



21 世纪高等院校经典教材同步辅导

ERSHIYISHIJIGAODENGYUANXIAOJINGDIANJIAOCAITONGBUFUDAO

电工学(少学时)

(第三版)全程导学及习题全解

主编/侯钢 副主编/韩磊 郭一凡 苗璐 主审/郑德智



中国时代经济出版社

China Modern Economic Publishing House

图书在版编目(CIP)数据

电工学(少学时)(第三版)全程导学及习题全解 / 侯钢主编. —北京:

中国时代经济出版社, 2012.1

(21 世纪高等院校经典教材同步辅导)

ISBN 978-7-5119-1019-6

I. ①电… II. ①侯… III. ①电工学—高等学校—教学参考资料

IV. ①TM1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 274687 号

书 名: 电工学(少学时)(第三版)全程导学及习题全解

作 者: 侯 钢

出版发行: 中国时代经济出版社

社 址: 北京市丰台区玉林里 25 号楼

邮政编码: 100069

发行热线: (010)68320825 83910219

传 真: (010)68320634 68320584

网 址: www.cmepub.com.cn

电子邮箱: zgkdjj@hotmail.com

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京昌平百善印刷厂

开 本: 787 × 1092 1/16

字 数: 215 千字

印 张: 15.25

版 次: 2012 年 9 月第 1 版

印 次: 2012 年 9 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-5119-1019-6

定 价: 22.80 元

本书如有破损、缺页、装订错误,请与本社发行部联系更换

版权所有 侵权必究

内容简介

本书是高等教育出版社出版、唐介主编《电工学》(少学时)(第三版)配套的学习参考书,全书按教材内容,针对各章节将全部习题给出详细解答,思路清晰,逻辑性强,循序渐进的帮助读者分析并解决问题。本书可作为高等学校本专科生学习“电工学”课程的学习辅导教材和复习参考用书,也可供教师作为教学的参考用书。

前 言

电工学是研究电工技术和电子技术的理论和关于工程实际问题的重要技术基础课。为了帮助广大学生更好的学习和掌握唐介老师主编《电工学》(少学时)(第三版)课程的精髓和解题方法,我们编写了本辅导教材。

本辅导教材根据《电工学》(少学时)(第三版)教材中各章节的内容,从以下几方面进行编写:

本章知识要点:精炼了各章中的主要知识点,理清知识点之间的联系脉络,囊括了主要定理和相关推论以及重要公式等,帮助读者迅速了解本章重要知识点,系统理解各章节的体系结构,奠定扎实的理论基础。

典型例题讲解:精选具有代表性的重点题型进行讲解,分析解决问题的突破点,指引解决问题的思路,旨在帮助读者掌握解题规律和分析问题的方法。

分析与思考题解答及练习题全解:依据教材各章节的习题,给出了详尽的解答。

本次编写将第三版中删除的习题作为补充题放在每章节的最后,供读者参考。

本教材由侯钢、韩磊、郭一凡、苗璐等编写,全书由郑德智老师审核全书。本书编写过程中,得到陈晓峰、张景刚、李昌盛等的大力协助,并得到中国时代经济出版社的领导和有关编辑的大力支持,为此表示衷心的感谢。对《电工学》(少学时)(第三版)教材的作者唐介老师表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,加之时间仓促,本书难免有缺点和疏漏,存在不妥之处,敬请各位专家及广大读者批评指正。

编 者
2012 年 1 月

目 录

第一章 直流电路	1
本章知识要点	1
典型例题讲解	4
分析与思考题解答	7
练习题全解	9
第二章 电路的瞬态分析	20
本章知识要点	20
典型例题讲解	22
分析与思考题解答	24
练习题全解	25
第三章 交流电路	33
本章知识要点	33
典型例题讲解	36
分析与思考题解答	38
练习题全解	41
第四章 供电与用电	57
本章知识要点	57
典型例题讲解	59
分析与思考题解答	61
练习题全解	63
第五章 变压器	70
本章知识要点	70

典型例题讲解	72
分析与思考题解答	73
练习题全解	77
第六章 电动机	82
本章知识要点	82
典型例题讲解	85
分析与思考题解答	86
练习题全解	88
第七章 电气自动控制	96
本章知识要点	96
分析与思考题解答	98
练习题全解	100
第八章 直流稳压电源	108
本章知识要点	108
典型例题讲解	112
分析与思考题解答	114
练习题全解	117
第九章 基本放大电路	122
本章知识要点	122
典型例题讲解	130
分析与思考题解答	134
练习题全解	139
第十章 集成运算放大器	151
本章知识要点	151
典型例题讲解	157
分析与思考题解答	159
练习题全解	161
第十一章 电力电子技术	176
本章知识要点	176

目 录

分析与思考题解答	180
练习题全解	181
第十二章 组合逻辑电路	185
本章知识要点	185
典型例题讲解	190
分析与思考题解答	192
练习题全解	195
第十三章 时序逻辑电路	210
本章知识要点	210
典型例题讲解	213
分析与思考题解答	216
练习题全解	219
第十四章 模拟信号与数字信号的相互转换	231
本章知识要点	231
练习题全解	232
第十五章 现代通信技术	234
本章知识要点	234
练习题全解	235

第一章 直流电路

本章知识要点

1.1 电路的作用和组成

1. **电路**: 电流流通的路径. 它是由某些元、器件为完成一定功能, 按一定方式组合后的总称.
2. **作用**: 一是实现能量的输送和转换, 二是实现信号的传递和处理.
3. **组成**: 由电源、负载、连续导线三个基本部分组成.

1.2 电路的基本物理量

1. **电流**: 单位时间通过电路某一截面的电荷量. 用 I 表示, 单位为安培(A). 电流的方向规定为正电荷运行的方向.

2. **电位**: 电场力将单位正电荷从电路的某一点移至参考点时所消耗的电能. 直流电路中用 V 表示, 单位为伏特(V).

3. **电压**: 电场力将单位正电荷从电路的某一点移至另一点时所消耗的电能. 直流电路中用 V 表示, 单位为伏特(V). 电压的方向规定为由高电位指向低电位的方向.

4. **电动势**: 电源中的局外力(即非电场力)将单位正电荷从电源的负极移至电源的正极所转换而来的电能. 直流电路中 E 表示, 单位为伏特(V). 电动势的方向规定为由电源负极指向电源正极的方向.

5. **功率**: 单位时间内所转换的电能. 直流电路中用 P 表示, 单位为瓦特(W).

6. **电能**: 在时间 t 内转换的电功率. 直流电路中用 W 表示, 单位为焦耳(J).

1.3 电路的状态

1. **通路**: 当电源与负载接通, 电路中有了电流及能量的输送和转换的状态.
2. **开路**: 当一部分电路与电源断开, 该部分电路中没有电流, 亦无能量输送和转换的状态.
3. **短路**: 当某一部分电路的两端用电阻可以忽略不计的导线或开关连接起来, 使得该

部分电路中的电流全部被导线或开关所旁路的状态。

4. **额定值**:用来表示电气设备正常工作条件和工作能力的限额。

1.4 电路中的参考方向

电路中电压和电流的方向无法预知时,只能给它们假定一个方向作为电路分析和计算时的参考。这些假定的方向称为参考方向或正方向。

1.5 理想电路元件

1. 理想有源元件

(1)电压源(恒压源)如图 1-1 所示。

特点:输出电压 U 由本身确定的定值,输出电流 I 不是定值。

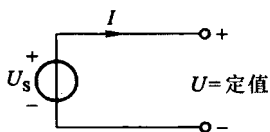


图 1-1 电压源

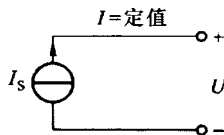


图 1-2 电流源

(2)电流源(恒流源)如图 1-2 所示。

特点:输出电流 I 由本身确定的定值,输出电压 U 不是定值。

(3)两种工作状态

电源状态:电压和电流实际方向与电源关联参考方向相同,输出电功率。

负载状态:电压和电流实际方向与负载关联参考方向相同,消耗电功率。

2. 理想无源元件

(1)电阻:表征电路中消耗电能的理想元件。

(2)电容:表征电路中储存电场能的理想元件。

(3)电感:表征电路中储存磁场能的理想元件。

1.6 基尔霍夫定律

1. **基尔霍夫电流定律(KCL)**:在电路的任何一个结点上,同一瞬间电流的代数和等于零。 $\sum I = 0$ 。

2. **基尔霍夫电压定律(KVL)**:在电路的任何一个回路中,沿同一方向循环,同一瞬间电压的代数和等于零, $\sum U = 0$ 。还可以表示为 $\sum RI = \sum E$ 。

1.7 支路电流法

解题步骤:(1)确定支路数,选择支路电流的参考方向。

- (2) 确定结点数, 列出独立的结点电流方程式.
- (3) 确定余下所需的方程式数, 列出独立的回路电压方程式.
- (4) 解方程组, 求出各支数电流值.

1.8 叠加定理

1. **叠加定理**: 在含有多个电源的线性电路中, 任一支路的电流和电压等于电路中各个电流分别单独作用时在该支路中产生的电流和电压的代数和.

2. **注意事项**: (1) 考虑某一电源单独作用时, 应令其他电源中的 $U_s = 0$, $I_s = 0$.

(2) 最后叠加时, 注意各个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参考方向一致, 一致时取正, 不一致取负.

(3) 只适用于线性电路.

1.9 等效电源定理

1. **戴维宁定理**: 任何一个线性有源二端网络都可以用一个电源电压为 U_{es} 的理想电压源和内阻 R_0 串联的等效电源代替. 等效电源中的电源电压 U_{es} 等于原有源二端网络的开路电压, 内阻 R_0 等于原有源二端网络开路电压与短路电流之比. 如图 1-3 所示.

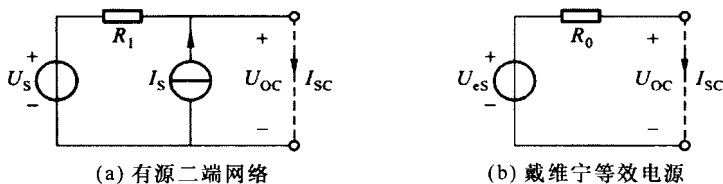


图 1-3 戴维宁定理

2. **诺顿定理**: 任何一个线性有源二端网络都可以用一个电流为 I_{es} 的理想电流源和内阻 R_0 并联的等效电源代替. 等效电源中电流源电流 I_{es} 等于原有源二端网络的短路电流, 内阻 R_0 等于原有源二端网络开路电压与短路电流之比, 如图 1-4 所示.

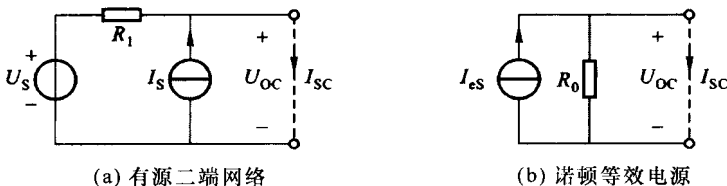


图 1-4 诺顿定理

3. 利用等效原理解题步骤

- (1) 将待求支路提出,使剩下的电路成为有源二端网络.
- (2) 求出有源二端网络的开路电压和短路电流.
- (3) 利用戴维宁等效电源或诺顿等效电源代替有源二端网络.
- (4) 利用简化后的电路求出待求电流.

1.10 非线性电阻电路

1. 静态电阻:工作点处的电压与电流之比.
2. 动态电阻:工作点附近的电压的微小增量与电流的微小增量之比.
3. 非线性电阻图解分析法(如图 1-5 所示)

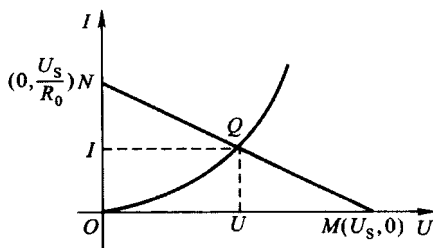
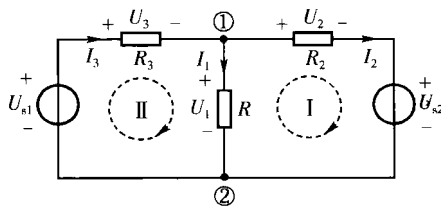


图 1-5 图解法

典型例题讲解

例 1 例 1-1 图所示电路,电阻 $R_1=1\ \Omega$, $R_2=2\ \Omega$, $R_3=3\ \Omega$, $U_{S1}=3\text{ V}$, $U_{S2}=1\text{ V}$, 求电阻 R_1 两端的电压 U_1 .



例 1-1 图

【解】 各支路电流和电压参考方向如图所示.

对回路 I 应用 KVL 有 $-U_1 + U_{S2} + U_2 = 0$, 得 $U_2 = U_1 - U_{S2} = U_1 - 1\text{ V}$

对回路Ⅱ应用 KVL 有 $U_3 + U_1 - U_{S1} = 0$, 得 $U_3 = U_{S1} - U_1 = 3 \text{ V} - U_1$

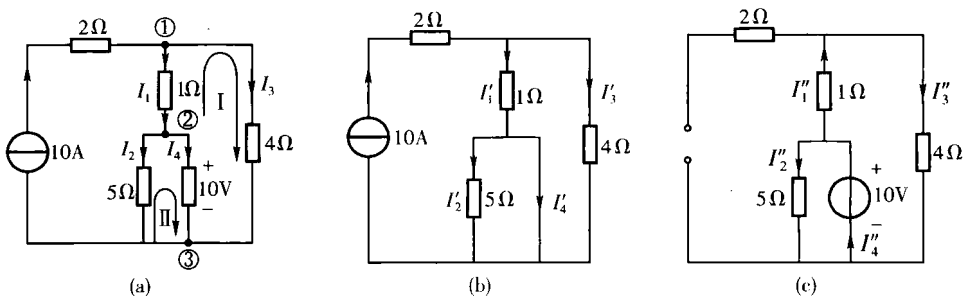
对结点①应用 KCL 有 $I_1 + I_2 - I_3 = 0$, 即 $\frac{U_1}{R_1} + \frac{U_2}{R_2} - \frac{U_3}{R_3} = 0$

代入 U_2 和 U_3 的表达式及各电阻值, 有

$$U_1 + \frac{U_1 - 1}{2} - \frac{3 - U_1}{3} = 0$$

解得 $U_1 = \frac{9}{11} \text{ V} = 0.8182 \text{ V}$.

例 2 试分别用支路电流法和叠加定理, 求例 1-2 图(a)电路中各支路的电流.



例 1-2 图

【解】 (1) 用支路电流法.

图中共有 5 条支路, 其中 2Ω 电阻中电流为 10 A , 所以待求支路数为 4.

设各支路电流参考方向回路方向中, 如解 1-2 图(a)所示.

对结点①应用 KCL 有 $I_1 + I_3 - 10 = 0$;

对结点②应用 KCL 有 $I_2 + I_4 - I_1 = 0$;

对回路Ⅰ应用 KVL 有 $4I_3 - 10 - I_1 = 0$;

对回路Ⅱ应用 KVL 有 $10 - 5I_2 = 0, I_2 = 2 \text{ A}$.

$$\begin{cases} I_1 + I_3 = 10 \\ 4I_3 - I_1 = 10 \\ I_4 - I_1 = 2 \end{cases}$$

联立可得

$$\begin{cases} I_1 = 6 \text{ A} \\ I_3 = 4 \text{ A} \\ I_4 = 4 \text{ A} \end{cases}$$

解得

(2) 用叠加定理.

电流源单独作用时, 如例 1-2 图(b)所示.

得 $I'_1 = I'_4 = 10 \times \frac{4}{4+1} = 8 \text{ A}$

$$I'_2 = 0$$

$$I'_3 = 10 - I'_1 = 2 \text{ A}$$

电压源单独作用时, 如例 1-2 图(c)所示.

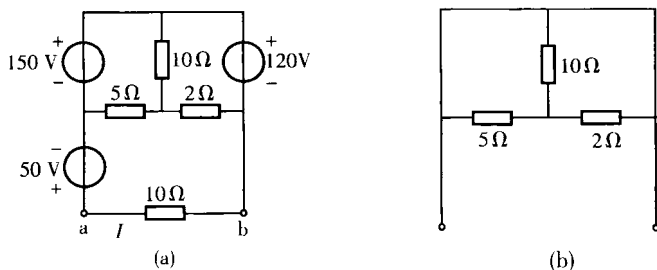
$$I''_1 = I''_2 = I''_3 = 2 \text{ A}, I''_4 = 4 \text{ A}$$

根据叠加定理

$$I_1 = I'_1 - I''_1 = 8 - 2 = 6 \text{ A}, \quad I_2 = I'_2 + I''_2 = 2 \text{ A},$$

$$I_3 = I'_3 + I''_3 = 2 + 2 = 4 \text{ A}, \quad I_4 = I'_4 - I''_4 = 8 - 4 = 4 \text{ A}.$$

例 3 用戴维宁定理计算例 1-3 图(a)所示电路中的 I_0 .



例 1-3 图

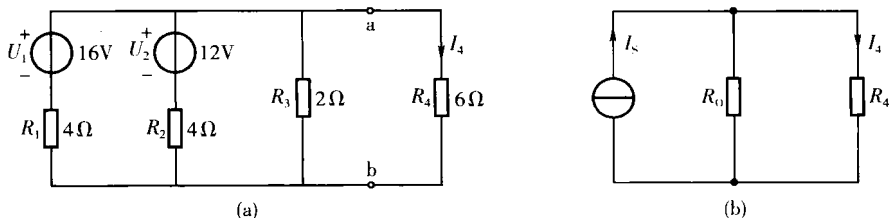
【解】 开路电压 $U_{ab} = 50 - 150 + 120 = 20 \text{ V}$

等效电源内阻 R_0 如例 1-3 图(b)所示.

得 $R_0 = 0$

所求电流 $I = \frac{20}{10} = 2 \text{ A}.$

例 4 用诺顿定理计算例 1-4 图(a)所示电路中的 I_4 .



例 1-4 图

【解】 等效电流源电流 I_s 由例 1-4 图(b)求得

$$I_s = \frac{U_1}{R_1} + \frac{U_2}{R_2} = \frac{16}{4} + \frac{12}{4} = 7 \text{ A}$$

等效电流并联内阻 $R_0 = R_1 // R_2 // R_3 = \frac{4 \times 4 \times 2}{4 \times 4 + 4 \times 2 + 4 \times 2} = 1 \Omega$

求得

$$I_4 = \frac{R_0}{R_0 + R_4} I_s = \frac{1}{1+6} \times 7 = 1 \text{ A.}$$

分析与思考题解答

1.3 电路的状态

(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】 负载减小了. 因为 $P = U^2 / R_L$, 当电压一定, 负载电阻增大时, 负载消耗的功率减小, 所以负载减小.

(2) 某电源的电动势为 E , 内电阻为 R_0 , 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】 有载和空载时, 电压和输出电功率各不相同. 因为电压 $U = E - IR_0$, 输出功率 $P = UI$, 由此可见空载时 $U = E, P = 0$, 与有载时不同.

(3) 图 1.3.3 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. 电源短路时, 照明灯均被短路. 电路中电流 $I = \frac{E}{R_0}$, 内阻 R_0 很小, 因此电流 I 很大, 会烧坏电源.

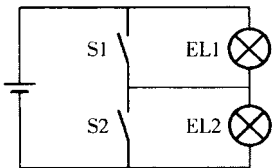


图 1.3.3 短路

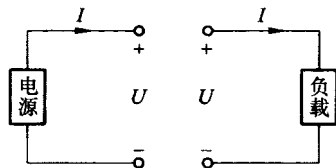


图 1.4.1 关联参考方向

1.4 电路中的参考方向

(1) 在图 1.4.1 所示的关联参考方向下, 若电源和负载中求得电功率 $P > 0$, 则它们是取用还是输出电功率?

【答】 当电源电功率 $P > 0$, 则电源输出功率.

当负载的电功率 $P > 0$, 则负载取用电功率.

1.5 理想电路元件

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

【答】 将两个 0.5 W 、 $250\text{ k}\Omega$ 的电阻串联,或将两个 0.5 W 、 $1\text{ M}\Omega$ 的电阻并联使用,即可满足电阻为 $500\text{ k}\Omega$ 的要求,同时也满足额定功率为 1 W 的要求。

(2)有些同学常常把电流源两端的电压认作零,其理由是: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】 欧姆定律是用来说明电阻中电压与电流的关系,不适用于电流源。

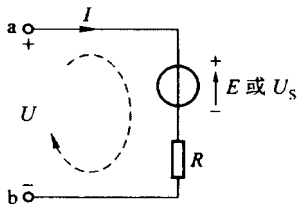
(3)凡是与电压源并联的电流源其电压是一定的,因而后者在电路中不起作用;凡是与电流源串联的电压源其电流是一定的,因而后者在电路中也不起作用. 这种观点是否正确?

【答】 不正确. 它们在电路中只是不影响除电源外部分的电压和电流,并不是在电路中不起作用. 电流源与电压源并联,会影响电压源的电流. 而电流源串联电压源,会影响电流源的电压。

1.6 基尔霍夫定律

(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】 不可以放在同一边. 因为在电源内部电流从负极流向正极为正方向,电位上升。



(2)对图 1.6.2 所示电路列回路方程式时, U 应放在等式 RI 一边,还是 E 一边?

【答】 由于 U 的参考方向与回路中电流方向一致,故 U 应放在等式 RI 的一边。

1.7 支路电流法

(1)列独立的回路方程式时,是否一定要选用网孔?

【答】 不一定. 只要所选回路列出的方程是独立的,即回路中至少有一条新的支路。

(2)如果电路中含有电流源,电流源的电流已知,而电压是未知的,怎么办?

【答】 选择回路时,不选择含有电流源的支路列方程。

1.8 叠加定理

(1)叠加定理可否用于将多电源电路(例如有 4 个电源)看成是几组电源(例如两组电

源)分别单独作用的叠加?

【答】 可以. 这样每组电源为其中各个电源单独作用的叠加.

(2)利用叠加定理可否说明在单电源电路中,各处的电压和电流随电源电压或电流成比例的变化?

【答】 可以. 可把一个电源看作是若干个相同电源的共同作用,所以电路各处电压或电流会随着相同电源数目的增加而成比例变化.

1.9 等效电源定理

(1)有源二端网络用戴维宁等效电源或诺顿等效电源代替时,为什么要对外等效,对内是否也等效?

【答】 对外等效时,不但输出的电压和电流不变,而且还便于计算,但等效只是对有源二端网络外的部分等效,对内则不等效.

(2)戴维宁等效电源与诺顿等效电源之间可以等效变换,那么电压源与电流源之间是否也可以等效变换?

【答】 不可以. 戴维宁等效电源与诺顿等效电源可以等效变换,是 U_{eS} 与 R_0 串联和 I_{eS} 与 R_0 并联等效. 单看电压源与电流源,两者对外输出的电压和电流是不能等效变换的.

1.10 非线性电阻电路

(1)伏安特性是一条不经过坐标原点的直线时,该电阻元件是否为线性电阻元件?

【答】 不是线性电阻元件,应为含源线性元件.

(2)线性电阻元件的静态电阻和动态电阻是否相等?

【答】 相等. 线性电阻 $R = \frac{U}{I} = \frac{\text{d}U}{\text{d}I}$.

练习题全解

1.2.1 求图 1.01 所示电路中开关 S 闭合和断开两种情况下 a、b、c 三点的电位.

【解】 当开关 S 闭合时, $V_a = 6 \text{ V}$, c 点接地 $V_c = 0$, $V_b = -3 \text{ V}$;

当开关 S 断开时, 开路, $V_a = V_b = 6 \text{ V}$, $V_c = 9 \text{ V}$.

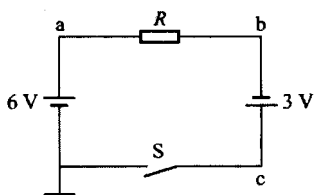


图 1.01 练习题 1.2.1 的电路

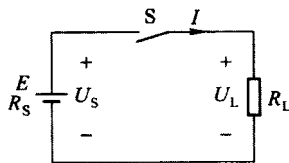


图 1.02 练习题 1.3.1 的电路

1.3.1 在图 1.02 所示电路中,电源电动势 $E=120\text{ V}$,内电阻 $R_s=0.3\ \Omega$,连接导线电阻 $R_w=0.2\ \Omega$,负载电阻 $R_L=11.5\ \Omega$. 求:(1)通路时的电流,负载和电源的电压,负载消耗的电功率、电源产生和输出的电功率;(2)开路时的电源电压和负载电压;(3)在负载端和电源端短路时电源的电流和电压.

【解】 (1)通路时

$$\text{电流} \quad I = \frac{E}{R_s + R_w + R_L} = \frac{120}{0.3 + 0.2 + 11.5} = 10\text{ A}$$

$$\text{负载电压} \quad U_L = IR_L = 10 \times 11.5 = 115\text{ V}$$

$$\text{电源电压} \quad U_s = E - IR_s = 120 - 10 \times 0.3 = 117\text{ V}$$

$$\text{负载消耗电功率} \quad P_L = I^2 R_L = 10^2 \times 11.5 = 1150\text{ W}$$

$$\text{电源产生电功率} \quad P = EI = 120 \times 10 = 1200\text{ W}$$

$$\text{输出电功率} \quad P_s = U_s I = 117 \times 10 = 1170\text{ W}$$

$$(2) \text{开路电源电压} \quad U_s = 120\text{ V}, \text{负载电压} \quad U_L = 0.$$

(3)负载端短路时

$$\text{电流} \quad I = \frac{E}{R_s + R_w} = \frac{120}{0.3 + 0.2} = 240\text{ A}$$

$$\text{电源电压} \quad U_s = IR_w = 48\text{ V}$$

电源端短路时

$$\text{电流} \quad I = \frac{E}{R_s} = \frac{120}{0.3} = 400\text{ A}$$

$$\text{电源电压} \quad U_s = 0$$

1.5.1 试分析图 1.03 所示两电路中电阻的电压和电流以及图(a)中电流源的电压、和图(b)中电压源的电流.

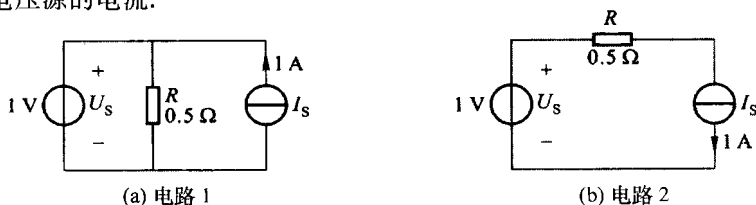


图 1.03 练习题 1.5.1 的电路