



中央广播电视大学教材

电工学学习指导书

DIANGONG XUE

李西平 编



中央广

前 言

本书是为配合中央广播电视大学《电工学》(第二版)课程教材而编写的教学辅助读物。目的为:既要使读者在本指导书的引导下,能够独立地、比较顺利地教材进行学习,同时又辅导教师贯彻课程的教学要求和组织辅导课提供依据。

根据电大生和自学者的学习特点,本书按原教材的章节顺序,从三个方面提供学习指导。

一、内容择要与难点释疑

抓住重点,这是同学们学习过程中普遍的愿望。因此,本节在力求突出基本概念、基本原理和基本分析方法的基础上,引导读者抓住重点、突破难点。此外,为了开拓知识面,提高分析问题和解决问题的能力,其间穿插一些综合型的且时与工程实际相结合的例题,以便达到温故而知新之目的。

二、重点要求

重点要求的内容与教学基本要求是没有本质上的区别的,只是后者更系统些,前者更集中些。

三、自我检测题与详解

自我检测题多选自1984~1993年电大考题,意在提供考题的模式,使学生对基本教学要求做到心中有数,通过习作,自我验证,从而提高应试能力。

由于水平有限,时间匆促,书中难免有错误和不妥之处,敬请读者不吝指正。

编 者

1995年2月

目 录

第一章 电路的基本定律及基本分析方法	(1)
一、内容择要与难点释疑	(1)
1. 何谓直流电路?	(1)
2. 欧姆定律的适用范围	(1)
3. 假定正方向有何规则可循?	(2)
4. 电压与电位的异同	(2)
5. 电压与电动势的关系	(3)
6. 恒压源的性质是什么?	(3)
7. 恒流源的性质是什么?	(4)
8. 基尔霍夫定律适用于哪些电路?	(5)
9. 列写 KCL 和 KVL 方程的要点	(5)
10. 恒压源与恒流源并联时的功率	(6)
11. 负载增加的涵义是什么?	(6)
12. 具有相同伏安关系的二端网络等效吗?	(6)
13. 电源等效变换所涉及的几个概念	(7)
14. 叠加原理及其应用	(9)
15. 特点突出的戴维南定理	(10)
16. 为什么要研究电路的过渡过程?	(11)
17. 换路定律及其适用面	(12)
18. 时间常数 τ 的物理意义	(12)
二、重点要求	(15)
三、自我检测题与详解	(15)
第二章 正弦交流电路	(21)
一、内容择要与难点释疑	(21)
1. 正弦交流电量的表示方法	(21)
2. 何为相、初相和相位差?	(21)
3. 正弦量最常用的两种表示方法	(24)
4. 应理解的几个重要概念	(25)
5. “j”的物理意义和数学意义是什么?	(25)

6. 相量计算法	(26)
7. 分析单一参数正弦交流电路的目的	(26)
8. 单一参数正弦交流电路有何特点?	(26)
9. 基尔霍夫定律的复数形式	(28)
10. R、L、C 串联交流电路的特点	(29)
11. 并联交流电路的计算	(31)
12. 解题步骤有何规律可循?	(32)
13. 怎样画交流电路的相量图?	(33)
14. 何谓视在功率、有功功率和无功功率?	(34)
15. 提高功率因数的意义	(35)
16. 谐振	(36)
二、重点要求	(37)
三、自我检测题与详解	(37)

第三章 三相交流电路

一、内容择要与难点释疑	(45)
1. 三相四线制电源	(45)
2. 相电压与线电压的关系	(45)
3. 三相负载接入电源的原则	(46)
4. 对称三相电路	(47)
5. 三相功率	(51)
二、重点要求	(52)
三、自我检测题与详解	(52)

第四章 磁路与变压器

一、内容择要与难点释疑	(59)
1. 电流与磁场的联系	(59)
2. 磁场的基本物理量	(59)
3. 磁性材料的磁性质有哪些	(59)
4. 磁路的基本定律	(60)
5. 磁路与电路的相似处	(61)
6. 简单磁路的计算	(61)
7. 变压器各量正方向是如何规定的	(62)
8. 变压器的空载运行	(63)
9. 变压器的负载运行	(63)
10. 变压器的功能	(64)
11. 变压器的额定值	(65)
12. 自耦变压器与普通变压器相比有何优缺点?	(65)
二、重点要求	(65)
三、自我检测题与详解	(65)

第五章 异步电动机	(69)
一、内容择要与难点释疑	(69)
1. 旋转磁场的建立	(69)
2. 异步电动机转动的条件	(70)
3. 转差率的物理意义	(70)
4. 异步电动机的转矩特性	(71)
5. 转矩曲线上的三个重要转矩	(72)
6. 异步电动机的机械特性	(73)
7. 电压变动对异步电动机运行有何影响	(73)
8. 额定值	(74)
9. 异步电动机的起动	(74)
二、重点要求	(76)
三、自我检测题与详解	(76)
第六章 异步电动机的继电—接触器控制	(81)
一、内容择要与难点释疑	(81)
1. 常用电器	(81)
2. 异步电动机控制电路的基本环节	(83)
3. 读图要点	(83)
二、重点要求	(86)
三、自我检测题与详解	(86)
第七章 半导体器件	(91)
一、内容择要与难点释疑	(91)
1. 半导体的特性	(91)
2. 何为本征半导体的热激发?	(91)
3. 掺杂半导体	(91)
4. PN 结及其特性	(92)
5. 二极管的伏安特性	(92)
6. 稳压管	(93)
7. 三极管的结构和种类	(94)
8. 三极管放大的条件	(94)
9. 三极管的放大原理	(94)
10. 三极管的特性曲线	(96)
11. 放大区的特点	(97)
12. 在什么情况下, $\bar{\beta}$ 与 β 相等?	(97)
13. 三极管的主要参数	(97)
二、重点要求	(98)
三、自我检测题与详解	(99)

第八章 基本放大电路	(104)
一、内容择要与难点释疑	(104)
1. 放大的实质	(104)
2. 对放大器的基本要求	(104)
3. 放大器中各元器件的作用	(104)
4. 应充分理解的几个基本概念	(104)
5. 图解法与静态工作点	(106)
6. 微变等效电路分析法	(107)
7. 输入电阻和输出电阻	(107)
8. 工作点稳定问题	(108)
9. 耦合方式的比较	(110)
10. 频率特性与通频带	(110)
11. 射极输出器的特点及用途	(111)
12. 关于电阻折合的概念	(112)
13. 功率放大与电压放大的区别	(113)
14. 功放工作状态的分类	(114)
15. 甲乙类互补对称功放电路	(114)
二、重点要求	(115)
三、自我检测题与详解	(115)
第九章 集成运算放大器	(121)
一、内容择要与难点释疑	(121)
1. 什么是运算放大器?	(121)
2. 直接耦合产生的问题	(121)
3. 零漂现象与产生原因	(121)
4. 差动式放大电路	(121)
5. 差放电路形式及性能特点	(122)
6. 反馈的基本概念	(123)
7. 反馈的分类	(124)
8. 负反馈分析中可能产生的一个疑问	(125)
9. 反馈效果与 R_s 、 R_L 的关系	(125)
10. 负反馈对放大器性能的改善	(126)
11. 什么是理想运放?	(127)
12. 两条重要结论	(127)
13. 运放最基本的输入方式	(127)
14. 信号运算电路	(128)
15. 电压比较器的用途与特点	(133)
16. 正弦信号发生器的基本概念	(133)
17. RC 桥式正弦信号发生器	(134)
二、重点要求	(135)
三、自我检测题与详解	(135)

第十章 直流稳压电源	(140)
一、内容择要与难点释疑	(140)
1. 单相桥式整流电路	(140)
2. 三相桥式整流电路	(141)
3. 滤波电路	(141)
4. 串联型晶体管稳压电路	(142)
5. 集成稳压电源	(143)
二、重点要求	(143)
三、自我检测题与详解	(143)
第十一章 数字电子电路	(146)
一、内容择要与难点释疑	(146)
1. 模拟电路和数字电路有何不同?	(146)
2. 什么是“权”?	(147)
3. 基本逻辑门电路	(147)
4. TTL 传输特性与主要参数	(149)
5. 三态门和异或门	(151)
6. 逻辑代数的基本公式和规则	(151)
7. 逻辑函数式的化简	(153)
8. 组合逻辑电路的分析与设计	(154)
9. 触发器的结构、特点与分类	(156)
10. 触发器的逻辑功能	(156)
11. 逻辑功能的记忆方法	(158)
12. 寄存器	(160)
13. 计数器的功能与分类	(160)
14. 异步二进制加法计数器	(160)
15. 同步二进制加法计数器	(161)
16. 十进制计数器	(161)
17. 基本译码电路与显示译码器	(162)
18. 集成 555 定时器及其应用	(162)
19. A/D 和 D/A 转换器	(164)
二、重点要求	(165)
三、自我检测题与详解	(165)

第一章 电路的基本定律及基本分析方法

本章所叙及的电路的基本物理量、电路的基本定律、电路的工作状态等,不仅是分析与计算电路的基础,亦贯穿电工学课程始终。尽管有些内容已在物理课中学习过,但为了加强理论的系统性,仍列入本章中,以便使读者进一步巩固和加深对这些内容的理解,达到循序渐进,进而充分应用的目的。

一、内容择要与难点释疑

1. 何谓直流电路?

所谓直流电路,通常是指由直流电源及电阻元件组成的纯电组电路。当电源接通后,电路中各支路的电流和电压便立即建立起来并始终保持不变。

在物理学中,着重说明在电路中形成电流的条件和电能与其它形式能量相互转换的现象;而在电工学中,则着眼于电路分析方法的阐述,其目的在于揭示电路的功能。

2. 欧姆定律的适用范围

欧姆定律是指电阻中电流与其两端间电压成正比的这一特定关系,即 $R = \frac{U}{I}$ 。反映到几何图形中是一条通过原点的直线,如图 1-1(a)所示。显然电阻 R 是不随电压 U 和电流 I 的大小改变的,具有这种伏安特性的电阻称为线性电阻。

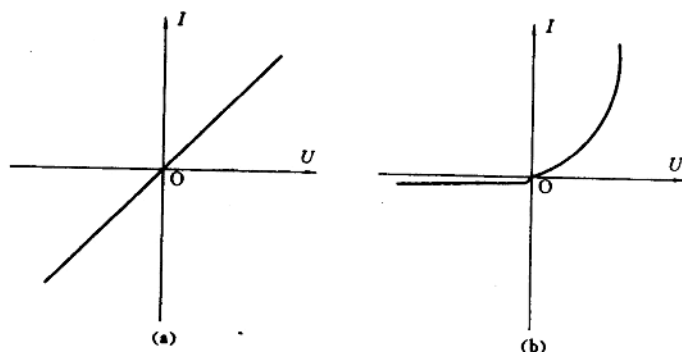


图 1-1

对于非线性电阻而言,它的电流与电压间的关系不是线性的,即当加在其上的电压发生变化时,电流并非成比例地变化,图(b)所示二极管的伏安特性即为一例。线性和非线性电阻,虽然都是用电压对电流的比值来定义的,但前者的 U 和 I 可依据恒定的 R 互为求取,而后者则不然。因此,只有线性电阻两端的电压和其中通过的电流才符合欧姆定律。

3. 假定正方向有何规则可循?

在分析各种电路时,我们总要列写一些方程,然后进行求解。而假定电路中电压和电流的正方向,正是为列写方程所必需。否则,方程中电压和电流的符号就无从确定。

正方向是人为选定的一个方向,而电路中各支路电压和电流的实际方向的确定正是取决于在此正方向下电压和电流的代数值的正负。当代数值为正值时,实际方向与正方向相同;当代数值为负值时,实际方向与正方向相反。

例 1-1 图 1-2(a)中,已知 $I = -5\text{A}$, $R = 5\Omega$, 试求电压 U , 并标出电压的实际方向。

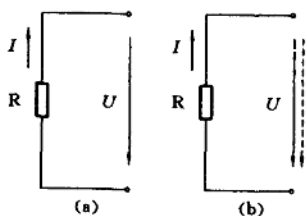


图 1-2

解 图(a)中已标出电阻两端电压 U 与流过该电阻中电流的正方向,由于二者方向相反,则 $U = -IR$ 。于是

$$U = -IR = -(-5) \times 5 = 25\text{V}$$

因为求出的 U 为正值,所以电压 U 的实际方向与正方向相同,如图(b)中虚线箭头所示。此外,依据电压 U 的实际方向亦可断定电流 I 的实际方向与其正方向相反。

在单电源的电路中,一般都假定电流沿电位升的方向流过。在电路中各元件上,则假定电压与电流具有同一正方向,即所谓“关联方向”。采纳关联方向可以减少计算出错。

关于“关联方向”的准则,对于直流和交流电路,单电源和多电源电路均是适用的。

4. 电压与电位的异同

电压是电路中任意两点电位之差,而电位虽是对某一参考点(通常取大地为参考点,认为大地为零电位点)而言,但实质上还是指两点间的电位之差,这是它们的相同之处。不同之处是,电位是相对于参考点的物理量,选定的参考点不同,同一点电位的数值就不同。而电压与参考点无关。

例 1-2 图 1-3 所示电路,电阻 $R_1 = R_2 = R_3 = 10\Omega$ 。当选定 0 为参考点时, b、c 点的电位分别是 $V_b = 5\text{V}$ 、 $V_c = 3\text{V}$ 。问:

(1) a 点电位 $V_a = ?$ a、c 两点间电压 $U_{ac} = ?$

(2) 若取 c 点为参考点, a、b 电位变否? 电压 U_{ac} 的数值变否?

解 (1) 欲计算 a 点电位需首先计算电流 I 的数值,即

$$I = \frac{U_{bc}}{R_1} = \frac{V_b - V_c}{R_1} = \frac{5 - 3}{10} = 0.2\text{A}$$

a 点电位 V_a 就是 a 点到参考点的电位差(电压),根据电流 I 的正方向有

$$V_a = U_{a0} = -IR_3 = -(0.2) \times 10 = -2\text{V}$$

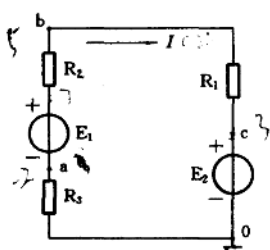


图 1-3

a、c 两点间的电压

$$U_{ac} = V_a - V_c = -2 - 3 = -5V$$

(2) 重新选择 c 为参考点后, a、c 两点间的电压 U_{ac} 不变。此时 a 点电位 V'_a 就是 a 点到参考点 c 之间的电压, 即

$$V'_a = U_{ac} = -5V$$

表明当电位参考点从 0 变为 c 以后, a 点电位从 -2V 变为 -5V。

同理可计算出 0 为参考点时的电压 U_{bc} , 即

$$U_{bc} = V_b - V_c = 5 - 3 = 2V$$

当选择 c 为参考点后, b 点电位为

$$V'_b = U_{bc} = 2V$$

参考点改变后, 电压 U_{ba} 不变, 仍可根据 0 为参考点时的电位数计算, 即

$$U_{ba} = V_b - V_a = 5 - (-2) = 7V$$

5. 电压与电动势的关系

图 1-4 示出了电源的两个电极及电荷的回路。图中可见, 电压 U_{ab} 在数值上等于电场力把单位正电荷从高电位端 a 移到低电位端 b 所做的功, 其寓意为单位正电荷在移动过程中失去了电能。电动势 E_{ba} 在数值上等于电源力把单位正电荷从电源的低电位端 b 经电源内部移到高电位端 a 所做的功, 其寓意为单位正电荷在移动过程中获得了电能。因此, 虽然两者的物理意义不同, 即电压的正方向表示电位降, 电动势的正方向表示电位升, 但从现象看, 两者都是趋使正电荷在 a、b 两端间移动。而对外部电路所表现的客观效果来看, 两者均可表示电源正、负极间的电位差。所以, 在近代电路理论中, 为了叙述和分析的方便, 经常不提电动势, 而用正方向相反、大小相等的电压来等效表示电动势。图 1-5 给出各种参考方向下电压和电动势的方向关系。图中实线箭头分别表示电压和电动势的正方向。

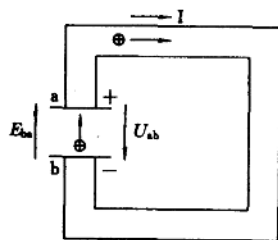


图 1-4

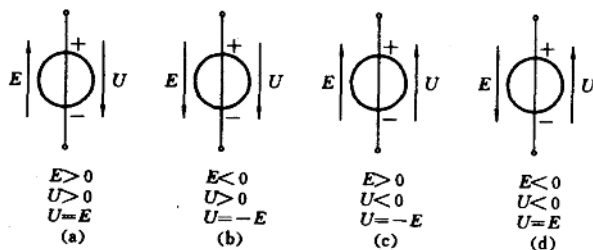


图 1-5

6. 恒压源的性质是什么?

恒压源的性质为: (1) 它的输出电压始终是恒定的, 不受输出电流的影响; (2) 通过

它的电流不由它本身决定,而由与之相连的负载电阻决定。

由于恒压源〔见图 1-6(a)〕的内阻为零,其端电压恒定,故当负载电阻趋于零时,输出功率 $P = \frac{U^2}{R} \rightarrow \infty$ 。

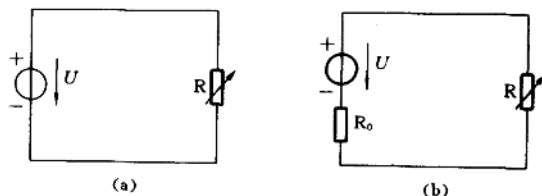


图 1-6

实际电压源〔见图(b)〕是具有一定内阻 R_0 的,当负载电阻趋于零时,输出功率亦趋于零,此时电源的功率全部消耗在内阻 R_0 上。

7. 恒流源的性质是什么?

恒流源的性质为:(1) 它的输出电流始终是恒定的,且不受输出电压的影响;(2) 恒流源的端电压不由它自身决定,而是由与之相连的负载电阻决定。

由于恒流源〔见图 1-7(a)〕的内阻为无穷大,其输出电压恒定,故当负载电阻趋于无穷大时,输出功率 $P = I_s^2 R \rightarrow \infty$ 。

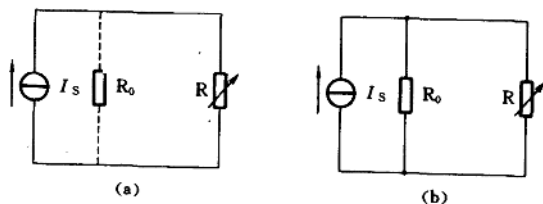


图 1-7

实际电流源〔见图(b)〕的内阻为有限值,当负载电阻趋于无穷大时,输出功率趋于零。

例 1-3 对于图 1-8(a)(b)所示电路,试分别说明就负载电阻 R 而言,哪一个电源起作用?

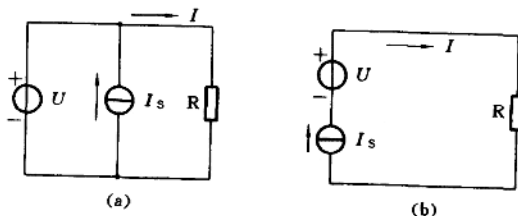


图 1-8

解 对于图(a),由于恒压源内阻为零,故恒流源电流被恒压源短路,起作用的是恒压源。

对于图(b),由于恒流源的内阻为无穷大,故恒压源的电压全部施加在恒流源上,起作用的是恒流源。

8. 基尔霍夫定律适用于哪些电路?

基尔霍夫定律包含两个定律,即基尔霍夫电流定律和基尔霍夫电压定律。基尔霍夫电流定律(KCL)是说,对电路任一节点,流入节点电流的总和等于流出节点电流的总和。或是说,对电路中任一节点,各支路电流的代数和等于零。数学式表示为

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

KCL 体现了电路每一节点上的电流连续性或电荷守恒性。

基尔霍夫电压定律(KVL)是说,对电路中任一回路,沿着该回路的电动势的代数和等于电压降的代数和。或是说,对电路中任一回路,沿着该回路的电压代数和等于零。数学式表示为

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

KVL 体现了电路每一回路中的电位单值性或能量守恒性。

由上述进而导出如下结论:基尔霍夫定律实质上严格地约束了电路中支路电流和支路电压的分配关系,这恰是自然界能量和电荷守恒等普遍规律在电路理论中的正确反映。因此,基尔霍夫定律与电路参数的性质是无关的。即是说,无论电路中元器件为线性或非线性,其参数是随时间变化还是不随时间变化,也无论是直流电路、交流电路或瞬变电路,基尔霍夫定律都是有效的。

基尔霍夫定律是电路理论中最基本的定律,电路的各种分析方法皆以此为依据。

9. 列写 KCL 和 KVL 方程的要点

要点归纳有三:

(1) 电流的正方向(参考方向)是任意假定的,电流方程中各电流前的正负号应由电流的正方向与有关节点的相对关系来确定。

(2) 沿绕行方向电位升高的电动势在 $\sum E = \sum IR$ 方程中取正号;而电位降落的电动势则取负号。在 $\sum U = 0$ 方程中,沿绕行方向电位降落的电动势取正号,而电位升高的电动势则取负号。

(3) 对于电阻上的电压,其降落方向与电流正方向一致时,取 $U = IR$;其降落方向与电流正方向相反时,则取 $U = -IR$ 。

例 1-4 图 1-9 所示电路中,已知 $R_1 = R_2 = 1\Omega$, $R_3 = R_4 = 2\Omega$, $E_1 = 10\text{V}$, $E_2 = 5\text{V}$, $I_s = 2\text{A}$,求各支路电流及恒流源的端电压 U_s 。

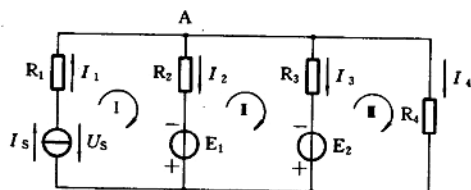


图 1-9

解 图中已示出各支路电流正方向和网孔绕行方向,由 KCL、KVL 有节点 A $I_1 - I_2 - I_3 - I_4 = 0$

网孔 I $I_1 R_1 + I_2 R_2 - U_s = E_1$

网孔 II $-I_2 R_2 + I_3 R_3 = E_2 - E_1$

网孔 III $-I_3 R_3 + I_4 R_4 = -E_2$

代入已知数值,得

$$\begin{cases} 2 - I_2 - I_3 - I_4 = 0 \\ 2 + I_2 - U_s = 10 \\ -I_2 + 2I_3 = 5 - 10 \\ -2I_3 + 2I_4 = -5 \end{cases}$$

解此联立方程得

$$I_2 = 4.75\text{A} \quad I_3 = -0.125\text{A} \quad I_4 = -2.625\text{A}$$

$$U_s = -3.25\text{V}$$

I_2 为正值,说明它的实际方向与正方向相同。 I_3 、 I_4 、 U_s 为负值,说明它们的实际方向与正方向相反。

10. 恒压源与恒流源相并联时的功率

是“吸收”还是“输出”,取决于二者的方向。图 1-10(a)中,恒流源电流 I_s 是从恒压源的正端流入的,即是由高电位指向低电位,所以恒压源吸收功率, $P_E = -EI_s$, 而恒流源输出功率 $P_s = EI_s$ 。

图(b)中, I_s 是从 E 的负端流入的,即是由低电位指向高电位,所以恒压源输出功率,而恒流源吸收功率。

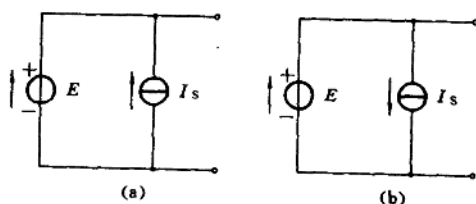


图 1-10

11. 负载增加的涵义是什么?

负载增加意指电路的输出功率增加。在近似恒压源供电的系统中,负载获得的功率 $P = UI = \frac{U^2}{R}$, 负载增加即是负载电流增大,相当于负载电阻减小。

在近似恒流源供电的系统中,负载获得的功率 $P = UI = I^2 R$, 负载增加即是负载电压增大,相当于负载电阻加大。

12. 具有相同伏安关系的二端网络等效吗?

两个二端网络等效是指二者对外电路的作用相同而言的。请注意:这里所说的外电路,是指二端口外接任何同样的电路(或负载),而不是某个特定同样的电路(或负载)。

例 1-5 验证图 1-11 所示电路中的两个线性有源二端网络是否等效?

解 设负载电阻取两组相同的阻值, 即 $R=2\Omega$ 、 $R=3\Omega$, 然后以伏安关系验证。

当 $R=2\Omega$ 时, 有

$$I_1 = I_s \times \frac{R_0}{R_0 + R} = 8 \times \frac{1}{2} = 4\text{A}$$

$$U_1 = I_1 \times R = 4 \times 2 = 8\text{V}$$

$$I_2 = \frac{E}{R_0 + R} = \frac{12}{1+2} = 4\text{A}$$

$$U_2 = I_2 \times R = 4 \times 2 = 8\text{V}$$

当 $R=3\Omega$ 时, 有

$$I_1 = I_s \times \frac{R_0}{R_0 + R} = 8 \times \frac{2}{2+3} = 3.2\text{A}$$

$$U_1 = I_1 \times R = 3.2 \times 2 = 6.4\text{V}$$

$$I_2 = \frac{E}{R_0 + R} = \frac{12}{1+3} = 3\text{A}$$

$$U_2 = I_2 \times R = 3 \times 2 = 6\text{V}$$

对照两组数据, 得出 $U_1 \neq U_2$, $I_1 \neq I_2$, 故表明两个二端网络不等效。

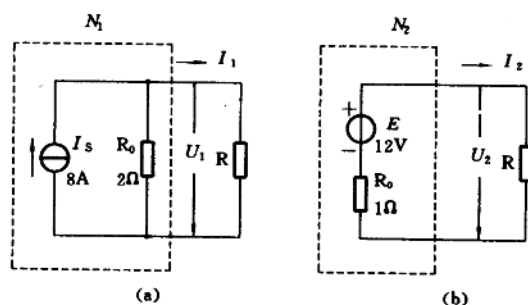


图 1-11

13. 电源等效变换所涉及的几个概念

(1) 一个确定的电源能否用两种不同的电路模型(电压源和电流源)来表示, 关键在于它们是否具有相同的外特性曲线。图 1-12(a)(b)示出了电压源和电流源的外特性曲线。外特性曲线相同反映出了电压源和电流源的内阻相等。值得注意的是, 不可认为采用电压源形式的电源, 其外特性必然近似恒压源; 采用电流源形式的电源, 其外特性必然近似恒流源。实际上, 电源外特性性质的确定取决于负载电阻与电源内阻的相对数值。倘若负载电阻远大于内阻, 则电源的外特性曲线较为平坦, 接近恒压源; 倘若负载电阻远小于内阻, 则电源的外特性曲线则呈陡降形式, 接近恒流源。

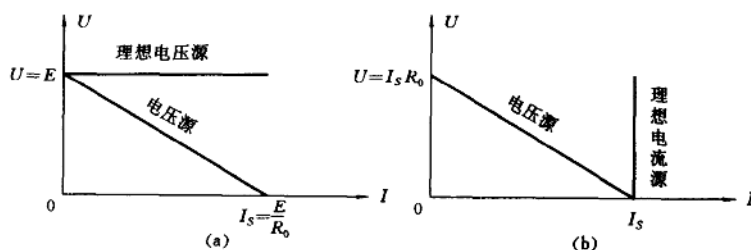


图 1-12

(2) 电压源和电流源的相互等效只是对外电路而言的,至于电源内部则是不等效的。例如图 1-13(a)中,若负载开路,则 $I=0$,说明电源内阻 R_0 上不损耗功率。但在图(b)中,若负载开路,电源内部仍有电流,说明内阻 R_0 上有功率损耗。同理,当负载短路时,两者对外电路等效,但对电源内部的功耗亦不同。

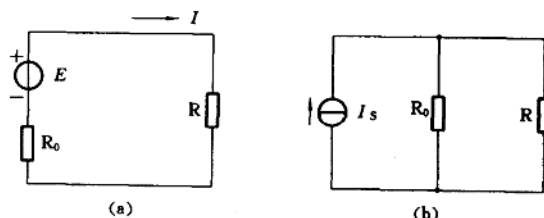


图 1-13

(3) 理想电压源和理想电流源本身不能等效的原因是:理想电压源内阻为零,其短路电流为无穷大;理想电流源内阻为无穷大,其开路电压为无穷大。两者均得不到有限的数值,故而无法等效。

例 1-6 求图 1-14(a)中通过电阻 $R=9\Omega$ 的电流 I 。

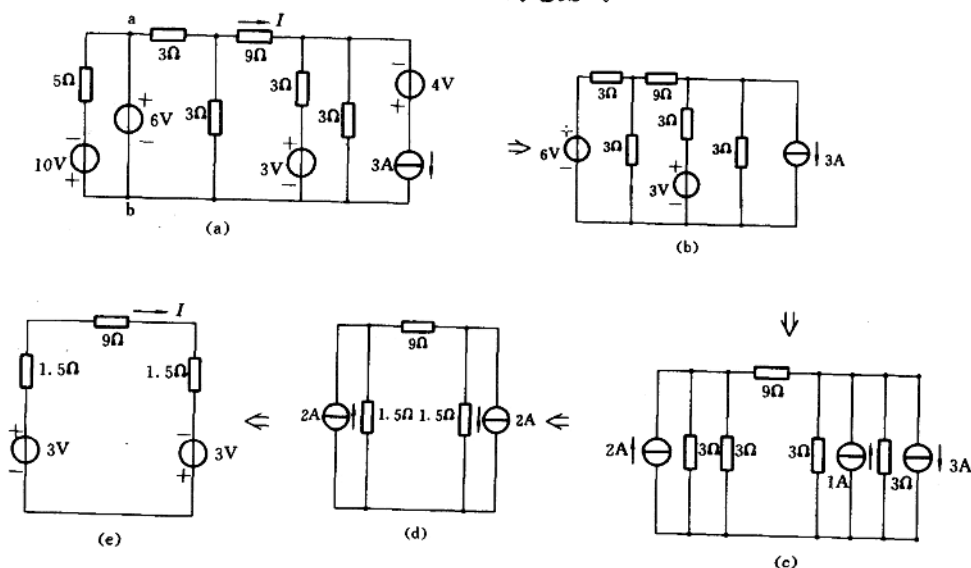


图 1-14

解 根据电源等效变换定理,由图(a)~(e)的变换次序,可得通过电阻 R 的电流

$$I = \frac{3+3}{1.5+9+1.5} = 0.5\text{A}$$

上述变换过程中,图(a)电路左边电压为 10V 的电源支路(a、b端间)以及右边电压为 4V 的电源均去掉了,这是因为前者两端并联一 6V 的理想电压源,而后者是与 3A 理想电流源串联所致。

14. 叠加原理及其应用

叠加性是所有线性系统具有的普遍性质,其意是指在线性电路(网络)里,若含有两个或两个以上输入量同时作用时,在电路中任一支路中所产生的电压或电流等于各个输入量单独作用时,在该支路中所产生的电压或电流的代数和。应用叠加定理时需注意:当某独立源工作时,其它独立源应为零。即是说,其它独立源若为电压源则将其短路;若为电流源则将其开路,但所有电源内阻均要保留。

应用叠加原理计算复杂电路时,虽然可把一个复杂电路化为若干简单电路来计算,但随着电源的增多,步骤愈为繁琐。实际上,众多电源一一分别考虑往往大可不必,多数情况是将电压源和电流源分成两组,一组作用时,另一组应置零,两组分别作用之和即为所求。

例 1-7 在图 1-15(a)的电路中,已知 $R_2=R_3$, $I_1=2\text{A}$, $I_2=4\text{A}$ 。当电路中增加一个恒流源 $I_s=10\text{A}$ 时〔见图 1-15(b)〕,问通过 R_1 、 R_2 、 R_3 的电流各为多少?

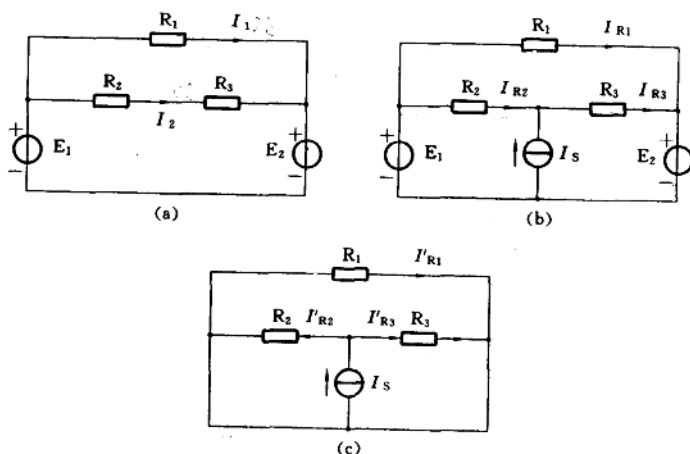


图 1-15

解 根据叠加定理,图 1-15(b)中通过 R_1 、 R_2 和 R_3 的电流可以化为两恒压源同时作用和恒流源单独作用时在这些支路中产生的电流的叠加。图 1-15(a)所示电路正是两恒压源同时作用的情况。其中电流为已知。

图 1-15(c)为恒流源单独作用时的情况。图中可见, R_1 被两恒压源短接,所以 $I'_{R1}=0$ 。由于 $R_2=R_3$,且二者与恒流源并联,根据分流公式可得

$$I'_{R2} = I'_{R3} = I_s \times \frac{R_3}{R_2 + R_3} = 10 \times \frac{1}{2} = 5\text{A}$$

最后,将分别作用的结果叠加,有

$$I_{R1} = I_1 + I_{R1} = 2 + 0 = 2A$$

$$I_{R2} = I_2 - I_{R2} = 4 - 5 = -1A$$

$$I_{R3} = I_2 + I_{R3} = 4 + 5 = 9A$$

请注意:图 1-15(c)中 I_{R2} 的正方向与图 1-15(b)中 I_{R2} 的正方向相反,说明分电流正方向与原电路中电流正方向不一致,故上面的计算中 I_{R2} 前取负号。

15. 特点突出的戴维南定理

运用戴维南定理求解电路具有简便、快捷的特点,尤其对于求取较复杂电路中某一支路的电压或电流,特别是当该支路的参数发生变化时,其特点愈显突出。

戴维南定理的内容为:任意线性电阻元件构成的有源二端网络就其二端点而言,可以用一个恒压源及串联电阻支路等效代替。利用戴维南定理的关键在于求开路电压和除源网络的等效内阻。

具体步骤为:

第一步,将电路分为待求支路和有源二端网络两部分。

第二步,断开待求支路,求有源二端网络的开路电压。

第三步,求除源网络的等效内阻(网络内所有电压源短路,电流源开路,内阻保留)。

第四步,用等效电压源代替有源二端网络,接入待求支路后求解。

例 1-8 用戴维南定理求图 1-16 所示电路中电阻 R_L 两端的电压 U_{AB} 。

解 断开 AB 支路,将图 1-16 所示电路左侧两个电压源(E_1 和 E_2)等效变换成图 1-17(a)左侧的电压源,其过程如下:

$$I_1 = \frac{E_1 - E_2}{R_1 + R_2} = \frac{40 - 22}{6 + 3} = 2A$$

$$\begin{aligned} E_{12} &= I_1 R_2 + E_2 \\ &= 2 \times 3 + 22 = 28V \end{aligned}$$

$$R_{12} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{6 \times 3}{6 + 3} = 2\Omega$$

图 1-17(a)右侧电路中的电流 I_1 为

$$\begin{aligned} I_1 &= \frac{E_4}{R_4 + R_5 + R_6} \\ &= \frac{20}{10 + 8 + 2} = 1A \end{aligned}$$

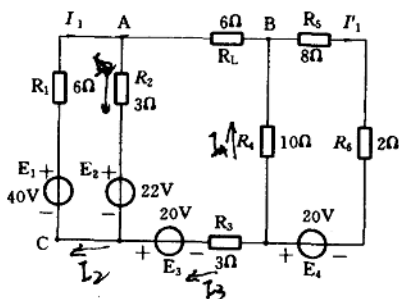


图 1-16