



与高教社《电工学》(少学时)教材配套

电工学学习指导

(少学时)

大连理工大学电工学教研室编

唐介 主编

大连理工大学出版社

与高教社《电工学》(少学时)教材配套

电工学学习指导

(少学时)

大连理工大学电工学教研室编

唐 介 主编

大连理工大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

电工学学习指导/唐介主编. —大连:大连理工大学出版社, 1999. 10

ISBN 7-5611-1616-0

I. 电… II. 唐… III. 电工-教学参考资料 IV. TM1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 62069 号

大连理工大学出版社出版发行

(大连市凌水河 邮政编码 116024)

电话:0411-4708842 传真:0411-4708898

E-mail:pdut@mail.dlptt.ln.cn

大连理工大学印刷厂印刷

开本:850×1168 毫米 1/32 字数:202 千字 印张:7.75

印数:1—6000 册

1999 年 10 月第 1 版

1999 年 10 月第 1 次印刷

责任编辑:刘杰

责任校对:习文

封面设计:孙宝福

定价:10.00 元

前 言

由大连理工大学电工学教研室编,唐介主编的面向 21 世纪教材和国家教委重点教材《电工学》(少学时)现已由高等教育出版社出版发行。为了给采用该教材的学生提供复习和自学的帮助,我们编写了本书作为与该教材配套的教学参考书。本书也可供教师备课时参考。

本书章次与教材一致,每章分“本章小结”,“分析与思考解答”和“练习题解答”三部分。由于第十四章为选学内容,练习题答案都能从教材正文中找到,因此,本书未将第十四章包括在内。

学习知识和培养能力只有在端正学习态度的前提下,通过正确的学习方法和刻苦努力才能实现。希望同学们能合理利用本书,使之对大家的学习起到指导和辅导的作用。

参加本书编写工作的有:刘烧(第 1、2 章)、李洪春(第 3、4 章)、刘凤春(第 5、10 章)、盛贤君(第 6 章)、张莉(第 7 章)、王宁(第 8 章)、刘蕴红(第 9、13 章)、姜永春(第 11、12 章)。唐介教授担任主编并负责全书的组织和定稿。

由于时间仓促,学识有限,难免存在不足和不妥之处,希望读者批评指正。

编 者

1999 年 10 月

目 录

前 言

第 1 章 直流电路	1
一、本章小结	1
二、分析与思考解答	8
三、练习题解答.....	12
第 2 章 电路的暂态分析	28
一、本章小结.....	28
二、分析与思考解答.....	31
三、练习题解答.....	35
第 3 章 交流电路	47
一、本章小结.....	47
二、分析与思考解答.....	51
三、练习题解答.....	55
第 4 章 供电与用电	77
一、本章小结.....	77
二、分析与思考解答.....	79
三、练习题解答.....	82
第 5 章 变压器	93
一、本章小结.....	93
二、分析与思考解答.....	95

三、练习题解答	99
第 6 章 电动机	105
一、本章小结	105
二、分析与思考解答	108
三、练习题解答	111
第 7 章 电气自动控制	120
一、本章小结	120
二、分析与思考解答	120
三、练习题解答	122
第 8 章 半导体器件	133
一、本章小结	133
二、分析与思考解答	134
三、练习题解答	139
第 9 章 基本放大电路	150
一、本章小结	150
二、分析与思考解答	151
三、练习题解答	157
第 10 章 集成运算放大器	171
一、本章小结	171
二、分析与思考解答	172
三、练习题解答	175
第 11 章 组合逻辑电路	194
一、本章小结	194
二、分析与思考解答	195
三、练习题解答	199
第 12 章 时序逻辑电路	216
一、本章小结	216

二、分析与思考解答	217
三、练习题解答	221
第 13 章 模拟信号与数字信号的相互转换	236
一、本章小结	236
二、练习题解答	236

第1章 直流电路

一、本章小结

本章介绍了电路的基本知识和概念、基本定理和定律以及分析、计算直流电路的基本方法,虽以直流电路为研究对象,但所涉及的原理和方法稍加扩展便可应用于以后的章节。本章是学习以后各章的共同基础。

1. 电路由电源、负载和联接导线等三部分组成,其作用一是实现能量的输送和转换,一是实现信号的传递和处理。

学习电工学课程应注意规范各物理量交、直流符号的用法、各物理量的单位及辅助单位的使用。

2. 电路有通路、开路和短路三种状态,学习时应着重理解:

(1) 各物理量(电压、电动势和电流等)的定义、电路三种状态的特点及电路状态对应的电源状态。

(2) 负载的大小和增减是指负载消耗的电功率的大小和增减,不要误解为负载电阻的大小和增减。

(3) 电功率平衡问题,即一个完整的电路中产生的电功率应等于电路里消耗的电功率。

(4) 额定值表示电气设备正常的工作条件和工作能力,使用电气设备时应遵照额定值的规定,以免出现不正常的情况或发生事故。

3. 电路中某点的电位值是该点与参考点间的电压值,求电位

时须先选择参考点并令其电位为零。电位的大小与参考点的选择有关,参考点不同,某点电位的数值便不同,但某二点间的电压是一定的。

4. 当电路中的电压、电流的实际方向难以确定时,其方向可任意假定,称为参考方向(或正方向)。参考方向是分析电路的重要工具,使用时应注意:

(1)参考方向一旦选定,电压或电流均为代数量。解题时要将待求电压和电流的参考方向在电路图中标注出来,否则计算结果没有意义。

(2)在单独分析电流之间或电压之间的关系时,它们的参考方向可任意选择,而在研究某元件的电流与电压的关系时,则要考虑参考方向关联问题。

(3)许多定律和公式是在规定参考方向下得到的,参考方向改变,公式也要作相应变化。

5. 为便于分析和计算,实际电路可用由理想电路元件组成的电路模型来代替,理想电路元件是对实际电路元件物理性质的科学抽象。

理想电路元件分理想无源元件(理想电阻元件、理想电容元件和理想电感元件)和理想电源元件(理想电压源、理想电流源)两大类,学习时应注意:

(1)理想无源元件中,本章主要给出理想电阻元件的严格定义及其使用规定,理想电容、电感元件须结合第2章2.2节共同理解。

(2)理想电压源的输出电压和理想电流源的输出电流是由它们自身确定的定值,与外电路无关,而理想电压源的输出电流和理想电流源的输出电压则与外电路情况有关。据此特点可得如下结论:

(a)凡与理想电压源并联的元件,其两端电压均等于理想电压

源的电压；凡与理想电流源串联的元件，其电流均等于理想电流源的电流。

(b)与理想电压源并联的元件量值变化时，不会影响电路其余部分的电压和电流，仅影响其自身和理想电压源的电流；与理想电流源串联的元件量值变化时，不会影响电路其余部分的电压和电流，仅影响其自身及理想电流源的电压。

(c)多个理想电压源串联时，可合并成一个等效的理想电压源；多个理想电流源并联时，可合并成一个等效的理想电流源。见图 1.1。

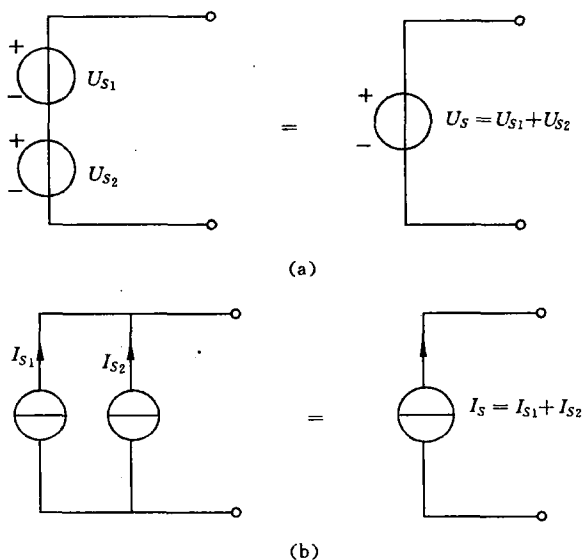


图 1.1

(3)理想电源元件并非都是产生电功率起电源作用的，充电时它们也可以消耗电功率起负载作用。判断的原则是其输出电压和

输出电流实际方向的相对关系。

6. 基尔霍夫定律是电路的基本定律,是本章的重点之一。它具有普遍的适用性,适用于由各种不同元件构成的电路中任一瞬时、任何波形的电压和电流。学习时应注意:

(1) 正确理解几个名词(结点、支路、回路、网孔)的定义。

(2) 基尔霍夫电流定律(KCL)是:在电路的任一结点上,同一瞬间的电流的代数和为零;它阐明了电路中与任一结点有关各电流间的关系,反映的是电流连续性原理。基尔霍夫电压定律(KVL)是:在电路的任一回路中,同一瞬间的电压的代数和为零;它阐明了电路中与任一回路有关各电压间的关系,反映的是电位单值性原理。

(3) 基尔霍夫定律的内容应熟练掌握、善于应用。在应用电压定律时,式 $\sum RI = \sum E$ 较为常用,按照 I 和 E 的参考方向与回路方向一致时前面取“+”号,否则取“-”号的规定, $\sum RI$ 和 $\sum E$ 应分别放在等式的两边,一边表示的是电位降,一边表示的是电位升,二者不可放在同一边。另外,当电路中除 RI 和 E 外还有 U 时,因为 U 与 RI 都是电位降,根据上述原则,应有: $\sum RI + \sum U = \sum E$, U 前面正、负号规定同 I 。

7. 支路电流法是直接运用基尔霍夫定律解复杂电路的最基本的方法。

此法步骤清晰、理论明确,以支路电流为未知数,对具有 n 个结点、 b 条支路的电路,可列出 $(n-1)$ 个独立的结点电流方程和 $[b-(n-1)]$ 个独立的回路电压方程,联立则可解出 b 条支路的电流。

用支路电流法解题时应注意:

(1) 要严格按结点数和支路数列出独立的电流方程和电压方程。

(2) 确定结点数 n 时,若处理类似图 1.2(a) 所示电路时,则应注意图中 a, b 点之间和 c, d 点之间的连线并无电阻、电位相同,各自应视为一个结点,即同图 1.2(b) 所示,则 $n=2$,不要仅从图(a)表面上看取 $n=4$,无谓地增加了支路数和解题时的联立方程式数目。

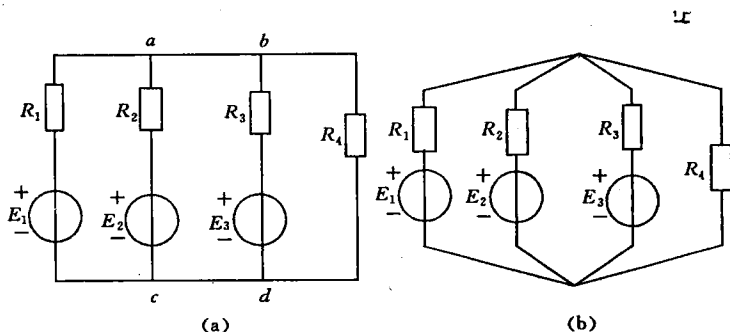


图 1.2

(3) 保证所列回路方程式独立的原则:

(a) 每次所选用的回路中至少有一条前面未用过的新支路。

(b) 为顺利列出所需数目的回路方程式,最好先从简单的回路选起。如图 1.2(a) 中,若选择 R_1, E_1 和 R_3, E_3 组成的回路以及 R_2, E_2 和 R_4 组成的回路,则列出两个回路方程式后,所有的支路均已用过,而由电路可知应列出三个独立回路方程式,若如此选回路则造成只有两个独立回路的假象,无法找出第三个回路方程。若按从简单回路选起的原则,就可以保证选出所有的独立回路。

(c) 选择网孔作为回路列出的方程式一定独立,但解题过程不一定是简单的。

(d) 独立回路数 = 支路数 b - 独立结点数 $(n-1)$ 。

(4) 当电路中含有理想电流源时,由于理想电流源所在支路的电流为已知的,则可减少电路的待求支路电流数,从而可减少联立

的方程式数,但一定要注意在选择回路的时候应避免含理想电流源的支路,不然由于理想电流源两端的电压是未知的,则使解题的未知数又会增多,还要增加联立方程式数目,使解题过程复杂。

8. 叠加原理是线性电路的重要原理,亦为本章的重点之一。

叠加原理的内容是:在含多个电源的线性电路中,任一支路的电压和电流等于电路中各电源分别单独作用时在该支路产生的电压和电流的代数和。它说明了线性电路中电源作用的独立性,其实质是将多个电源共同作用的结果分解为每个电源单独作用结果的叠加,将复杂电路分解为许多较简单的电路,从而使电路分析过程大大简化。

运用叠加原理时要注意教材中指明的应注意的问题,即:

(1)只适用于线性电路。

(2)某一电源作用时,其它电源中理想电压源短路、理想电流源开路。

(3)最后叠加时,要注意各电源单独作用时的电流和电压分量的参考方向是否与总电流和电压的参考方向一致,即定理中提到的“代数和”。

(4)叠加原理只适用于电压和电流,不适用于功率。

实际计算时,若电源数目较多且电路较复杂,由于要涉及到多电阻的串并联问题及多次计算等问题,用叠加原理计算较繁复。所以叠加原理的重要性不在于应用它计算复杂电路,而在于它是分析线性电路的普遍原理,在后面的非正弦交流电路、暂态过程以及电子电路的分析等章节中也都起到了较重要的作用。

9. 等效电源定理是电路分析的另一重要定理,也是本章的重点之一,它包括戴维宁定理和诺顿定理。

戴维宁定理的内容是:对外部电路而言,任何一个线性有源二端网络均可用一个等效电压源来代替;这个等效电压源中理想电

压源的电压 U_s 等于原有源二端网络的开路电压 U_{oc} , 等效电压源的内电阻 R_o 等于原有源二端网络的开路电压 U_{oc} 和短路电流 I_{sc} 之比, 也等于将原有源二端网络内部除源(凡理想电压源代之以短路、理想电流源代之以开路)后在端口处得到的等效电阻。

诺顿定理的内容是: 对外部电路而言, 任何一个线性有源二端网络都可以用一个等效的电流源代替, 该等效电流源中理想电流源的电流 I_s 等于原有源二端网络的短路电流 I_{sc} , 等效电流源的内电阻 R_o 的求法同戴维宁定理。

等效电源定理将复杂的有源二端网络用一个电压源或电流源来等效代替, 从而使电路的分析和计算得到了简化。此法尤其适用于求解复杂电路中某一支路的电流, 只要将待求支路提出, 剩下一有源二端网络, 用等效电源定理可将之用等效电压源或等效电流源代替, 则原复杂电路化简成简单电路, 于是可方便地求出待求电流。求解的关键在于求等效电压源的电动势和内电阻或等效电流源的电流和内电阻, 定理本身已给出了二者的求法。

运用等效电源定理时应注意:

(1) 等效是对有源二端网络外部而言的。

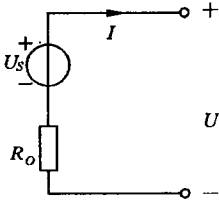
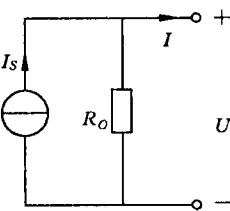
(2) 求有源二端网络的开路电压或短路电流时应先分析一下网络的情况。若为简单电路, 只需利用欧姆定律和基尔霍夫定律便可求解, 若仍为复杂电路, 则还需利用其它解复杂电路的方法(如支路电流法、叠加原理等)才能求出开路电压或短路电流。

(3) 求等效电压源内电阻的方法有: 开路电压与短路电流之比以及除源等效法, 一般来说, 后者较简单。

(4) 待求支路可以是无源支路, 也可以是有源支路。

电压源和电流源是实际电源的两种模型, 体现了实际电源不仅产生电能, 其本身还消耗电能的特性。电压源、电流源的电路结构及外特性对比见表 1.1。

表 1.1

	电压源	电流源
电路		
外特性	$U = U_s - R_o I$	$I = I_s - \frac{U}{R_o}$

电压源、电流源等效变换的条件是对外等效,比较表 1.1 中两电源外特性表达式即可得出等效变换的条件: $U_s = R_o I_s$ 及二电源内电阻 R_o 相等。

运用电压源、电流源的等效变换亦可化简电路。而理想电压源和理想电流源间不能等效变换,因为它们无法满足对外等效的条件。

10. 非线性电阻的电阻值不是常数,其特性通常用伏安特性曲线表示。非线性电阻的伏安特性不是通过原点的直线(或为曲线,或虽为直线但不通过原点),对应于曲线上的任何一个工作点,非线性电阻可用静态电阻和动态电阻表示其特征,二者各有其定义和应用范围。分析非线性电阻电路时常用图解法。

二、分析与思考解答

1.2.(1) 某负载为一可变电阻器,由电压一定的蓄电池供电,当负载电阻增加时,该负载是增加了? 还是减小了?

【答】 负载的增减指负载消耗的电功率的增减。负载消耗的电功率 $P = \frac{U^2}{R_L}$, 蓄电池电压一定即式中 U 不变,当 R_L 增加时, P 减小,故该负载减小了。

1.2.(2) 某电源的电动势为 E , 内电阻为 R_o , 有载时的电流

为 I ，试问该电源有载和空载时的电压和输出的电功率是否相同，若不相同，各应等于多少？

【答】 该电源有载时如图 1.3(a)，故输出电压 $U = E - IR_0$ ，输出功率 $P = UI$ ；空载时如图 1.3(b)，由于此时电源输出电流 $I = 0$ ，所以输出电压 $U = E$ ，输出功率 $P = 0$ 。可见电源有载和空载时的电压和输出的电功率不相同。

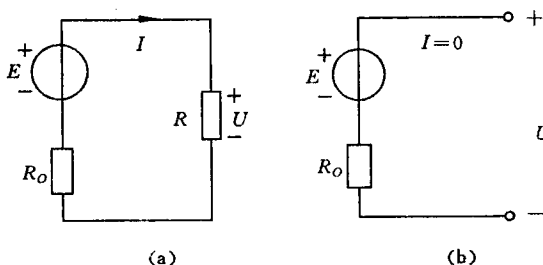


图 1.3

1.2. (3) 图 1.4(教材图 1.2.4)所示电路中的电源短路时，是烧坏电源还是烧坏照明灯？

【答】 烧坏电源。因为这时所有负载均被短路，电流不通过负载，外电路的电阻可视为零，回路中仅有很小的电源内阻，故会有很大的电流通过电源，将电源烧坏。

1.4. (1) 在图 1.5(教材图 1.4.1)所示的关联参考方向下，若电源和负载中求得的电功率 $P > 0$ ，这说明它们是取用还是输出电功率？

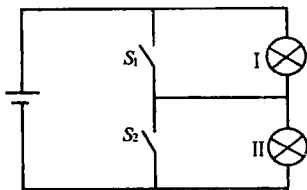


图 1.4

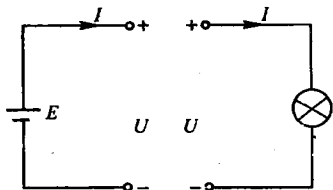


图 1.5

【答】 电源的电功率 $P > 0$ 说明电源输出电功率; 负载的电功率 $P > 0$ 说明负载取用(输入)电功率。

1.5.(1) 今需要一只 1W 、 $500\text{k}\Omega$ 的电阻元件, 但手头只有 0.5W 的 $250\text{k}\Omega$ 和 0.5W 的 $1\text{M}\Omega$ 的电阻元件许多只, 试问应怎样解决?

【答】 可将二个 0.5W 、 $250\text{k}\Omega$ 的电阻串联使用或将二个 0.5W 、 $1\text{M}\Omega$ 的电阻并联使用。这样, 不仅总电阻值符合要求, 而且各电阻在实际工作时消耗的电功率和通过的电流也不超过各自的额定功率和额定电流。

1.5.(2) 有些同学常常把理想电流源两端的电压认作零, 其理由是: 理想电流源内部不含电阻, 根据欧姆定律, $U = RI = 0 \times I = 0$ 。这种看法错在哪里?

【答】 这种看法显然不正确。 $U = RI$ 只适用于理想电阻元件, 对理想电流源不适用, 理想电流源只有在短路时两端的电压才等于零。

1.5.(3) 凡是与理想电压源并联的理想电流源其电压是一定的, 因而后者在电路中不起作用; 凡是与理想电流源串联的理想电压源其电流是一定的, 因而后者在电路中也不起作用。这种观点是否正确?

【答】 这种观点不正确。与理想电压源并联的理想电流源不影响电路其余部分的电压和电流, 但会影响理想电压源的电流; 与理想电流源串联的理想电压源也不影响电路其余部分的电压和电流, 但影响理想电流源的电压。

1.6.(1) 在应用 $\sum RI = \sum E$ 列回路方程式时, 按 I 与 E 的参考方向与回路方向一致时前面取正号, 否则取负号的规定, RI 和 E 可否放在等式的同一边?

【答】 根据 I 和 E 取正负号的规定, RI 表示电位降、 E 表示电位升, 故不可放在等式的同一边。