

# 含受控源的线性电路分析计算方法研究

曾小平

(四川省盐业学校,四川自贡 643000)

**摘要:**本文论述了含受控源的线性电路的几种分析计算方法:常规叠加原理法、支路电流法、等效电源替代法(戴维南定理、诺顿定理)、受控源独立计算法,并相互验证。

**关键词:**线性电路;受控源;独立源;叠加原理;等效电源

中图分类号:TS33

文献标识码:A

文章编号:1001-0335(2020)05-0036-03

## Research on Analysis and Calculation Method of Linear of Linear Circuit with Controlled Source

Zeng Xiaoping

(Sichuan Salt Industry School, Zigong, Sichuan, 643000)

**Abstract:** This paper discusses several analysis and calculation methods of linear circuits containing controlled sources: conventional superposition principle method, branch current method, equivalent power substitution method (Thevenin's Theorem, Noton's Theorem), independent calculation method of controlled sources, and verity each other.

**Key words:** Learin circuit, controlled source, independent source, superposition principle, equivalent source

### 1 引言

受控源是一种受其它支路的电压或电流控制的非独立电源,在分析求解含受控源的线性电路时,仍可采用一般线性电路的叠加原理、等效电源将受控源视作非独立源处理进行分析计算,只是仍要把受控源象电阻一样保留在电路内,往往画等效电路及计算都比较繁琐复杂,如果将受控源作为独立源来处理,在用叠加原理分析计算时,可以象独立源一样令受控源参与叠加,在考虑其它独立源作

用时不需保留在电路中,使得分析计算都大为简单明了。下面通过实际电路的分析计算来验证其正确性和可行性。

2 叠加原理、等效电源替代法、支路电流法均适用于含受控源的线性电路

2.1 叠加原理是指任一线性电路中,各支路的电流(或电压)应等于电路中各独立源单独作用下在该支路所产生的电流(或电压)的代数和,对于含有受控源的线性电路,叠加原理分析计算时仍然适用,

作者简介:曾小平(1964-),男,四川自贡人,讲师,长期从事电气类课程的理论、实训课教学。

### 4 结束语

近几年来,虽然我国的机械自动化技术小有成就,但是起步晚的问题依然存在,人才缺失和管理方面的问题也已经到了必须要解决的时候,这势必需要相关部门的重视和企业自身的改革与前景的把控,通过内部和外部的动力来提升自己的核心竞争能力。

#### 参考文献

[1]陈国荣.浅论机械工程自动化设备安装技术[J].建材与装饰,2018(31):225-226.

[2]郑春英,陈卫东.机械工程自动化设备安装技术分析[J].科学技术创新,2018(04):170-171.

[3]朱兴伟.机械工程自动化设备安装技术概述[J].企业技术开发,2018,37(01):66-68.

[4]刘和平,杨力.机械工程的自动化设备安装技术探讨[J].化工管理,2017(30):106.

[5]温国伟.机械工程自动化设备安装技术分析与研究[J].企业技术开发,2017,36(10):89-90

(收稿日期:2020-04-20)

(编辑/周蕾)

但只是单独作用仅对独立源,受控源要同电阻元件一样,是不能单独作用的。

例 1:试用叠加原理计算图 1(a)  $R_1$  上的电流  $I_x$

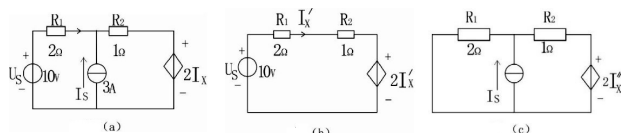


图 1 含多种电源线性电路及各分电源作用图

叠加原理求解:

①令  $U_s=10V$  的电压源单独作用,其它的独立源除源(为零值),如图 1(b)所示,电路中,由 KVL 得:

$$I_x'(R_1+R_2)+2I_x'=U_s$$

代入数据  $(1+2)I_x'+2I_x'=10$ ,解得  $I_x'=2A$

②令  $I_s=3A$  的电流源单独作用,其它独立源除源,如图 1(c)所示,电路中,由 KVL 得  $R_1I_x''+R_2(I_s+I_x'')+2I_x''=0$

代入数据得  $5I_x''=-3$ ,解得  $I_x''=-0.6A$

③运用叠加原理得  $I_x=I_x'+I_x''$  代入数据得  $I_x=2-0.6=1.4A$

## 2.2 等效电源替代法

戴维南定理表述:任何一个线性有源二端网络都可以等效为一个电压源串联电阻替代,该电压源的数值等于网络的开路电压,该电阻阻值等于网络的除源等效电阻;而诺顿定理表述:任何一个线性有源二端网络都可以等效为一个电流源并联电阻替代,该电流源的数值等于网络的短路电流,所并电阻等于网络的除源电阻。

例 2:分别用戴维南定理和诺顿定理求上图中  $R_1$  上的电流  $I_x$

(1)戴维南定理求解:

首先去掉  $R_1$  如图 2(a),求 a,b 间的开路电压  $U_{oc}=U_s-I_s \times R_2$

代入数据得  $U_{oc}=10-3 \times 1=7V$

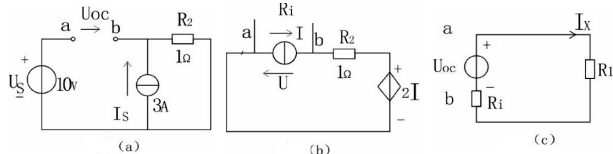


图 2 去掉  $R_1$  后的开路电压、除源内阻、等效电压源模型图  
再求 ab 间的除源内阻  $R_i$ ,如图 2(b),为了求  $R_i$  在 ab 间电流源  $I$ ,  $U=R_2I+2I$ ,

代入数据求得  $R_i=U/I=R_2+2=3\Omega$

最后用等效电压源替代并接入  $R_1$  用欧姆定律,求得  $I_x=U_{oc}/(R_1+R_i)$

代入数据求得  $I_x=7/5=1.4A$

(2)诺顿定理求解:

首先将  $R_1$  短路求短路电流  $I_{oc}$ ,如图 3(a),由 KVL 得  $(I_{oc}+I_s)R_2+2I_{oc}=U_s$ ,即  $3I_{oc}=7$

$I_{oc}=7/3A$ ,上面已求得  $R_i=3\Omega$  接入  $R_1$  求得  $I_x=I_{oc}R_i/(R_1+R_i)$

代入数据得  $I_x=(7/3)(3/5)=1.4A$

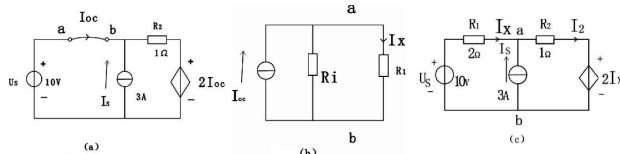


图 3  $R_1$  短路、电流源模型、各支路电流图

## 2.3 支路电流法

以支路电流为未知数通过列出电路的节点电流方程及回路电压方程,然后解方程组求解各支路电流的方法,一般对有  $n$  条支路, $m$  个节点的电路可列  $m-1$  个独立的节点电流方程和  $n-m+1$  个回路电压方程,便可求解。

例 3:用支路电流法求图 1(a)中  $R_1$ 、 $R_2$  上的电流

①首先假设  $R_1$ 、 $R_2$  上电流  $I_x$ 、 $I_2$  方向和回路  $U_s-R_1-R_2-2I_x$  的方向如图 3(c)

②对节点 a 列 KCL 方程:  $I_x+I_s=I_2$ , 已知  $I_s=3A$ , 即  $I_x+3=I_2$

③列回路  $U_s-R_1-R_2-2I_x$  的 KVL 方程:  $I_xR_1+I_2R_2+2I_x=U_s$ ,代入数据得:  $4I_x+I_2=10$

④解方程组(1)(2)得  $I_x=1.4A>0$ ,  $I_2=4.4A>0$ ,假设方向与实际方向相同

综上求含受控源的电路三种方法求得  $R_1$  的电流完全相同,而且由于支路数较少,  $I_s$  又已知求解更简单。

## 3 受控源单独作用法

我们知道,受控源是不能独立作用的,如果将受控源视做独立源处理,有什么问题?叠加原理是否依然成立呢?

### 3.1 受控源独立问题

为了便于说明这个问题仍以图 1(a)电路为例,如果也使受控源象独立源一样单独作用,会发现其响应分量是一个关于控制量的函数。

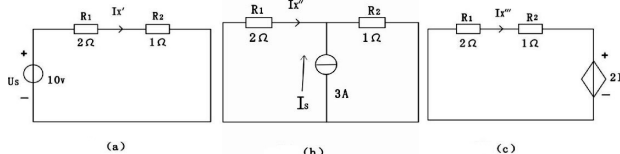


图 4 各电源单独作用图

解:①电压源  $U_s$  单独作用时,所有独立源、受控源全部为零,如图 4(a),由欧姆定律求得:

$$I_X' = U_s / (R_1 + R_2) = 10/3A$$

②电流源  $I_s$  单独作用时,同样所有的独立源、受控源全部为零,如图 4(b),  $I_X'' = -I_s \times R_2 / (R_1 + R_2) = -1A$

③受控源单独作用,所有独立源为零,仅保留受控源和控制量如图 4(c),由 KVL:  $2I_X + (R_1 + R_2)I_X'' = 0$ ,  $I_X'' = -(2/3)I_X$ , 显然控制量  $I_X$  的第三个分量  $I_X'''$  没有具体值,  $I_X''$  是  $I_X$  的线性函数,同样  $I_X$  也是  $I_X'''$  的线性函数。

④运用叠加原理得:  $I_X = I_X' + I_X'' + I_X''' = (10/3) - 1 - (2/3)I_X$ , 解方程得  $I_X = 1.4A$ ,由此可见,将受控源独立作用后叠加结果和受控源不能独立作用时(常规叠加原理法、等效电源替代法)的计算结果完全一样,但不能说受控源可以单独作用,因为我们知道用叠加原理计算线性电路时每个电源单独作用的响应分量都是具体数值,而受控源单独作用时的响应分量是总量(受控量)的未知量,所求控制量具体值是要通过解方程来求得的,这与叠加原理概念不符。

3.2 受控源单独作用法可作为含受控源的线性电路的一种分析计算方法:在求解含多个独立源及受控源的线性电路时,将受控源独立在叠加,可以使分析计算简化,但如果欲求未知量不是受控源的控制量(或者电路包含不至一个受控源、或网孔较多时),分析计算会较复杂。

例 4:如图 5(a)电路,用受控源独立叠加法求  $R_4$  上电流  $I$ ,并用戴维南定理验证。

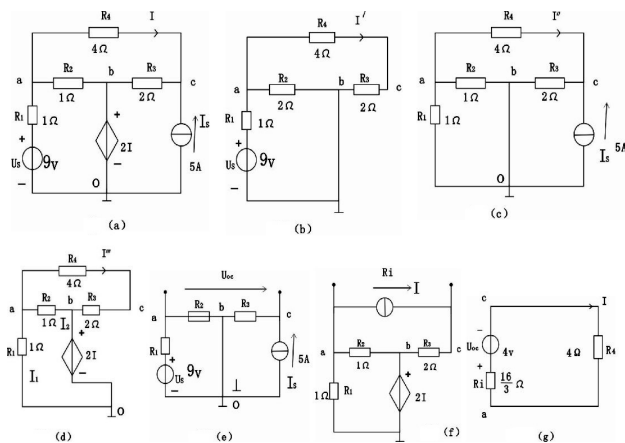


图 5 含多种电源及其独立作用图

解:(1)受控源独立叠加法:

①  $U_s$  单独作用时,其它电源为零,如图 5(b)所示

$$I' = \{U_s / (R_1 + (R_3 + R_4) // R_2)\} \times R_2 / (R_2 + R_3 + R_4)$$

代入数据计算得  $I' = 0.9A$

②  $I_s$  单独作用时,其它电源为零,如图 5(c),  $I'' = R_3 I_s / ((R_1 // R_2 + R_4) + R_3)$

代入数据计算得  $I'' = -1.5A$

③受控源单独作用,其它电源为零如图 5(d)所示,由 KVL:  $4I''' + 2 \times 3I''' + 4I = 0$ , 计算得  $I''' = -0.4I$

④运用叠加原理:  $I = I' + I'' + I'''$  代入数据得方程

$$I = 0.9 - 1.5 - 0.4I, \text{解方程得 } I = -3/7A.$$

(2)用戴维南定理验证:

①先将  $R_4$  去掉求开路电压  $U_{oc}$  如图 5(e)所示,  $U_{oc} = U_{ac} = U_{ab} + U_{bc}$

$U_{oc} = \{R_2 \times U_s / (R_1 + R_2)\} - I_s \times R_3$  代入数据求得  $U_{oc} = -4V$

②再求  $ac$  间的等效内阻  $R_i$ ,为求其值,在  $ac$  间施加一电流源  $I$ ,再求出两端电压  $U_{ca}$ ,  $R_i = U_{ca} / I$ ,如图 5(f)所示,在图中  $U_{ca} = U_{cb} + U_{ba} = I \times R_3 + I_2 R_2$  (1)

对节点  $a$ ,有 KCL 方程  $I_1 + I_2 = I$  (2)

对含受控源回路有 KVL 方程:

$$I_2 R_2 - I_1 R_1 = 4I \quad (3)$$

解方程(2)、(3)得  $I_2 = 5/3I$ ,代入方程(1)求得  $U_{ca} = (16/3)I$ ,

即  $R_i = 16/3\Omega$

③画出等效电压源,并接入  $R_4$ ,如图 5(g)用欧姆定律求得:  $I = U_{oc} / (R_i + R_4)$  代入数据计算得  $I = -4 / ((16/3) + 4) = -3/7A$

## 4 结束语

含受控源的电路仍可用不含受控源的电路求解方法计算,同样也可用受控源独立计算法求解,但过程还是比较复杂,如果求解的是非控制量可能更复杂,受控源独立计算法戴维南定理计算结果相同,再次印证受控源独立作用作为一种计算方法的正确性和可行性。

## 参考文献

- [1]张洪让.电工基础(第一版)[M].北京:高等教育出版社,1990.
- [2]邱关源.电路(第四版)[M].北京:高等教育出版社,1999.
- [3]秦曾煌.电工学(第一版)[M].北京:高等教育出版社,1986.

(收稿日期:2020-08-05)

(编辑/周 蕾)