

含源线性二端口网络的一种简化处理方法

哈尔滨工业大学威海分校 扈宏杰 白雪
张万峰

在电路理论中,对含源线性二端口网络的简化处理,往往是采用戴维南定理或诺顿定理,将含源二端口网络简化为一个等效的电压源或电流源形式,从而使电路的分析和计算简单化,然而,等效电压源或电流源的电参数需两个过程才能求出,尤其是对于含有受控源的二端口网络的简化处理往往十分复杂,本文介绍了一种新方法,利用二端口网络的基本电压电流方程,经等效变换后,直接得出含源二端口网络的等效电压源模型参数或等效电流源模型参数。

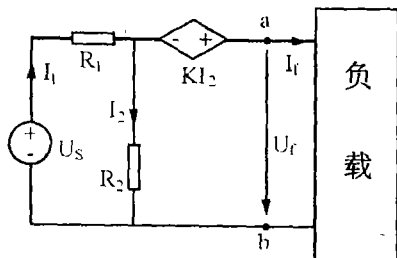


图 1

1. 图 1 所示为含有受控源的电路,端口 a、b 左侧为一含源线性二端口网络,右侧为一负载二端口网络。若使端口 a、b 左侧二端口网络等效变换为一个电压源或电流源形式,常规的方法是首先求出开路电压,再求出短路电流,二者之比即为入端阻抗,这种方法比较繁琐,现我们利用基尔霍夫电压电流定律建立数学方程:

$$U_s = I_1 R_1 + U_f - K I_2 \quad (1)$$

$$U_f = K I_2 + I_2 R_2 \quad (2)$$

$$I_1 = I_2 + I_f \quad (3)$$

将以上方程整理,消去中间变量得出只含有 U_f 、 I_f 、 U_s 及阻抗参数的方程如下:

$$U_f = U_s (R_2 + K) / (R_1 + R_2) - R_1 (R_2 + K) I_f / (R_1 + R_2) \quad (4)$$

$$\text{令: } U_0 = U_s (R_2 + K) / (R_1 + R_2) = U_0$$

$$R_1 (R_2 + K) / (R_1 + R_2) = R_0$$

得方程:

$$U_f = U_0 - R_0 I_f \quad (5)$$

结合方程 (5) 不难看出: U_0 即为端口 a、b 左侧二端口网络等效电路的电压源; R_0 即为其入端阻抗,利用戴维南定理不难证明, U_0 即为端口 a、b 左侧二端口网络的开路电压; R_0 即为其入端阻抗,结论等同于戴维南定理。故图 1 所示电路简化为图 2 所示电路。

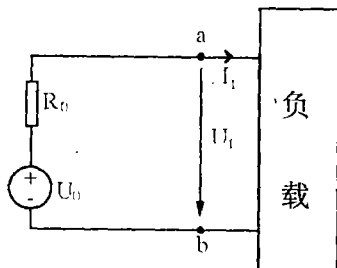


图 2

将方程 (5) 两边同时除以 R_0 得:

$$U_f / R_0 = U_0 / R_0 - I_f \quad (6)$$

$$\text{令: } U_0 / R_0 = I_s$$

得方程:

$$U_f / R_0 = I_s - I_f \quad (7)$$

不难证明, I_s 即为端口 a、b 左侧二端口网络的短路电流。由方程 (7) 便可得出端口 a、b 左侧二端口网络的另一种等效电路如图 3 所示。结果等同于诺顿等效电路,但运算十分简便。

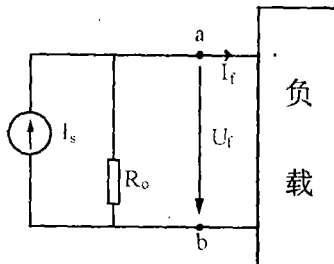


图 3

2. 这种简化含源线性二端口网络的方法的基本思路是这样:首先设定端口电流 I_f , 端口电压 U_f , 如图 1 所示。然后利用基尔霍夫电压电流定律建立数学方程,再消去中间变量得出只含有 U_f 、 I_f 、 U_s 及阻抗参数的方程,最后整理出方程 (5) 或方程 (7), 由此直接得出简化等效电路。

3. 这种由数学方程演化直接推出等效电路的方法,对电机理论的理解和分析也是十分有意义的。