(c)



题 1.4 图

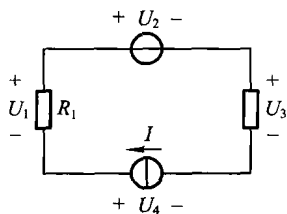


题 1.5 图

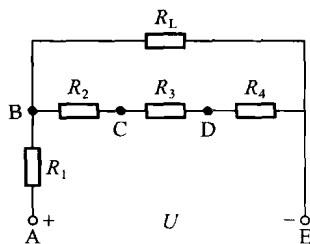
1.6 题 1.6 图所示电路中,已知 $U_1 = U_2 = U_3 = 4 \text{ V}$, 则 $U_4 = ()$ 。

(a) 4 V (b) 12 V (c) 8 V

解:(b)



题 1.6 图



题 1.7 图

1.7 题 1.7 图为某电子仪器的一局部线路,用电压表测量发现 $U_{AB} = 3 \text{ V}$, $U_{BC} = 1 \text{ V}$, $U_{CD} = 0 \text{ V}$, $U_{DE} = 2 \text{ V}$, $U_{AE} = 6 \text{ V}$ 。由此可判断出现的故障为()。

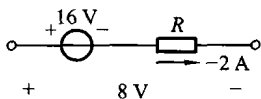
(a) CD 段断开 (b) CD 段短路 (c) DE 段断开

解:(b)

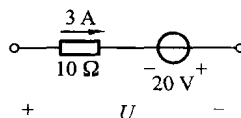
1.8 题 1.8 图中电阻 R 为()。

(a) 12 Ω (b) -12 Ω (c) 4 Ω

解:(c)



题 1.8 图



题 1.9 图

1.9 题 1.9 图中电压 U 为()。

(a) 10 V (b) 50 V (c) -10 V

解:(a)

1.10 题 1.10 图所示电路中,三个电阻消耗的功率之和为()。

- (a) 5 W (b) 11 W (c) 无法计算

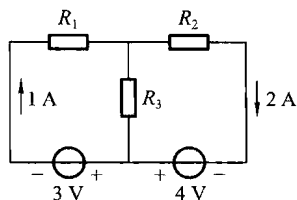
解:(a)

1.11 画出题 1.11 图所示电路的原电路,并计算 B 点的电位。已知: $R_1 = 75 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 50 \text{ k}\Omega$ 。

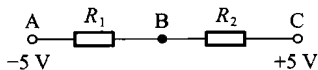
解:

- (1) 原电路如题解 1.11 图所示。

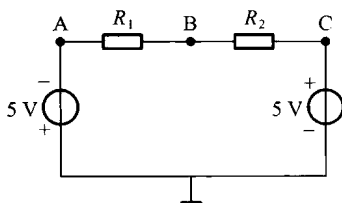
$$(2) V_B = \frac{V_A - V_C}{R_1 + R_2} R_2 + 5 = 1 \text{ V}$$



题 1.10 图



题 1.11 图

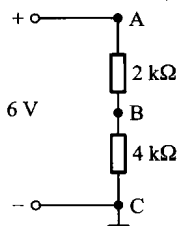


题解 1.11 图

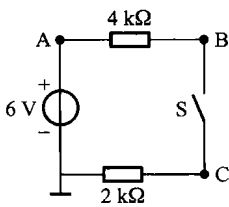
1.12 计算题 1.12 图所示各电路中 A、B、C 三点的电位。

解:

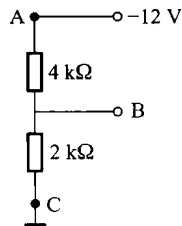
- (a) $V_C = 0$, $V_A = 6 \text{ V}$, $V_B = 4 \text{ V}$
 (b) $V_A = 6 \text{ V}$, $V_B = 6 \text{ V}$, $V_C = 0$
 (c) $V_C = 0$, $V_A = -12 \text{ V}$, $V_B = -4 \text{ V}$



(a)



(b)



(c)

题 1.12 图

1.13 题 1.13 图所示电路中,元件 A 供出 10 W 功率,求电流 $I = ?$ 若电流 I 的方向与图中所示的方向相反呢?

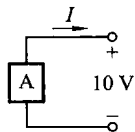
解:

根据主教材(1.3.5)式,元件 A 供出功率,所以 $P = -10\text{W}$,且 U 与 I 的方向相反,

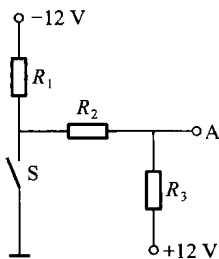
$$(1) I = \frac{P}{-U} = \frac{-10}{-10} \text{ A} = 1 \text{ A}$$

$$(2) \text{方向相反时} \quad I = -1 \text{ A}$$

1.14 求题 1.14 图所示电路中开关 S 合上和断开时 A 点的电位。已知:



题 1.13 图



题 1.14 图

$R_1 = 2 \text{ k}\Omega, R_2 = 4 \text{ k}\Omega, R_3 = 26 \text{ k}\Omega$ 。

解:

$$(1) \text{S 合上} \quad V_A = \frac{12}{R_2 + R_3} \times R_2 = 1.6 \text{ V}$$

$$(2) \text{S 断开} \quad V_A = \frac{-12 - 12}{R_1 + R_2 + R_3} \times R_3 + 12 = -7.5 \text{ V}$$

1.15 题 1.15 图所示电路是测量电压用的电位差计电路。其中 $R_1 + R_2 = 1000 \Omega, R_3 = 200 \Omega, U_s = 12 \text{ V}$,当调节滑动触点使 $R_2 = 250 \Omega$ 时,电流计 G 中无电流通过。试求被测电压 U_x 的大小。

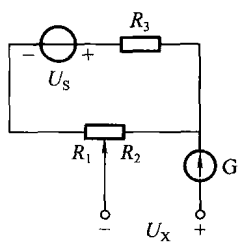
解:

$$U_x = \frac{U_s}{R_1 + R_2 + R_3} \times R_2 = 2.5 \text{ V}$$

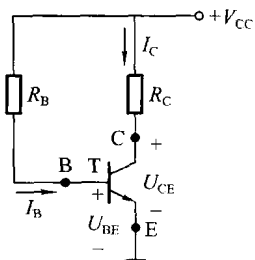
1.16 某晶体管放大电路的直流电路如题 1.16 图所示。已知: $R_B = 156 \text{ k}\Omega, R_C = 2 \text{ k}\Omega, U_{BE} = 0.7 \text{ V}, V_{CC} = 12 \text{ V}$ 。(1) 求 $I_B = ?$ (2) 若 $I_C = 50I_B$,求 $U_{CE} = ?$ (T 为晶体管)

解:

$$(1) I_B = \frac{V_{CC} - U_{BE}}{R_B} = 72.4 \mu\text{A}$$



题 1.15 图



题 1.16 图

$$(2) I_C = 50I_B = 3.62 \text{ mA}$$

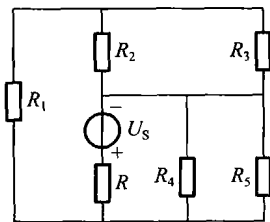
$$U_{CE} = V_{CC} - R_C I_C = 4.76 \text{ V}$$

1.17 题 1.17 图所示电路中, 电源电压 $U_s = 24 \text{ V}$, $R_1 = 20 \Omega$, $R_2 = 30 \Omega$, $R_3 = 15 \Omega$, $R_4 = 25 \Omega$, $R_5 = 100 \Omega$, $R = 8 \Omega$ 。求电源供出的功率。

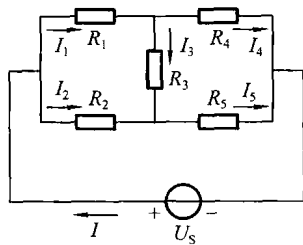
解:

$$R_{\Sigma} = R + R_4 // R_5 // (R_1 + R_2 // R_3) = 20 \Omega$$

$$P = \frac{U_s^2}{R_{\Sigma}} = 28.8 \text{ W}$$



题 1.17 图



题 1.18 图

1.18 求题 1.18 图中电流 I_4 、 I_5 、 I 及电源电压 U_s 。已知: $I_1 = 2 \text{ mA}$, $I_2 = 1 \text{ mA}$, $I_3 = 1 \text{ mA}$, $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$, $R_3 = 2 \text{ k}\Omega$, $R_2 = R_4 = 4 \text{ k}\Omega$, $R_5 = 1 \text{ k}\Omega$ 。

解:

$$I_4 = I_1 - I_3 = 1 \text{ mA}$$

$$I_5 = I_2 + I_3 = 2 \text{ mA}$$

$$I = I_1 + I_2 = 3 \text{ mA}$$

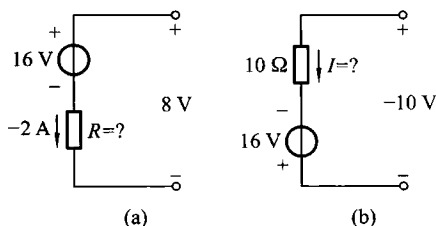
$$U_s = R_2 I_2 + R_5 I_5 = 6 \text{ V}$$

1.19 求题 1.19 图所示各电路中的未知量。

解:

$$(a) R = \frac{8 - 16}{-2} \Omega = 4 \Omega$$

$$(b) I = \frac{-10 + 16}{10} \text{ A} = 0.6 \text{ A}$$

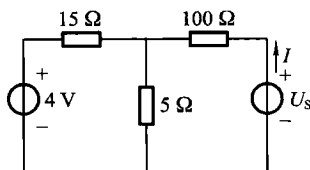


题 1.19 图

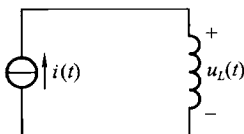
1.20 欲使题 1.20 图中电流 $I = 0$, 问电压源电压 U_s 应为多少?

解:

$$U_s = U_{5\Omega} = \frac{4 \times 5}{15 + 5} \text{ V} = 1 \text{ V}$$



题 1.20 图



题 1.21 图

1.21 题 1.21 图所示电路中, 已知: $L = 2 \text{ H}$, 电流 $i(t)$ 的数学表达式为

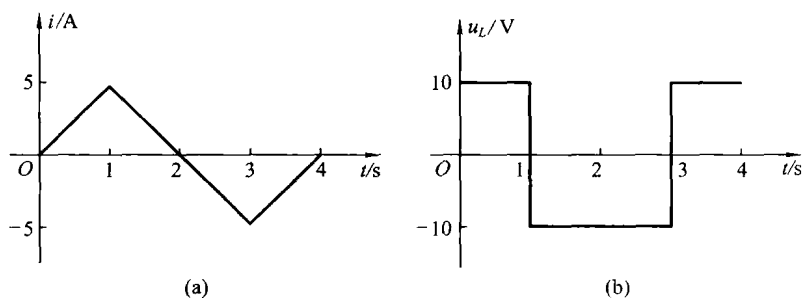
$$i(t) = \begin{cases} 1 \text{ A} & t < 0 \\ 5t \text{ A} & 0 \text{ s} \leq t \leq 1 \text{ s} \\ (-5t + 10) \text{ A} & 1 \text{ s} \leq t \leq 3 \text{ s} \\ (5t - 20) \text{ A} & 3 \text{ s} \leq t \leq 4 \text{ s} \end{cases}$$

(1) 画出 $i(t)$ 的波形; (2) 求 $u_L(t)$ 并画出波形; (3) 求 $t = 2.5 \text{ s}$ 时电感元件的功率和储能。

解:

(1) $i(t)$ 波形如题解 1.21 图(a)所示。

$$(2) u_L(t) = L \frac{di}{dt}$$



题解 1.21 图

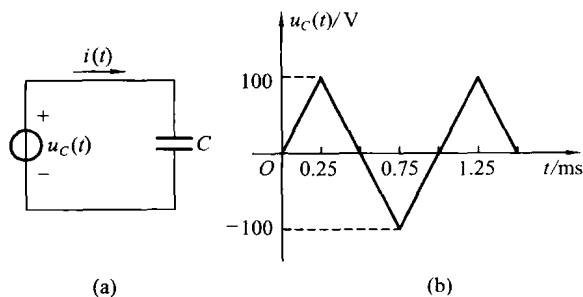
$$= \begin{cases} 0 & t < 0 \\ 5 \times 2 \text{ V} = 10 \text{ V} & 0 \leq t \leq 1 \text{ s} \\ -5 \times 2 \text{ V} = -10 \text{ V} & 1 \text{ s} \leq t \leq 3 \text{ s} \\ 5 \times 2 \text{ V} = 10 \text{ V} & 3 \text{ s} \leq t \leq 4 \text{ s} \end{cases}$$

$u_L(t)$ 波形如题解 1.21 图(b) 所示。

$$(3) P(2.5 \text{ s}) = ui|_{t=2.5 \text{ s}} = 25 \text{ W}$$

$$W(2.5 \text{ s}) = \frac{1}{2} Li^2(t) \Big|_{t=2.5 \text{ s}} = 6.25 \text{ J}$$

1.22 题 1.22 图(a) 所示电路中, $C = 1 \mu\text{F}$, 电压 $u_C(t)$ 的波形如题 1.22 图(b) 所示, 求电容电流并画出波形。



题 1.22 图

解:

根据 $u_C(t)$ 波形图写出 $u_C(t)$ 表达式为

$$u_C(t) = \begin{cases} 4 \times 10^5 t \text{ V} & 0 \leq t \leq 0.25 \text{ ms} \\ (-4 \times 10^5 t + 200) \text{ V} & 0.25 \text{ ms} \leq t \leq 0.75 \text{ ms} \\ (4 \times 10^5 t - 400) \text{ V} & 0.75 \text{ ms} \leq t \leq 1.25 \text{ ms} \end{cases}$$