



执业资格考试丛书

注册电气工程师 考试辅导教材及 复习题解

专业基础理论部分

戴瑜兴 黄铁兵 主编

执业资格考试丛书

注册电气工程师考试辅导
教材及复习题解
专业基础理论部分

戴瑜兴 黄铁兵 主编

中国建筑工程工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

注册电气工程师考试辅导教材及复习题解. 专业基础
理论部分/戴瑜兴, 黄铁兵主编. —北京: 中国建筑工业
出版社, 2006

(执业资格考试丛书)

ISBN 7-112-08158-0

I. 注... II. ①戴... ②黄... III. 电气工程—工
程师—资格考核—自学参考资料 IV. TM

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 011006 号

本书是注册电气工程师执业资格考试的专业基础理论部分辅导教材及
复习题解, 内容包括: 电路与电磁场、模拟电子技术、数字电子技术和电
气工程基础。每一部分都包括基本知识、例题及复习题。

本书供参加注册电气工程师执业资格考试和高等院校参加相关考试的
人员复习参考。

* * *

责任编辑: 时咏梅 封 毅

责任设计: 彭路路

责任校对: 张 虹

执业资格考试丛书

注册电气工程师考试辅导教材及复习题解

专业基础理论部分

戴瑜兴 黄铁兵 主编

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

新华书店经销

北京市安泰印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 13 $\frac{3}{4}$ 字数: 333 千字

2006 年 2 月第一版 2006 年 2 月第一次印刷

印数: 1—8000 册 定价: 22.00 元

ISBN 7-112-08158-0

(14112)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

本社网址: <http://www.cabp.com.cn>

网上书店: <http://www.china-building.com.cn>

主 编:戴瑜兴 黄铁兵

编写人员:

1 电路与电磁场:刘雁鹏

2 模拟电子技术:颜小军

3 数字电子技术:王数明

4 电气工程基础:

4.1~4.6 李 光

4.7~4.13 王文书

目 录

1 电路与电磁场	1
1.1 电路的基本概念和基本定律	1
1.2 电路的分析方法	9
1.3 正弦电流电路	15
1.4 非正弦周期电流电路	32
1.5 简单动态电路的时域分析	37
1.6 静电场	44
1.7 恒定电场	52
1.8 恒定磁场	58
1.9 均匀传输线	63
2 模拟电子技术	67
2.1 半导体及二极管	67
2.2 放大电路基础	71
2.3 线性集成运算放大器和运算电路	79
2.4 信号处理电路	88
2.5 信号发生电路	91
2.6 功率放大电路	96
2.7 直流稳压电源	100
3 数字电子技术	129
3.1 数字电路基础	129
3.2 集成逻辑门电路	133
3.3 数字基础及逻辑函数	136
3.4 集成组合逻辑电路	140
3.5 触发器	154
3.6 时序逻辑电路	162
3.7 脉冲波形的产生	172
3.8 数模和模数转换	176
4 电气工程基础	180
4.1 电力系统基本知识	180
4.2 电力线路、变压器的参数与等值电路	181
4.3 简单电网的潮流计算	185
4.4 无功功率平衡和电压调整	189
4.5 短路电流计算	192
4.6 变压器	196
4.7 感应电动机	200
4.8 同步电机	203

4.9 过电压及绝缘配合	205
4.10 断路器	206
4.11 互感器	207
4.12 电气主接线	209
4.13 电气设备选择	212

1 电路与电磁场

1.1 电路的基本概念和基本定律

1.1.1 线性电阻

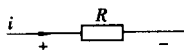


图 1.1-1

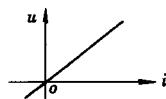


图 1.1-2

1. 定义

(1) 加在电路两端的电压 U 与电路中通过的电流 I 之比, 即 $R = \frac{U}{I}$ 。电阻的单位是 Ω (欧姆, 即伏/安), 电阻的倒数叫电导, 单位为 S (西门子)。

(2) 一段截面均匀的导体, 其电阻与截面积 S 成反比, 而与长度 l 成正比, 即 $R = \rho \frac{l}{S}$ (ρ ——材料的电阻率)。

2. 性质

(1) 伏安关系: $u = Ri$; (2) 无源性; (3) 双向性; (4) 无记忆性。

1.1.2 独立电压源

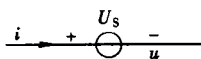


图 1.1-3

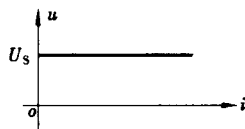


图 1.1-4

1. 定义: 是一个二端理想元件, 元件的电压与通过它的电流无关, 总保持为某给定的时间函数。

2. 性质: (1) 元件上电压 $u(t)$ 的函数是固定的, 不会因它所联接的外电路的不同而改变。

(2) 元件中的电流则随与它联接的外电路的不同而不同。

1.1.3 独立电流源

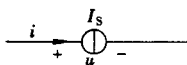


图 1.1-5

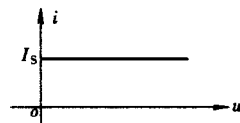


图 1.1-6

1. 定义：是一个二端理想元件，通过电流源的电流与电压无关，电流总保持为某给定的时间函数。

2. 性质：(1) 元件中电流 $i(t)$ 的函数是固定的，不会因它所联接的外电路的不同而改变。

(2) 元件的电压则随与它所联接的外电路的不同而不同。

1.1.4 受控电压源、受控电流源

1. 电压控制电压源 (VCCS) (图 1.1-7)

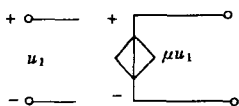


图 1.1-7

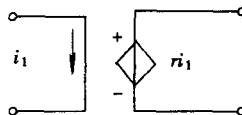


图 1.1-8

2. 电流控制电压源 (CCVS) (图 1.1-8)

3. 电压控制电流源 (VCCS) (图 1.1-9)

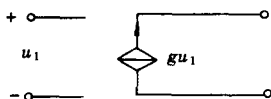


图 1.1-9

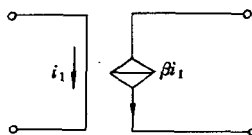


图 1.1-10

4. 电流控制电流源 (CCCS) (图 1.1-10)

其中 μ 、 g 、 r 、 β 都是有关的控制系数， μ 和 β 无量纲， g 和 r 分别具有电导和电阻的量纲。

性质：受控源的电压或电流受电路中其他电压或电流所控制，当这些控制电压或电流为零时，受控源的电压或电流也就为零，本身不起“激励”作用。

1.1.5 线性电容元件

1. 定义：线性电容元件是一个（二端）理想元件，若电容元件上电压的参考方向规定由正极板指向负极板，则任何时刻正极板上的电荷 q 与其两端的电压 u 有以下关系： $q = Cu$ 。

式中 C 称为该元件的电容。 C 是一个与电荷 q 、电压 u 无关的正实常数。

当 $q = 1C$ ， $u = 1V$ 时， $C = 1F$ （法拉）， $1\mu F = 10^{-6}F$ 。

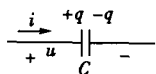


图 1.1-11

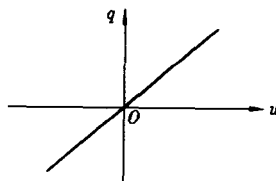


图 1.1-12

2. 性质

(1) 记忆性。

$$u(t) = u(0) + \frac{1}{C} \int_0^t i(\zeta) d\zeta$$

$u(t)$: t 时刻的电容电压; $u(0)$: 0 时刻的电容电压; $i(\zeta)$: 流过电容的电流函数。
上式表明: 在任何时刻 t 电容元件的电压 $u(t)$ 与初始 $u(0)$ 以及从 0 到 t 的所有电流值有关。

(2) 电容元件在任何时刻 t 所储存的电场能量 $W_C(t)$ 。

$$W_C(t) = \frac{1}{2} C u^2(t)$$

从时间 t_1 到 t_2 电容元件吸收的能量:

$$W_C = C \int_{u(t_1)}^{u(t_2)} u du = \frac{1}{2} C u^2(t_2) - \frac{1}{2} C u^2(t_1) = W_C(t_2) - W_C(t_1)$$

1.1.6 线性电感元件

1. 定义: 电感元件是实际线圈的理想化模型。规定磁通 Φ_L 的参考方向与电流 i 的参考方向之间满足右螺旋关系。在这种关联的参考方向下, 任何时刻线性电感元件的自感磁通链 Ψ_L 与元件中电流 i 有以下关系: $\Psi_L = Li$ 。式中 L 称为该元件的自感或电感。

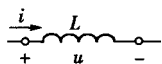


图 1.1-13 图形符号

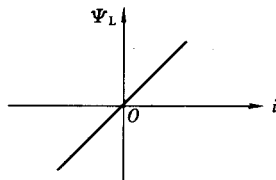


图 1.1-14 线性自感韦安特性

2. 性质: (1) $u = \frac{d\Psi_L(t)}{dt} = L \frac{di}{dt}$

线性电感元件上电压与该时刻电流的变化率成正比。

(2) $i(t) = i(0) + \frac{1}{L} \int_0^t u(\zeta) d\zeta$

任何时刻 t , 电感元件的电流 $i(t)$ 与初始值 $i(0)$ 以及从 0 到 t 的所有电压值有关。

(3) 电感元件在任何时刻 t 所储存的磁场能量等于它所吸收的能量。

$$W_L(t) = \frac{1}{2} L i^2(t)$$

从时间 t_1 与 t_2 内, 线性电感元件吸收的能量:

$$W_L = L \int_{i(t_1)}^{i(t_2)} i di = \frac{1}{2} L i^2(t_2) - \frac{1}{2} L i^2(t_1) = W_L(t_2) - W_L(t_1)$$

1.1.7 耦合电感

一个线圈流过变动电流时, 所产生的磁通会在本线圈中引起感应电压, 即自感电压, 如果在邻近还有其他线圈与上述磁通相链, 还会在其中引起感应电压, 这种电压称为互感电压。这样的两个线圈称为耦合线圈。耦合线圈的电路模型 (只考虑线圈的电磁感应作用, 忽略其电阻等次要参数) 称为耦合电感。

彼此耦合的电感都通以电流时, 耦合电感的电压为自感电压与互感电压两部分叠加。即

$$u_k = \frac{d\Psi_{kk}(t)}{dt} + \sum \frac{d\Psi_{kj}(t)}{dt} = L_k \frac{di_k}{dt} + \sum_{k \neq j} M_{kj} \frac{di_j}{dt}$$

式中 Ψ_{kk} ——自感磁通链;
 ψ_{kj} ——互感磁通链;
 L_k ——元件自感或电感;
 M_{kj} ——互感。与自感电压同向的互感电压取正。

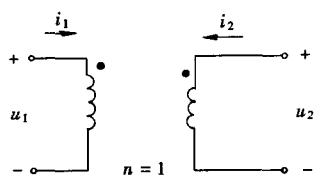


图 1.1-15

1.1.8 理想变压器

1. 定义: 变压器是由两个绕在非铁磁材料制成的芯子上并且有互感的线圈组成。理想变压器是一种特殊的无损耗全耦合变压器, 如图 1.1-15 所示。

原边、副边电压和电流满足如下关系:

$$\frac{u_1}{N_1} = \frac{u_2}{N_2} \text{ 或 } u_1 = \frac{N_1}{N_2} u_2$$

$$u_1 = n u_2$$

$$\sum N i = 0 \text{ 或 } N_1 i_1 + N_2 i_2 = 0$$

$$i_1 = -\frac{1}{n} i_2$$

式中 N_1 和 N_2 ——原线圈和副线圈的匝数;

$$n \text{——匝数比或变比, } n = \frac{N_1}{N_2}。$$

2. 性质: 理想变压器应满足 3 个条件。

(1) 变压器本身无损耗;

(2) 耦合系数 $k = M / \sqrt{L_1 L_2} = 1$ (全耦合)

(3) L_1 、 L_2 和 M 均为无限大, 但 $\sqrt{L_1/L_2}$ 的值维持规定的常数, 等于匝数比。即

$$\sqrt{\frac{L_1}{L_2}} = \frac{N_1}{N_2} = n。$$

1.1.9 电流、电压参考方向

1. 电流的参考方向

电流在导线中或一个电路元件中流动的实际方向只有两种可能。先选定其中某个方向作为电流的方向, 这个方向叫做电流的参考方向, 若电流的参考方向与其实际方向一致, 则电流为正值 (如图 1.1-16a 所示)。反之, 则电流为负值 (如图 1.1-16b 所示)。于是, 在指定的电流参考方向下, 电流值的正和负, 就可反应电流的实际方向。

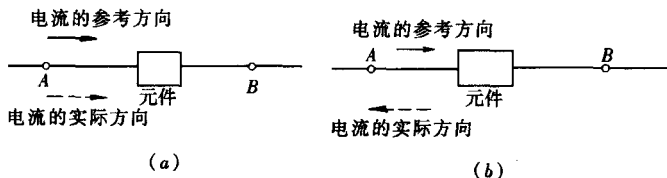


图 1.1-16

2. 电压的参考方向

电压的参考方向也是任意指定。在电路中, 电压的参考方向可以用正 (+), 负 (-) 极性来表示, 正极指向负极的方向就是电压的参考方向。当电压的参考方向与它的实际方向一致时, 电压为正值, 反之为负值。

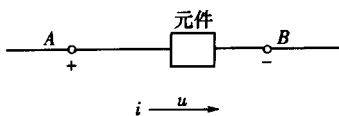


图 1.1-17

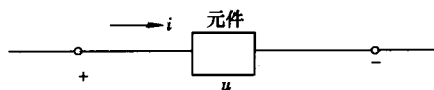


图 1.1-18

3. 关联参考方向

如果指定电流从标以电压“+”极性的一端流入，并从标以“-”极性的另一端流出，即电流的参考方向与电压的参考方向一致，则把电流和电压的这种参考方向称为关联参考方向，如图 1.1-18 所示。

1.1.10 基尔霍夫定律

1. 基尔霍夫电流定律 (KCL)

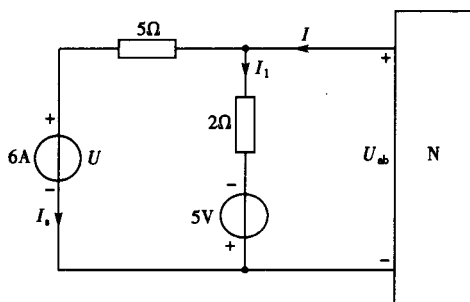
在集总电路中，任何时刻，对任一节点，所有支路电流的代数和恒等于 0。

2. 基尔霍夫电压定律 (KVL)

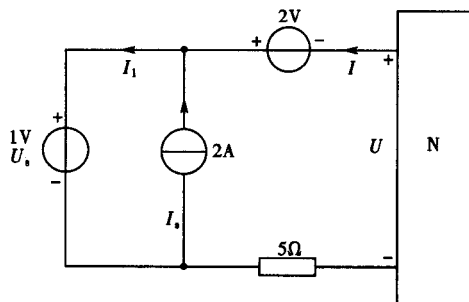
在集总电路中，任何时刻，沿任一回路所有支路电压的代数和恒等于 0。

例 题

【例 1.1-1】 电路如例图 1.1-19 所示，(1) 已知在例图 1.1-19 (a) 中电流 $I = 1\text{A}$ ，求电压 U_{ab} ，电流源 I_s 的功率。(2) 在例图 1.1-19 (b) 中，电压 $U = 4\text{V}$ ，求电流 I ，电压源 U_s 的功率。



(a)



(b)

图 1.1-19

【解】

(1) 在图 (a) 中设 2Ω 与 5V 电压源串联支路的电流为 I_1

$$I_1 = I - I_s = 1 - 6 = -5\text{A}$$

$$U_{ab} = 2 \times I_1 - 5 = 2 \times (-5) - 5 = -15\text{V}$$

设电流源 I_s 两端电压为 U

$$U = -5I_s + U_{ab} = -5 \times 6 + (-15) = -45\text{V}$$

电流源 I_s 的功率

$$P = UI_s = (-45) \times 6 = -270\text{W} < 0$$

电流源的电流、电压为关联方向，乘积小于零，所以电流源发出功率 270W 。

(2) 在图 (b) 中已知 $U = 4V$

$$U = -2 + 1 + 5 \times I$$

$$I = 1A$$

设电压源的电流为 I_1

$$I_1 = I_s + I = 2 + 1 = 3A$$

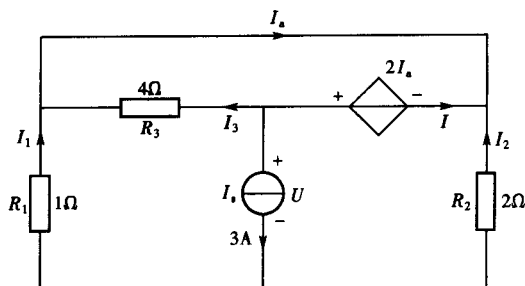


图 1.1-20

电压源 U_s 的功率

$$P = U_s I_1 = 1 \times 3 = 3W > 0$$

电压源的电压、电流为关联方向，乘积大于零，所以电压源吸收功率 3W。

【例 1.1-2】 已知电路和参数如图 1.1-20 所示。试求电流源和受控源的功率。

【解】 设电流源两端电压为 U ，受控源支路电流为 I ，电阻 R_1 ， R_2 ， R_3 支路电流分别为 I_1 ， I_2 和 I_3 。

由于电流 I_a 支路是一条短路线，所以电阻 R_1 ， R_2 为并联联接， R_3 与受控电压源亦是并联。

$$I_1 = I_s \frac{R_2}{R_1 + R_2} = 3 \times \frac{2}{1 + 2} = 2A$$

$$I_3 = \frac{2I_a}{R_3} = \frac{2I_a}{4} = 0.5I_a$$

而

$$I_1 = I_a - I_3$$

$$2 = I_a - 0.5I_a$$

$$I_a = 4A$$

$$I_3 = 0.5I_a = 2A$$

$$U = R_3 I_3 - R_1 I_1 = 4 \times 2 - 1 \times 2 = 6V$$

$$I = -(I_3 + I_s) = -(2 + 3) = -5A$$

电流源的功率 $P = UI_s = 6 \times 3 = 18W > 0$ ，吸收功率。

受控源的功率 $P = 2I_a I = 2 \times 4 \times (-5) = -40W < 0$ ，发出功率。

【例 1.1-3】 图 1.1-21 所示电路为一复杂电路中的一个回路。已知各元件的电压 $u_1 = u_6 = 6V$ ， $u_2 = u_3 = 3V$ ， $u_4 = -7V$ ，试求 u_5 。

【解】 取回路绕行方向为顺时针方向，根据 KVL，可得

$$-u_1 + u_2 + u_3 + u_4 - u_5 - u_6 = 0$$

将已知数值代入

$$-(6) + (3) + (3) + (-7) - u_5 - (6) = 0$$

$$u_5 = -13V$$

u_5 为负值说明 u_5 的实际极性与图中假设的极性相反。

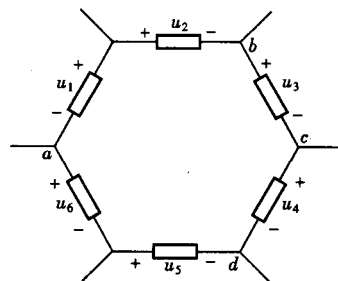


图 1.1-21

【例 1.1-4】 电路如图 1.1-22 所示，已知 $u = 5V$ ， $R_1 = 8\Omega$ ， $R_2 = 10\Omega$ ， $R_3 = 5\Omega$ ，试求 i_1 ， i_2 ， i ， u_s 。

【解】 由于受控电流源与 R_3 串联，根据欧姆定律，有

$$i_2 = \frac{u}{R_3} = \frac{5}{5} = 1\text{A}, \text{ 而 } i_2 = 0.5i, \text{ 得 } i = 2\text{A}$$

应用 KCL，有

$$-i + i_1 + i_2 = 0$$

代入数据，有 $-2 + i_1 + 1 = 0$

解得

$$i_1 = 1\text{A}$$

而应用 KVL，有

$$u_S = 8i + 10i_1 = 16 + 10 = 26\text{V}$$

【例 1.1-5】 电路如图 1.1-23 所示，已知 $u_{s1} = 30\text{V}$ ， $u_{s2} = 10\text{V}$ ， $R_1 = R_2 = R_3 = 20\Omega$ ，求 u 。

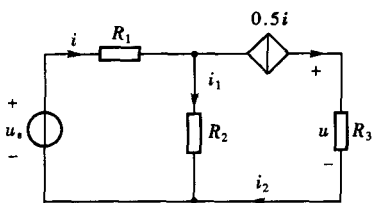
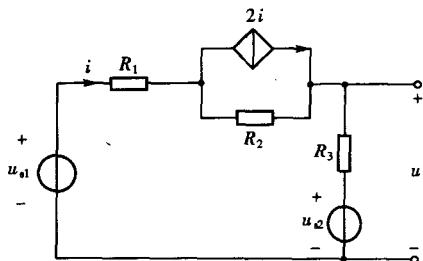
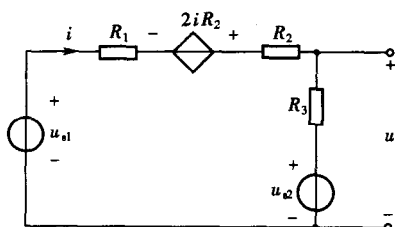


图 1.1-22



(a)



(b)

图 1.1-23

【解】 受控电流源与电阻的并联组合对外同样可以等效为受控电压源与电阻的串联组合，注意，控制量不能消掉。

对于等效电路图 (b) 应用 KVL 有

$$(R_1 + R_2 + R_3) \times i - 2R_2 \times i = u_{s1} - u_{s2}$$

代入数值，有 $60i - 40i = 30 - 10$

得

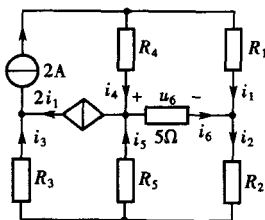
$$i = 1\text{A}$$

$$u = 20i + 10 = 30\text{V}$$

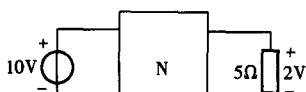
习 题

【1.1-1】 图示电路中，已知 $i_5 = 1\text{A}$ ， $u_6 = 10\text{V}$ 。试选择一适当的树，利用割集形式的 KCL 方程，求出全部支路电流。

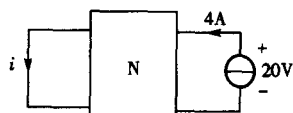
答案： $i_1 = (1/3)\text{A}$ ， $i_2 = (7/3)\text{A}$ ， $i_3 = (4/3)\text{A}$ ， $i_4 = (5/3)\text{A}$ ， $i_6 = 2\text{A}$



题 1.1-1 图



(a)



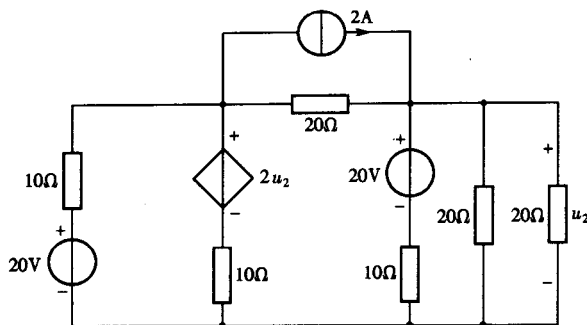
(b)

题 1.1-2 图

【1.1-2】 图示网络中，N 为纯二端电阻网络。试根据图中已知条件求出电流 i 的值。

答案: $i = 1.6\text{A}$

【1.1-3】 电路如图示, 应用节点法求电压 u_{n1} , u_{n2} 。

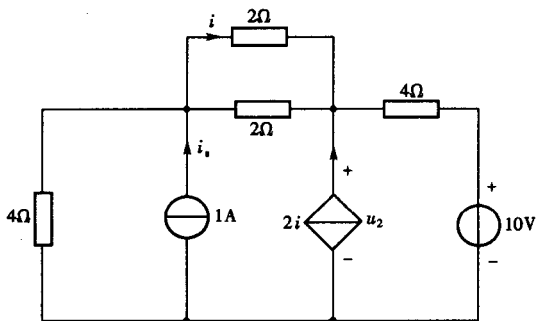


题 1.1-3 图

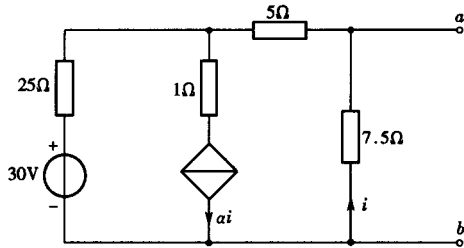
答案: $u_{n1} = 20\text{V}$, $u_{n2} = 20\text{V}$

【1.1-4】 电路如图示, 求受控电流源两端的电压 u_2 及电流源 i_s 发出的功率 P 。

答案: $u_2 = \frac{82}{13}\text{V}$ $P = \frac{76}{13}\text{W}$ (发出功率)



题 1.1-4 图



题 1.1-5 图

【1.1-5】 电路如题图所示, 试给出 (1) $\alpha = 1.5$, (2) $\alpha = 3$ 时, a , b 端的等效电路。

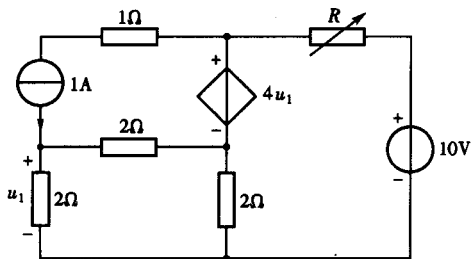
答案:

(1) $\alpha = 1.5$ 时 等效电路为理想电流源 $I_s = 1\text{A}$

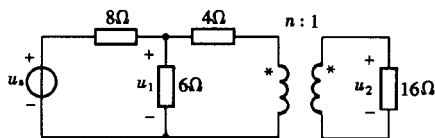
(2) $\alpha = 3$ 时 等效电路中 $I_s = 1\text{A}$ $R_{eq} = -6\Omega$

【1.1-6】 题图所示电路中, 电阻 R 可调节, 问 R 等于多少时才能从电路中吸收最大的功率, 求此最大功率。

答案: $R = 4\Omega$ $P_{\max} = 4\text{W}$



题 1.1-6 图



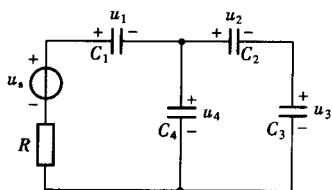
题 1.1-7 图

【1.1-7】 图示电路中, 若要求 $u_2 = u_1$, 求变比 n 应为何值?

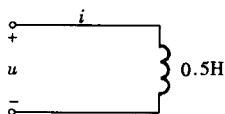
答案: $n = 0.5$

【1.1-8】 图示电路零初始电压的四个电容器, 在 $t=0$ 时与一电压源模型相接。已知 $C_1 = 1\text{F}$, $C_2 = 2\text{F}$, $C_3 = 3\text{F}$, $C_4 = 4\text{F}$, $u_s = 6.2\text{V}$, 试计算电路达到稳态后, 各电容上的电压值。

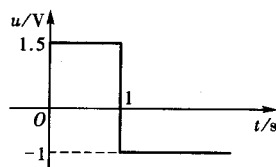
答案: $u_1 = 5.2\text{V}$, $u_2 = 0.6\text{V}$; $u_3 = 0.4\text{V}$, $u_4 = 1\text{V}$



题 1.1-8 图



(a)



(b)

题 1.1-9 图

【1.1-9】 电路的图 (a) 所示。设 $i(0) = 1\text{A}$, 在电感两端施加图 (b) 所示的电压。

(1) 求时间 t 为何值时电流 i 为零。

(2) 求 $t = 4\text{s}$ 时电感上的磁链和存储的磁场能。

答案: (1) $t = 3\text{s}$ (2) $\Psi = -1\text{Wb}$, $W_e = 1\text{J}$

1.2 电路的分析方法

1.2.1 常用的电阻电路等效变换方法

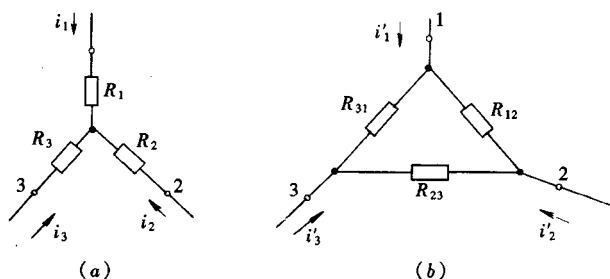


图 1.2-1

1. Δ 形联接转化为 Y 形联接: 星形 (Y 形) 电阻 = $\frac{\Delta\text{形相邻电阻的乘积}}{\Delta\text{形电阻之和}}$

$$\text{如 } R_1 = \frac{R_{31}R_{12}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}}$$

2. Y 形联接转化为 Δ 形联接: Δ 形电导 = $\frac{\text{Y 形相邻电导的乘积}}{\text{Y 形电导之和}}$

$$\text{如: } G_{12} = \frac{G_1G_2}{G_1 + G_2 + G_3}$$

1.2.2 节点电压方程的列写方法

1. 选定参考节点, 标出其余各节点电位;

2. 对 n 个独立节点, 以节点电位为变量列写节点电位方程;

3. 联立求解节点电位方程，得到各节点电位；
4. 根据节点电位，求各支路电流和支路电压以及其他变量；
5. 在参考节点检验，若满足 $\sum i = 0$ ，则计算正确。

1.2.3 回路电流的列写方法

1. 选取独立回路电流及其绕行的参考方向；
2. 对 $(b - n)$ 个独立回路，以回路电流为待求变量列写回路电流方程；
3. 联立求解回路电流方程，得到各回路电流；
4. 根据回路电流，求各支路电流和支路电压以及其他变量；
5. 在未用回路检验，应满足 $\sum u = 0$ 。

1.2.4 叠加定理、戴维南定理和诺顿定理

1. 叠加定理：在线性电阻电路中，任一支路电流（或电压）都是电路中各个独立电源单独作用时在该支路产生的电流（或电压）之叠加。

应注意：（1）叠加定理适用于线性电路，不适用于非线性电路；

（2）叠加时，电路的联接以及电路所有电阻和受控源不予更动。

2. 戴维南定理：一个含独立电源、线性电阻和受控源的一端口，对外电路来说，可以用一个电压源和电阻的串联组合来等效置换，此电压源的电压等于一端口的开路电压，而电阻等于一端口的全部独立电源置零后的输入电阻。

3. 诺顿定理：一个含独立电源、线性电阻和受控源的一端口，对外电路来说，可以用一个电流源和电导的并联组合来等效置换，电流源的电流等于该一端口的短路电流，而电导等于把该一端口的全部独立电源置零后的输入电导。

例 题

【例 1.2-1】电阻网络如图 1.2-2 所示， $R_{12} = 5\Omega$ ， $R_{23} = R_{31} = 10\Omega$ ， $R_4 = 8\Omega$ ， $R_5 = 6\Omega$ ， $R_6 = 3\Omega$ ，试求等效电阻 R_{ab} 。

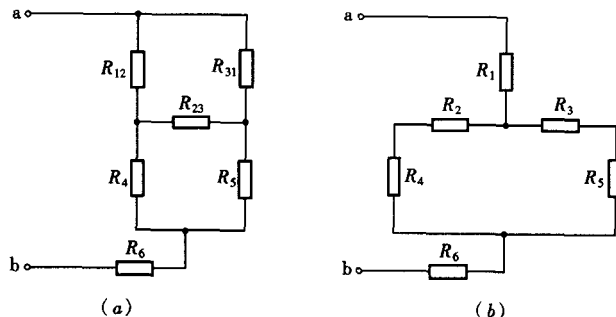


图 1.2-2

【解】 利用电阻的 Y- Δ 变换将图 (a) 变换为图 (b)，则有

$$R_1 = \frac{5 \times 10}{25} = 2\Omega$$

$$R_2 = \frac{5 \times 10}{25} = 2\Omega$$

$$R_3 = \frac{10 \times 10}{25} = 4\Omega$$

因此

$$R_{ab} = 2 + \frac{(2+8) \cdot (4+6)}{2+8+4+6} + 3 = 10\Omega$$

【例 1.2-2】 求图 1.2-3 所示电路三个 60Ω 电阻消耗的功率之和。

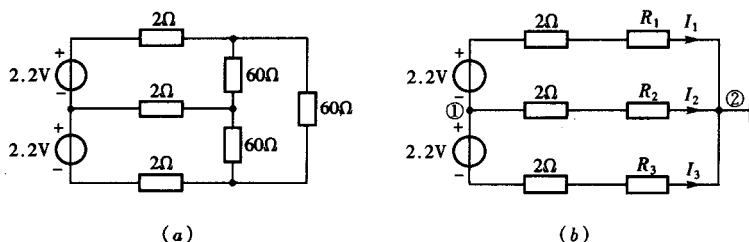


图 1.2-3

【解】 应用星—三角变换将图 (a) 电路等效为图 (b) 电路，其中

$$R_1 = R_2 = R_3 = \frac{60}{3} = 20\Omega$$

利用节点电压法，选节点②为参考节点，对节点①列方程

$$\left(\frac{3}{20+2}\right) U_{n1} = \frac{2.2}{20+2} - \frac{2.2}{20+2}$$

求得

$$U_{n1} = 0$$

故

$$I_1 = \frac{2.2}{20+2} = 0.1\text{A}$$

$$I_2 = 0 \quad I_3 = \frac{-2.2}{20+2} = -0.1\text{A}$$

电阻 R_1 、 R_2 、 R_3 消耗的功率分别为

$$P_{R1} = I_1^2 R_1 = 0.1^2 \times 20 = 0.2\text{W}$$

$$P_{R2} = 0$$

$$P_{R3} = I_3^2 R_3 = 0.2\text{W}$$

R_1 、 R_2 、 R_3 消耗的功率之和就是图 (a) 中三个 60Ω 电阻消耗的功率之和，即

$$P = P_{R1} + P_{R2} + P_{R3} = 0.2 + 0 + 0.2 = 0.4\text{W}$$

【例 1.2-3】 无源一端口网络如图 1.2-4 所示， $R_1 = 10\Omega$ ， $R_2 = 60\Omega$ ， $R_3 = 30\Omega$ ，求 (1) 当 $\beta = 0.5$ ；(2) 当 $\beta = 1.5$ ；(3) 当 $\beta = 2$ 的等效电阻 R_{eq} 。

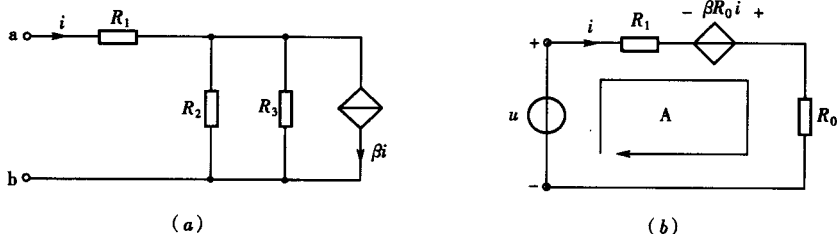


图 1.2-4