



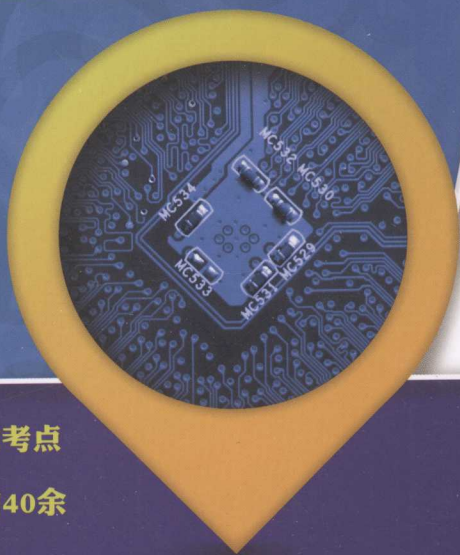
电气与电子信息类研究生入学考试丛书

电路

知识精要与

考研真题详解

网学天地 主编



- 重点、难点解析，简明扼要，归纳了各章的考点
- 题量较大，来源广泛，选题典型，主要选自40余所高校的历年考研真题、期末考试真题
- 解答详细，对所有考试真题均进行了详细解答
- 网学天地 (www.e-studysky.com) 是本丛书的支持网站，支持“书本+在线”的学习方式



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

013056439

TM13-44

53

电气与电子信息类研究生入学考试丛书

电路

知识精要与考研真题详解

网学天地 主编

周国鹏 副主编



电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry



北航

C1662115

TM 13-44
53

013028439

内容简介

全书分为 18 章，每章包括三部分内容：第一部分是重点与难点解析，第二部分是考研真题详解，第三部分是期末考试真题详解。本书精选了清华大学、北京大学、西安交通大学、浙江大学、天津大学、大连理工大学、河海大学、江苏大学、南京理工大学等 40 多所院校近年的电路考研真题和期末真题（含相关科目中的电路试题），并进行了详解。通过这些真题及其详解，读者可以了解和掌握相关院校考研、期末考试的出题特点和解题方法，力求达到讲练结合、灵活掌握、举一反三的功效。

本书可作为考生参加电气与电子信息类相关专业研究生入学考试的备考复习用书，也可作为相关专业期末考试、同等学力考试、自学考试、资格考试的考生的辅导用书。

未经许可，不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有，侵权必究。

图书在版编目 (CIP) 数据

电路知识精要与考研真题详解/网学天地主编. —北京: 电子工业出版社, 2013.7

(电气与电子信息类研究生入学考试丛书)

ISBN 978-7-121-20748-8

I. ①电… II. ①网… III. ①电路理论—研究生—入学考试—题解 IV. ①TM13-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 135007 号

责任编辑: 凌毅 特约编辑: 张莉

印刷: 三河市鑫金马印装有限公司

装订: 三河市鑫金马印装有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开本: 787×1092 1/16 印张: 25 字数: 672 千字

印次: 2013 年 7 月第 1 次印刷

印数: 3 000 册 定价: 58.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题，请向购买书店调换。若书店售缺，请与本社发行部联系，联系及邮购电话：(010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zlt@phei.com.cn，盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线：(010) 88258888。

前 言

高校考研专业课的历年试题一般没有提供答案，虽然各校所用参考教材各异，但万变不离其宗，很多考题也是大同小异。我们参考相关教材和资料，收集和整理了众多高校历年考研真题和期末考试试题，并进行了详细的解答，以减轻考生寻找试题及整理答案的痛苦，让考生用最少的的时间获得最多的重点题、难点题（包括参考答案），这是本书编写的目的所在。

本书精选清华大学、北京大学、武汉大学、华中科技大学、西安交通大学、上海交通大学、天津大学、哈尔滨工业大学、浙江大学、东南大学、电子科技大学、北京交通大学、西安电子科技大学、中南大学、中国科学院、同济大学、四川大学、重庆大学、大连理工大学、北京科技大学、西南交通大学、华南理工大学、武汉理工大学、华北电力大学（北京、保定）、东北电力大学、河海大学、湖南大学、中国矿业大学、南京航空航天大学、武汉科技大学、山东大学、南京理工大学、郑州大学等院校近年的电路（电路分析、电路原理、电路理论、电子线路、电工基础等科目）考研和期末考试真题，并进行了详细解答。通过这些真题及其详解，读者可以了解和掌握相关院校考研、期末考试的出题特点和解题方法。

全书共 18 章，每章基本包括三部分内容。第一部分主要根据各高校的教学大纲、考试大纲等，对本章的重点和难点进行归纳，并进行简要解析；第二部分主要精选知名院校近年的考研真题，并进行详细解答；第三部分主要精选知名院校近年的本科期末考试真题，并进行详细解答。本书具有如下主要特点：

(1) 重点、难点归纳，简明扼要。每章前面均对本章的重点和难点进行了整理，综合众多参考教材，归纳了本章几乎所有的考点，便于读者复习。

(2) 所选题目均为知名院校近年的考研或期末考试真题，这些题目具有很强的代表性。通过这些真题及其详解，读者可以把握相关院校考研和期末考试的出题特点和解题要求。

(3) 对所有考试真题均进行了详细解答。了解历年真题不是目的，关键是要通过真题解答掌握和理解相关知识点。本书不但精选了真题，同时还对所有的真题进行了详细解答。

(4) 题量较大，来源广泛。主要选自 40 余所高校的历年考研真题、名校题库以及众多教材和相关资料，可以说本书的试题都经过了精心挑选，博选众书，取长补短。

本书由网学天地（www.e-studysky.com）主编，周国鹏为副主编。此外，陈胜权、宋云娥、陈敬龙、王晓晨、许明波、李荣彪、柯嫣、李兴存、刘凯、杨倩倩、段浩、吴义东、潘丽繁、段辛雷、孔利娜等也参与了本书编写和部分试题解答工作。

网学天地（www.e-studysky.com）是本书的支持网站，该网站是一家为全国各类考试和专业课学习提供多媒体课件、网络学习、在线辅导、在线考试、面授辅导等全方位教育服务的综合性学习平台。本书和配套网络课程特别适合备战考研和大学期末考试的读者，对于参加相关

专业同等学力考试、自学考试、资格考试的考生也具有很高的参考价值。

由于题量较大，解答详细，错误、遗漏不可避免，诚请读者指正，不妥之处和建议可与作者 (ytchenzip@163.com) 联系。

前 言

编 者

2013年5月

本书是根据教育部《关于成人高等学校招生全国统一考试命题工作的意见》(教考[2003]11号)和《关于成人高等学校招生全国统一考试命题工作的意见》(教考[2003]11号)精神，由教育部考试中心组织有关专家，根据《全国硕士研究生入学统一考试英语考试大纲》(2013年版)的要求，结合成人教育的特点，精心编选而成。本书可作为成人教育、自学考试、资格考试的考生复习参考。

本书共分两册。上册为听力、阅读、翻译、写作、综合应用；下册为词汇、完形填空、阅读理解、翻译、写作、综合应用。本书在编写过程中，参考了《全国硕士研究生入学统一考试英语考试大纲》(2013年版)和《全国硕士研究生入学统一考试英语考试大纲》(2012年版)的相关内容。

本书在编写过程中，得到了教育部考试中心有关专家的指导和帮助，在此表示衷心的感谢。同时，也感谢广大考生对本书的支持和厚爱。

由于编者水平有限，书中难免存在不足之处，恳请广大考生在使用过程中，如发现任何问题，请及时与编者联系，以便及时修订。

编者：ytchenzip@163.com

目 录

第 1 章 电路模型和电路定律	1	9.2 考研真题详解	143
1.1 重点与难点解析	1	9.3 期末考试真题详解	174
1.2 考研真题详解	3	第 10 章 含有耦合电感的电路	176
1.3 期末考试真题详解	5	10.1 重点与难点解析	176
第 2 章 电阻电路的等效变换	7	10.2 考研真题详解	177
2.1 重点与难点解析	7	10.3 期末考试真题详解	192
2.2 考研真题详解	10	第 11 章 电路的频率响应	194
2.3 期末考试真题详解	12	11.1 重点与难点解析	194
第 3 章 电阻电路的一般分析	13	11.2 考研真题详解	196
3.1 重点与难点解析	13	11.3 期末考试真题详解	207
3.2 考研真题详解	16	第 12 章 三相电路	208
3.3 期末考试真题详解	35	12.1 重点与难点解析	208
第 4 章 电路定理	38	12.2 考研真题详解	210
4.1 重点与难点解析	38	12.3 期末考试真题详解	228
4.2 考研真题详解	40	第 13 章 非正弦周期电流电路和信号 的频谱	230
4.3 期末考试真题详解	74	13.1 重点与难点解析	230
第 5 章 含有运算放大器的电阻电路	79	13.2 考研真题详解	231
5.1 重点与难点解析	79	13.3 期末考试真题详解	251
5.2 考研真题详解	80	第 14 章 线性动态电路的复频域分析	255
5.3 期末考试真题详解	88	14.1 重点与难点解析	255
第 6 章 储能元件	92	14.2 考研真题详解	257
6.1 重点与难点解析	92	14.3 期末考试真题详解	275
6.2 考研真题详解	94	第 15 章 电路方程的矩阵形式	277
6.3 期末考试真题详解	95	15.1 重点与难点解析	277
第 7 章 一阶电路和二阶电路的时域 分析	96	15.2 考研真题详解	278
7.1 重点与难点解析	96	15.3 期末考试真题详解	297
7.2 考研真题详解	99	第 16 章 二端口网络	298
7.3 期末考试真题详解	133	16.1 重点与难点解析	298
第 8 章 相量法	136	16.2 考研真题详解	299
8.1 重点与难点解析	136	16.3 期末考试真题详解	319
8.2 考研真题详解	137	第 17 章 非线性电路	321
8.3 期末考试真题详解	140	17.1 重点与难点解析	321
第 9 章 正弦稳态电路的分析	142	17.2 考研真题详解	321
9.1 重点与难点解析	142	17.3 期末考试真题详解	324

第 18 章 均匀传输线	325	18.3 期末考试真题详解	327
18.1 重点与难点解析	325		
18.2 考研真题详解	325		
附录	329		
附录 1 浙江大学 2011 年《电路》考研真题、答案与解析	329		
附录 2 西安电子科技大学 2011 年《信号、电路与系统》考研真题、答案与解析	335		
附录 3 华中科技大学 2011 年《电路理论》考研真题、答案与解析	341		
附录 4 武汉大学 2009 年《电路》考研真题、答案与解析	345		
附录 5 同济大学 2010 年《电路分析》考研真题、答案与解析	351		
附录 6 东南大学 2010 年《电工基础》考研真题、答案与解析	356		
附录 7 哈尔滨工业大学 2010 年《电路与数字电子技术》考研真题、答案与解析	362		
附录 8 中南大学 2010 年《电路理论》考研真题、答案与解析	367		
附录 9 北京交通大学 2010 年《电路》考研真题、答案与解析	373		
附录 10 西安交通大学 2008 年《电路》考研真题、答案与解析	379		
附录 11 上海交通大学 2008 年《基本电路理论》 考研真题、答案与解析	384		
附录 12 天津大学 2009 年《电路（电路基础、网络分析）》 考研真题、答案与解析	389		

第1章 电路模型和电路定律

1.1 重点与难点解析

一、电路与电路模型

电路是电流的通路，其结构形式和所能完成的任务是多种多样的。一般将电路的作用分为两类：①实现电能的传输和转换（通常认为是强电）；②信号的产生、传递和处理（通常认为是弱电）。

为了便于对实际电路进行分析和数学描述，常将实际的元件理想化，即在一定的条件下突出主要电磁性质，忽略次要方面，将它近似成理想电路元件。由理想的电路元件所组成的电路，就是实际电路的电路模型，简称电路。

二、电压和电流的参考方向

所谓参考方向是一种假想方向（又称正方向），其作用是和电压、电流计算结果的正负号一起确定其实际方向。若计算结果大于零，说明假想方向与实际方向一致；反之，则相反。在求解电路时，必须首先确定电压和电流的参考方向。

通常，将某一元件的电压、电流参考方向取一致称关联参考方向；不一致为非关联参考方向。

三、元件的伏安特性

元件的伏安特性是表示元件本身的电压和电流约束关系，是电路分析中基本依据之一。其中，电阻元件的伏安特性是最基本的。

线性电阻元件的伏安特性曲线在 $u-i$ 平面（ $i-u$ 平面）上，是一条经过坐标原点的直线，如图 1-1 所示。任一时刻，电阻电压（或电流）是由同一时刻的电流（或电压）所决定，故电阻元件也称为“无记忆元件”。

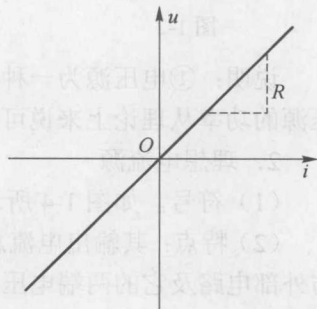


图 1-1

四、基尔霍夫定律

基尔霍夫定律描述了支路电流之间或支路电压之间的约束关系，与元件的伏安特性构成了电路两类约束关系。基尔霍夫定律只与元件的相互连接有关，与元件的性质无关。

(1) 基尔霍夫电流定律 (KCL): 在集总参数电路中，假设各支路电流的参考方向后，在任一时刻，电路中任一节点的电流代数和为零，用数学表达式表示为： $\sum i = 0$ 。

电流的代数和是根据电流是流出节点还是流入节点判断的。流出节点的电流前面取“+”，流入节点的电流前面取“-”。

KCL 也适用于电路中的任一闭合面。

(2) 基尔霍夫电压定律 (KVL): 在集总电路中，假设各支路电压的参考方向后，在任一瞬时，沿任一回路，所有支路电压代数和为零，用数学表达式为： $\sum u = 0$ 。

KVL 也适用于虚拟回路、开口电路。

注：①KCL 适用于节点和任一封闭面；②KCL 表明节点上各个支路电流所受的线性约束关系；③KVL 适用于回路和任一段有源电路；④KVL 表明回路中支路电压的线性约束关系；⑤KVL 与 KCL 适用于任何集总参数电路，仅与元件的连接方式有关，与元件的性质无关；⑥注意两套符号：列写方程时方程中各项前的正负号（电压：与绕行方向一致取正号，反之取负号；电流：流出为正，流入为负）；电压和电流本身数值的正负号。

五、电功率的计算

(1) 当指定了参考方向后，一个元件（或一段电路）的电功率用 $P = \pm UI$ 计算。

(2) 功率为代数量，其数值的正、负表示相应的元件（或电路）功率的性质，即该元件是吸收功率还是发出功率。

(3) 功率计算的正、负号确定：①当关联参考方向， $P = UI$ ；当非关联参考方向， $P = -UI$ 。计算结果： $P > 0$ ，表示吸收功率； $P < 0$ ，表示发出功率。

六、独立电源

独立电源属于有源元件，是二端元件，在电路中起激励作用。电压源的电压与电流源的电流由电源本身决定，与电源外的其他电路无关。

1. 理想电压源

(1) 符号，如图 1-2 所示。

(2) 特点：其两端电压总能保持一定或一定的时间函数，且电压值大小由电压源本身决定，与流过它的电流值无关，如图 1-3 所示。

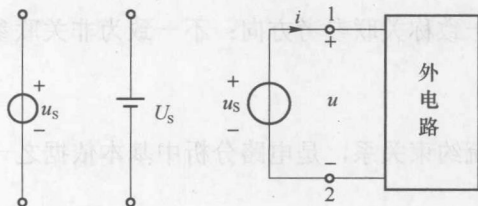


图 1-2

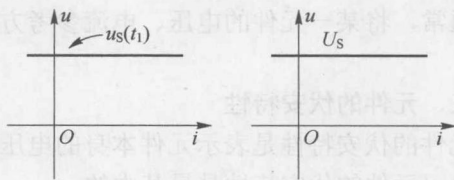


图 1-3

说明：①电压源为一种理想模型；②与电压源并联的元件，其端电压为电压源的值；③电压源的功率从理论上来说可以为无穷大。

2. 理想电流源

(1) 符号，如图 1-4 所示。

(2) 特点：其输出电流总能保持一定或一定的时间函数，且电流值大小由电流源本身决定，与外部电路及它的两端电压值无关，如图 1-5 所示。

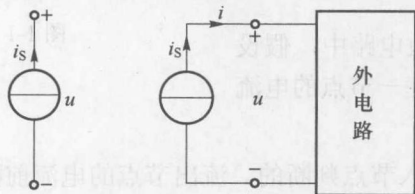


图 1-4

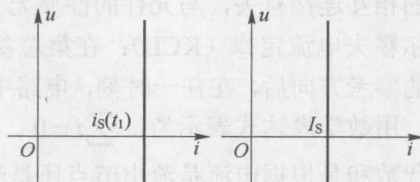


图 1-5

说明：①电流源为一种理想模型；②与电流源串联的元件，流过其的电流为电流源的值；③电路中所含的电源均为直流电源时，电路称为直流电路。直流电路中电量用大写字母表示。

七、受控电源

受控电源又称非独立电源，是为电子器件中所发生的物理现象提出的一种理想化模型，为

四端元件。受控电源两端电压或电流受另一支路电压或电流控制。分为如下 4 种类型。

(1) 电压控制型电压源 (VCVS), 如图 1-6 所示, 输出电压 $u_2 = \mu u_1$ 。

(2) 电压控制型电流源 (VCCS), 如图 1-7 所示, 输出电流 $i_2 = g u_1$ 。

(3) 电流控制型电压源 (CCVS), 如图 1-8 所示, 输出电压 $u_2 = r i_1$ 。

(4) 电流控制型电流源 (CCCS), 如图 1-9 所示, 输出电流 $i_2 = \beta i_1$ 。

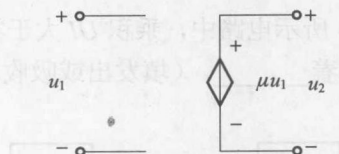


图 1-6



图 1-7

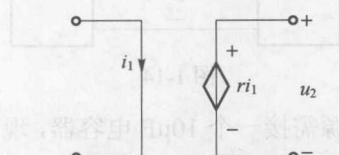


图 1-8

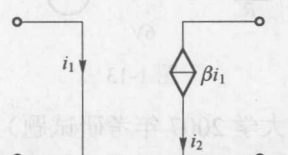


图 1-9

1.2 考研真题详解

【1-1】(华中科技大学 2006 年考研试题) 若图 1-10 所示电路中的 R 为 8Ω 时, R 获得的功率最大, 试确定 R_x 的值及 R 获得的最大功率。

解: 由题意知, 当 R 获得的功率最大时, 则 R 两端电路的等效电阻为 $R_0 = 8\Omega$, 在 R 处外加电压源 u , 可得:

$$R_0 = \frac{u}{i} = \frac{-2iR_x + i(30//20)}{i} = 12 - 2R_x = 8$$

$$\Rightarrow R_x = 2\Omega$$

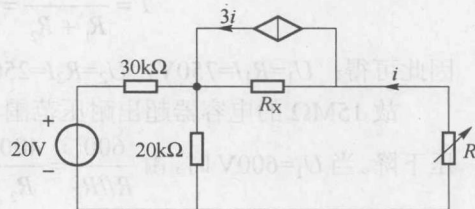


图 1-10

另可知 $u_{oc} = 20 \times \frac{20}{30+20} = 8V$, 因此: $P_{max} = \frac{u_{oc}^2}{4R} = \frac{8^2}{4 \times 8} = 2W$

【1-2】(上海交通大学 2006 年考研试题) 求如图 1-11 所示电路中的电压 $u_{S1}(t)$ 、 $u_{S2}(t)$ 和电流源 $i_S(t)$ 所发出的功率。已知 $u_{S1}(t) = 1V$, $u_{S2}(t) = 2V$, $i_S(t) = 2A$, $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = R_5 = 1\Omega$ 。

解: 假设图示电路的电流方向如图 1-12 所示。根据电路中分压、分流之间的关系, 有:

$$I_{R1} = \frac{2-1}{1} = 1A, \quad I_{R4} = \frac{1}{1} = 1A$$

根据 KCL, 可得 $I_{u_{S1}} = -(I_{R1} + I_S - I_{R4}) = -2A$, 所以: $P_{u_{S1}} = -2 \times 1 = -2W$

设 R_2 中的电流为 I_{R2} , 则有: $I_{R2} + (I_{R2} - 2) \times 1 = 2 \Rightarrow I_{R2} = 2A$

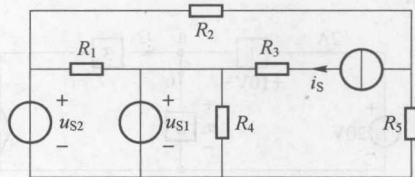


图 1-11

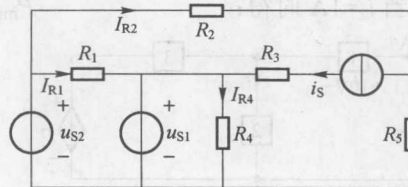


图 1-12

所以有： $I_{u_{s2}} = 2 + 1 = 3\text{ A} \Rightarrow P_{u_{s2}} = 2 \times 3 = 6\text{ W}$

$$U_{i_s} = 1 + 2 \times 1 = 3\text{ V} \Rightarrow P_{i_s} = 3 \times 2 = 6\text{ W}$$

【1-3】(东南大学 2005 年考研试题) 如图 1-13 所示电路中, 电阻 R 吸收的功率为_____。

答案： $P = \frac{[6 - (-4)]^2}{2} = 50\text{ W}$

【1-4】(华南理工大学 2010 年考研试题) 如图 1-14 所示电路中, 乘积 UI 大于零, 对 N_A 与 N_B 意味着_____；乘积 UI 小于零, 对 N_A 与 N_B 意味着_____。(填发出或吸收功率)

答案：吸收功率 发出功率

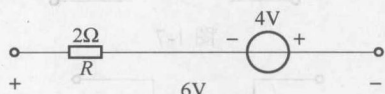


图 1-13

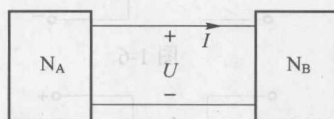


图 1-14

【1-5】(河海大学 2007 年考研试题) 某 1000V 电压源需接一个 $10\mu\text{F}$ 电容器, 现用两个 $20\mu\text{F}$ 耐压 600V 的电容器串联来代替, 两个电容器的绝缘电阻分别为 $15\text{M}\Omega$ 和 $5\text{M}\Omega$ 。(1) 这样使用有没有问题？(2) 如有问题, 如何解决？

解：画出题解电路如图 1-15 所示。将电容器等效为绝缘电阻和理想电容的并联形式, R_1 对应绝缘电阻 $15\text{M}\Omega$ 电容器, R_2 对应绝缘电阻为 $5\text{M}\Omega$ 电容器, 则电路处于稳态时：

$$I = \frac{U}{R_1 + R_2} = 5 \times 10^{-5}\text{ A}$$

因此可得： $U_1 = R_1 I = 750\text{ V}$, $U_2 = R_2 I = 250\text{ V}$

故 $15\text{M}\Omega$ 的电容器超出耐压范围, 应并联一个电阻使其上的电压下降。当 $U_1 = 600\text{ V}$ 时, 由 $\frac{600}{R/R_1} = \frac{400}{R_2}$ 可得并联电阻为 $R = 15\text{M}\Omega$ ；当 $U_1 = 400\text{ V}$ 时, 由 $\frac{400}{R/R_1} = \frac{600}{R_2}$

可得并联电阻为 $R = \frac{30}{7}\text{M}\Omega = 4.29\text{M}\Omega$ 。

可见, 绝缘电阻为 $15\text{M}\Omega$ 的电容器应并联一个大小在 $4.29\text{M}\Omega$ 与 $15\text{M}\Omega$ 之间的电阻。

【1-6】(河海大学 2006 年考研试题) 电路如图 1-16 所示, 求其中元件 1、2、3 吸收的总功率的最小值。

解：题解电路如图 1-17 所示, 可得： $u_2 = 20 - 10 = 10\text{ V}$

元件 1 吸收的功率为： $P_1 = 2 \times 10 = 20\text{ W}$

对 a 点列写 KCL 方程得： $i_3 = i_2 - 2$

又知 $u_2 = i_2 - u_3 = 10\text{ V}$, 故： $P_2 = 10i_2$, $P_3 = u_3 i_3 = (-10 + i_2)(i_2 - 2)$

因此, 元件 1、2、3 吸收总功率为： $P_1 + P_2 + P_3 = i_2^2 - 2i_2 + 40 = (i_2 - 1)^2 + 39$

所以, 当 $i_2 = 1\text{ A}$ 时得： $P_{\min} = 39\text{ W}$

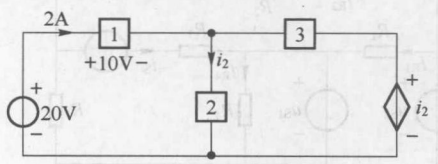


图 1-16

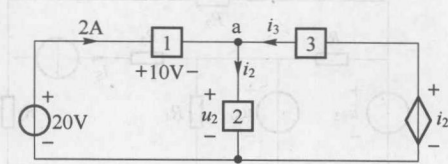


图 1-17

【1-7】(解放军信息工程大学 2007 年考研试题) 已知电路如图 1-18 (a) 所示, $u_c(0_-) = 0\text{V}$, $i_L(0_-) = 0\text{A}$ 。 $u_c(t)$ 波形如图 1-18 (b) 所示。求 $i_s(t)$ 。

解: 有电路图易知三元件并联, 所以有: $i_R(t) = \frac{u_c(t)}{R}$, $i_C(t) = C \frac{du_c(t)}{dt}$, $i_L(t) = \frac{1}{L} \int_0^t u_c(\tau) d\tau$

根据 KCL 可知:

$$i_s(t) = i_R(t) + i_C(t) + i_L(t)$$

根据图 1-18 (b) 写出 $u_c(t)$ 的表达式: $u_c(t) = \begin{cases} t & 0 < t < 1 \\ 2-t & 1 < t < 2 \\ 0 & 2 < t \end{cases}$

联立上述各式, 可得: $i_s(t) = \begin{cases} t+2+t^2 & 0 < t < 1 \\ (2-t)-2+[2-(t-2)^2] = 2-t-(t-2)^2 & 1 < t < 2 \\ 2 & 2 < t \end{cases}$

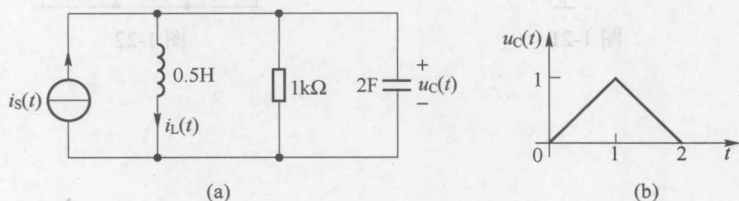


图 1-18

【1-8】(北京交通大学 2009 年考研试题) 如图 1-19 所示电路中, 有源一端口网络 ab 的短路电流 $I_{ab} = 6\text{A}$, 当 $R = 5\Omega$ 时, R 消耗的功率为 20W ; 当 $R = 20\Omega$ 时, R 消耗的功率为 ()。

- A. $80/9$ B. 20 C. 80 D. $40/3$

答案: A

【1-9】(北京交通大学 2009 年考研试题) 如图 1-20 所示, 当 $U_s = 30\text{V}$ 时, $I = 6\text{A}$; 当 $U_s = 25\text{V}$ 时, $I = ()\text{A}$ 。

- A. 5 B. 3 C. 25 D. 6

答案: A

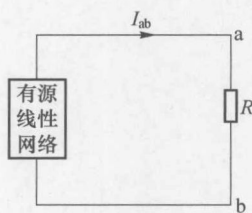


图 1-19

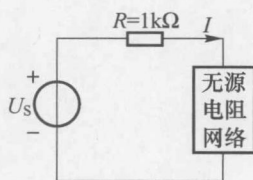


图 1-20

1.3 期末考试真题详解

【1-10】(哈尔滨工业大学 2005 年春季学期期末试题) 如图 1-21 所示的电路中, 二极管的正向导通阈值电压为 0.7V , 正向导通时的动态电阻约为零, 截止时其动态电阻为无穷大。输入电压 U 可在 $0\sim 5\text{V}$ 之间变化。求图中电流 I 与 U 的关系。

解: (1) 当 $U > 2\text{V}$ 时, 与 2V 电压源串联的二极管导通, 另一个二极管截止, 此时有:

$$I = \frac{5-2-0.7}{10} = 0.23\text{mA}$$

(2) 当 $U < 2V$ 时, 与 $2V$ 电压源串联的二极管截止, 另一个二极管导通, 此时: $I = 0$

(3) 当 $U = 2V$ 时, 两个二极管同时导通, 此时: $I = 0.23/2 = 0.115mA$

【1-11】(哈尔滨工业大学 2005 年春季学期期末试题) 求图 1-22 中受控源的功率。

解: 列 KCL 方程, 可得:

$$0.8i_1 + 6 - i_1 - \frac{2i_1}{2} = 0 \Rightarrow i_1 = 5A$$

因此有: $P = (2i_1)(-0.8i_1) = (2 \times 5) \times (-4) = -40W$ (发出功率)

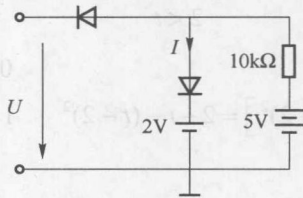


图 1-21

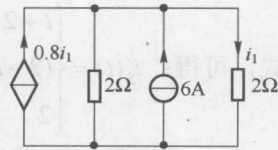


图 1-22

第2章 电阻电路的等效变换

2.1 重点与难点解析

一、基本概念

等效变换：为分析、计算电路，将网络的某一部分进行某种变换后，用一个与其不同的电路替代，且替代前后网络的其他部分电压、电流保持不变，这种方法称为电路的等效变换。等效变换的核心是“对外等效”，目的是简化电路。

等效电路：指在端口上的伏安特性完全相同的电路。

等效原则：除被等效电路部分替代的部分，未被替代的部分的电压和电流均保持不变。

对外等效：用等效电路的方法求解电路时，电压和电流保持不变的部分仅限于等效电路以外，即对外部特性等效。

二、电阻的串联和并联

1. 电阻的串联

(1) 串联：（看电流）凡是流过同一个电流的电阻，它们的连接方式为串联。

(2) 等效条件： $R_{\text{eq}} = R_1 + R_2 + \dots + R_k + \dots + R_n$

(3) 分压公式： $u_k = R_k i = R_k \cdot \frac{u}{R_{\text{eq}}} = \frac{R_k}{R_{\text{eq}}} u \quad (k=1, 2, \dots, n)$

串联等效示意图如图 2-1 所示。

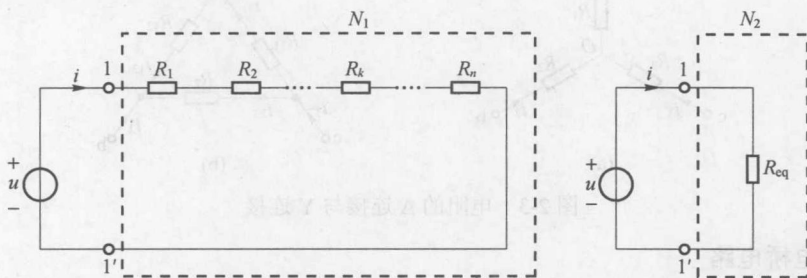


图 2-1

2. 电阻的并联

(1) 并联：（看电压）凡是电阻两端是同一个电压的电阻，它们的连接方式为并联。

(2) 等效条件： $\frac{1}{R_{\text{eq}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_k} + \dots + \frac{1}{R_n}$ 或 $G_{\text{eq}} = G_1 + G_2 + \dots + G_k + \dots + G_n$

电阻并联等效示意图如图 2-2 所示。

(3) 分流公式： $i_1 = G_1 u, i_2 = G_2 u, \dots, i_k = G_k u, \dots, i_n = G_n u$

取一般项： $i_k = G_k u = G_k \cdot \frac{i}{G_{\text{eq}}} = \frac{G_k}{G_{\text{eq}}} i \quad (k=1, 2, \dots, n)$

3. 电阻的混联

既有串联又有并联的电阻，它们的连接方式为混联。

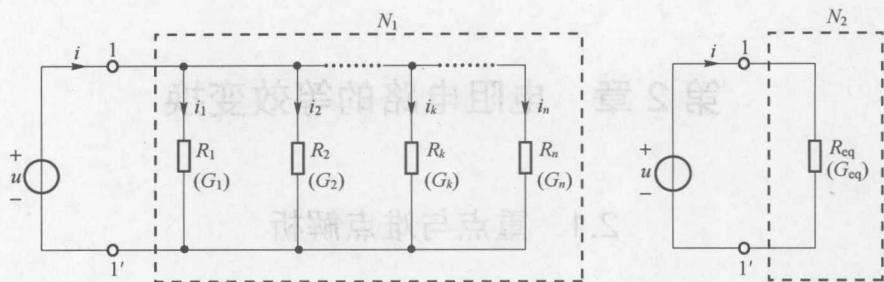


图 2-2

三、Δ 连接与 Y 连接的等效变换

主要计算公式： $\text{Y形电阻} = \frac{\Delta\text{形相邻电阻的乘积}}{\Delta\text{形电阻的和}}$ ， $\Delta\text{形电阻} = \frac{\text{Y形相邻电导的乘积}}{\text{Y形电导的和}}$

(1) 如图 2-3 (a) 所示，已知 R_1 、 R_2 、 R_3 ，求 R_{12} 、 R_{23} 、 R_{31} 。可得：

$$R_{12} = \frac{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1}{R_3}, \quad R_{23} = \frac{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1}{R_1}, \quad R_{31} = \frac{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1}{R_2}$$

(2) 如图 2-3 (b) 所示，已知 R_{12} 、 R_{23} 、 R_{31} 。求 R_1 、 R_2 、 R_3 ，可得：

$$R_1 = \frac{R_{31} R_{12}}{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1}, \quad R_2 = \frac{R_{12} R_{23}}{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1}, \quad R_3 = \frac{R_{23} R_{31}}{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1}$$

特别地，当 $R_1 = R_2 = R_3 = R_Y$ 时， $R_{12} = R_{23} = R_{31} = 3R_Y$ ；

当 $R_{12} = R_{23} = R_{31} = R_\Delta$ 时， $R_1 = R_2 = R_3 = \frac{1}{3}R_\Delta$ 。

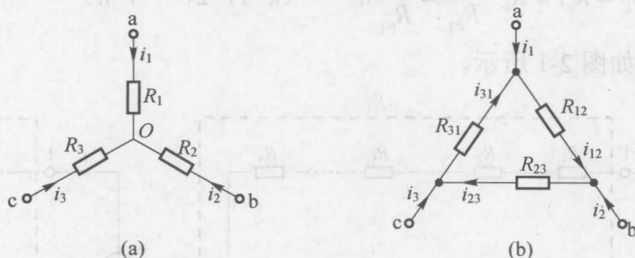


图 2-3 电阻的 Δ 连接与 Y 连接

四、平衡电桥电路

电桥结构如图 2-4 所示，当 $R_1 R_3 = R_2 R_4$ 时，电桥平衡，此时，c 点电位与 b 点电位相等，电阻 R 上电流为零，因此，电位相等的点可以短接，电流为零的支路可以断开。

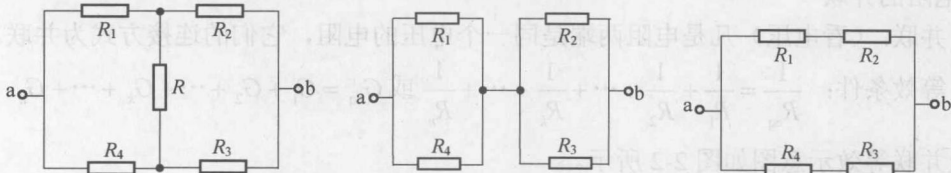


图 2-4

注：平衡电桥的特点常常用于电阻电路的计算。

五、含源支路的等效变换

1. 理想电源的串、并联

(1) 理想电压源的串联：当 n 个理想电压源串联时，其可用一个理想电压源 e_s 等效替代，

且有 $e_s = \sum_{k=1}^n e_{s_k}$ 。

(2) 理想电压源的并联: 根据 KVL, 仅当理想电压源的电压相等及极性一致时才能够并联, 且可用任一个理想电压源作为其等效电路。

一个理想电压源与一条 A 支路并联, 对外电路来讲, 其等效电路可以将 A 支路去掉, 不影响外电路的计算结果, 如图 2-5 所示。

(3) 理想电流源的并联: 当 n 个理想电流源并联时, 其可用一个理想电流源 i_s 等效替代,

且有 $i_s = \sum_{k=1}^n i_{s_k}$ 。

(4) 理想电流源的串联: 根据 KCL, 仅当理想电流源的电流相等及极性一致时才能够串联, 且可用任一个理想电流源作为其等效电路。

一个理想电流源与一条 B 支路串联, 对外电路来讲, 其等效电路可以将 B 支路去掉, 不影响外电路的计算结果, 如图 2-6 所示。

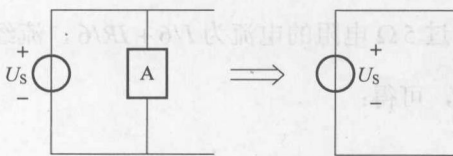


图 2-5

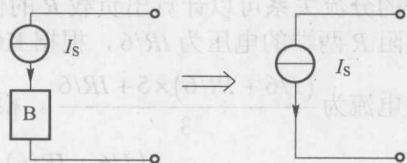
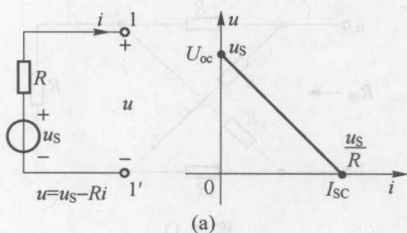


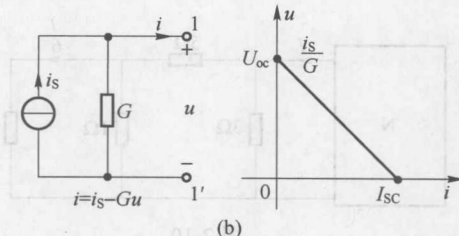
图 2-6

2. 实际电源模型的等效变换

(1) 实际电源的两种电路模型, 如图 2-7 所示。



(a)



(b)

图 2-7

(2) 两种电源模型的等效变换

如图 2-8 所示, 欲使电压源模型的方程 $u = u_s - Ri$ 与电流源模型的方程 $i = i_s - Gu$ 具有完全相同的伏安特性, 则应有:

$$u_s = Ri_s, R = \frac{1}{G} \text{ 或 } i_s = Gu_s, G = \frac{1}{R}$$

说明: ①互换时, 电压源电压的极性与电流源电流的方向要一致 (保证对外部电路的影响相同, 即要求 VCR 一致);

②等效变换仅保证端子以外的电压、电流和功率相同, 对内部并无等效可言; ③实际电源的等效变换的目的是为了简化电路。

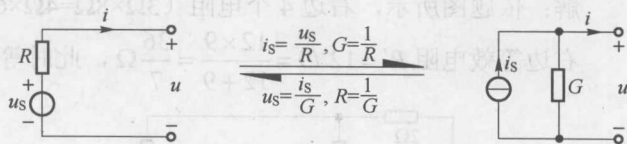


图 2-8

六、无源二端网络的输入电阻

1. 输入电阻定义

如图 2-9 所示, 输入电阻定义为: $R_i = u/i$, u 、 i 为端口电压、电流, 且为关联参考方向。

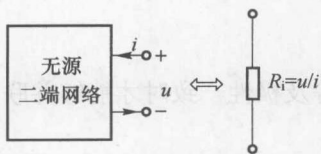


图 2-9

2. 求法

(1) 当一端口无源网络由纯电阻构成时, 可用电阻的串、并联以及 Y- Δ 变换求得, 求得的电阻称为等效电阻。

(2) 当一端口无源网络含有受控源时, 可以采用如下两种方法: ①外加电压法, 即在端口加以电压源 u_S , 然后求出端口电流 i , 再求比值 u_S/i , 即为输入电阻; ②外加电流法, 即在端口加以

电流源 i_S , 然后求出端口电压 u , 再求比值 u/i_S , 即为输入电阻。

2.2 考研真题详解

【2-1】 (浙江大学 2006 年考研试题) 如图 2-10 所示, 含源二端口网络 N 通过 π 型电路连接负载 R , 欲使流经 R 的电流为 N 网络端口电流的 $1/6$, 负载 R 的取值应为多少?

解: 由题意, 从 N 端口流出的电流先经过电阻网络进而分流到电阻 R , 所以根据电阻网络串并联的分流关系可以计算出负载 R 的值。

电阻 R 两端的电压为 $IR/6$, 根据 KCL 可知: 通过 5Ω 电阻的电流为 $I/6 + IR/6$, 流经 3Ω 电阻的电流为 $\frac{(I/6 + IR/6) \times 5 + IR/6}{3}$ 。根据分流原理, 可得:

$$I = \frac{(I/6 + IR/6) \times 5 + IR/6}{3} + (I/6 + IR/6) \Rightarrow R = 1\frac{1}{9}\Omega$$

【2-2】 (华南理工大学 2010 年考研试题) 如图 2-11 所示电路, 所有电阻均为 R , 其等效电阻 $R_{ab} =$ _____。

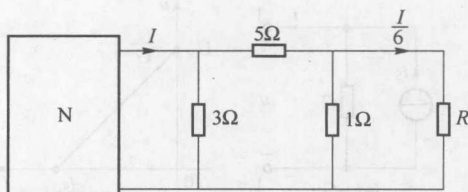


图 2-10

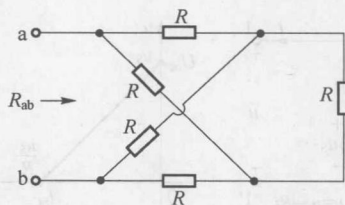


图 2-11

答案: R

解析: 此电路为对称电路, 图中最右边的电阻相当于断开, 则: $R_{ab} = (R + R) // (R + R) = R$

【2-3】 (西南交通大学 2006 年考研试题) 求图 2-12 示电路的 U 和 I 。

解: 依题图所示, 右边 4 个电阻 ($3\Omega \times 8\Omega = 4\Omega \times 6\Omega$) 构成一平衡电桥, 于是 $I=0$ 。

右边等效电阻 $R' = 12 // 9 = \frac{12 \times 9}{12 + 9} = \frac{36}{7}\Omega$, 此时等效电路如图 2-13 所示。

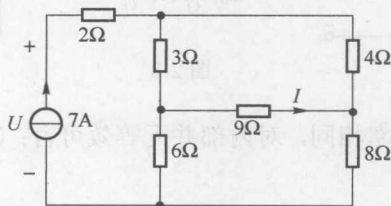


图 2-12

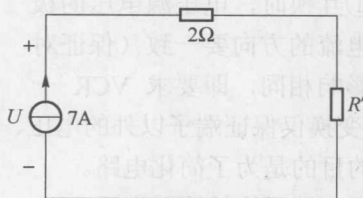


图 2-13

依 KVL 得:

$$U = (2 + 36/7) \times 7 = 50V$$