

电工技术 习题详解

● 张 宪 主 编

44

北京理工大学出版社

电工技术习题详解

张 宪 主编

北京理工大学出版社

· 北 京 ·

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

电工技术习题详解/张宪主编. —北京:北京理工大学出版社,
2002.8

ISBN 7-81045-947-3

I. 电… II. 张… III. 电工技术-高等学校-解题 IV. TM-44
中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 027063 号

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010)68914775(办公室)68912824(发行部)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

电子邮箱 / chiefedit@bitpress.com.cn

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 北京房山先锋印刷厂

装 订 天津高村印装厂

开 本 / 850 毫米 × 1168 毫米 1/32

印 张 / 7.875

字 数 / 195 千字

版 次 / 2002 年 8 月第 1 版 2002 年 8 月第 1 次印刷

印 数 / 1~4000 册

定 价 / 12.00 元

责任校对 / 郑兴玉

责任印制 / 刘京凤

图书出现印装质量问题,本社负责调换

《电工技术习题详解》编委会

主 编
副主编
编 委

主 审

张 宪	何宇斌	郭振武	姚国平
张大鹏	李长安	于振瑞	李良洪
李春涛	付兰芳	林秀珍	安 居
曾锐利	叶金岭	孙 昱	周金球
付少波	张小虹	王延怀	李 萍
李慧彤	李良洪		
肖云魁			

前 言

如何正确理解、掌握学习中的要点,提高课程学习水平、解题思路 and 技巧,直到适应课程考试,有很多同学对这个问题没有正确的认识,认为学习电工技术就是要多解题,这种想法至少是片面的。解题是一种手段而不是目的,目的是通过解题来巩固和加深所学的知识,提高解题的熟练程度,训练灵活运用电工技术的应用能力,而不是简单地追求解题数量的多少,如果没有掌握解题方法和技巧,那么再做多少题也是于事无补。相反,如果善于总结解题的规律,解题之后注意琢磨所运用的方法技巧,并在今后遇到类似的题时能够灵活运用,甚至创造性地运用,那就达到了解题的真正目的。

该书以原国家教委制定的《电工技术》教学大纲为依据,按照提高电工技术基础知识与解题技巧的主线,展开论述,既能巩固和加深学生对电工技术基础重点、难点的理解,又能为大学生考试评估,高自考学生应试提供有效的学习指导。是大学生学习知识的捷径,自考生通向成功的阶梯。该书重在通过学习要点及习题详解来引导学生识题、解惑、解题的能力。力求体现素质教育规律,适合学生自学的需要,之所以称其为习题详解,是因为解题步骤详尽、思路清晰、方法多样、对学生易出错处加以点评,以解决教师因“教”不足而造成“学”中的诸多难题,帮助学生达到无师自通的境地。

学习电工技术打好扎实的基本功很重要。有的同学解题时能左右逢源、事半功倍,有人却思路闭塞,束手束脚,就是因为解题思

考的基本功扎实程度不同。基本功是在平时的学习和训练中一点一滴夯实的。有的同学只喜欢钻难题,对课上所学看似容易的例题掉以轻心,感到上课听得懂,课下解题难,这主要是对基本概念、基本知识和基本定律理解不深,运用不熟,所以对有些题目一看就会,一做就错。为此,该书在每章均有基本要求和学习要点供同学们学习和深刻理解,定会指导您的学习和解题。

由于编者学识有限,书中难免存在许多缺点和错误,恳切希望使用本书的读者批评指正。

编 者

2002年4月

目 录

第一章 电路的基本概念和基本定律	(1)
一、基本要求	(1)
二、学习要点	(1)
三、习题详解	(10)
第二章 电路的分析方法	(27)
一、基本要求	(27)
二、学习要点	(28)
三、习题详解	(35)
第三章 正弦交流电路	(69)
一、基本要求	(69)
二、学习要点	(70)
三、习题详解	(79)
第四章 三相正弦交流电路	(107)
一、基本要求	(107)
二、学习要点	(108)
三、习题详解	(114)
第五章 非正弦周期信号电路	(130)
一、基本要求	(130)
二、学习要点	(131)
三、习题详解	(134)
第六章 电路的暂态分析	(146)
一、基本要求	(147)
二、学习要点	(147)

三、习题详解	(153)
第七章 磁路与变压器	(169)
一、基本要求	(169)
二、学习要点	(169)
三、习题详解	(173)
第八章 电动机	(182)
一、基本要求	(182)
二、学习要点	(183)
三、习题详解	(187)
第九章 电气自动控制	(197)
一、基本要求	(197)
二、学习要点	(198)
三、习题详解	(202)
第十章 电工测量	(218)
一、基本要求	(218)
二、学习要点	(219)
三、习题详解	(222)
第十一章 安全用电	(231)
一、基本要求	(231)
二、学习要点	(231)
三、习题详解	(232)
附：全国普通高等学校电工技术课终评估试卷	(234)
主要参考文献	(243)

第一章 电路的基本概念和基本定律

本章从电路基本物理量和电路模型出发,着重讨论了组成电路的各种电路元件及其伏安特性,介绍了电路的基本知识、基本定律和基本概念以及应用基本定律分析一般直流电路的方法。这些方法虽然是以直流电路为研究的对象,但是只要把所涉及到的这些理论和方法稍加扩展,即可用来分析交流电路。

一、基本要求

- (1) 了解模型的基本概念,正确理解模型与电路之间的关系。
- (2) 正确理解电路中的基本物理量,如电流、电压的定义及其参考方向。
- (3) 了解电路的三种状态、正确理解额定值的意义。
- (4) 熟练掌握并能正确使用电路的基本定律——基尔霍夫定律。
- (5) 理解无源电路元件 R 、 L 、 C 的伏安特性和有源电路元件的两种电路模型。
- (6) 理解电位的概念,并能分析和计算电路中各点的电位。

二、学习要点

本章学习的重点是:基尔霍夫定律、无源电路元件的伏安特性和有源电路元件的两种电路模型。难点是:电位的概念及电路

中各点电位的计算。

1. 电路的模型及组成

(1) 电路模型这个概念在电路分析中占有较重要的位置。初学者常觉得概念比较抽象,难以理解。在教材中所讲的电路元件(R 、 L 、 C)都是忽略了实际元件的次要性质,而只保留其主要特性的一个模型,我们将这种理想电路元件或它们的组合表示,称为电路元件的模型。

理想电路元件分为两大类:无源元件和有源元件。如图 1-1 所示。

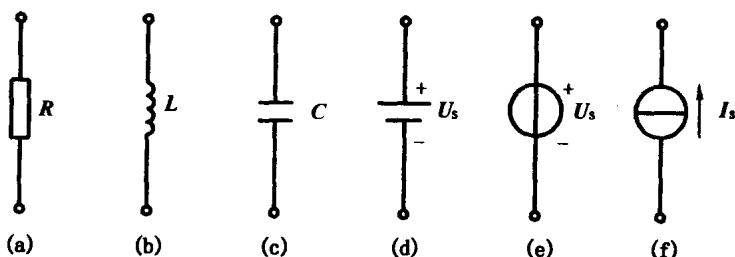


图 1-1 理想电路元件的模型

(a) 电阻元件;(b) 电感元件;(c) 电容元件;

(d) 干电池或蓄电池;(e) 电压源;(f) 电流源

由电路元件模型组成的电路称为电路模型,简称电路。

(2) 电路是由电源、中间环节和负载组成。电源是将其他形式的能量转换成电能的装置,如电池、蓄电池、发电机等。中间环节起传递、分配、信息处理和控制电能的作用,最简单的中间环节是导线和开关,也可能是各种元器件或设备组成的网络系统。负载为用电设备,其作用就是将电能转换成其他形式的能量。如电灯、电动机、各类终端设备等。

2. 电路的基本物理量及其参考方向

分析电路,则必须清楚电压、电流、电动势、功率等基本物理量,而这些物理量与参考方向的联系是我们分析电路的重点和难点。

(1) 电荷有规则的定向运动称为电流。习惯上把正电荷运动的方向规定为电流的方向。如图 1-2 所示。

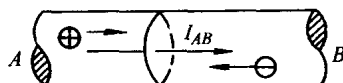


图 1-2 金属导体中的电流方向

(2) 电压是描述电场力移动电荷时做功的物理量,它在数值上等于电场力把单位正电荷从电场中 A 点移到 B 点所做的功。用字母 $U(u)$ 表示。 A 、 B 两点间的电压记作 $U_{AB}(u_{AB})$,下标 A 、 B 表明电压方向由 $A \rightarrow B$,其方向为电位下降的方向。

(3) 电动势是衡量电源内局外力克服电场力移动电荷时做功的物理量。它在数值上等于局外力把单位正电荷从电源负极端 B 移到正极端 A 所做的功。电动势用字母 $E(e)$ 表示,单位与电压相同,其方向为电位升高的方向。

(4) 功率是电流做功的速率,它在数值上等于单位时间内电流所做的功。功率用字母 P 表示。在直流电路中,电路负载吸收的功率为

$$P = W/t = UI \quad (\text{或 } P = \frac{U^2}{R} = I^2 R)$$

(5) 电压、电流的参考方向是为分析电路而假设的,在电路中一般用带箭头的直线表示。何谓参考方向?顾名思义,这个方向仅做参考,它不一定就是电压、电流的真实方向。在参考方向下,电压、电流、功率都是代数量。

为了在电路分析与计算时不出现过多的负号,电压、电流的参考方向通常采用关联参考方向。关联是指元件的实际电压、电流方向的关系。如:有源元件的电压、电流关联方向为相反方向;无源元件的电压、电流关联方向为相同方向。因此,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,如图 1-3 所示。

当采用一致的参考方向时,在电路中就可以只标出电压或电流的参考方向(图中虚线可不画出),如图 1-4 所示。

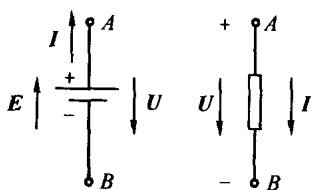


图 1-3 一致参考方向

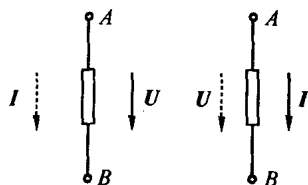


图 1-4 一致的参考方向示意图

在电路分析时应注意: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,公式也要做相应变化。

如电阻元件的电压、电流参考方向为关联方向时,则其约束方程为

$$u = Ri$$

反之,电阻元件的电压、电流参考方向不一致(不关联)时,则

$$u = - Ri$$

在其约束方程前加“-”号。

3. 电路的三种状态和电气设备的额定值

(1) 额定工作状态。这种状态是电路的正常工作状态,在这种状态下,电气设备的使用既经济合理、又安全可靠。

(2) 开路状态。电源与负载之间没有接通,称为开路,此时电源的输出电流为零。

(3) 短路状态。电源的两端没有接通负载而直接被导线接通,称为短路。电源短路是相当危险的,因为短路电流太大,以至电源本身和所经线路被烧毁。为防止短路引起的事故,通常在电路中安装熔断器或自动保护装置。

(4) 电气设备的额定值。电气设备的额定值是指导用户正确

使用电气设备的技术数据。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。

学习该内容时应注意:各物理量(电压、电源和电流等)的定义、电路三种状态的特点。负载的大小和增减是指负载消耗电功率的大小和增减,千万不能误认为是负载电阻的大小和增减。这是初学者经常犯的错误。在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. 电路的基本定律

基尔霍夫定律是电路的基本定律,不仅是本章的重点内容,而且也是全书电路部分的重点,所以要熟练掌握、正确应用。基尔霍夫定律具有普遍的适用性,适用于各种不同元件构成的电路中任一瞬时、任一波形的电压和电流。学习时应掌握以下几点:

(1) 正确理解和掌握电路中几个常用的名词和术语。如支路、结点、回路和网孔的定义。

(2) 基尔霍夫电流定律(KCL):在电路的任一结点上,任一瞬间流入该结点的电流之和必等于从该点流出的电流之和,用数学表达式表示,即

$$\sum I_{\text{入}} = \sum I_{\text{出}} \quad (\text{或} \sum I = 0)$$

其实质是电流连续性原理。在学习使用时应注意:

① 基尔霍夫电流定律适用于任何线性和非线性电路。

② 该定律具有普遍适用性,即任何瞬间,任何电源作用的电路,而且与元件的性质无关。

③ 在应用该定律列写方程时,应首先标出全部支路电流的参考方向,对已知的电流按实际方向标出,对未知电流的方向可以任意假定。联立求解方程组,若求出的支路电流大于零,说明所设支路电流方向与实际电流方向一致,若求出的支路电流小于零,则表示与实际电流方向相反。

④ 基尔霍夫电流定律不仅适用于结点,而且可以把它推广应用于电路中的任意假定的封闭面。

(3) 基尔霍夫电压定律(KVL):在电路的任一闭合回路中,沿回路绕行一周,电路中各电动势的代数和恒等于各电阻上电压降的代数和,即

$$\sum E = \sum IR \quad (\text{或 } \sum U = 0)$$

根据这一规律列出的方程叫回路电压方程。在学习使用时应注意:

① 基尔霍夫电压定律适用于任何线性和非线性电路。

② 该定律适用于任何瞬间,任何变化的支路电压,而且与元件的性质无关。

③ 在应用该定律列写方程时,应首先标出电动势及电压降的参考方向,然后在回路中选定绕行方向(在回路中用绕行箭头标出),并规定:当电动势或电流的参考方向与绕行方向一致时,该电动势或电压降为正;反之,当电动势或电流的参考方向与绕行方向相反时,该电动势或电压降为负。在电动势和电压降的正负确定之后,就可根据电压定律列出回路电压方程。

④ 基尔霍夫电压定律不仅适用于闭合回路,也可推广应用到任何开口电路。

(4) 基尔霍夫定律的内容应熟练掌握、善于应用。

5. 理想电路元件

理想电路元件分为理想无源元件(R 、 L 、 C)和理想有源元件(理想电压源、理想电流源)两大类。

(1) 理想无源电路元件 R 、 L 、 C 的伏安特性是由元件本身的性质决定的,因此又称为元件约束。式 $u = Ri$, $u_L = L \frac{di_L}{dt}$, $i_C = C \frac{du_C}{dt}$ 又叫做它们的约束方程。当它们的电压、电流方向不关联(相反)时,约束方程前应加“-”号。

(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：

① 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，而理想电压源提供的电流要根据 KCL 确定。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，而理想电流源的端电压要根据 KVL 列方程确定。如图 1-5 所示电路。

若 $U_{s1} = 8 \text{ V}$, $I_{s1} = 2 \text{ A}$, $I_{s2} = 5 \text{ A}$, $U_{s2} = 20 \text{ V}$, $R = 4 \Omega$ ，由于理想电压源 U_{s1} 与理想电流源 I_{s1} 串联，则支路电流为 $I_{s1} = 2 \text{ A}$ 。而理想电流源 I_{s2} 的端电压被 U_{s2} 确定，即

$$U_{I_{s2}} = U_{s2} = 20 \text{ V}$$

根据 KCL 定律，理想电压源 U_{s2} 支路电流为

$$I = I_R - I_{s1} - I_{s2} = \left(\frac{20}{4} - 2 - 5 \right) = -2 \text{ A}$$

根据 KVL 定律，理想电流源 I_{s1} 的端电压为

$$U_{I_{s1}} = U_{s2} - U_{s1} = (20 - 8) = 12 \text{ V}$$

② 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。

③ 多个理想电压源串联时，可合并成一个等效的理想电压源，方向相同时相加，方向不相同时相减。多个理想电流源并联时，可合并成一个等效的理想电流源，方向相同时相加，方向不同时相减。等效后的理想电源符号按绝对值大的方向定。

综上所述，理想电压源和理想电流源在实际使用时可以有如图 1-6 所示的多种等效关系。但应注意：等效是指对外电路等效，对内电路不等效。

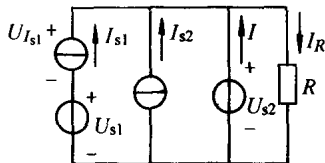
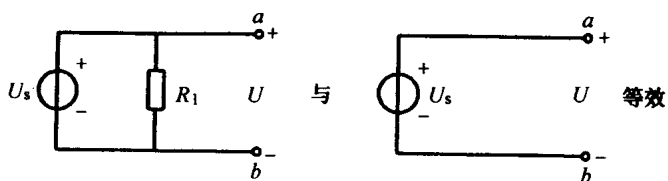
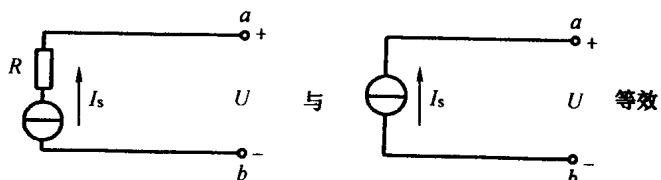


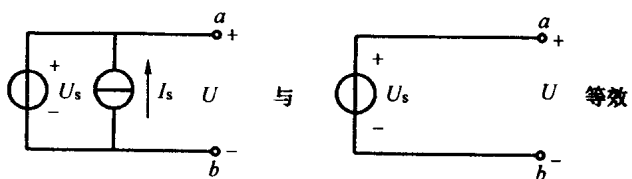
图 1-5 含两种电源模型的电路



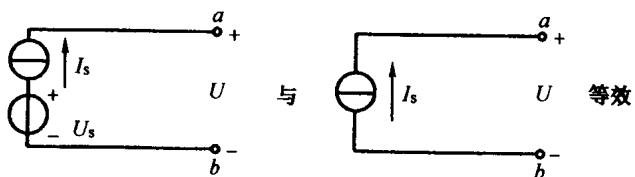
(a)



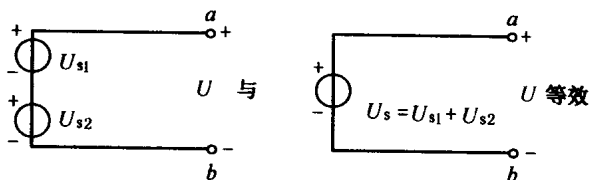
(b)



(c)



(d)



(e)

图 1-6 各种理想电源元件的等效电路

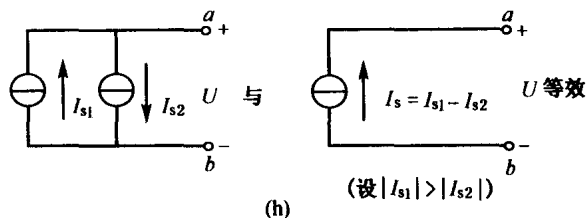
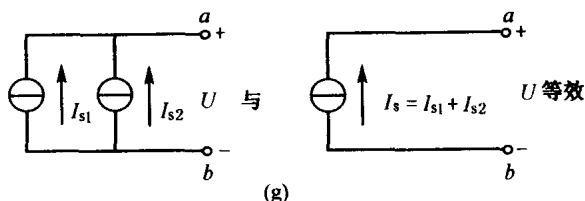
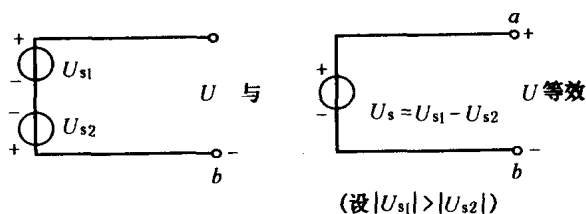


图 1-6 (续)

(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。在如图 1-7(a)、(b) 电路中,哪个有源元件提供输出功率? 哪个元件消耗功率?

在图 1-7(a) 中, I_{s1} 在 R_1 上产生压降 $U_{R1} = 3 \times 2 = 6$ V, 极性为上“+”、下“-”, 则 $U_{I_{s1}} = U_{s1} - U_{R1} = 8 - 6 = 2$ V 极性为左“+”、右“-”, 所以 $U_{I_{s1}}$ 和 I_{s1} 参考方向一致是消耗电功率的, 即 I_{s1} 为负载; U_{s1} 和 I_{s1} 参考方向不一致是提供功率的, 即 U_{s1} 为电源。

同理, 在图 1-7(b) 中, I_{s2} 在 R_2 上产生压降 $U_{R2} = 3 \times 2 = 6$ V, 极性为上“-”、下“+”, 则 $U_{I_{s2}} = U_{s2} + U_{R2} = 8 + 6 = 14$ V。