



恩波理工
ENBO

电 工 学

上册 · 电工技术

复习指导与习题全解

高教六版

主编 陈晓平 周新云

按照高教六版编排，全面覆盖考查知识点

精选典型例题，解析详实，链接考研复习

课后习题全解，启发思路，例析重难点

学苑出版社

电工学复习指导与习题全解

上册

电工技术

主	编	陈晓平	周新云		
编	者	陈晓平	傅海军	白	雪
		徐雷钧	黄振跃		

学苑出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

电工学复习指导与习题全解/陈晓平,周新云主编.
—北京:学苑出版社,2007.2
ISBN 978-7-5077-2809-5

I. 电… II. ①陈… ②周… III. 电工技术 IV. TM

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 008458 号

责任编辑:刘 涟

责任校对:王 舒

封面设计:顾小平 朱 颜

出版发行:学苑出版社

社 址:北京市丰台区南方庄 2 号院 1 号楼 100079

网 址:www. book001. com

电子信箱:xueyuanyg@sina. com

xueyuan@public. bta. net. cn

销售电话:010-67675512,51222025

经 销:新华书店

印 刷 厂:山东省高唐印刷有限责任公司

开本尺寸:850×1168 1/32

印 张:18.75

字 数:539 千字

版 次:2007 年 2 月北京第 1 版

印 次:2007 年 2 月河北第 1 次印刷

印 数:0001—5000 册

定 价:22.00 元

PREFACE

前 言

本书是为了配合秦曾煌先生主编的普通高等教育“十五”国家级规划教材《电工学(上册)电工技术》(第六版)而编写的,其内容紧密结合教材,每一章均由以下四部分组成:

(1) 基本知识点. 针对各章节的内容尽可能简明扼要地说明本章的主要概念、基本理论和分析方法,其目的是帮助学生抓住学习要点,有利于学生更快地掌握所学内容.

(2) 重点与难点. 强调本章内容的重点以及在学习过程中容易出现的疑点和难点问题,通过归纳总结提出分析与解决问题的方法.

(3) 典型题详解. 选用注重基本概念,有一定代表性的例题进行详细分析,分析方法与本章所讲述内容相对应,其目的是帮助读者能很好掌握解题方法与技巧.

(4) 习题解析. 对《电工学(上册)电工技术》(第六版)教材中的每一道习题进行详细的解答,习题的解析方法与教材中各章、节讲述的内容密切配合,注重阐述解题思路、方法、步骤、特点与技巧,以期使读者提高分析问题和解决问题的能力.

《电工学》理论所涵盖的内容不仅广泛,其理论本身又蕴含丰富而普遍适用的思想方法,掌握好这些知识和思想方法,有利于以系统的观点分析客观事物,教学实践表明,学生除了上课听讲之外,有选择地研读一些学习参考材料,做适当数量的习题是学好本课程必不可少的一个重要环节. 为了引导学生主动学习,培养科学思维

能力,提高分析问题和解决问题能力,针对在校学生学习《电工学》的实际需要以及研究生入学考试的需要,编写这本《电工学(第六版)电工技术学习指导与习题全解》。

参加本书编写的有陈晓平(第一、二、三章)、傅海军(第四、五、十二章)、白雪(第六、七章)、黄振跃(第八、九章)、徐雷钧(第十、十一、十三章)。全书由陈晓平主编负责全书的统稿。本书在编写过程中得到南京恩波文化实业有限公司的支持与帮助,在此表示衷心的感谢。

由于编者水平和能力有限,书中若有不妥或错误之处,敬请读者批评指正。

编者

2006年8月

1 电路的基本概念与基本定律

1.1 基本知识点	1
1.1.1 电路的作用与组成部分	1
1.1.2 电路模型	1
1.1.3 电压和电流的参考方向	1
1.1.4 欧姆定律	2
1.1.5 电源有载工作、开路与短路	2
1.1.6 基尔霍夫定律	3
1.1.7 电路中电位的概念及计算	4
1.2 重点与难点	4
1.3 典型题详解	5
1.4 习题解析	10

2 电路的分析方法

2.1 基本知识点	23
2.1.1 电阻串并联连接的等效变换	23
2.1.2 电阻的星形联结与三角形联结的等效变换	23
2.1.3 电源的两种模型及其等效变换	24
2.1.4 支路电流法	26
2.1.5 结点电压法	26
2.1.6 叠加定理	27
2.1.7 戴维宁定理与诺顿定理	27
2.1.8 受控电源电路的分析	28
2.1.9 非线性电阻电路的分析	29
2.2 重点与难点	30
2.3 典型题详解	32

2.4	习题解析	40
3	电路的暂态分析	
3.1	基本知识点	79
3.1.1	电阻元件、电感元件与电容元件	79
3.1.2	储能元件和换路定则	79
3.1.3	RC 电路的响应	80
3.1.4	一阶线性电路暂态分析的三要素法	81
3.1.5	微分电路与积分电路	81
3.1.6	RL 电路的响应	82
3.2	重点与难点	83
3.3	典型题详解	84
3.4	习题解析	90
4	正弦交流电路	
4.1	基本知识点	115
4.1.1	正弦电压与电流	115
4.1.2	正弦量的相量表示	116
4.1.3	单一参数的交流电路	117
4.1.4	电阻、电感与电容元件串联的交流电路	118
4.1.5	阻抗的串联与并联	118
4.1.6	复杂正弦交流电路的分析与计算	118
4.1.7	交流电路的频率特性	118
4.1.8	功率因数的提高	119
4.1.9	非正弦周期电压和电流	119
4.2	重点与难点	120
4.3	典型题详解	120
4.4	习题解析	124
5	三相电路	
5.1	基本知识点	159
5.1.1	三相电压	159
5.1.2	负载星形联结的三相电路	160
5.1.3	负载三角形联结的三相电路	161
5.2	重点与难点	162
5.3	典型题详解	163

5.4 习题解析	166
6 磁路与铁心线圈电路	
6.1 基本知识点	180
6.1.1 磁路及其分析方法	180
6.1.2 交流铁心线圈电路	181
6.1.3 变压器	183
6.2 重点与难点	185
6.3 典型题详解	185
6.4 习题解析	189
7 交流电动机	
7.1 基本知识点	197
7.1.1 三相异步电动机的构造	197
7.1.2 三相异步电动机的转动原理	197
7.1.3 三相异步电动机的电路分析	198
7.1.4 三相异步电动机的转矩与机械特性	198
7.1.5 三相异步电动机的启动	200
7.1.6 三相异步电动机的调速	201
7.1.7 三相异步电动机的制动	201
7.1.8 三相异步电动机的铭牌数据	202
7.1.9 三相异步电动机的选择	202
7.1.10 单相异步电动机	202
7.2 重点与难点	202
7.3 典型题详解	203
7.4 习题解析	206
8 直流电动机	
8.1 基本知识点	214
8.1.1 直流电动机的构造	214
8.1.2 直流电动机的工作原理	214
8.1.3 直流电动机的机械特性	215
8.1.4 并励电动机的启动与反转	215
8.1.5 并励(他励)电动机的调速	216
8.2 重点与难点	216
8.3 典型题详解	217

8.4 习题解析	221
9 控制电机	
9.1 基本知识	227
9.1.1 伺服电机	227
9.1.2 测速发电机	227
9.1.3 步进电机	228
9.1.4 自动控制的基本概念	229
9.2 重点与难点	229
9.3 典型题详解	229
9.4 习题解析	231
10 继电器接触器控制系统	
10.1 基本知识	239
10.1.1 常用控制电器	241
10.1.2 笼型电动机直接启动的控制电路	241
10.1.3 笼型电动机正反转控制电路	241
10.1.4 行程控制	242
10.1.5 时间控制	242
10.2 重点与难点	242
10.3 典型题详解	243
10.4 习题解析	246
11 可编程控制器及其应用	
11.1 基本知识	261
11.1.1 可编程控制器的结构与工作方式	261
11.1.2 可编程控制器的程序编制	261
11.1.3 可编程控制器的应用	261
11.2 重点与难点	262
11.3 典型题详解	263
11.4 习题解析	266
12 工业企业供电与安全用电	
12.1 基本知识	281
12.1.1 发电与输电概述	281
12.1.2 工业企业配电	281
12.1.3 安全用电	282

12.1.4 节约用电	282
12.2 习题解析	283
13 电工测量	
13.1 基本知识点	285
13.1.1 电工测量仪表的分析	285
13.1.2 电工测量仪表的形式	285
13.1.3 电流的测量	286
13.1.4 电压的测量	286
13.1.5 多用电表	286
13.1.6 功率的测量	287
13.1.7 兆欧表	287
13.1.8 用电桥测量电阻、电容与电感	287
13.2 重点与难点	287
13.3 典型题详解	288
13.4 习题解析	289
参考文献	296

1

电路的基本概念与基本定律

1.1 基本知识点

1.1.1 电路的作用与组成部分

电路的作用是多种多样,常见的有:电能的传输和转换;信号的传递和处理等。

电路的组成:由电源(或信号源)、负载和中间环节三个部分组成。

1.1.2 电路模型

电路模型:将实际元件理想化(或称模型化),即在一定条件下突出其主要的电磁性质,忽略其次要因素而得到理想电路元件。由一些理想电路元件所组成的电路就是实际电路的电路模型。

理想电路元件主要有电阻元件、电感元件、电容元件和电源元件等,它们分别由相应的参数来表征,用规定的图形符号来表示。

1.1.3 电压和电流的参考方向

在电路分析中,一般需要先假定电流、电压的参考方向,根据参考方向列写电路方程,再解方程求得结果。只有在正确的参考方向下,根据计算结果(>0 或 <0),才能确定实际的电流、电压方向。

电流实际方向规定为正电荷运动的方向。

电压实际方向(极性)规定为:由高电位指向低电位的方向,即电压降方向;或者说高电位端为电压的正极(“+”),低电位端为电压的负极(“-”)。

电动势实际方向规定为:在电源内部由低电位指向高电位的方向,即电位升方向。

在分析计算电路时,可任意选定某一方向作为电流或电压的参考

方向(或称为正方向).当电流(或电压)的实际方向与所选的参考方向一致时,电流(或电压)为正值;反之,电流(或电压)的实际方向与所选的参考方向相反时,电流(或电压)为负值.电流(或电压)的正负仅对参考方向而言,因此,根据电流(或电压)的正负值结合其参考方向就可以判断实际方向.

电流的参考方向用“ $\rightarrow$ ”表示.电压的参考方向(或极性)用“ $\rightarrow$ ”(或“+”“-”号)表示,也可以用双下标表示,如 U_{ab} 表示 a 指向 b .如果电流的参考方向与电压的参考方向相同,称为关联参考方向;当两者的参考方向不一致时,则称为非关联参考方向.注意:电路图上所标的都是电压和电流的参考方向.

1.1.4 欧姆定律

欧姆定律:流过电阻 R 中的电流 I 与电阻两端电压 U 成正比,即 $U = \pm RI$.其中 U 和 I 的参考方向一致时取“+”号,不一致时取“-”号.注意,电压和电流本身还有正值和负值之分.

遵循欧姆定律的电阻称为线性电阻,线性电阻的伏安特性曲线(元件的电压与电流的关系曲线)为通过坐标原点的一条直线.

1.1.5 电源有载工作、开路与短路

电源与负载接通处于有载工作时,电源输出电压 U 为: $U = E - R_0 I$.其中 E 为电源电动势, R_0 为电源内阻, I 为输出电流.从电源输出电压 U 的表达式可以看出,电源端电压小于电动势,两者之差为电流通过电源内阻所产生的电压降 $R_0 I$.电流越大,则电源输出的电压就越低.

当电源与负载没有接通处于断开状态时,由于 $I = 0$,此时电源端电压(称为开路电压或空载电压 U_0)为: $U = U_0 = E$,电源不输出电能.

当电源被导线短接时,由于 $U = 0$,此时短路电流 $I_s = E/R_0$ 将很大,这有可能使电源损伤或毁坏,因此要避免电源短路的发生.在电源短路时电源所产生的电能全部被内阻所消耗.

在一个电路中,电源产生的功率与负载取用的功率及电源内阻和线路电阻上所损耗的功率是平衡的.根据电路中电压和电流的参考方

向以及计算得到的功率正负值就可以确定某一电路元件是电源(或处于电源状态)还是负载(或处于负载状态)。

若某元件(或某支路)的电压 U 和电流 I 为关联参考方向时,功率 $P=UI$ 为正值时,该元件(或该支路)实际为吸收功率(或起负载作用);若功率 $P=UI$ 为负值时,该元件(或该支路)实际为发出功率(或起电源作用)。

若某元件(或某支路)的电压 U 和电流 I 为非关联参考方向时,功率 $P=UI$ 为正值时,该元件(或该支路)实际为发出功率(或起电源作用);若功率 $P=UI$ 为负值时,该元件(或该支路)实际为吸收功率(或起负载作用)。

各种电气设备的电压、电流和功率都有一个额定值,额定值是制造厂为了使产品能在给定的工作条件下正常运行而规定的正常容许值。使用时的实际值不一定等于额定值,小于额定值时称负载为轻载或空载状态,大于额定值时称负载为过载或超载状态,等于额定值时称负载为满载状态。

1.1.6 基尔霍夫定律

基尔霍夫定律是电路最基本的定律,是分析电路的依据。它包括电流定律和电压定律,即:

(1) **基尔霍夫电流定律(KCL)** 在任何时刻,流入某一结点的电流之和等于流出该结点的电流之和,即 $\sum I_{\text{入}} = \sum I_{\text{出}}$ 。或者说,在任何时刻,对任一结点,所有流出结点的支路电流的代数和恒等于零,即 $\sum I = 0$ 。

注意:在应用 $\sum I = 0$ 式子中有两套正负号,一是 I 前面的正负号,取决于电流的参考方向是否流出结点,流出结点的电流前面取正号,则流入结点的电流前面取负号;二是 I 本身数值的正负号。

基尔霍夫电流定律实质是电流的连续性和电荷守恒的体现,即在任何一个无限小的时间间隔内,流向结点的电荷必然等于由结点流出的电荷,在结点上不能堆积电荷。基尔霍夫电流定律通常应用于结点,也可以推广应用于包围部分电路的任一假设的闭合面(也称广义结点)。

(2) **基尔霍夫电压定律(KVL)** 在任何时刻,从回路中任意一点出发,沿回路绕行一周,电位降之和必等于电位升之和,即 $\sum U_{\text{降}} =$

$\sum U_{\text{升}}$,或者说,在任何时刻,沿任一回路,所有支路电压的代数和恒等于零,即 $\sum U=0$ 。更常用的是,在任何时刻,沿任一回路,回路中的电动势的电压升代数和恒等于电阻的电压降代数和,即 $\sum E=\sum RI$ 。

注意:在应用 $\sum U=0$ 式子中有两套正负号,一是 U 前面的正负号,取决于电压的参考方向与所选回路绕行方向是否一致,一致时取正号,相反时取负号;二是 U 本身数值的正负号。

同理,在应用 $\sum E=\sum RI$ 式子中也有两套正负号,一是 E 和 RI 前面的正负号,当电动势的电势升参考方向与所选回路绕行方向一致时取正号,相反时取负号;当电流的参考方向与所选回路绕行方向一致时,该电流在电阻上产生的电压降取正号,相反时取负号;二是 E 和 I 本身数值的正负号。

基尔霍夫电压定律反映了一个回路中各段电压间相互制约的关系,其实质是电位单值性的体现。基尔霍夫电压定律除应用于闭合回路外,也可以推广应用于回路的部分电路。

基尔霍夫定律具有普遍适用性,适用于任一瞬时对任何变化的电压和电流,也可用于由各种不同元件所构成的电路。

1.1.7 电路中电位的概念及计算

电路中某点电位等于该点与参考点(零电位点)之间的电压。

注意:电位的数值将与参考点的选择有关,参考点不同,电位值也将不同。电位的高低是相对的,但两点间的电压是绝对的。

1.2 重点和难点

本章重点 电压和电流的参考方向、欧姆定律、基尔霍夫定律以及电位的概念。电压和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、电流及功率都是代数量,根据具体电路及参数,从所求得待求量的正负值中判定实际方向。欧姆定律反映了线性电阻元件的伏安关系,在应用时要注意电阻元件上电压、电流的参考方向是如何设定,如果电阻元件上的电压、电流的参考方向相反,则欧姆定律的表达式中要带有负号,即 $U=-RI$ 。基尔霍夫定律与欧姆定律都是电路的基本

定律,基尔霍夫电流定律表明电路中各支路电流的约束关系,而基尔霍夫电压定律表明电路中各支路电压之间的约束关系,它们是分析结点处各电流和回路中各电压的基本依据.电位是电路中某点与参考点之间的电压,是该点与参考点之间的比较,比参考点高时为正,比参考点低时为负,正数值越大则电位越高,负数值越大则电位越低.

本章难点 功率状态的判断,功率状态的判断不仅要看功率 P 值的正、负,而且还要注意元件上电压、电流的参考方向.无论取哪一种参考方向(关联参考方向或非关联参考方向),当判断出电压 U 和电流 I 的实际方向相同,而且 $P=UI>0$,则表示该元件或该支路吸收功率;当电压 U 和电流 I 的实际方向相反,而且 $P=UI>0$,则表示该元件或该支路发出功率.

1.3 典型题详解

例 1.1 各元件的电压、电流的参考方向如图 1.1 所示,试标出各元件的电压、电流的实际方向,并判断哪些元件是电源?哪些元件是负载?

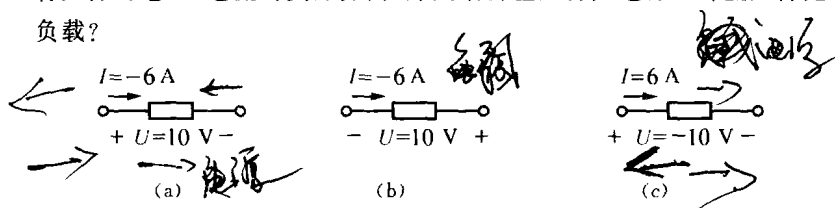


图 1.1 例 1.1 的电路图

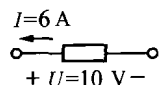
解 提示 根据实际方向与参考方向的关系:当电流、电压的计算数值为正值(>0)时,其实际方向与参考方向一致;当电流、电压的计算数值为负值(<0)时,实际方向与参考方向相反.

判别哪些元件是电源或负载,有两种方法:① 用电流、电压的实际方向判别;当二者的实际方向相反,电流从“+”端流出,为电源发出功率,反之则是负载吸收功率.② 用电流、电压参考方向并根据计算功率正负值来判断:当电流、电压参考方向一致(关联参考方向)时,计算功率 $P=UI$ 若为正值则为负载,若为负值则为电源;当电流、电压参考方向相反(非关联参考方向)时,计算功率 $P=UI$ 若为正值则为电源,若

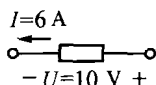
为负值则为负载。

在图 1.1(a)和(b)中,由于 $I < 0$,所以电流的实际方向与图中标的参考方向相反;而 $U > 0$,所以电压的实际方向与参考方向相同,如图 1.2(a)和(b)所示。

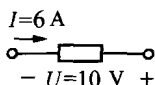
在图 1.1(c)中,由于 $I > 0$ 、 $U < 0$,所以电流实际方向与参考方向相同,而电压的实际方向与图中标的参考方向相反,实际的电压、电流方向如图 1.2(c)所示。



(a)



(b)



(c)

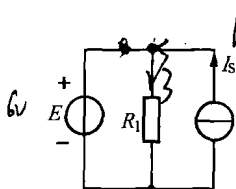
图 1.2 例 1.1 解的图

利用方法①判断:从图 1.2(a)(c)中可以看到,电流实际方向与电压实际方向相反,即电流从“+”端流出,故图 1.1(a)(c)这 2 个元件为电源(或起电源作用);而图 1.2(b)中的电流实际方向与电压实际方向相同,故图 1.1(b)这个元件为负载(或起负载作用)。

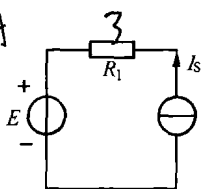
利用方法②判断:从图 1.1(a)(c)中可以看到,电流参考方向与电压参考方向相同(关联参考方向),而且 $P = UI = -60 \text{ W} < 0$,故图 1.1(a)(c)这 2 个元件为电源(或起电源作用);而图 1.1(b)中的电流参考方向与电压参考方向相反(非关联参考方向),而且 $P = UI = -60 \text{ W} < 0$,故图 1.1(b)这个元件为负载(或起负载作用)。

从上述两种判断方法中可看到,无论采用哪种方法所得到的结论是一样。

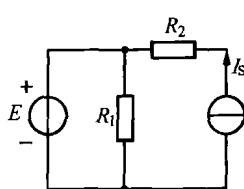
例 1.2 图 1.3 所示各电路中,已知 $E = 6 \text{ V}$, $I_s = 1 \text{ A}$, $R_1 = 3 \Omega$, $R_2 = 5 \Omega$ 。试求各元件上的功率并判断其状态。



(a)



(b)



(c)

图 1.3 例 1.2 的图

解 提示 在分析计算元件功率时,首先要标出各待求元件(或支路)中的电压、电流的参考方向,如图 1.4 所示.在标定元件(或支路)的参考方向下,根据基尔霍夫电流、电压定律可确定出各待求元件(或支路)中的电压、电流,再由此计算出元件(或支路)的功率.

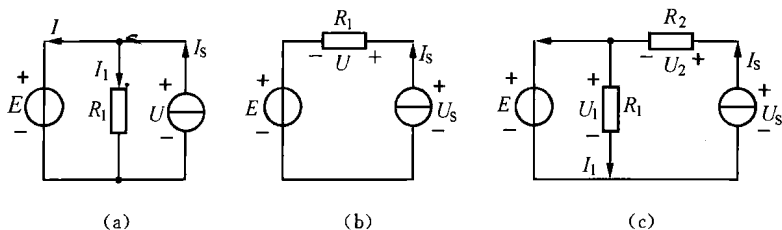


图 1.4 例 1.2 解的图

在图 1.4(a)所示电路中,根据欧姆定律可得电阻 R_1 中的电流 I_1 为:

$$I_1 = \frac{E}{R_1} = \frac{6}{3} \text{ A} = 2 \text{ A}$$

根据 KCL 可得电压源中的电流 $I = I_s - I_1 = (1 - 2) \text{ A} = -1 \text{ A}$

根据 KVL 可知电阻 R_1 上的电压 $U = E = 6 \text{ V}$

电压源 E 的功率 $P_E = E \cdot I = 6 \times (-1) \text{ W} = -6 \text{ W}$

电阻 R_1 的功率 $P_{R1} = U \cdot I_1 = 6 \times 2 \text{ W} = 12 \text{ W}$

电流源 I_s 的功率 $P_{I_s} = U \cdot I_s = 6 \times 1 \text{ W} = 6 \text{ W}$

根据电流、电压参考方向以及功率正负值可判断各元件的功率状态:电压源 E 为关联参考方向并且 $P_E = -6 \text{ W} < 0$, 因此电压源 E 为发出功率, 电流源 I_s 为非关联参考方向并且 $P_{I_s} = 6 \text{ W} > 0$, 因此电流源 I_s 为发出功率; 电阻 R_1 为关联参考方向并且 $P_{R1} = 12 \text{ W} > 0$, 因此电阻 R_1 为吸收功率. 从整个电路来看发出的功率等于吸收的功率.

在图 1.4(b)所示电路中,根据欧姆定律可得电阻 R_1 两端的电压 U_1 为

$$U_1 = R_1 \cdot I_s = 3 \times 1 \text{ V} = 3 \text{ V}$$

根据 KVL 可得电流源两端电压 U_s 为

$$U_s = U_1 + E = (3 + 6) \text{ V} = 9 \text{ V}$$

根据 KCL 可知电压源 E 中的电流为 $I_s = 1 \text{ A}$.