

无源二端网络：二端网络中没有独立电源
有源二端网络：二端网络中有独立电源

二端网络：具有向外引出一对端子的电路或网络

电压源Uoc: 原线性电阻性有源二端网络的开路电压, 极性由开路电压的方向决定

电阻元件Req: 将原线性电阻性有源二端网络N中所有独立源的激励化为零时, 该网络端口等效电阻

一个由线性电阻元件、线性受控源和独立源构成的线性电阻有源二端网络N, 对于外部电路而言, 可以用一个电压源和一个电阻元件串联组成的等效电路来代替

戴维宁定理: 关于线性有源二端网络的串联型等效电路的定理

替代定理+叠加原理

求开路电压Uoc

求等效电阻Req

关键

受控源及其控制量要划分在同一个网络中

当控制量在端口上时, 它要随端口开路而变化, 必须用变化后的控制量来表示受控源的电压或电流

含受控源的电路求等效电阻的方法, 采用外加激励法

线性有源二端网络所接的外电路可以是任意的线性或非线性网络, 当外电路改变时, 线性有源二端网络的等效电路不变

在含受控源的网络中, 受控源的控制支路和受控支路不能一个在含源二端网络内部, 一个在外电路中

求开路电压Uoc、等效电阻Req的工作条件、工作状态不同, 对应电路图不同, 应分别画出对应求解的电路图

求开路电压时, 网络内部的独立源必须保留, 注意等效电压源的极性由开路电压的方向决定

求等效电阻时, 网络内部的独立源必须置零

若有源二端网络中含有受控源, 求Req时应采用求输出电阻的方法, 即在对应的无独立源二端网络输出端外接电源, 按照定义计算: Req=端口电压/端口电流

N端口处的支路方程:

$i(t) = i_{sc}(t) + \frac{u(t)}{R_{eq}}$

诺顿定理用以简化一个线性有源二端网络, 它是一个并联型等效电路

内容

电流源isc的电流等于原线性电阻性有源二端网络的短路电流, 其方向是短路电流流过网络内部的方向

电阻元件Req等于将原线性电阻性有源二端网络N中所有独立源激励化为零时, 该网络端口的等效电阻

诺顿定理

诺顿定理和诺顿定理都只适用于线性电路, 不适用于非线性电路

在含有受控源的网络中, 运用戴维宁定理或诺顿定理时, 受控源的控制支路和受控支路不能一个在含源二端网络内部, 一个在外电路中

求开路电压Uoc、(短路电流isc)、等效电阻Req的工作条件、工作状态不同, 对应的电路图也不同, 应该分别画出对应求解的电路图

求开路电压时, 网络内部的独立源必须保留, 注意等效电压源的极性由开路电压的方向决定

求短路电流时, 网络内部的独立源必须保留, 电流源isc的方向是短路电流流过网络内部的方向

求等效电阻时, 网络内部的独立源必须置零

若有源二端网络含有受控源, 求Req时应采用求输出电阻的方法, 即在对应的无独立源二端网络输出端外接电源, 按定义计算: Req=端口电压/端口电流

最大功率传输问题

当R=Req, Pmax=Uoc^2/4*Req

负载获得最大功率时, 电源功率的传输效率并不是最大的

节点分析法

基本思想

以独立节点电压为求解变量, 根据KCL定律对独立节点列方程, 联立可解出节点电压及其他未知量

节点电压

在电路中任选一节点作为参考节点, 设其电位为零, 则其它节点到该参考节点的电压就是节点电压

节点电压数=节点数-1=独立节点数

是一组完备的独立变量

建立步骤

1. 选定参考节点和各支路电流的参考方向, 对独立节点列KCL方程

2. 用节点电压表示支路电流

3. 移项整理以节点电压为变量的节点方程

节点方程

$$\begin{matrix} G_{11}u_1 + G_{12}u_2 = i_{s11} \\ G_{21}u_1 + G_{22}u_2 = i_{s22} \end{matrix}$$

在各节点电压的共同作用下, 流出某节点的电流代数和等于流入该节点电源电流的代数和

物理意义

自电导取正, 互电导取负

含有受控源

可将受控源当作独立源一样列些电路方程, 只需增加将受控源的控制变量用节点电压表示的补充方程

含无伴电压源

1. 选电压源的一端节点作为参考节点, 则该电压源的另一端节点电压已知, 只需对其他节点列写节点方程 (好用)

2. 将连接此电压源的两个节点作为一个广义节点列写节点方程, 再增加一个与电压源相连接节点的电压差等于电压源电压的补充方程

3. 增设电压源的电流为未知变量, 并将此电流当作电流源电流列写节点方程, 再增加一个与电压源相连接节点的电压差等于电压源电压的补充方程

星形电阻网络与三角形电阻网络的等效变换

等效变换的形式

1) 电阻网络的星形(Y)联接和三角形(Δ)联接

Y形网络

Δ形网络

Y形

π形

等效

只是对外电路等效对内部电路不等效

等效变换

★Y-Δ等效变换

$R_{12} = R_1 + R_2 + \frac{R_1 R_2}{R_3}$

$R_{23} = R_2 + R_3 + \frac{R_2 R_3}{R_1}$

$R_{31} = R_3 + R_1 + \frac{R_3 R_1}{R_2}$

★Δ-Y等效变换

$R_1 = \frac{R_{12} R_{31}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}}$

$R_2 = \frac{R_{12} R_{23}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}}$

$R_3 = \frac{R_{23} R_{31}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}}$

1. 对称三角形电阻网络转换为等效星形电阻网络时, 等效星形电阻网络的每个电阻等于原对称三角形网络每边电阻的1/3

2. 对称星形电阻网络转换为等效三角形电阻网络时, 每个边的电阻等于原对称星形电阻网络的三倍

第二章

线性电路的性质: 叠加定理

在非线性电路中, 由两个激励产生的响应为每一激励单独作用时, 产生的响应之和。叠加性, 可推广到多个激励

叠加定理只适用于线性电路

在含受控源的电路中, 受控源的处理与电阻元件相同, 均需保留, 但其控制变量随激励的不同而改变。

单独作用当某一独立源单独作用时, 其他独立源为零值, 即电压源短路, 电流源开路。

功率不能叠加, 功率不满足叠加定理

叠加的结果为代数和, 因此应该注意电压与电流的参考方向

齐次性

激励 $\{e_1(t), e_2(t)\} \rightarrow$ 响应为 $\{r_1(t), r_2(t)\}$

激励 $\{ke_1(t), ke_2(t)\} \rightarrow$ 响应为 $\{kr_1(t), kr_2(t)\}$

将电路中所有的激励均乘以常数K, 则所有响应也应乘以同一常数K。

求解梯形网络比较简便

替代定理

电路中的任何一个二端元件或二端网络,

若已知其端电压, 可用一个电压源来代替, 此电压源的电压的函数表达式和参考方向均与已知的端电压相同。

若已知其端电流, 可用一个电流源来代替, 此时电流源的电流函数表达式和参考方向均与已知的端电流相同。

替代定理不仅适用于线性电路, 也适用于非线性电路

被替代的支路和二段网络, 可以是有源的, 也可以是无源的

受控源的控制支路和受控支路不能在一个被替代的局部二段网络中, 而另一个在外电路中, 即受控源的控制变量不能因为替代而从电路中消失

有伴电源的等效变换

凡电压源和电阻串联的结构均称之为有伴电压源 (戴维宁模型)

有伴电压源

有伴电压源的端口特性

凡电流源和电阻并联的结构均称之为有伴电流源 (诺顿模型)

有伴电流源

有伴电流源的端口特性

两种有伴电压源等效条件

电阻相等

$i_s(t) = \frac{u_s(t)}{R}$ 或 $u_s(t) = Ri_s(t)$

电流源的方向是电压源电位升的方向

注意事项

无伴电压源和无伴电流源不能进行等效变换

这种变换对外电路是等效的, 但若需计算被变换电路内部的相关量, 则必须返回到原电路中进行

电压源并联电阻和电流源串联电阻不是有伴电源, 因此它们之间不存在上述变换关系

两大结论

凡是与电压源并联的元件, (电阻元件、电流源等) 对外电路不起作用, 等效为该电压源

凡是与电流源串联的元件, (电阻元件, 电压源) 对外电路不起作用, 等效为该电流源

关于受控源

有伴电压源和有伴电流源的等效变换也适用于受控源和电阻串联组合及并联组合, 不过, 在变换过程中要注意保持受控源的控制变量, 不能予以消除

回路分析法

基本思想

以独立的回路电流为求解变量, 根据KVL定律对独立回路列方程, 联立可解出回路电流及其他未知量

回路电流

绕某回路边界流动的电流, 为假想电流, 通常取某回路独立支路的电流为该回路的回路电流

是一组完备的独立变量

回路电流数=独立回路数=网孔数-b-(Nt-1)

回路方程

物理意义

电压降=电压升

$$\begin{matrix} R_{11}i_1 + R_{12}i_2 + R_{13}i_3 = u_{s11} \\ R_{21}i_1 + R_{22}i_2 + R_{23}i_3 = u_{s22} \\ R_{31}i_1 + R_{32}i_2 + R_{33}i_3 = u_{s33} \end{matrix}$$

含有无伴电流源

1. 选择适当的回路, 使该电流源支路只属于某一个回路, 则此回路的回路电流为已知量, 只需对其他回路列写方程即可 (推荐)

2. 增设电流源两端电压为未知变量, 将此电压当作电压源电压一样列写回路方程, 并增加此电流源与相应回路电流关系的补充方程

含有受控源

将受控源当作独立源一样列写电路方程, 增加将受控源的控制变量用回路电流表示的补充方程

节点分析法和回路分析法的比较

网孔数少于节点数时, 宜采用回路分析法

节点数少于网孔数时, 宜采用节点分析法

两者方程相等的情况

如果求解电压, 宜采用节点分析法

如果求解电流, 宜采用回路分析法

如果支路参数是电阻, 宜采用回路分析法

节点分析法适用于平面电路和非平面电路