

西北工业大学出版社

通向研究生之路系列丛书

电 路 基 础

常 见 题 型 解 析 及 模 拟 题

王淑敏 主编
段哲民 陈生潭
陈 燕 王淑敏 编

西北工业大学出版社

2000年1月 西安

(陕)新登字 009 号

【内容简介】 本书是根据前国家教委制定的高等工业学校电路课程与电路分析基础课程本科生教学基本要求及硕士研究生入学考试的基本要求编写的。内容涉及:电路模型与电路定律、电阻电路分析、电路定理、正弦稳态分析、耦合电感和理想变压器、三相电路、谐振电路、非正弦周期电流电路、双口网络、线性电路的时域分析、复频域分析、网络拓扑与矩阵分析法、状态变量法、非线性电路、均匀传输线。各章均分重点与难点、例题精选及习题三部分编写;附录中给出了近几年部分高校研究生入学考试题和模拟题,书末提供了各章习题的答案,以供参考。

本书可供报考有关学科硕士研究生的考生作为系统复习用书;也可作为大学本科学生学习本课程的辅助教材。

图书在版编目(CIP)数据

电路基础常见题型解析及模拟题/王淑敏主编;段哲民等编. —西安:西北工业大学出版社,1999.10

(通向研究生之路系列丛书)

ISBN 7-5612-1143-0

I. 电… II. ①王…②段… III. 电路-高等学校-教学参考资料 IV. TM13

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 62058 号

© 2000 西北工业大学出版社出版发行
(邮编:710072 西安市友谊西路 127 号 电话:8491147)
全国各地新华书店经销
西安市向阳印刷厂印装

*

开本:787 毫米×1 092 毫米 1/16 印张:16.125 字数:382 千字
2000 年 1 月第 1 版 2000 年 1 月第 1 次印刷
印数:1-5 000 册 定价:20.00 元

购买本社出版的图书,如有缺页、错页的,本社发行部负责调换。

前 言

电路基础(即电路分析基础或电路)课程是电子、自动控制、自动化、通信、计算机、电力等专业的一门重要技术基础课。为了满足报考相关专业研究生的读者进行系统复习的需要,也为了帮助本科生或电路基础课程的初学者掌握这门技术,针对本课程的特点,并结合作者多年从事该课程教学的经验,特编写此书。

本书是以前国家教委颁布的高等工业学校电路、电路分析基础课程教学基本要求为依据,考虑到不同学科专业需要,在某些方面有所侧重,略高于基本要求。全书内容共分十五章:电路基本概念与基本定律、电阻电路分析、电路分析基本定理、正弦稳态分析、耦合电感和理想变压器、三相电路、谐振电路、非正弦周期电流电路、双口网络、线性动态电路的时域分析、线性动态电路的复频域分析、网络图论与网络方程、状态变量法、非线性电路、均匀传输线。读者可根据所选专业的需要,选学其中相关章节。带*的内容仅供选学。

本书为《通向研究生之路系列丛书》之一,各章内容统一分重点与难点、例题精选、习题三部分编写。在重点与难点中,主要简述各章的基本内容和要求,为读者学习的方向和目标提供指导;例题精选是通过典型例题的分析计算与讨论,帮助读者拓宽思路,加深对内容的理解,提高解题能力;各章习题则是供读者用来了解并检测自身综合应用各章知识的能力。

为了便于报考硕士生的读者了解考研题型,在附录中,给出了近两年部分高等院校硕士研究生入学考试试题共4套、模拟题4套。书末给出了各章习题及模拟题的答案,以供参考。

本书由西北工业大学王淑敏主编,负责全书的统稿。编写分工是:第6,14,15章由西安交通大学陈燕编写;第7,8,9,13章由西安电子科技大学陈生潭编写;第1,2,3,12章由西北工业大学段哲民编写;第4,5,10,11章由王淑敏编写。在编写过程中,得到了西北工业大学工程系电路与信号系统组全体同志和自控系李玉忍副教授的帮助和支持,在此表示真诚的感谢。

本书难免存在错误或疏漏,敬请读者批评指导。

编 者

1999年6月

通向研究生之路系列丛书编委会

顾问 戴冠中（西北工业大学校长，博士生导师，教授）

主任委员 徐德民（西北工业大学副校长，博士生导师，教授）

副主任委员 孙 朝（陕西省学位委员会办公室主任）

王润孝（西北工业大学校长助理，教务处处长，教授）

冯博琴（西安交通大学教务处副处长，教授）

韦全生（西安电子科技大学教务处副处长，副教授）

郑永安（西北工业大学出版社社长，副编审）

委员 史忠科 张畴先 王公望 葛文杰

刘 达 支希哲 范世贵 武自芳

策 划 王 璐 张近乐

序

● 邱关源*

面向 21 世纪,社会对德才兼备的高素质科技人才的需求更加迫切。通过行之有效的途径和方法培养符合时代要求的优秀人才,是摆在全社会尤其是高等学校、科研院(所)面前一项艰巨而现实的问题。

为了强化素质教育,使大学生学有所长,增强才智,高等教育部门各有关单位对高等学校公共基础课、技术基础课到专业课的整个教学过程做了大量细致的工作。与之相配合,不少出版社也相继出版了指导学生理解、领会教学内容,增强分析、解决问题能力的辅导读物,其中多数是关于外语、数学、政治等公共基础课的,极大地满足了大学生基础课学习阶段相应的要求。但当学习技术基础课时,学生们同样需要合适的参考书来帮助他们掌握课程重点和难点,提高课程学习水平,以及指导解题的思路和技巧,乃至适应研究生入学考试的需求。不过,这类读物目前比较少见。基于此,西北工业大学出版社的同志们深入作者、读者之中,进行调查研究,在广泛听取意见的基础上,组织数十位在重点大学执教多年,具有较高学术造诣的一线教

* 邱关源——西安交通大学教授、博士生导师。曾任第一、二届中国电工技术学会理论电工专业委员会副主任委员,高等教育委员会工科电工课程教学指导委员会委员。

师,经历两年,精心编撰了这套旨在有效指导大学生学习技术基础课,为课程学习、应试考研及以后工作提供帮助的参考书。

该丛书首批推出 9 种,所有书稿几经修改,并经同行专家审定。内容选材符合课程基本要求,并且重在对基本概念的启发、理解和提高读者分析问题的能力。我热情地向大家推荐这套丛书,希望它能对广大读者的学习有所帮助,更期望它能在强化素质教育、推动教学改革方面起到积极作用。

邱关源

1997 年 10 月

出版 说明

近年来，随着经济建设的快速发展和科教兴国战略的实施，社会对高素质专业人才的需求更加迫切。崇尚知识，攻读学位，不仅是一种知识价值的体现，更是社会进步的标志。“考研热”已成为当今中国社会的一道引人注目的风景线，成为莘莘学子乃至社会关注的焦点和热点。

研究生入学考试是通向研究生之路的基石，考试成绩的高低是能否跨入研究生之门的主要依据。为了配合考生进行有效的复习，不少出版社围绕国家教委颁布的考试大纲，相继推出了众多的考研复习辅导书，其中尤以公共基础课（外语、数学、政治）的应考书最多。

事实上，研究生入学考试不仅包括外语、数学等公共基础课，技术基础课（专业基础课）和专业课也是必考科目。片面强调公共基础课，导致技术基础课及专业课考试失分，是众多报考者最终未能如愿的主要原因，此中技术基础课对考生影响尤甚。作为制约人才培养和成长的课程因素，加强技术基础课的学习，拓宽基础知识，已成为广大学生及教师共同的心声。

为了推动教学改革，弥补技术基础课学时短、内容多，学生难以在课堂内准确理解、全面接受教学内容之不足；更为了满足当今社会对基础扎实、专业面宽、动手能力强的人才的需求，促进大学生学有所长，早日成才，西北工业大学出版社策划和组织编写了通向研究生之路系列丛书。本丛书首批推出9种，所对应的9门课程是：自动控制原理、机械原理、材料力学、理论力学、模拟电子技术、数字电子技术、电工技术、电子技术、微型计算机原理。其余课程的指导书将陆续推出，届时将基本涵盖全国工科院校所开设的技术基础课和拟选定的考研要求科目。

本丛书具有如下特点：

1. 选题新颖，独树一帜

技术基础课历来不像外语、数学、政治等公共基础课一样受到出版者的重视，因而这方面的指导书凤毛麟角，学生很难找到一套系统的、全面的、富有针对性的参考书。该丛书站在新的视角，有计划地推出整套工科技术基础课学习用书，令人耳目一新，为之一振。

2. 紧扣大纲，严把尺度

该丛书紧紧围绕国家教委制定的教学大纲及研究生入学考试大纲，按照提高基础知识与解题技巧的主线，展开论述。丛书既巩固和加深学生对技术基础课重点、难点的理解，又重在为备考研究生提供有力的指导，即既要保证课程学习时开卷有益，又要对复习应考行之有效。

3. 重视能力，提高技巧

该丛书时刻牢记不管是学习还是考试其最终目的都是为了提高学生分析问题、解决问题的能力这一主旨，重在通过阐明基本要点及设定典型例题解析来引导学生识题、解题。丛书中所选例题均是历届课程结业考试及考研中出现过的试题，经精选、精编后，既避免了让学生陷入“茫茫题海”的窘境，又使学生在有限的时间内掌握大纲所规定的基本内容，提高自己的解题潜能，从而在课程考试及研究生考试中立于不败之地。

4. 选材得当，重点突出

参加本套丛书编写的均为从事教学工作多年的资深教师，他们既能把握住课程要求的脉搏，又最了解学生的学习的状况和需求心态，因而在丛书内容的取舍，材料的选编及文字表达方面能更胜一筹。正因为如此，该丛书内容得当，材料全而不滥，精而易懂，注释简明，解析扼要，使学生乐于阅读，易于接受。

本丛书的出版得到了多方面的支持和关心，陕西省学位委员会办公室、西安交通大学、西安电子科技大学、西北工业大学等单位的有关人士为本丛书的出版出谋划策，提出了许多建设性的意见。西安交通大学邱关源教授献身教育事业 50 余年，德高望重，学识渊博，他在百忙中为本丛书写了序，充分肯定了本丛书的价值。在此，我们一并表示衷心的感谢。

“通向研究生之路系列丛书”的出版不论是对大学生的课程学习还是对有关考研人员以及广大自学者来说无疑都是一个福音，我们衷心希望本丛书能帮助广大读者闯关过隘，获得课程考试或研究生入学考试的好成绩，我们也祝愿天下莘莘学子早日如愿以偿，大展鸿图！

丛书编委会

1999 年 1 月

目 录

1 电路基本概念与基本定律	1
1.1 重点与难点	1
1.1.1 电路与电路模型	1
1.1.2 电路分析基本变量	1
1.1.3 电路基本元件	3
1.1.4 电路基本定律	4
1.2 例题精选	5
1.3 习题	8
2 电阻电路分析	11
2.1 重点与难点	11
2.1.1 电阻电路的等效变换	11
2.1.2 电路分析基本方法	13
2.2 例题精选	15
2.3 习题	25
3 电路分析基本定理	30
3.1 重点与难点	30
3.1.1 叠加定理	30
3.1.2 齐次定理	30
3.1.3 替代定理	31
3.1.4 等效电源定理	31
3.1.5 最大功率传输定理	33
3.1.6 互易定理	33
3.2 例题精选	34
3.3 习题	43
4 正弦稳态分析	48
4.1 重点与难点	48
4.1.1 正弦量及其相量表示	48

4.1.2	基尔霍夫定律与元件伏安关系的相量形式·····	49
4.1.3	正弦稳态电路的功率·····	51
4.1.4	正弦稳态电路的分析计算·····	52
4.2	例题精选·····	52
4.3	习题·····	60
5	耦合电感和理想变压器·····	62
5.1	重点与难点·····	62
5.1.1	耦合电感元件·····	62
5.1.2	理想变压器及全耦合变压器·····	64
5.2	例题精选·····	65
5.3	习题·····	71
6	三相电路·····	73
6.1	重点与难点·····	73
6.1.1	对称三相电路的基本概念·····	73
6.1.2	对称三相电路的分析与计算·····	74
6.1.3	不对称三相电路的基本概念及其分析方法·····	74
6.1.4	三相电路的功率·····	74
6.2	例题精选·····	75
6.3	习题·····	82
7	谐振电路·····	85
7.1	重点与难点·····	85
7.1.1	谐振和谐振电路·····	85
7.1.2	简单串、并联谐振电路的参量和特点·····	85
7.1.3	简单串、并联谐振电路的频率特性·····	87
7.1.4	复杂并联谐振电路·····	88
7.1.5	耦合谐振电路·····	89
7.2	例题精选·····	89
7.3	习题·····	96
8	非正弦周期电流电路·····	99
8.1	重点与难点·····	99
8.1.1	非正弦周期信号的分解·····	99
8.1.2	有效值、平均值和平均功率·····	101
8.1.3	非正弦周期电流电路的稳态分析·····	102
8.2	例题精选·····	103
8.3	习题·····	110

9 双口网络	113
9.1 重点与难点	113
9.1.1 双口网络方程和参数	113
9.1.2 双口网络的等效与连接	114
9.1.3 双口网络的网络函数	117
9.1.4 双口网络的特性参数	118
9.1.5 双口元件	119
9.2 例题精选	120
9.3 习题	125
10 线性动态电路的时域分析	128
10.1 重点与难点	128
10.1.1 换路定律及初始值的确定	128
10.1.2 一阶电路微分方程的建立及求解方法	129
10.1.3 二阶电路微分方程的建立和 RLC 电路的零输入响应	131
10.2 例题精选	132
10.3 习题	144
11 线性电路的复频域分析	147
11.1 重点与难点	147
11.1.1 拉普拉斯变换	147
11.1.2 基尔霍夫定律及元件伏安关系的复频域形式	149
11.1.3 电路过渡过程的复频域分析	150
11.1.4 复频域网络函数	151
11.2 例题精选	153
11.3 习题	166
12 网络图论与网络方程	168
12.1 重点与难点	168
12.1.1 图的基本定义和概念	168
12.1.2 图的矩阵表示	168
12.1.3 网络的矩阵分析法	169
12.1.4 特勒根定理	172
12.2 例题精选	172
12.3 习题	182
13 状态变量法	185
13.1 重点与难点	185

13.1.1	基本概念与定义	185
13.1.2	状态方程与输出方程的列写	186
13.1.3	状态方程与输出方程的时域解	187
13.1.4	状态方程与输出方程的复频域解	188
13.2	例题精选	188
13.3	习题	194
14	非线性电路	196
14.1	重点与难点	196
14.1.1	非线性电路的基本概念	196
14.1.2	非线性元件	196
14.1.3	分析非线性电路的常用方法	197
14.2	例题精选	197
14.3	习题	201
15	均匀传输线	203
15.1	重点与难点	203
15.1.1	分布参数的概念	203
15.1.2	均匀传输线的方程及其正弦稳态解	203
15.1.3	传输线的行波及波的反射	204
15.1.4	无损耗线	205
15.2	例题精选	205
15.3	习题	209
附录		211
1.	1998 年西安交通大学研究生入学考试题	211
2.	1998 年西北工业大学研究生入学考试题	214
3.	1999 年西安交通大学研究生入学考试题	217
4.	1999 年西北工业大学研究生入学考试题	222
5.	研究生入学考试模拟题(一)	225
6.	研究生入学考试模拟题(二)	229
7.	研究生入学考试模拟题(三)	232
8.	研究生入学考试模拟题(电子类专业)(四)	235
各章习题参考答案		239
参考文献		245

电路基本概念与基本定律

1.1 重点与难点

1.1.1 电路与电路模型

为了实现电能或电信号的生产、传输及利用,可以将所需的电器元件或设备按一定方式连接起来所构成的集合统称为电路。实际电器元件或设备的种类很多,它们中所发生的物理过程也很复杂,为了便于对实际电路进行分析和数学描述,进一步研究电路的特性和功能,就必须进行科学的抽象,用一些模型来代替实际电器元件或设备。这种构成电路模型的元件称为模型元件或理想电路元件。理想电路元件只是实际电器元件或设备在一定条件下的理想化模型,只能反映实际元件或设备在一定条件下的主要电磁特性,并用规定的模型元件符号来表示。

需要注意:理想元件与实际元件或设备的对应关系不一定是惟一的,但它们却能反映出实际电器元件或设备的主要特性和功能。

用理想元件按一定方式连接起来而构成的集合称统为电路模型。这种电路模型能反映实际元件或设备组成电路的物理规律。以理想电路元件及其组合作为电路理论的研究对象,即形成了电路模型理论。本书研究的电路均指电路模型所描述的电路。

电路可分为多种类型:满足叠加性和齐次性的电路称为线性电路,否则称为非线性电路;若电路中元件参数均不随时间变化则称为时不变电路,否则称为时变电路;如果电路的几何尺寸远小于电路最大工作波长,则称为集中参数电路,否则称为分布参数电路。本课程主要研究线性时不变的集中参数电路。

1.1.2 电路分析基本变量

电路分析常用的基本变量有电流与电压;电荷与磁链;功率与能量等,本节重点为电流、电压和功率。

1. 电流

在电场作用下,带电质点的定向移动称为电流。电流的大小可用单位时间内通过导体横截面的电荷量来计算,即

$$I = \frac{Q}{T}$$

式中 Q 为在时间 T 内通过导体的电荷量(C); I 为电流(A)。

如果通过导体横截面的电荷量 $q(t)$ 随时间变化, 则电流 $i(t)$ 表示为

$$i(t) = \frac{dq(t)}{dt}$$

习惯上规定正电荷移动的方向为电流的正方向或实际方向。但在实际电路分析中, 因无法确定电路中各支路的实际正方向, 因此常采用参考正方向, 简称参考方向, 在电路图中用箭头表示。参考方向为任意假定方向。在参考方向下计算出某电流为正值, 则说明参考方向与实际方向一致; 反之则二者方向相反。

2. 电压

电压是指电场力把单位正电荷从电场的一点移到另一点所做的功, 即

$$U = \frac{W}{Q}$$

式中 W 为电场力移动电荷所做的功($W \cdot h$); Q 为电荷量(C); U 为电压(V)。

如果 $W(t)$ 随时间变化, 则电压 $u(t)$ 表示为

$$u(t) = \frac{dW(t)}{dq(t)}$$

电压还可以用电位差来表示。选电场中某一点作为参考点, 设该点电位为零, 其他点相对该点的电压称之为电位。这样, A, B 两点间的电压 u_{AB} 可用 A 点电位 φ_A 和 B 点电位 φ_B 之差表示, 即

$$u_{AB} = \varphi_A - \varphi_B$$

电压的正方向或实际方向规定为高电位指向低电位, 即电压降的方向。但在实际电路分析中, 由于难以或无法确定各支路电压的实际正方向, 因此常采用参考正方向, 简称参考方向, 参考方向为任意假定方向。在电路图中高电位用“+”表示, 低电位用“-”表示。在参考方向下计算出某电压为正值, 则说明参考方向与实际方向一致; 反之则二者方向相反。

3. 关联参考方向

电流与电压的参考方向是任意假定的, 二者彼此独立, 相互无关。但为了分析电路方便起见, 总是把某元件或某段电路电压参考方向和电流参考方向取为关联参考方向, 即电流参考方向是从电压参考方向的正极流入, 负极流出。图 1.1(a) 所示某段电路, 其电流与端电压参考方向是采用关联参考方向, 而图 1.1(b) 采用非关联参考方向。

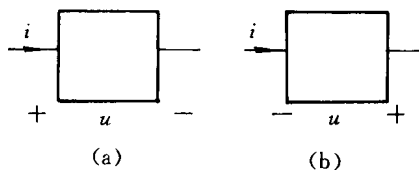


图 1.1

4. 功率

功率是电场力在单位时间内所做的功, 即

$$p(t) = \frac{dW(t)}{dt}$$

式中 $W(t)$ 为电场力在给定时间内所用能量(J); $p(t)$ 为瞬时功率(W)。

若某段电路的电压为 u , 流过的电流为 i , 则功率为

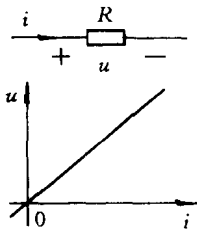
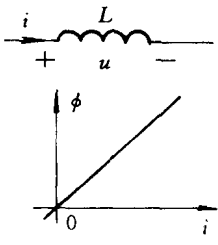
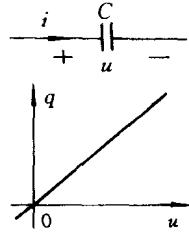
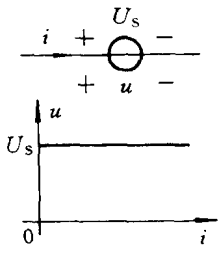
$$p = ui$$

如果电压 u 和电流 i 采用关联参考方向,则所计算出的功率为该段电路吸收功率;如果电压 u 和电流 i 采用非关联参考方向,则所计算出的功率为该段电路发出的功率。

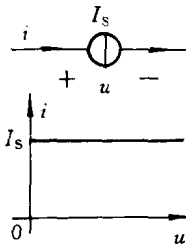
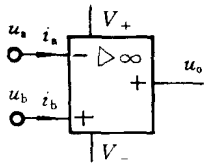
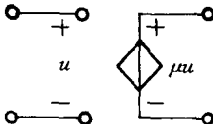
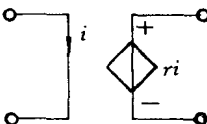
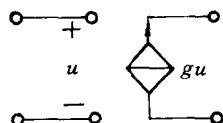
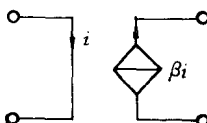
1.1.3 电路基本元件

电路常用的基本元件可分为线性元件和非线性元件;时变元件和时不变元件;二端元件和多端元件;无源元件和有源元件等。表 1.1 列出常用的线性时不变元件的定义、符号和主要特性。

表 1.1 电路常用的基本元件

元件名称	定 义	电 路 符 号	主 要 特 性
线性电阻元件	电压与电流关系是由 $u-i$ 平面上通过原点的直线所描述的二端元件		1. 伏安关系: $u = Ri$; 2. 无源性; 3. 双向性; 4. 无记忆性
线性电感元件	磁链与电流关系是由 $\phi-i$ 平面上通过原点的直线所描述的二端元件		1. 韦安关系: $\phi = Li$; 2. 伏安关系: $u_L = L \frac{di_L}{dt}$; 3. 无源性; 4. 双向性; 5. 记忆性 $i_L = \frac{1}{L} \int_{-\infty}^t u_L(x) dx$
线性电容元件	电荷与电压关系是由 $q-u$ 平面上通过原点的直线所描述的二端元件		1. 库伏关系: $q = Cu_C$; 2. 伏安关系: $i_C = C \frac{du_C}{dt}$; 3. 无源性; 4. 双向性; 5. 记忆性 $u_C = \frac{1}{C} \int_{-\infty}^t i_C(x) dx$
理想电压源	能独立向外提供恒定变化电压而与通过其电流无关的二端元件		1. $u = U_s$; 2. i 为不定值(由外电路确定)

续 表

元件名称	定 义	电 路 符 号	主 要 特 性
理 想 电 流 源	能独立向外提供恒定变化电流而与其端电压无关的二端元件		1. $i = I_s$; 2. u 为不定值(由外电路确定)
理想运算 放大器	放大电信号并可完成信号数学运算的有源多端元件		理想条件: 输入电阻无穷大; 输出电阻为零; 开环电压放大系数无穷大。特性: $i_a = i_b = 0$ (虚断) $u_a = u_b$ (虚短)
线 性 受 控 源	向外可提供恒定变化的电流或电压,但其值受另外支路电压或电流控制的多端元件。主要分为 1. VCVS  2. CCVS  3. VCCS  4. CCCS 	1. 具有电源性; 2. 具有电阻性 注: VCVS——电压控制电压源 CCVS——电流控制电压源 VCCS——电压控制电流源 CCCS——电流控制电流源	

1.1.4 电路基本定律

电路基本定律指基尔霍夫电流定律(简称 KCL)和基尔霍夫电压定律(简称 KVL),它们分别组成电路中各支路电流的约束关系和各支路电压的约束关系,是分析节点处各电流和回路中各电压的基本依据。KCL 和 KVL 基本内容及其意义如表 1.2 所示。

表 1.2 电路基本定律

定律名称	基尔霍夫电流定律(KCL)	基尔霍夫电压定律(KVL)
定律内容	对于任一集中参数电路中的任一节点,在任一时刻,流出该节点的所有支路电流的代数和等于零	对于任一集中参数电路中的任一回路,在任一时刻,沿着该回路的所有支路电压的代数和等于零
数学表示	$\sum i = 0$	$\sum u = 0$
物理意义	反映电流的连续性和电荷的守恒性	反映电压的绝对值和能量的守恒性
约束关系	节点处各支路电流的相互约束	回路中各支路电压的相互约束