

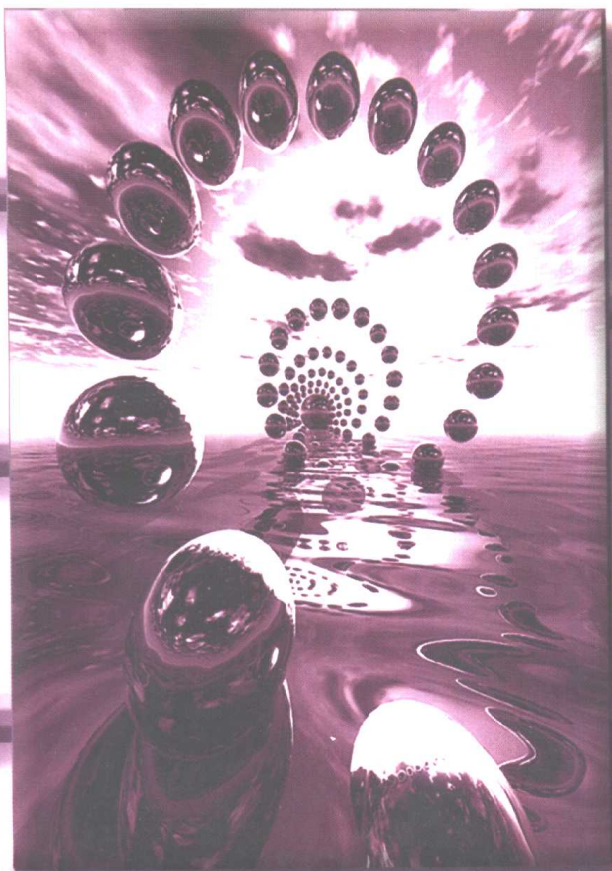
经典教材辅导用书



新编电工学(电工技术)题解(上册)

《电工学·第五版》电工技术(秦曾煌主编)学习指导
习题选解·思考题选解·提高题

刘 明 主编



华中科技大学出版社

新编电工学(电工技术)题解

(上册)

主编 刘明

华中科技大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

新编电工学(电工技术)题解(上册)/刘明 主编
武汉:华中科技大学出版社, 2002年11月
ISBN 7-5609-2864-1

I. 新…

I. 刘…

Ⅱ. 电工学-高等学校-教学参考资料

N. TM1

新编电工学(电工技术)题解(上册)

刘明 主编

责任编辑:李 德
责任校对:蔡晓璐

封面设计:潘 群
责任监印:张正林

出版发行:华中科技大学出版社

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)87545012

录 排:华中科技大学出版社照排室

印 刷:湖北恒吉印务有限公司

开本:850×1168 1/32 印张:11.375

字数:274 000

版次:2002年11月第1版 印次:2002年11月第1次印刷

印数:1—4 000

ISBN 7-5609-2864-1/TM·88

定价:13.80元

(本书若有印装质量问题,请向出版社发行部调换)

前 言

电工技术基础是高等学校工科非电专业的一门重要技术基础课。多年来大专院校学生在学习过程中希望有一本理论结合实际的学习辅导、解题的参考书。为此,本书编者结合多年从事电工技术基础教学体验,主要参考了秦曾煌主编的《电工学》第5版上册等教材中的教学内容,并根据课程大纲的要求和学生在学中的反馈信息,每章给出“内容提要”作为精练总结,帮助读者掌握电工技术基础各部分的内容知识要点。对每个习题力求讲清如何识题、分析思路与解题方法、步骤和技巧,以期培养学生多角度的理论结合实际解题思路,为以后继续学习打下基础。

本书在编写过程中得到华中科技大学出版社的指导与帮助,谨此致以衷心感谢。

由于作者水平有限,书中一定存在不少缺点和错误,恳请广大读者给予批评和指正。

编 者

2002.5

目 录

第一章 电路的基本概念与基本定律	(1)
一、内容提要	(1)
二、练习与思考题选解	(3)
三、习题选解	(14)
四、提高题	(31)
第二章 电路的分析方法	(34)
一、内容提要	(34)
二、练习与思考题选解	(38)
三、习题选解	(49)
四、提高题	(89)
第三章 正弦交流电路	(96)
一、内容提要	(96)
二、练习与思考题选解	(106)
三、习题选解	(122)
四、提高题	(153)
第四章 三相电路	(159)
一、内容提要	(159)
二、练习与思考题选解	(163)
三、习题选解	(166)
第五章 非正弦周期电流的电路	(181)
一、内容提要	(181)
二、习题选解	(183)
第六章 电路的暂态分析	(193)
一、内容提要	(193)

二、练习与思考题选解	(196)
三、习题选解	(206)
第七章 磁路与铁心线圈电路	(231)
一、内容提要	(231)
二、练习与思考题选解	(242)
三、习题选解	(246)
第八章 交流电动机	(259)
一、内容提要	(259)
二、练习与思考题选解	(268)
三、习题选解	(273)
第九章 直流电动机	(281)
一、内容提要	(281)
二、练习与思考题选解	(285)
三、习题选解	(286)
第十章 控制电机	(294)
一、内容提要	(294)
二、习题选解	(297)
第十一章 继电接触器控制系统	(307)
一、内容提要	(307)
二、练习与思考题选解	(312)
三、习题选解	(313)
第十二章 可编程控制器及其应用	(328)
一、内容提要	(328)
二、习题选解	(333)
附录 常用数学公式	(351)

第一章 电路的基本概念 与基本定律

一、内容提要

1. 电路的基本概念

(1) 电路的作用及其组成

电路是按某种需要由某些电工设备或元器件按一定方式组合起来的整体,形成电流的通路。其作用是实现电能的传输与转换或信号的传递和处理。一般的电路是由电源(或信号源)、负载及中间环节三个部分组成。

(2) 电路的基本物理量及电流和电压的方向

电路中常用的物理量有电压、电流、电动势、电阻、功率和电能等。其中以电流 I 、电压 U 和电动势 E 是电路的基本物理量。在分析电路工作时求出电路中的电流和电压后,其它物理量便可求出。

在电路中规定电流的实际方向为正电荷移动的方向,电压的实际方向为电位降低的方向,电动势的实际方向为电源内部电位升高的方向,这些在电路图中必须用箭标或用“+”、“-”标示其方向或极性。在计算电路中电流、电压未知其方向时,可任意选定一个方向为参考方向(正方向)作为列式计算的依据,当参考方向选定后,电流、电压和电动势才有正负之分。当计算结果为正时,则表明选定的正方向是同实际方向一致的,反之(为负),则表明选定的参考方向与实际方向相反。

当通过元件电流方向与电压方向相同时称为关联方向,表示电源电场力做正功,消耗电能,是元件(负载)吸收的电功率;反之,

即二者方向相反,称为非关联方向,表明外力做正功,发出电能,是元件(电源)发出的电功率。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,电功率始终保持平衡。

(3) 电阻的联接形式

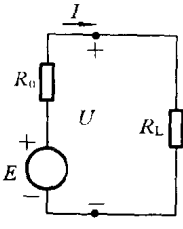
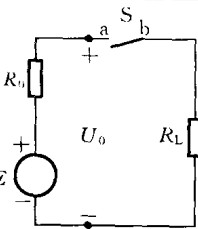
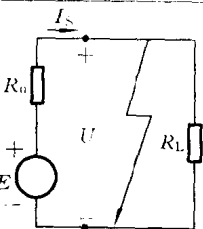
电路中电阻有串联与并联两种基本形式,混联是串并联的组合。若干电阻串并联可用一个等效电阻来代替。电阻串联可起分压作用,电阻并联可起分流作用。

(4) 电气设备的额定值

额定值表示电气设备规定的正常工作的条件和工作能力,一般均由厂家标明在产品的铭牌上,在额定值运行时称为额定工作状态,此时运行效率高,安全可靠。

电源的有载、开路 and 短路是电路的三种工作状态。例如在直流电路中,三种工作状态下电路的特点如表 1.1 所示。

表 1.1 电路的三种工作状态

工作状态	有载状态	空载(开路)状态	短路状态
电路图			
负载电阻	R_L	∞	$()$
电路电流	$I = \frac{E}{R_0 + R_L}$	$I = 0$	$I = I_S = \frac{E}{R_0}$
电源端电压	$U = E - R_0 I$	$U = U_0 = E$	$U = 0$
电源输出功率	$P_E = I E$	$P_E = 0$	$P_E = E I_S$
负载消耗功率	$P_L = U I$	$P_L = 0$	$P_L = 0$
电源内阻消耗功率	$P_{R_0} = \Delta P = R_0 I^2$	$P_{R_0} = 0$	$P_{R_0} = I_S^2 R_0$
功率平衡关系	$P_E = P_L + P_{R_0}$	$P_S = P_L + P_{R_0} = 0$	$P_E = P_{R_0}$

2. 电路的基本定律

(1) 欧姆定律

它是指在线性电路中,通过电阻的电流与电阻两端的电压成正比。当电压、电流参考方向一致时,欧姆定律表示为

$$U = IR$$

当电压、电流参考方向不一致时,欧姆定律表示为

$$U = -IR$$

上二式中电压、电流本身还有正、负值之分。

(2) 基尔霍夫定律

它包括结点电流定律(KCL)和回路电压定律(KVL)。此二定律是描述电路中各元件相互连接间的电压、电流应遵守的规律,是电荷守恒和能量守恒在电路中的具体体现。它适用分析交、直流电路在任一瞬间的电压和电流变化情况。

基尔霍夫电流定律的实质是根据电流连续性原理,在任一瞬时,一个结点上电流的代数和恒等于零,即 $\sum I = 0$, 且可适用于包围部分电路的任一假设闭合面;基尔霍夫电压定律的实质是根据电位单值原理,在任一瞬时,回路中各段电压的代数和恒等于零,即 $\sum U = 0$, 或 $\sum U = \sum E$ 。它不仅适用于任意闭合回路,也可推广应用于开口回路。

应用基尔霍夫定律解题时,应首先在电路图中标明电压、电流和电动势的参考方向,以便列出方程式时确定各项前的正负号。同样,注意电压、电流本身数值还有正值和负值之分,所以,方程式中有两套正负号。

二、练习与思考题选解

[1.3.1] 在图 1.1 中, $U_{ab} = -5V$, 试问 a、b 两点哪点电位高?



图 1.1 题 1.3.1 的图

解:电压的参考极性是在元件或电路的两端用“+”、“-”或箭标符号来表示;用箭标符号时,则箭头所指方向是由高电位端指向低电位端,另外,也可用双下标表示,如 U_{ab} 则表示电压参考方向是由 a 指向 b,即 a 点的参考极性为“+”,b 点的参考极性为“-”。 U_{ab} 也可表示为电位降的方向从 a 点

指向 b 点。而 $U_{ab} = -5V$, 则 b 点电位高于 a 点电位。

[1.3.3] U_{ab} 是否表示 a 端的电位高于 b 端的电位?

解:不一定,因为电路中电压方向有参考方向(正方向)和实际方向之分, U_{ab} 表示 a 点指向 b 点的参考方向,还要看 U_{ab} 本身数值的正负符号后,才能确定 a 点与 b 点哪点电位高。

[1.4.2] 计算图 1.2 中的两题。

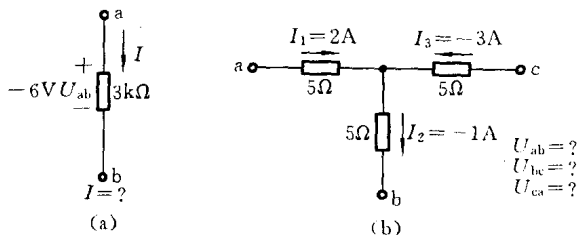


图 1.2 题 1.4.2 的图

解:由图 1.2(a)可见,电流 I 与电压 U_{ab} 为关联方向,所以,由欧姆定律公式可求得

$$I = \frac{U_{ab}}{3k\Omega} = \frac{-6V}{3k\Omega} = 2mA$$

由图 1.2(b)可见,求各端点间电压可由基尔霍夫电压定律及欧姆定律求得,并考虑关联方向,有

$$U_{ab} = I_1 \times 5\Omega + I_2 \times 5\Omega = 2A \times 5\Omega + (-1A) \times 5\Omega = 5V$$

$$U_{bc} = -I_2 \times 5\Omega + (-I_3 \times 5\Omega)$$

$$\begin{aligned}
 &= -(-1\text{A}) \times 5\Omega + [-(-3\text{A}) \times 5\Omega] = 20\text{V} \\
 U_{ca} &= I_3 \times 5\Omega + (-I_1 \times 5\Omega) = -3\text{A} \times 5\Omega - 2\text{A} \times 5\Omega \\
 &= -25\text{V}
 \end{aligned}$$

[1.4.3] 试计算图 1.3 所示电路在开关 S 闭合与断开两种情况下的电压 U_{ab} 和 U_{cd} 。

解: (1) 开关 S 闭合时, 点 a、b 间短接电阻为零, 则 $U_{ab}=0\text{V}$,

$$U_{cd} = \frac{5.5\Omega \times 6\text{V}}{5.5\Omega + 0.5\Omega} = 5.5\text{V}$$

(2) 开关 S 断开时, 回路断开, 无回路电流, 故

$$U_{cd} = 0,$$

$$U_{ab} = 6\text{V}$$

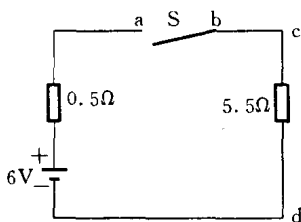


图 1.3 题 1.4.3 的图

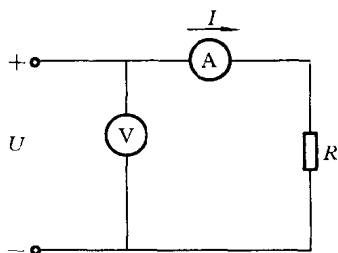


图 1.4 题 1.4.4 的图

[1.4.4] 为了测量某直流电机励磁线圈的电阻 R , 采用了图 1.4 所示的“伏安法”。电压表读数为 220V , 电流表读数为 0.7A , 试求线圈的电阻。如果在实验时有人误将电流表作为电压表使用, 并联在电源上, 其后果如何? 已知电流表的量程为 1A , 内阻 R_0 为 0.4Ω 。

解: (1) 题示所用的“伏安法”实际上是根据欧姆定律, 来测量直流电机励磁线圈的直流电阻 R , 当忽略电流表的内阻时得:

$$R = \frac{U}{I} = \frac{220\text{V}}{0.7\text{A}} = 314.28\Omega$$

而当计及电流表内阻时,

$$R = 314.28\Omega - 0.4\Omega = 313.88\Omega$$

(2) 由于电流表内阻相对于负载很小,测量中串在支路的内阻影响也较小,但误将电流表当作电压表,并联在电源上时,其内电流为 I ,

$$I = \frac{U}{0.4\Omega} = \frac{220\text{V}}{0.4\Omega} = 550\text{A} \gg 1\text{A}$$

而电流表量程为 1A ,其使用的后果是烧毁电流表,所以测量时一定要分清电流表和电压表,并注意所选仪表量程要大于被测的实际值。

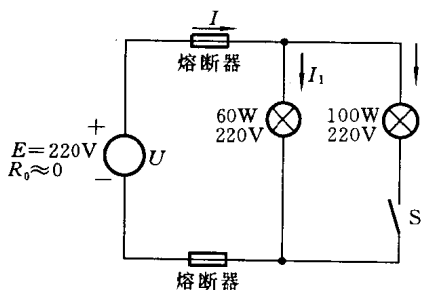


图 1.5 题 1.5.1 的图

[1.5.1] 在图 1.5 所

示的电路中,(1)试求开关 S 闭合前后电路中的电流 I_1 、 I_2 、 I 及电源的端电压 U ;当 S 闭合时, I_1 是否被分去一些?(2)如果电源的电阻 R_0 不能忽略不计,则闭合 S 时, 60W 电灯中的电流是否有所变动?(3)计算 60W 和 100W 电

灯在 220V 电压下工作时的电阻,哪个的电阻大?(4) 100W 的电灯每秒钟消耗多少电能?(5)设电源的额定功率为 125kW ,端电压为 220V ,当只接上一个 $220\text{V}60\text{W}$ 的电灯时,电灯会不会被烧毁?(6)电流流过电灯后,会不会减少一点?(7)如果由于接线不慎, 100W 电灯的两线碰触(短路),当闭合 S 时,后果如何? 100W 电灯的灯丝是否被烧断?

解:(1)在开关 S 闭合前, 100W 电灯被断开,此时

$$I = I_1 = \frac{P_1}{U} = \frac{60\text{W}}{220\text{V}} = 0.27\text{A}$$

$$I_2 = 0\text{A}$$

$$U = E - IR_0 \approx 220\text{V}$$

在开关 S 闭合后, $U \approx 220\text{V}$, 即

$$I_1 = \frac{P_1}{U} = \frac{60\text{W}}{220\text{V}} = 0.27\text{A}$$

$$I_2 = \frac{P_2}{U} = \frac{100\text{W}}{220\text{V}} = 0.45\text{A}$$

$$I = I_1 + I_2 = (0.27 + 0.45)\text{A} = 0.72\text{A}$$

故当 S 开关闭合时, I_1 没有被分去一些, 而是由电源提供电能。

(2) 设 60W 和 100W 电灯的电阻分别为 R_1 和 R_2 。当电源电阻 R_0 不能忽略不计时, 闭合 S 前, $I' = \frac{E}{R_0 + R_1}$, 闭合 S 后, $I'' = \frac{E}{R_0 + R_1 // R_2}$ 。

由于 $R_1 > R_1 // R_2$, 所以, $I'' > I'$ 。而电源的端电压随着电源输出电流的增加而减小, 因此闭合 S 后, 60W 电灯中的电流将减小。

(3) 在 220V 状态下,

$$60\text{W 电灯的电阻 } R_1 = \frac{U^2}{P} = \frac{220^2}{60} \Omega = 807\Omega$$

$$100\text{W 电灯的电阻 } R_2 = \frac{U^2}{P} = \frac{220^2}{100} \Omega = 484\Omega$$

所以 60W 电灯的电阻比 100W 电灯的电阻大。

(4) 100W 的电灯每秒钟消耗的电能为

$$W_2 = P_2 \cdot t = 100\text{W} \times 1\text{s} = 100\text{J}$$

(5) 由欧姆定律可知, 电灯中通过的电流只与加在电灯两端的电压成正比, 与电灯的电阻成反比, 与电源的功率无关。电源端电压若为电灯的额定电压, 电灯中通过的电流就为其额定电流, 所以电灯不会被烧毁。

(6) 由于串联支路中电流相等, 所以电流流过电灯后, 不会减少。

$$(7) \text{短路电流 } I_s = \frac{E}{R_0}。$$

由于 R_0 很小, 所以 I_s 很大, 远远超过熔断器的设定值, 熔断器很快熔断, 把电路断开。

而 100W 电灯被短路时,灯丝中无电流流过,不会使灯丝烧断。

[1.5.2] 额定值为 1W100Ω 的炭膜电阻,在使用时电流和电压不得超过多大数值?

解:由于 $P=I^2R$ 或 $P=\frac{U^2}{R}$,所以,在使用时加于其上的电压不得超过:

$$U = \sqrt{P \cdot R} = \sqrt{1 \times 100} \text{V} = 10 \text{V}$$

电流不得超过:

$$I = \frac{U}{R} = \frac{10 \text{V}}{100 \Omega} = 0.1 \text{A}$$

否则炭膜电阻将严重发热而最终烧毁。

[1.5.3] 额定电流为 100A 的发电机,只接了 60A 的照明负载,还有电流 40A 流到哪里去了?

解:发电机额定值为其最经济、合理和安全运行的设计值,在实际使用时,发电机发出的电流大小取决于负载的需求,而不是总为发出的额定电流值。

[1.5.4] 在图 1.6 中方框代表电源或负载。已知 $U=220\text{V}$,

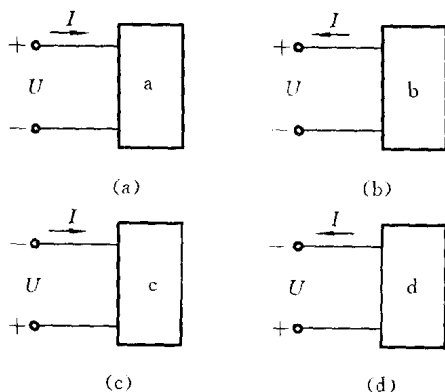


图 1.6 题 1.5.4 的图

$I=-1\text{A}$,试问哪些方框是电源,哪些是负载?

解: (1) 判别电流与电压的参考方向与实际方向的方法是:若数值为正,则两者一致;若数值为负,则两者相反。由此,标出电流、电压的实际方向于图 1.7 中。

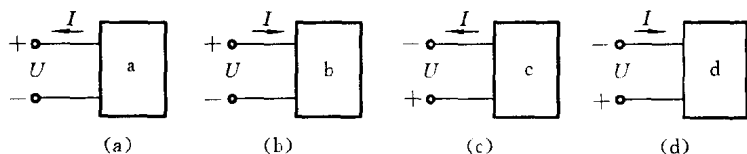


图 1.7 题 1.5.4 附图

(2) 作为电源,在电源内部,实际电流从负极流向正极;作为负载,实际电流从负载的高电位端流入,低电位端流出。所以,方框 a 为电源,方框 b 为负载,方框 c 为负载,方框 d 为电源。

[1.5.6] 有一台直流发电机,其铭牌上标有 40kW 230V 174A。试问什么是发电机的空载运行、轻载运行、满载运行和过载运行? 负载的大小一般指什么而言?

解: 直流发电机上铭牌标示的为额定值。当发电机没有和外电路接通时,发电机的输出电流为零,没有能量输出,此状态为空载。当发电机与外电路接通时,电路中有电流、有能量的转换,此状态为有载运行状态,当端电压为额定值、输出电流远小于额定值时,此状态为轻载,当输出电流等于额定值时为满载,当输出电流大于额定值时为过载运行状态。负载的大小一般指负载的功率和电流的大小。

[1.5.7] 一个电热器从 220V 的电源取用功率为 1 000W,如将它接到 110V 的电源上,则取用的功率为多少?

解: 电热器的功率可由下式计算

$$P = \frac{U^2}{R}$$

则电热器的电阻为

$$R = \frac{U^2}{P} = \frac{(220\text{V})^2}{1\,000\text{W}} = 48.4\Omega$$

所以,当电源电压为 110V 时,电热器的取用功率为

$$P = \frac{U^2}{R} = \frac{(110\text{V})^2}{48.4\Omega} = 250\text{W}$$

[1.6.3] 在图 1.8 中,已知 $I_a=1\text{mA}$, $I_b=10\text{mA}$, $I_c=2\text{mA}$, 求电流 I_d 。

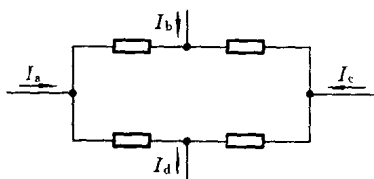


图 1.8 题 1.6.3 的图

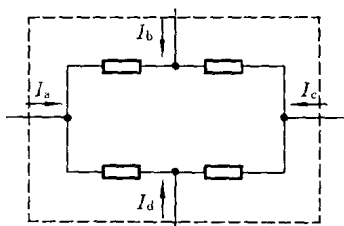


图 1.9 题 1.6.3 附图

解:基尔霍夫电流表述的是对于电路中的一个节点电荷是守恒的,即 $\sum I = 0$, 同样在一个电路中任意一个闭合面上,电荷也是守恒的,即流入闭合面的电流等于流出的量。闭合面如图 1.9 所示,设流入闭合面电流取正值列式,则

$$I_a + I_b + I_c + I_d = 0$$

$$I_d = -(I_a + I_b + I_c)$$

$$= -(1\text{mA} + 10\text{mA} + 2\text{mA}) = -13\text{mA}$$

[1.6.4] 在图 1.10 中,如选取 ABCDA 为回路循行方向,试应用基尔霍夫电压定律列出式子。

解:题示电路各支路电流的参考方向已标出,选各支路电流在电阻上压降为关联方向,即电流流过电阻时产生电位降低的电压降方向,所以在所选取 ABCDA 的回路循行方向下,列出基尔霍夫电压定律的式子,并设元件电压降的方向与循行方向一致时取正值,反之取负值,则有

$$E_4 - I_4 R_5 - E_3 + I_3 R_4 + E_2 + I_3 R_3 + I_2 R_2 + E_1 - I_1 R_1 = 0$$

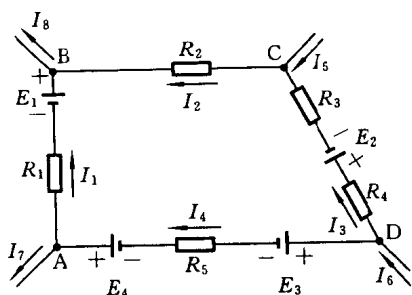


图 1.10 题 1.6.4 的图

[1.6.5] 在图 1.11 所示的两个电路中,各有多少支路和结点? U_{ab} 和 I 是否等于零?

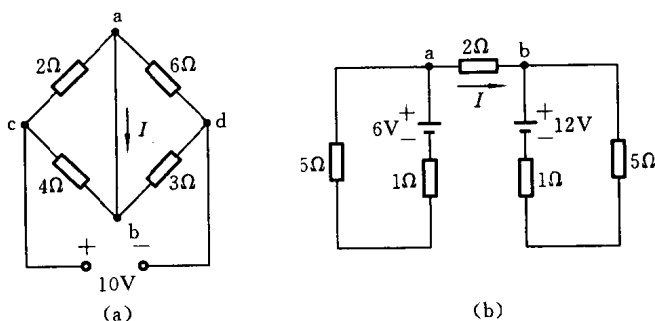


图 1.11 题 1.6.5 的图

解法一: 图 1.11(a) 有支路数 6 条, 结点数 4 个。对于图 1.11 (a), c、d 间等效电阻

$$\begin{aligned} R_{cd} &= 2\Omega // 4\Omega + 6\Omega // 3\Omega \\ &= \frac{2\Omega \times 4\Omega}{2\Omega + 4\Omega} + \frac{6\Omega \times 3\Omega}{6\Omega + 3\Omega} = \frac{10}{3}\Omega \end{aligned}$$

由电源提供的总电流设为 I' ,

$$I' = \frac{10V}{R_{cd}} = \frac{10V}{10/3\Omega} = 3A$$

以 d 为参考点, 则