

工 科 核 心 课 程 学 习 辅 导 丛 书

电工电子技术

学习要点与习题解析

张 玘 冯旭哲 编著

依 据 教学大纲

紧 扣 权威教材

利 于 自学 辅导 考研

精 选 例 题 提示解题方法

模 拟 自 测 提供答案详解

国防科技大学出版社

工科核心课程学习辅导丛书

机电类

电工电子技术

学习要点与习题解析

张 玘 冯旭哲 编著

国防科技大学出版社

·长沙·

图书在版编目(CIP)数据

电工电子技术·学习要点与习题解析/张玘,冯旭哲编著. —长沙:国防科技大学出版社,2005.4

ISBN 7-81099-171-X

I. 电… II. ①张…②冯… III. 电工电子—高等学校—解题 IV. ①TM-4②TN-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 023445 号

国防科技大学出版社出版发行

电话:(0731)4572640 邮政编码:410073

E-mail:gfkdcbs@public.cs.bn.cn

责任编辑:唐卫藏 责任校对:徐 飞

新华书店总店北京发行所经销

国防科技大学印刷厂印装

*

787×1092 1/16 印张:24.25 字数 575 千

2005 年 4 月第 1 版第 1 次印刷 印数:1-3000 册

ISBN 7-81099-171-X/TM·4

定价:36.00 元

前 言

本书是根据国家教育部教学指导委员会审定的《电工电子学教学大纲》编写的,可作为非电专业电工学课程的辅助教材。

电工学是研究电工技术和电子技术的理论和应用的技术基础课。随着科学技术的日新月异,电工和电子技术发展十分迅速,应用也愈加广泛,一切新的科学技术无不与电有着密切的关系,而电工学即是研究与掌握电学理论知识的基础和入门课程。

为了适应非电专业对电工学课程应涉及面广、内容精练、知识新颖的要求,克服学时少、内容多的矛盾,本书对内容进行了精选,特别注重精练内容,从系统的角度对基本理论进行阐述,重视外部特性的研究,力求结构化、积木式,以便于选用,扩大了对不同专业的覆盖面。本书还突出了思维方法的训练,注重应用研究,以利于培养学生分析和解决实际问题的能力。因此,本书特别适用于普通高等院校工科非电专业的学生用作教学辅助教材。

本书由国防科技大学机电工程与自动化学院仪器科学与技术系张记教授任主编,负责全书的组织和统稿、定稿;该系讲师冯旭哲任副主编,负责具体的编写工作。全书共十五章。

由于作者水平有限,书中难免会有错误和不妥之处,殷切希望使用本教材的师生以及其他读者给予批评指正。

作 者

2005. 3

工科核心课程学习辅导丛书

机电类：

1. 机械原理·学习要点与习题解析
2. 机械设计·学习要点与习题解析
3. 电工电子技术·学习要点与习题解析
4. 理论力学·学习要点与习题解析
5. 材料力学·学习要点与习题解析
6. 机械电子学·学习要点与习题解析

策划：徐 飞 唐卫葳

目 录

第一章 电路的基本概念和基本定律

本章主要对电路及电路模型的基本概念做了阐述,并介绍了欧姆定律、基尔霍夫电流定律、基尔霍夫电压定律等电路的基本定律。

1.1 重点难点分析	(1)
1.2 例题详解	(4)
1.3 思考题与习题	(8)
1.4 习题参考答案	(11)

第二章 电路的分析方法

本章介绍了直流电路的几种常用电路分析方法,主要应该掌握叠加、戴维南定理、诺顿等定理、支路电流法、电源等值互换法、网孔法及节点电压分析法。

2.1 重点难点分析	(18)
2.2 例题详解	(20)
2.3 思考题与习题	(26)
2.4 习题参考答案	(31)

第三章 正弦交流电路

本章主要介绍了正弦电路的基本概念和电路结构形式,并给出了正弦交流电路的分析方法。

3.1 重点难点分析	(41)
3.2 例题详解	(50)
3.3 思考题与习题	(58)
3.4 习题参考答案	(63)

第四章 三相电路

本章引入了三相交流电的概念,并分析介绍了三相电源和负载的星形接法和三角形接法。

4.1 重点难点分析	(78)
4.2 例题详解	(80)
4.3 思考题与习题	(88)
4.4 习题参考答案	(93)

第五章 非正弦周期量的电路

本章介绍了非正弦周期量的特点,并且介绍了非正弦周期激励下的线性电路分析。

5.1 重点难点分析	(106)
5.2 例题详解	(107)
5.3 思考题与习题	(118)
5.4 习题参考答案	(123)

第六章 电路的暂态分析

本章介绍了电路换路时的环路原则及初始值的计算,引入了电路暂态的三要素分析方法,最后,还利用 RC 电路实现了微分电路和积分电路。

6.1 重点难点分析	(130)
6.2 例题详解	(132)
6.3 思考题与习题	(135)
6.4 习题参考答案	(143)

第七章 半导体二极管和三极管

本章分析了半导体的特点及结构,并介绍了几种典型的半导体晶体管,二极管、三极管。

7.1 重点难点分析	(159)
7.2 例题详解	(160)
7.3 思考题与习题	(166)
7.4 习题参考答案	(173)

第八章 基本放大电路

本章主要介绍了基本放大电路的组成,进行了放大电路的静态分析和动态分析,并分析了几种不同的放大电路。

8.1 重点难点分析	(180)
8.2 例题详解	(182)
8.3 思考题与习题	(196)
8.4 习题参考答案	(203)

第九章 集成运算放大器

本章主要介绍了集成运算放大器的结构特点与分析方法,并引入了运算放大器在信号运算和信号处理方面的应用,分析了集成运算放大器的负反馈电路。

9.1 重点难点分析	(214)
9.2 例题详解	(221)
9.3 思考题与习题	(227)
9.4 习题参考答案	(233)

第十章 正弦波振荡电路

本章介绍了自激振荡的条件以及正弦波振荡器的组成,并提供了RC振荡器和LC振荡器的基本组成和典型振荡电路。

10.1 重点难点分析	(237)
10.2 例题详解	(238)
10.3 思考题与习题	(244)
10.4 习题参考答案	(247)

第十一章 直流稳压电源

本章主要介绍了直流稳压电源的组成,并对整流电路、滤波器、稳压电路的原理和性能以及分析计算方法做了阐述。

11.1 重点难点分析	(252)
11.2 例题详解	(254)
11.3 思考题与习题	(259)
11.4 习题参考答案	(263)

第十二章 门电路组合逻辑电路

本章介绍了各种门电路的逻辑功能以及分析各种组合逻辑电路的分析的方法,给出了各种逻辑组合电路的原理、功能,最后,还提供了简单组合逻辑电路的设计方法。

12.1 重点难点分析.....	(267)
12.2 例题详解.....	(271)
12.3 思考题与习题.....	(278)
12.4 习题参考答案.....	(283)

第十三章 触发器和时序逻辑电路

本章主要介绍了时序逻辑电路的特点,分析了常用时序逻辑器件具有记忆功能的原理,重点论述了几种基本触发器的逻辑功能,常用时序逻辑电路中寄存器和计数器的分析方法,最后,介绍了 555 定时器的应用。

13.1 重点难点分析.....	(290)
13.2 例题详解.....	(294)
13.3 思考题与习题.....	(302)
13.4 习题参考答案.....	(306)

第十四章 存储器和可编程逻辑器件

本章介绍了只读存储器(ROM)、随机存取存储器(RAM)、可编程逻辑器件(PLD)的结构和工作原理,并给出了几种器件的应用。

14.1 重点难点分析.....	(310)
14.2 例题详解.....	(312)
14.3 思考题与习题.....	(321)
14.4 习题参考答案.....	(324)

第十五章 模拟量和数字量的转换

本章介绍了模—数转换器(A/D)和数—模转换器(D/A)的结构原理和主要技术指标。

15.1 重点难点分析.....	(331)
15.2 例题详解.....	(332)
15.3 思考题与习题.....	(336)
15.4 习题参考答案.....	(338)
电工技术基础期末考试模拟试题(1)	(342)
电工技术基础期末考试模拟试题(1)参考答案	(347)
电工技术基础期末考试模拟试题(2)	(351)
电工技术基础期末考试模拟试题(2)参考答案	(355)
电子技术基础期末考试模拟试题(1)	(360)
电子技术基础期末考试模拟试题(1)参考答案	(364)
电子技术基础期末考试模拟试题(2)	(367)
电子技术基础期末考试模拟试题(2)参考答案	(374)

第一章 电路的基本概念和基本定律

内容提示:本章主要对电路及电路模型的基本概念做了阐述,并介绍了欧姆定律、基尔霍夫电流定律、基尔霍夫电压定律等电路的基本定律。

1.1 重点难点分析

一、电路的基本概念

1. 电路及电路模型

电流的通路称为电路。连续电流的通路必须是闭合的。

由理想电路元件或其组合模拟实际电路器件建立的模型称为电路模型。

(1) 电源元件

电源元件包括电压源(U_s, R_o)、电流源(I_s, R_o)、受控电源。

(2) 负载元件

负载元件包括电阻元件 R (线性电阻,非线性电阻)、电感元件 L (线性电感,非线性电感)、电容元件 C 。

(3) 中间环节

中间环节包括开关(只有通、断两种状态)、电压表($R_v = \infty$)、电流表($R_A = 0$)等等。

2. 电路分析基本变量及参考方向

电压 u 和电流 i 是电路分析的基本变量,功率和能量在电路的分析和计算中也是十分重要的。在直流电路中,电压、电流和功率分别用大写字母 U, I, P 表示。

电路中任意指定的电流方向与电压极性称为电流、电压的参考方向。不管分析什么样的电路,必须首先指定参考方向,然后才能建立电路方程。有了参考方向与计算值的正负,实际方向就惟一确定了。

电流与电压参考方向一致,即为关联参考方向(一致参考方向)Associated Reference Direction。

3. 理想电路元件的电压、电流关系

(1) 电阻 R

取关联参考方向,线性电阻元件两端电压 u_R 与通过它的电流 i_R 的关系满足欧姆定

律,表示为

$$u_R = Ri_R$$

或

$$i_R = Gu_R$$

功率为

$$p_R = u_R i_R \geq 0$$

(2) 电感 L 和电容 C

取关联参考方向,线性电感元件 L 两端的电压 u_L 与通过它的电流 i_L 的关系为

$$u_L = L \frac{di_L}{dt}$$

或

$$i_L = i_L(0) + \frac{1}{L} \int_0^t u_L dt$$

存储的磁场能量

$$W_L = \frac{1}{2} L i_L^2 \geq 0$$

取关联方向,线性电容元件 C 两端的电压 u_C 与电流 i_C 的关系为

$$i_C = C \frac{du_C}{dt}$$

或

$$u_C = u_C(0) + \frac{1}{C} \int_0^t i_C dt$$

存储的磁场能量

$$W_C = \frac{1}{2} C u_C^2 \geq 0$$

(3) 独立电源元件

理想电压源 U_s 为给定的时间的函数,与产生电流无关。

理想电流源 I_s 为给定的时间的函数,与两端电压无关。

(4) 受控电源

受控电源是一种双口元件,又称为非独立电源。受控源的电压或受控源的电流受电路中某部分的电压或电流控制。

有四种受控源,它们分别是:电压控制电压源(VCVS)、电压控制电流源(VCCS)、电流控制电压源(CCVS)、电流控制电流源(CCCS)。

4. 电路的有载工作状态、开路与短路

(1) 电路的有载工作状态

电源和负载接通,电路中有电流,有能量的转换。电路在通路状态下:

负载电流为

$$I = \frac{E}{R_0 + R_L}$$

负载电压(电源端电压)为

$$U = IR_L = E - IR_0$$

电源内阻压降为

$$\Delta U = IR_0$$

电源产生的功率为

$$P_E = EI$$

电源输出功率为

$$P = UI = I^2 R_L$$

$$P_E = P + I^2 R_0$$

(2) 开路(空载)状态

$$R_L = \infty, \quad I = 0, \quad U = E, \quad P = P_E = 0$$

(3) 短路状态

$$R_L = 0, \quad I_E = \frac{E}{R_0}, \quad P = 0, \quad P_E = I_E^2 R_0$$

在分析电路时,我们既要为通过元件的电流假定参考方向,也要为元件两端的电压假定参考方向。彼此原是独立无关的,可以任意假定,但为了方便起见,常常采用关联的参考方向,即电流和电压降的方向一致。

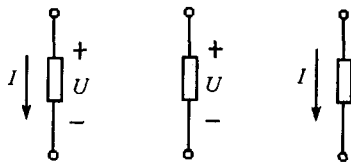


图 1.1

假定了这个规定之后,在电路图上就只需标出电流的参考方向或电压的参考方向中任何一种即可,见图 1.1。

5. 负载与电源

根据电压和电流的实际方向可确定某一电路元件是电源还是负载。

(1) 确定电源的方法

U 和 I 的实际方向与参考方向相反,电流从“+”端流出,产生功率。

(2) 确定负载的方法

U 和 I 的实际方向与参考方向相同,电流从“+”端流入,消耗功率。

二、电路的基本定律

1. 欧姆定律(Ohm's Law)

在线性电阻 R 上, U 与 I 有关联方向时, $U = IR$ (或 $I = GU$);有非关联方向时, $U = -IR$ (或 $I = -GU$)。

2. 基尔霍夫定律

(1) 基尔霍夫电流定律(KCL)

在集总电路中,任何时刻,对任一结点,所有流出结点的支路电流的代数和恒等于零。若流出结点的电流前面取“+”号,流入结点的电流前面取“-”号,则对任一结点有

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

或

$$\sum I = 0$$

(2) 基尔霍夫电压定律(KVL)

在集总电路中,任何时刻,沿任一回路,所有支路电压的代数和恒等于零。若指定回路绕行方向,凡支路电压的参考方向与回路的绕行方向一致者,该电压前面取“+”号,支路电压参考方向与回路的绕行方向相反者,该电压前面取“-”号。则对任一回路有

$$\sum U = 0$$

1.2 例题详解

【例 1.1】 有一直流电源额定电压 $U_N = 24 \text{ V}$, 额定功率 $P_{SN} = 200 \text{ W}$, 内阻 $R_0 = 0.24 \Omega$, 又有白炽灯额定电压 $U_N = 24 \text{ V}$, 额定功率 $P_{LN} = 40 \text{ W}$ 。问:

(1) 电源的额定电流 I_N 等于多少? 空载时端电压 U_0 等于多少? 接多少只灯泡达到满载? 灯泡应如何连接? 此时电源内阻消耗功率 ΔP 为多少?

(2) 只接一个灯泡, 则其端电压 U_L 等于多少? 电流 I_L 为多少? 灯泡消耗功率 P_L 为多少? 此时电源产生的功率为多少?

(3) 当满载时, 若其中一个灯泡两端碰线而短路, 则对其余的灯泡有何影响? 会造成什么后果?

解 (1) 电源额定电流

$$I_N = \frac{P_{SN}}{U_N} = \frac{200}{24} \approx 8.33 \text{ A}$$

空载电压等于电源电压(或电动势), 即

$$U_0 = U_s = I_N R_0 + U_N = 8.33 \times 0.24 + 24 = 26 \text{ V}$$

因为灯泡的额定电压等于电源额定电压, 故可接灯泡的个数为

$$n = \frac{P_{SN}}{P_{LN}} = \frac{200}{40} = 5$$

应采用并联接法。此时电源内阻消耗功率为

$$\Delta P = I_N^2 R_0 = 8.33^2 \times 0.24 \approx 16.7 \text{ W}$$

(2) 额定状态下灯泡的电阻

$$R_{LN} = \frac{U_N^2}{P_{LN}} = \frac{24^2}{40} = 14.4 \Omega$$

白炽灯属于非线性电阻,此处因电压变化不大,近似认为是线性的,即 R_{LN} 是常数。当只接一只灯时,电流为

$$I_L = \frac{U_s}{R_0 + R_{LN}} = \frac{26}{14.4 + 0.24} \approx 1.78 \text{ A}$$

端电压为

$$U_L = I_L R_{LN} = 1.78 \times 14.4 = 25.6 \text{ V}$$

灯泡消耗功率为

$$P_L = I_L U_L = 1.78 \times 25.6 = 45.4 \text{ W}$$

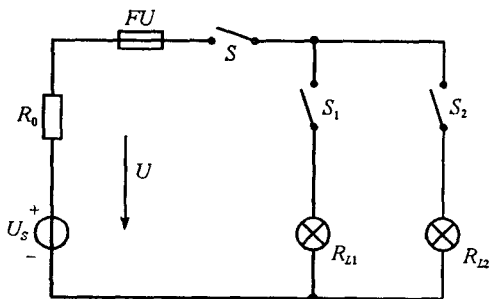
电源产生功率为

$$P_s = I_L U_s = 46.2 \text{ W}$$

(3) 满载时,其中一个灯短路将使电源短路,其余灯两端的电压变为零而不亮,但不会损坏。而电源中流过短路电流为

$$I_s = \frac{U_s}{R_0} = \frac{26}{0.24} \approx 108.3 \text{ A}$$

若没有保险丝就将烧坏电源,故电源输出端一定要装保险丝,如例 1.1 图所示的 FU。



例 1.1 图

【例 1.2】 有人为了延长路灯的使用寿命,将两个 220V/100W 的灯泡串联,接在 220V 电源上做路灯。试问两个灯泡消耗的功率各为多少?

解 每个灯的电阻为

$$R_L = \frac{220^2}{100} = 484 \Omega$$

串联后电路电流为

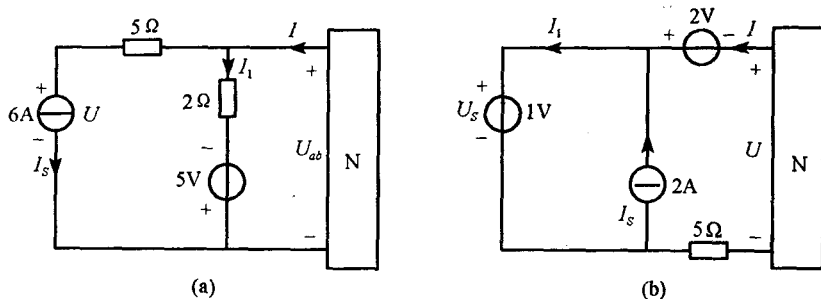
$$I_L = \frac{220}{2 \times 484} = 0.227 \text{ A}$$

每个灯的功率为

$$P_L = I_L^2 R_L = 25 \text{ W}$$

【例 1.3】 电路如例 1.3 图所示,(1)已知在例 1.3 图(a)中电流 $I=1\text{A}$,求电压 U_∞ 、电流源 I_s 的功率;(2)在例 1.3 图(b)中,电压 $U=4\text{V}$,求电流 I 、电压源 U_s 的功率。

解 (1)在例 1.3 图(a)中,设 2Ω 与 5V 电压源串联支路的电流为 I_1



例 1.3 图

$$I_1 = I - I_s = 1 - 6 = -5 \text{ A}$$

$$U_{ab} = 2 \times I_1 - 5 = 2 \times (-5) - 5 = -15 \text{ V}$$

设电流源 I_s 两端电压为 U

$$U = -I_s \times 5 + U_{ab} = -5 \times 6 + (-15) = -45 \text{ V}$$

电流源 I_s 的功率

$$P = UI_s = (-45) \times 6 = -270 \text{ W} < 0$$

电流源的电流、电压为关联方向，乘积小于零，所以电流源产生功率 270W。

(2) 在例 1.3 图(b)中，已知 $U = 4 \text{ V}$

$$U = -2 + 1 + 5 \times I$$

$$I = 1 \text{ A}$$

设电压源的电流为 I_1

$$I_1 = I_s + I = 2 + 1 = 3 \text{ A}$$

电压源 U_s 的功率

$$P = U_s I_1 = 1 \times 3 = 3 \text{ W} > 0$$

电压源的电压、电流为关联方向，乘积大于零，所以电压源消耗功率 3W。

【例 1.4】 如例 1.4 图所示电路，已知 ab 段产生电功率 500W，其他三段消耗电功率分别为 50W、400W 和 50W。

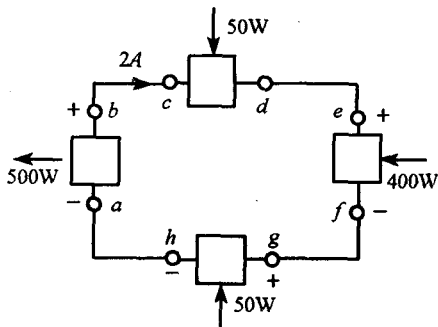
(1) 若已知电流方向如图所示，试标出各段电路两端电压的极性；

(2) 试算出各段电压 U_{ab} 、 U_{cd} 、 U_{ef} 、 U_{gh} ；

(3) 从图中可以看出，电路产生的电功率恰与其消耗的电功率相等，这是符合能量守恒原理的。试根据(2)中计算的结果观察这一定律反映在整个电路的电压上有什么规律性？

解 (1)、(2) 当一段电路的电压 U 、电流 I 取关联参考方向时，则功率 $P = UI$ 。若为正，表示消耗功率，若为负表示产生功率。

取电流参考方向与原图所示电流方向一致，则为正值，即 $I = 2 \text{ A}$ 。取各段电路电压参



例 1.4 图