第10卷 第1期　郑州工学院学报　VOL.10 NO.1
1989年 2 月 JOURNAL OF ZHENGZHOU INSTITUTE OF TECHNOLOGY February 1989

关于含受控源电路几个问题的探讨

王俊鹍　周采苹

（电机系）

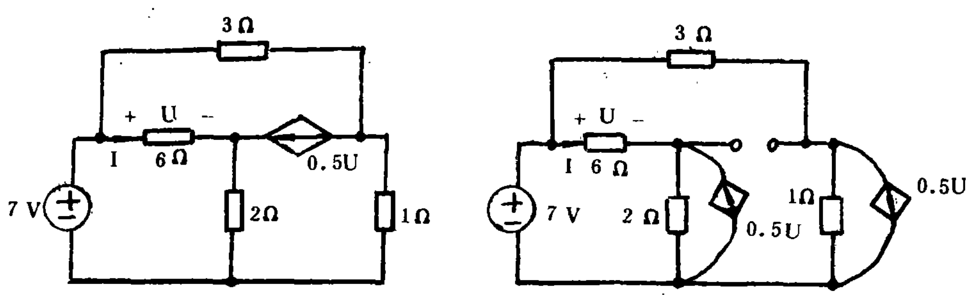
提要：本文讨论了含受控源线性电路中受控源及其控制量的转移，应用迭加定理时的两种处理方式以及当含源一端口网络与外电路之间存在受控源耦合时戴维南定理的正确运用等几个问题。

关键词：受控源，控制量的转移，迭加定理，戴维南定理。

1　受控源的转移和受控源控制量的转移

对某些含受控源的电路，采用电源和控制量的转移，可以简化分析与计算，并有可能比用一般分析法简单。

例一、求图1（a）示电路中的电流I



（a）　图1　（b）

解：图1（a）示电路是一个含受控源的复杂电路，不难用回路法或节点法求解。但是受控源也是一种电源，其伏安特性和独立源相同，可以象独立源一样转移。若将图1（a）电路中0.5U受控电流源向2Ω、1Ω两电阻支路转移，得图1（b）电路，原电路变成了一个含二个独立单回路电路。进一步将受控电流源0.5V与电阻2Ω的并联组合等效变换为受控电压源U与电阻2Ω的串联组合后，由KVL得

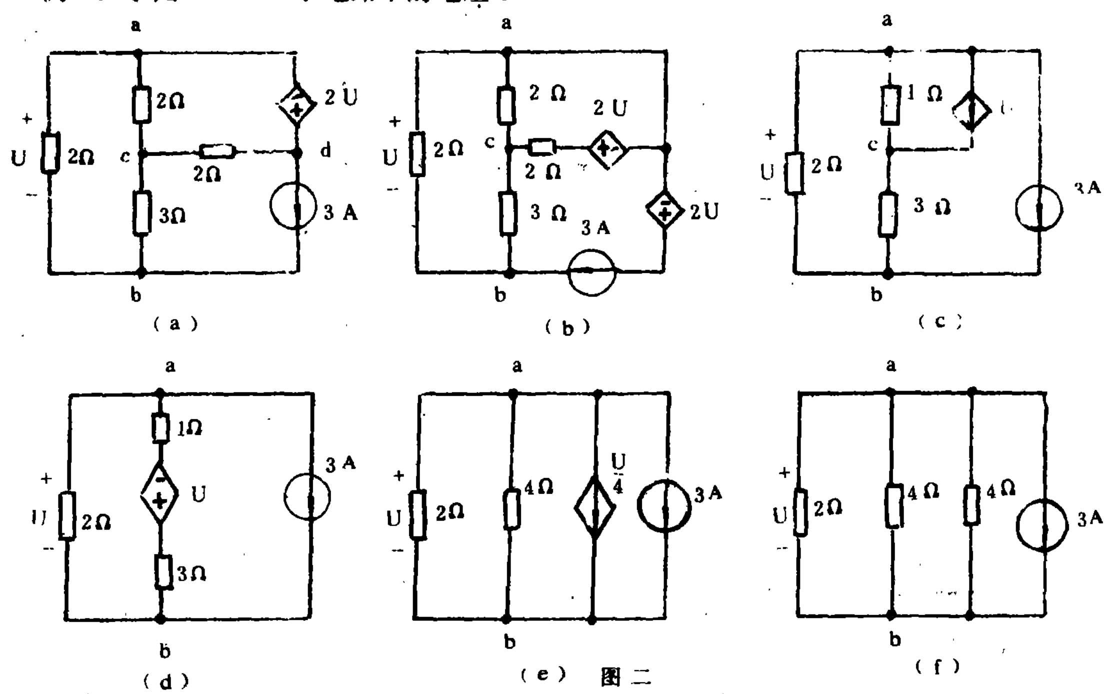
$$(6+2)I+U=7$$

将U＝6I代入上式解得

$$I=0.5A$$

本文1988年1月21日收到。

例二、求图 2（a）示电路中的电压 U．



图二

解：将图 2（a）中受控电压源 2U 转移至与节点 d 相联的其他两条支路中去并消去节点 d 得图 2（b）电路，再反覆运用受控电压源与电阻的串联组合和受控电流源与电阻的并联组合间的等效变换逐步化简电路，如图 2（c）、（d）、（e）所示．并将图 2（e）中受控电流源 U／4 用一个 4 Ω 电阻代替得图 2（f），然端电压为

$$U = 2 \parallel 4 \parallel 4 \times (-3) = -3\text{V}$$

例三、求图 3（a）示二端网络 a、b 端的输入电阻 R_i

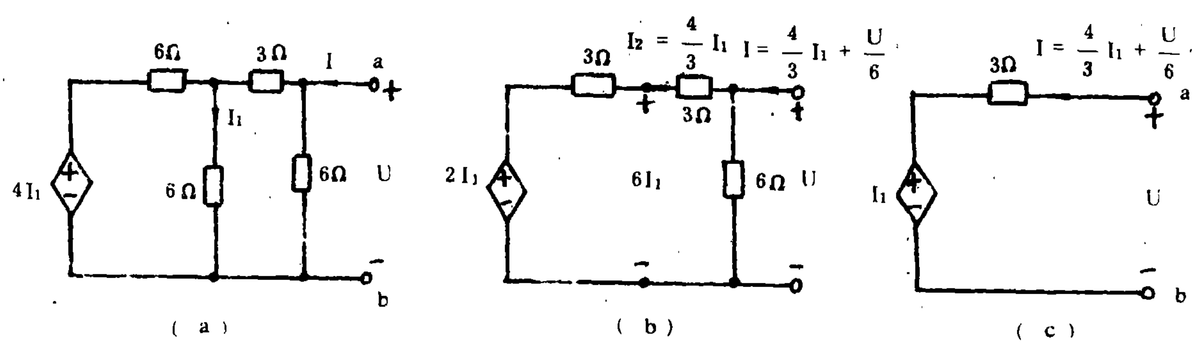


图 3

解：在求含受控源二端网络的输入电阻时，一般是先化简网络，然后再列写端钮伏安关系式求输入电阻。但当受控源的控制量是网络内部的电压或电流时，化简就要涉及控制量支路，为了能化简，就需要将控制量转移到别的支路中去，也就是用其他支路的电压或电流来

表示控制量，使原来的控制量支路能参与等效变换。例中可将控制量I_1逐步向端口a b方向转移。先将控制量I_1转移为6Ω支路中电压$6I_1$，按戴维南定理化简得图3（b）电路，由KVL有$6I_1=3I_2+2I_1$，从而求得$I_2=\frac{4}{3}I_1$，此电流转移至端口电流I支路时，按KCL应表示为$I=\frac{4}{3}I_1+\frac{U}{6}$。再用戴维南定理化简图3（b）电路得图3（c）电路，由KVL有

$$U=3I+I_1$$

又

$$I=\frac{4}{3}I_1+\frac{U}{6}$$

由上两式消去I_1得

$$\frac{3}{2}U=5I$$

故输入电阻

$$R_i=\frac{U}{I}=\frac{10}{3}\Omega$$

例四、求图4（a）示电路中的电流I_3

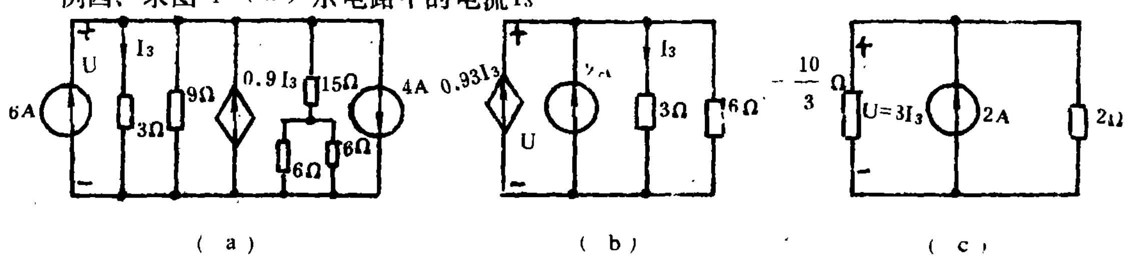


图 4

解：原电路可简化如图4（b）所示，该图中仍保留了控制量I_3支路。为了使I_3支路能与6Ω支路并联化简，可将控制量转移至端电压$U=3I_3$，这样受控电流源$0.9I_3$可用一个阻值为$\frac{-U}{0.9I_3}=\frac{-3I_3}{0.9I_3}=\frac{-10}{3}\Omega$的负电阻来代替，于是得到了图4（c）电路，由图可得

$$U=3I_3=2\times 2\ /\!/\ \left(-\frac{10}{3}\right)=10$$

故

$$I_3=10/3\ A。$$

2 迭加定理在含受控源线性电路中的应用

用迭加定理分析含受控源线性电路时，对受控源的处理有两种方法：一种是把受控源按电阻性元件处理。当独立源单独作用时把受控源保留在电路中，电路中的响应看作是每一个独立源单独作用时所产生的响应的迭加。另一种是把受控源按独立源处理。电路中的响应看作是独立源和受控源所产生的响应的迭加。这时受控源的控制量应该是总量而不是分量，即当受控源单独作用时其控制量应是原网络中所有独立源和受控源共同作用产生的。两种处理

方法是等价的

例五、用迭加定理求图5（a）所示电路中的电流 I。

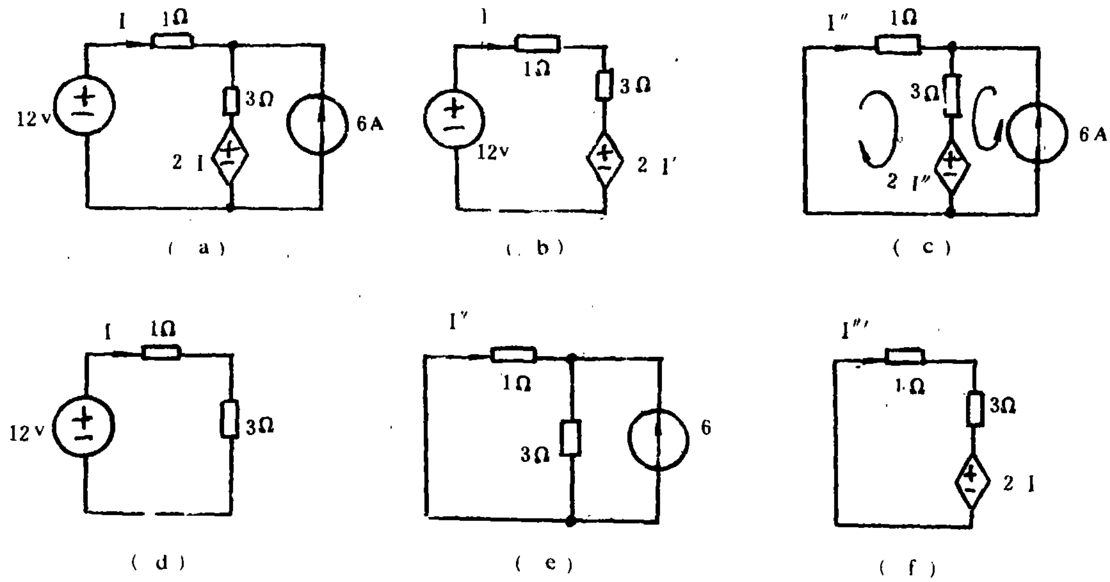


图5

解：按第一种处理方法，只有独立源参与迭加，当独立源单独作用时受控源仍保留，且与电阻同样对待

12V电压源单独作用时［图5（b）］有

$$(1+3)I'+2I'=12V$$

$$\therefore I'=2A$$

6A电流源单独作用时［图5（c）］有

$$(1+3)I''+2I''+3\times 6=0$$

$$\therefore I''=-3A$$

由迭加定理有

$$I=I'+I''=-1A$$

按第二种处理方法，受控源如独立源一样亦可参与迭加，但要注意当受控源单独作用时其控制量应是总量而不是分量

12V独立电压源单独作用时［图5（d）］有

$$I'=\frac{12}{1+3}=3A$$

6A独立电流源单独作用时［图5（e）］有

$$I''=-6\times\frac{3}{3+1}=-1.5A$$

受控电压源 2I（注意不是 2I'''）单独作用时［图5（f）］有

$$(1+3)I'''=-2I$$

但
$$I=I'+I''+I'''=3-4.5+I'''=-1.5+I'''$$

代入上式解得
$$I'''=0.5A$$

最后得
$$I=I'+I''+I'''=3-4.5+0.5=-1A$$

显然二种处理方法求得结果相同。

例六、用迭加定理求图6（a）所示电路中的电流 I

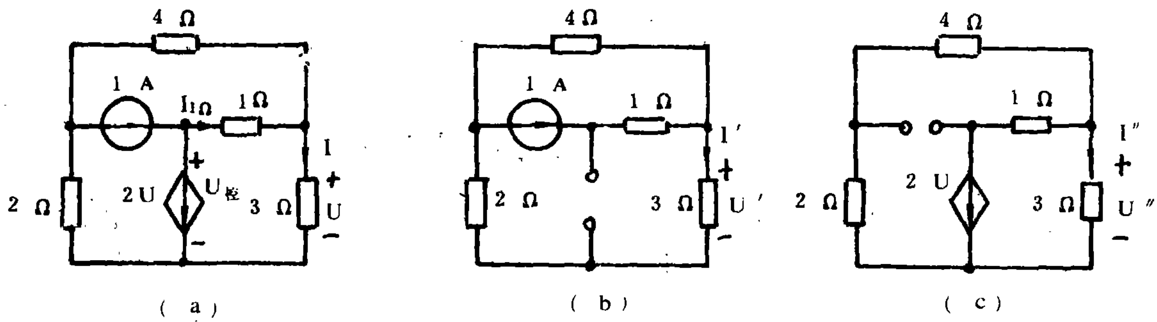


图 6

解：按第二种处理方式。当独立电流源1A单独作用时［图6（b）］，由分流公式有

$$I'=1\times\frac{4}{4+(2+3)}=\frac{4}{9}A$$

当受控电流源2U单独作用时［图6（c）］，由分流公式有

$$I''=-2U\frac{(4+2)}{(4+2)+3}=-\frac{4}{3}U=-\frac{4}{3}\times 3I=-4I$$

按迭加定理有

$$I=I'+I''=\frac{4}{9}-4I$$

解得
$$I=\frac{4}{45}A$$

显然本题用迭加定理求解比用节点法、回路法求解要简便些。

由例五及例六可以看出在用迭加定理分析含受控源线性电路时若用第二种处理方法其求解量一定是控制量，若要求其他支路的电压电流必须先求出控制量，然后返回原电路由KCL、KVL及元件的VAR求得。例如要求图6（a）受控电流源的端电压 $U_{控}$ 不能直接按图6（b）、（c）求 $U_{控}$ 的分量 $U'_{控}$ 及 $U''_{控}$，而必须先求出控制量 $U=3I=3\times\frac{4}{45}=\frac{4}{15}V$，然后按图6（a）由KCL求得 $I_{1\Omega}=1-2U=1-2\times\frac{4}{15}=\frac{7}{15}A$，最后由KVL求得

$U_{R} = 1 \times I_{1R} + U = 1 \times \frac{7}{15} + \frac{4}{15} = \frac{11}{15}V$、此外，由于求解出是控制量，在一般情况下控制量不会是电路的独立的完备的电压或电流变量。因此有可能对某些较复杂电路即便求得控制量，也不一定能求出电路中所有的其他电压与电流，故应用上有一定的局限性。

3　戴维南定理在含受控源线性电路中的应用

当线性电路中含有受控源时，若受控源的控制量和被控源都在含源一端口网络中，该网络可以用戴维南定理进行等效化简，这是确定无疑的。但是，当含源一端口网络与外电路之间存在受控源的耦合时，只要保证控制量不丢失不改变，仍能可用戴维南定理对该网络进行等效化简。

例七、用戴维南定理求图7（a）示电路的电压U_2

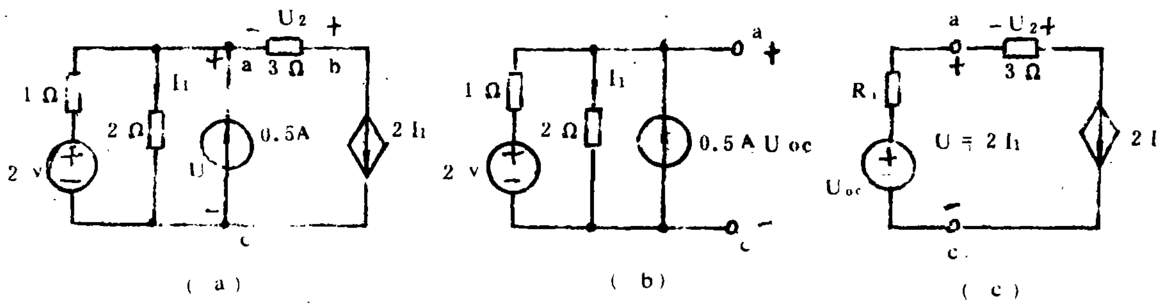


图7

解：若从a b端断开3Ω支路，则受控源$2I_1$及控制量I_1均在含源一端口网络中，不难求出其戴维南等效电路。但若从a c端断开电路，则出现了控制量在等效部分，被控源在负载部分的情况，此时为了应用戴维南定理必须将受控源的控制量I_1转移至端口a c，即有$U=2I_1$，从而把在负载部分的那个被控源转化为受端口量控制的被控源。

图7（b）示含源一端口网络可用戴维南定理等效化简。由弥尔曼定理有

$$U_{oc} = \frac{\frac{2}{1} + 0.5}{1 + \frac{1}{2}} = \frac{5}{3}V$$

戴维南等效电阻容易求得为

$$R_i = \frac{2}{3}\Omega$$

进而从图7（c）求得

$$U = 2I_1 = \frac{5}{3} - \frac{2}{3} \times 2I_1$$

$$I_1 = 0.5A$$

$$U_2 = -3 \times 2I_1 = -3V$$

例八、用戴维南定理求图8（a）示电路的U和I

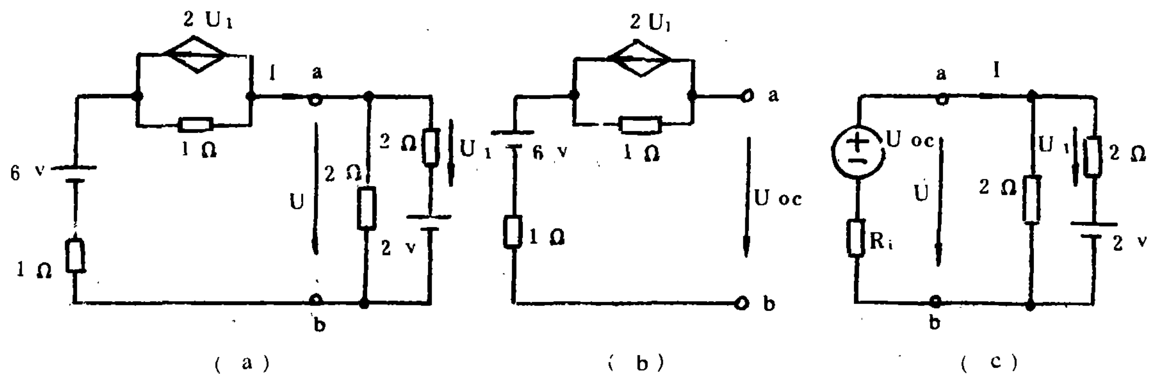


图8

解：将图8（a）电路从a b端断开后出现了被控源在等效部分，控制量在负载部分的情况。此时由于负载部分被确定不变，因而控制量不改变，可将被控源当作独立源处理，应用戴维南定理将含源一端口网络等效化简，求得带有未知量为控制量的等效电源，再与外电路连接后求解。

由图8（b）电路不难求得

$$U_{oc} = (6 - 2U_1)V$$

$$R_i = 2\Omega$$

从而可做出图8（c）的等效电路，由弥尔曼定理有

$$U = \frac{\frac{6-2U_1}{2} + \frac{2}{2}}{3 \times \frac{1}{2}} = \frac{4 - U_1}{1.5}$$

但 $U = U_1 + 2$

联立解得 $U_1 = 0.4V$

$$U = 2.4V$$

$$I = \frac{U}{2} + \frac{U_1}{2} = 1.4A$$

综上所述，不管含源一端口网络与外电路之间是否存在受控源耦合，任何具有唯一解的线性电路都可以应用戴维南定理来等效化简，并且断开端钮的位置不受限制。

参 考 文 献

［1］邱关源主编 电路（修订本）上、下册 人民教育出版社 1982年

［2］李瀚荪编 电路分析基础（第二版）上册 高等教育出版社 1983年

［3］王俊鹍“迭加定理在含受控源线性网络中的应用” 郑州工学院学报1984年第一期

［4］候春友“浅谈应用代文宁定理分析受控源电路”《工科电工教学》总第33期 1985年

（下转105页）

Convergence of Integral Boundary - Resouce Interative Method of Time Depondence Transport Equation With Generalized Boundary Conditions and the Slab Geometry

Xu Jian Guo

(Zhengzhou Institute of Technology)

Abstract: In this papar, A integral boundary - resouce interative meth-od of the solution for a class of neutron transport equations with generalized integral boundary conditions is given and its convergence is proved.

Keywords: Transport equation. Integral boundary - resouce interative method, couvergence.

(上接100页)

On Some Problem of Circuit With Controlled Source

Wang Junkun　　Zhou Caiping

(Electrical Engineering Department)

Abstract: This paper discusses the transfer of controlled variable in the linear circuit with controlled source and the problems deserving of attention when the superposition theorem and Thevenin's theorem are used to analyse such cirucits.

keyworbs. controlled source, transfer of controlled variable, superposition theorem, Thevenin's theorem.