



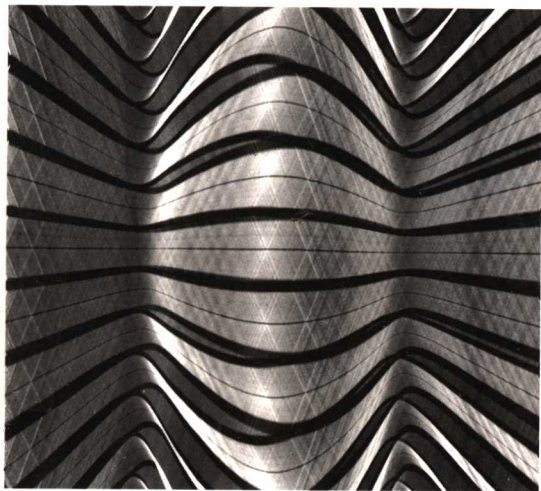
经典教材辅导用书  
电工系列

# 新编电路分析基础 题解

高教社《电路分析基础》(第三版)(李瀚荪 主编)

学习指导、习题选解、考研真题题解

黄冠斌 孙亲锡



华中科技大学出版社  
<http://press.hust.edu.cn>

# 新编电路分析基础题解

黄冠斌 孙亲锡

华中科技大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

新编电路分析基础题解/黄冠斌 孙亲锡  
武汉:华中科技大学出版社,2005年9月  
ISBN 7-5609-3396-3

I. 新…

II. ①黄… ②孙…

III. 电路分析-高等学校-教学参考资料

IV. TN711.1

新编电路分析基础题解

黄冠斌 孙亲锡

策划编辑:李 德

封面设计:潘 群

责任编辑:李 德

责任监印:张正林

责任校对:吴 晗

出版发行:华中科技大学出版社

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)87557437

录 排:华大图文设计室

印 刷:武汉市新华印刷有限责任公司

开本:850×1168 1/32

印张:12.625

字数:303 000

版次:2005年9月第1版

印次:2005年9月第1次印刷

定价:17.80元

ISBN 7-5609-3396-3/TN·87

(本书若有印装质量问题,请向出版社发行部调换)

# 前 言

电路分析基础是通信、自动化、电力、计算机等专业的一门重要的专业基础课,一直为学生所重视。编者在多年的电路课程的教学实践中,深深感受到一些学生对电路的基本概念和基本方法的深入理解和灵活应用上存在一些问题,直观反映在解题困难上。为此,我们选择了获全国教材优秀奖、培养了几代人的李瀚荪教授编著的、高等教育出版社出版的《电路分析基础》(第三版)中的部分习题进行解答,并融入了清华大学、西安交通大学、重庆大学、天津大学和华中科技大学等高校近年来的部分考研试题编写此书,以期对渴望学好电路课程的学生有所帮助。

本书的每章内容由内容提要与学习指导、习题选解和试题分析三个部分组成。学习指导从教师讲授的思路和学生领会思路两个角度阐述了基本概念和基本方法,篇幅不长,力求简明。习题选解以思路为主线,讲清解题切入点,以图化解学生不知从何处下手解题的困惑。试题分析中所选的试题一般为综合应用型试题,旨在锻炼学生综合应用知识的能力,起到启迪思维、开阔视野的作用。

本书第一~四章,第六~八章由孙亲锡编写,第五章、第九~十五章由黄冠斌编写。

本书的出版得到了华中科技大学出版社的大力支持,在此表示衷心感谢。

由于时间仓促,再加上我们水平和能力有限,虽尽努力,但遗漏和错误恐难避免。切望广大读者能给予批评和指正。

编 者

2005.8

# 目 录

|                                   |              |
|-----------------------------------|--------------|
| <b>第一章 集总电路中电压、电流的约束关系 .....</b>  | <b>(1)</b>   |
| 1-1 内容提要和学习指导 .....               | (1)          |
| 1-2 习题选解 .....                    | (7)          |
| 1-3 试题分析 .....                    | (24)         |
| <b>第二章 运用独立电流、电压变量的分析方法 .....</b> | <b>(35)</b>  |
| 2-1 内容提要和学习指导 .....               | (35)         |
| 2-2 习题选解 .....                    | (40)         |
| 2-3 试题分析 .....                    | (58)         |
| <b>第三章 大规模电路分析方法概要 .....</b>      | <b>(66)</b>  |
| 3-1 内容提要和学习指导 .....               | (66)         |
| 3-2 习题选解 .....                    | (70)         |
| 3-3 试题分析 .....                    | (83)         |
| <b>第四章 分解方法及单口网络 .....</b>        | <b>(87)</b>  |
| 4-1 内容提要和学习指导 .....               | (87)         |
| 4-2 习题选解 .....                    | (94)         |
| 4-3 试题分析 .....                    | (126)        |
| <b>第五章 简单非线性电阻电路的分析 .....</b>     | <b>(136)</b> |
| 5-1 内容提要和学习指导 .....               | (136)        |
| 5-2 习题选解 .....                    | (139)        |
| 5-3 试题分析 .....                    | (147)        |
| <b>第六章 电容元件与电感元件 .....</b>        | <b>(153)</b> |
| 6-1 内容提要和学习指导 .....               | (153)        |
| 6-2 习题选解 .....                    | (158)        |
| 6-3 试题分析 .....                    | (174)        |

|                                  |       |
|----------------------------------|-------|
| <b>第七章 一阶电路</b> .....            | (178) |
| 7-1 内容提要和学习指导 .....              | (178) |
| 7-2 习题选解 .....                   | (186) |
| 7-3 试题分析 .....                   | (199) |
| <b>第八章 二阶电路</b> .....            | (209) |
| 8-1 内容提要和学习指导 .....              | (209) |
| 8-2 习题选解 .....                   | (213) |
| 8-3 试题分析 .....                   | (221) |
| <b>第九章 冲激函数在动态电路分析中的应用</b> ..... | (227) |
| 9-1 内容提要和学习指导 .....              | (227) |
| 9-2 习题选解 .....                   | (233) |
| 9-3 试题分析 .....                   | (249) |
| <b>第十章 交流动态电路</b> .....          | (254) |
| 10-1 内容提要和学习指导 .....             | (254) |
| 10-2 习题选解 .....                  | (257) |
| 10-3 试题分析 .....                  | (266) |
| <b>第十一章 阻抗和导纳</b> .....          | (271) |
| 11-1 内容提要和学习指导 .....             | (271) |
| 11-2 习题选解 .....                  | (275) |
| 11-3 试题分析 .....                  | (297) |
| <b>第十二章 正弦稳态功率和能量 三相电路</b> ..... | (302) |
| 12-1 内容提要和学习指导 .....             | (302) |
| 12-2 习题选解 .....                  | (308) |
| 12-3 试题分析 .....                  | (326) |
| <b>第十三章 电路的频率响应</b> .....        | (330) |
| 13-1 内容提要和学习指导 .....             | (330) |
| 13-2 习题选解 .....                  | (333) |
| 13-3 试题分析 .....                  | (342) |
| <b>第十四章 耦合电感和理想变压器</b> .....     | (348) |

|             |                   |       |
|-------------|-------------------|-------|
| 14-1        | 内容提要和学习指导 .....   | (348) |
| 14-2        | 习题选解 .....        | (352) |
| 14-3        | 试题分析 .....        | (368) |
| <b>第十五章</b> | <b>双口网络</b> ..... | (374) |
| 15-1        | 内容提要和学习指导 .....   | (374) |
| 15-2        | 习题选解 .....        | (378) |
| 15-3        | 试题分析 .....        | (388) |

# 第一章 集总电路中电压、电流的约束关系

## 1-1 内容提要和学习指导

### 1-1-1 集总元件、集总电路

当元件的尺寸远小于正常工作频率所对应的波长时,每一种元件只表示一种基本现象,如电阻只表示消耗电能,电容只表示存储电场能量,电感只表示存储磁场能量,这种元件称为集总元件。由它们组成的电路简称为集总电路。

### 1-1-2 电流和电压的参考方向及功率计算

#### 1. 参考方向概念

为解决判断电流真实方向的困难,引入参考方向这一假设的正向,它是求解电路的前提条件。在没有标示参考方向的情况下,电流的正负是毫无意义的。

电流的参考方向用箭头表示,电压的参考极性则在元件或电路的两端用“+”、“-”符号表示。参考方向的选择具有任意性,但计算结果是惟一的,即主观意识不影响客观存在。计算结果电流为正值时,说明电流的真实方向与参考方向一致;电流为负值时,说明电流的真实方向与参考方向相反。

求解电路的数学表达式和电路中电流、电压的参考方向对应。

#### 2. 关联参考方向

电流和电压的参考方向可以独立无关地任意选择,为了方便分析,常采用图1-1所示的关联参考方向。这样,在电路图上就只需标出电流的

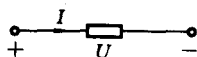


图 1-1 关联参考方向

参考方向或电压参考方向中任何一种。

### 3. 功率及其计算

电路存在着能量的流动,有的元件吸收能量,有的元件产生能量,吸收或产生能量的速率定义为功率,即

$$p(t) = \frac{dW}{dt} \quad (1-1)$$

在图 1-1 所示电压和电流关联参考方向下,功率计算式为

$$p(t) = u(t)i(t) \quad (1-2)$$

当元件的电压和电流取非关联参考方向时,功率计算式为

$$p(t) = -u(t)i(t) \quad (1-3)$$

运用式(1-2)或式(1-3)计算功率时,计算结果  $p(t) > 0$ , 表示元件吸收功率;若计算结果  $p(t) < 0$ , 则表示元件产生功率。

如图 1-2(a)中,元件 A 的功率是

$$p(t) = u(t)i(t) = (-2)(3) \text{ W} = -6 \text{ W} \quad (\text{产生})$$

图 1-2(b)中,元件 B 的功率是

$$p(t) = -u(t)i(t) = -(3)(-1) \text{ W} = 3 \text{ W} \quad (\text{吸收})$$

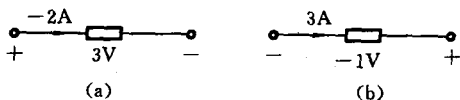


图 1-2 元件功率

### 1-1-3 基尔霍夫定律

基尔霍夫定律适用于集总电路,体现了电荷守恒和能量守恒在电路中的运用。基尔霍夫定律包括基尔霍夫电流定律(KCL)和基尔霍夫电压定律(KVL)。

#### 1. KCL

对于任一集总电路中的任一节点,在任一时刻,流出(或流进)该节点的所有支路电流的代数和为零,即  $\sum_{k=1}^K i_k(t) = 0$ 。

(1) KCL 也适用于电路中任一假设的闭合面,即流出(或流入)封闭面电流的代数和为零。

(2) KCL 与电路元件的性质无关,表达了电路中各支路电流间的约束关系,即线性关系。

(3) 对节点运用 KCL 时,必须标示出各支路电流的参考方向,并且约定流出节点为正、流进节点为负,或作相反约定。

## 2. KVL

对于任一集总电路中的任一回路,在任一时刻,沿着该回路的所有支路电压降的代数和为零,即  $\sum_{k=1}^K u_k(t) = 0$ 。

(1) KVL 也适用于电路中任一假设回路。

(2) KVL 与电路元件的性质无关,表达了电路中各支路电压间的约束关系,即线性关系。

(3) 对回路运用 KVL 时,必须标示出各支路电压的参考方向及回路的绕行方向,并且约定支路电压的参考方向与回路的绕行方向关联时取正,非关联时取负。

## 1-1-4 电阻元件

### 1. 伏安关系(VAR)

在关联参考方向下,每一元件电压与电流之间的关系,称为伏安关系,简称为 VAR。当 VAR 用解析式表示时,称为伏安特性方程;当 VAR 用  $u-i$  平面上的曲线表示时,称为伏安特性曲线。

### 2. 电阻定义与分类

任何一个二端元件,如果在任一时刻的电压和电流之间存在代数关系,亦即这一关系可以由  $u-i$  平面上一条曲线所决定,此二端元件称为电阻元件。

根据  $u-i$  平面上特性曲线的形状和位置,电阻元件分类如下。

(1) 线性电阻元件的伏安特性曲线是一条通过坐标原点的直线。不是线性的就称为非线性电阻元件。

(2) 伏安特性曲线不随时间而变化的,称为非时变(或称为定常)的电阻元件,否则为时变电阻元件。

(3) 伏安特性曲线对坐标原点对称的,称为双向性电阻元件;对坐标原点对称的是非双向性电阻元件,二极管属这类元件,有正、负极之分。

(4) 关联参考方向下,伏安特性曲线位于第一、三象限,称为无源电阻元件,其吸收的能量 $w(t)$ 为

$$w(t) = \int_{-\infty}^t u(\xi)i(\xi)d\xi \geq 0 \quad (1-4)$$

即无源电阻元件从不向外电路提供能量。如果伏安特性曲线有部分位于第二、四象限,则为有源电阻元件。

电阻常指具有正实常数 $R$ 的线性正电阻,它属无源元件,吸收的能量转化为热能而散失;利用电子电路可实现负电阻,它是有源元件,它向外提供的能量来自电子电路工作时所需的电源。

## 1-1-5 电压源和电流源

### 1. 电压源

在 $u-i$ 平面上,电压源在时刻 $t_1$ 的伏安特性曲线是一条平行于 $i$ 轴且横坐标为 $u_s(t_1)$ 的直线。

(1) 电压源的端电压是定值 $U_s$ 或是一定的时间函数 $u_s(t)$ ,与流过的电流无关。

(2) 流过电压源的电流是任意的,由与之相连接的外电路来决定。

(3) 因特性曲线在第一、二象限,所以电压源既可以对外电路提供能量,也可以从外电路接受能量,是有源元件。

### 2. 电流源

在 $u-i$ 平面上,电流源在时刻 $t_1$ 的伏安特性曲线是一条平行于 $u$ 轴且横坐标为 $i_s(t_1)$ 的直线。

(1) 电流源发生的电流是定值 $I_s$ 或是一定的时间函数 $i_s(t)$ ,

与两端的电压无关。

(2) 电流源两端的电压是任意的,由与之相连接的外电路来决定。

(3) 因特性曲线在第一、第二象限,所以电流源既可以对外电路提供能量,也可以从外电路接受能量,是有源元件。

### 1-1-6 受控源

受控源是从电子器件抽象出来的一种理想化电路元件,它反映同一电路中两条支路电压或电流之间的控制和被控制关系,具有与独立电源完全不同的特点。

(1) 受控源是一种双口元件,它含有两条支路,其一为控制支路,这条支路或为开路或为短路,另一为受控支路,这条支路或为一个电压源或为一个电流源,用菱形符号表示。

(2) 受控支路中的电源,其输出不同于独立源,不受外电路影响,而是受控制支路的电压或电流控制的。

(3) 根据控制量的不同和输出量的不同,受控源可分为四种:电压控制电压源(VCVS),电流控制电压源(CCVS),电压控制电流源(VCCS)和电流控制电流源(CCCS)。

(4) 受控源是一种双口有源电阻元件,受控源向外电路提供的功率来自外电源,该电源在电子器件中,但不在受控模型中表明。

### 1-1-7 支路电流法和支路电压法

#### 1. 电路KCL、KVL方程的独立性

(1) 求解集总电路的基本依据是两类约束,其一是KCL、KVL的拓扑约束,即与一个节点相连接的各支路,其电流必须受到KCL的约束;与一个回路相联系的各支路,其电压必须受到KVL的约束。其二是元件约束,即每个元件的VAR,如线性电阻元件遵循的欧姆定理。

(2) 设电路有 $n$ 个节点和 $b$ 条支路,则独立的KCL方程为 $n-1$ 个,独立的KVL方程有 $b-(n-1)$ 个。能提供独立的KCL方程的节点,称为独立节点;能提供独立的KVL方程的回路,称为独立回路。

## 2. 支路电流法和支路电压法

(1) 以支路电流为变量,建立联立方程组求解电路的方法称为支路电流法。

(2) 以支路电压为变量,建立联立方程组求解电路的方法称为支路电压法。

(3) 运用支路电流法求解电路步骤:

- ① 标示出各支路电流的参考方向,选择参考节点;
- ② 对 $n-1$ 个独立节点列写KCL方程;
- ③ 选取 $b-(n+1)$ 个独立回路,标示出各支路电压参考方向和回路绕行方向,对于平面电路一般选网孔作为独立回路;
- ④ 对 $b-(n+1)$ 个独立回路列写KVL方程;
- ⑤ 联立求解上述 $b$ 个方程,求得各支路电流。

当电路中含有受控源时,可将受控源视为独立源列写方程,再将控制量用支路电流表示后代入方程加以整理。

## 1-1-8 线性电路和叠加定理

### 1. 线性电路

由线性元件及独立电源组成的电路为线性电路。电路的响应与激励之间存在线性关系。

单输入(激励)的线性电路,响应与激励之间存在“比例性”(或称齐次性),即 $i = Ku_s$ 。

双输入(激励)的线性电路,响应与激励 $u_s$ 和激励 $i_s$ 之间存在“叠加性”(或称相加性),即有 $i = K_1u_s + K_2i_s$ 。

### 2. 叠加定理

在线性电路中,每一元件的电流或电压可以看成是每一个独

立源单独作用于电路时,在该元件上所产生的电流或电压的代数和,其数学表示为

$$\begin{aligned} Y(t) &= A_1 U_{s1} + A_2 U_{s2} + \cdots + B_1 i_{s1} + B_2 i_{s2} + \cdots \\ &= \sum_{k=1}^{\alpha} A_k U_{sk} + \sum_{k=1}^{\beta} B_k i_{sk} \end{aligned} \quad (1-5)$$

式中,  $Y(t)$  为响应  $u(t)$  或  $i(t)$ 。

运用叠加定理时,应注意以下几点。

(1) 当某一独立源单独作用时,其他独立源应为零值,即独立电压源用短路代替,独立电流源用开路代替。

(2) 受控源的电压或电流不是电路的输入,不能单独作用。在运用定理时,受控源和电阻一样,应始终保留在电路中。

(3) 功率计算不能用叠加定理,必须根据元件上的总电压和总电流来计算。

## 1-2 习题选解

1. 各元件的情况如图 1-3 所示。

- (1) 若元件 A 吸收功率 10 W, 求  $U_a$ ;
- (2) 若元件 B 吸收功率 10 W, 求  $I_b$ ;
- (3) 若元件 C 吸收功率 -10 W, 求  $I_c$ ;
- (4) 试求元件 D 吸收的功率;
- (5) 若元件 E 产生的功率为 10 W, 求  $I_e$ ;
- (6) 若元件 F 产生的功率为 -10 W, 求  $U_f$ ;
- (7) 若元件 G 产生的功率为 10 mV, 求  $I_g$ ;
- (8) 试求元件 H 产生的功率。(见习题一题 4)

**解** 计算元件的功率是电路理论的一个重要内容。在元件标示出电压和电流参考方向后,功率计算式为  $P = \pm UI$ , “+”号表示  $U$  与  $I$  取关联参考方向;计算结果  $P > 0$  时表示元件吸收功率,  $P < 0$  时表示元件产生功率。

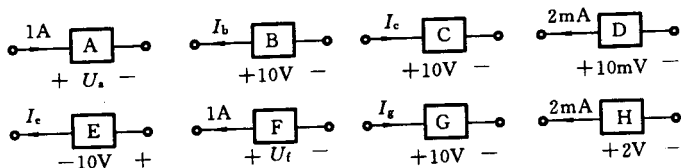


图 1-3 题 1 图

$$(1) P_a = U_a I_a, \quad U_a = \frac{P_a}{I_a} = \frac{10}{1} \text{ V} = 10 \text{ V}$$

$$(2) P_b = -U_b I_b, \quad I_b = -\frac{P_b}{U_b} = -\frac{10}{10} \text{ A} = -1 \text{ A}$$

$$(3) P_c = U_c I_c, \quad I_c = \frac{P_c}{U_c} = \frac{-10}{10} \text{ A} = -1 \text{ A}$$

$$(4) P_d = -U_d I_d = -(10 \times 10^{-3})(2 \times 10^{-3}) \text{ W} = -20 \mu\text{W}$$

D 元件产生功率  $20 \mu\text{W}$ 。

$$(5) P_e = U_e I_e, \quad I_e = \frac{P_e}{U_e} = \frac{-10}{10} \text{ A} = -1 \text{ A}$$

$$(6) P_f = -U_f I_f, \quad U_f = -\frac{P_f}{I_f} = -\frac{10}{1} \text{ V} = -10 \text{ V}$$

F 元件产生  $-10 \text{ W}$ , 即为吸收  $10 \text{ W}$ 。

$$(7) P_g = U_g I_g, \quad I_g = \frac{P_g}{U_g} = \frac{-10 \times 10^{-3}}{10} \text{ A} = -1 \text{ mA}$$

$$(8) P_h = -U_h I_h = -(2 \times 2 \times 10^{-3}) \text{ W} = -4 \text{ mW}$$

H 元件产生  $4 \text{ mW}$  功率。

2. 图 1-4(a) 电路中电压  $U_3$  的参考极性已选定, 若该电路的两个 KVL 方程为

$$U_1 - U_2 - U_3 = 0$$

$$-U_2 - U_3 + U_5 - U_6 = 0$$

(1) 试确定  $U_1$ 、 $U_2$ 、 $U_5$  及  $U_6$  的参考极性;

(2) 能否再进一步确定  $U_4$  的参考极性?

(3) 若给定  $U_2 = 10 \text{ V}$ ,  $U_3 = 5 \text{ V}$ ,  $U_6 = -4 \text{ V}$ , 试确定其余各电

压。(见习题一题7)

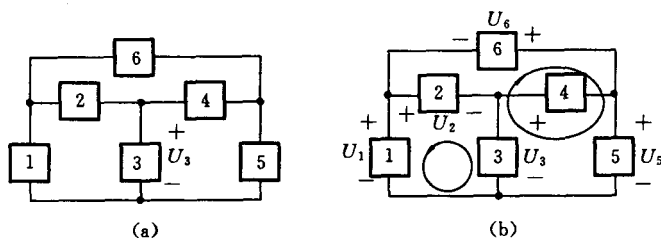


图 1-4 题 2 图

解 (1) 在元件 1、2 和 3 构成的回路中,选择逆时针回路绕行方向,受 KVL 约束  $U_1$  和  $U_2$  的参考极性如图 1-4(b) 中所示。在由元件 2、3、5 和元件 6 组成的回路中,选择顺时针回路绕行方向,则可在图 1-2(b) 中标示出  $U_5$  和  $U_6$  的参考极性。

(2) KVL 给回路中各元件电压一种线性约束关系,  $U_4$  不在已选定的回路之中,所以不受约束,故不能进一步确定  $U_4$  的参考极性。

(3) 由给定的两个 KVL 方程,有

$$U_1 = U_2 + U_3 = (10 + 5) \text{ V} = 15 \text{ V}$$

$$U_5 = U_2 + U_3 + U_6 = (10 + 5 - 4) \text{ V} = 11 \text{ V}$$

为求元件 4 端电压  $U_4$ , 必须标示出  $U_4$  的参考极性, 图 1-4(b) 中标示出了  $U_4$  的一种参考极性, 若选择由元件 3、4 和 5 组成的回路, 在顺时针回路绕向时, 有

$$U_4 = U_3 - U_5 = (5 - 11) \text{ V} = -6 \text{ V}$$

3. 电路如图 1-5 所示, 已知  $U_1 = 10 \text{ V}$ ,  $U_2 = 5 \text{ V}$ ,  $U_4 = -3 \text{ V}$ ,  $U_6 = 2 \text{ V}$ ,  $U_7 = -3 \text{ V}$  及  $U_{12} = 8 \text{ V}$ 。能否确定所有其他各个电压? 如能, 试确定它们。如不能, 试指出尚需知道哪些电压才能确定所有电压。本电路需要给定几个电压才能确定其余电压? 这些给定电压应具有什么特点? (见习题一题 8)

解 依据 KVL 列方程, 对于回路 5、6、7, 有

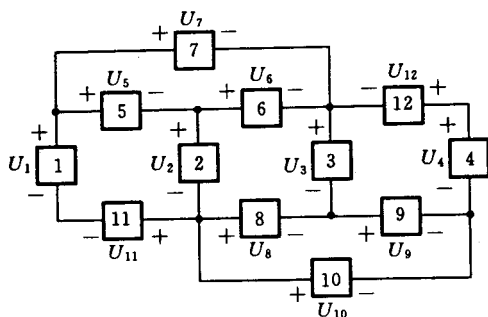


图 1-5 题 3 图

$$U_5 + U_6 - U_7 = 0$$

所以  $U_5 = U_7 - U_6 = (-3 - 2) \text{ V} = -5 \text{ V}$

对于回路 5, 2, 11, 1, 有

$$U_5 + U_2 + U_{11} - U_1 = 0$$

$$U_{11} = U_1 - U_2 - U_5 = [10 - 5 - (-5)] \text{ V} = 10 \text{ V}$$

对于回路 6, 12, 4, 10, 2, 有

$$U_6 - U_{12} + U_4 - U_{10} - U_2 = 0$$

所以

$$U_{10} = U_6 + U_4 - U_{12} - U_2 = (2 - 3 - 8 - 5) \text{ V} = -14 \text{ V}$$

对于回路 3, 9, 4, 12, 有

$$U_3 + U_9 - U_4 + U_{12} = 0$$

所以  $U_3 + U_9 = U_4 - U_{12} = (-3 - 8) \text{ V} = -11 \text{ V}$

对于回路 6, 3, 8, 2, 有

$$U_6 + U_3 - U_8 - U_2 = 0$$

所以  $U_3 - U_8 = U_2 - U_6 = (5 - 2) \text{ V} = 3 \text{ V}$

可见,  $U_3$ ,  $U_8$  和  $U_9$  不能求出。

本题未求出的三个电压中, 任意给出一个电压则可求出其余两个电压。如已知  $U_3$ , 则在回路 3, 12, 4, 9 中, 有