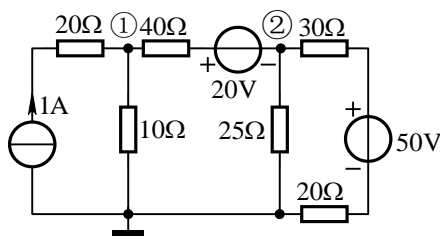


电路难点点拨：节点电压法

1. 节点电压法：也称节点分析法，本质是 KCL 方程（由单个节点的 KCL 方程整理项而得），因节点电压相当于表示了 KVL 方程。节点电压实际上近似于电位，若要用一条支路上的元件两端电压表示节点电压，则从一端的节点 A 出发，元件上电位升就加，电位降就减，直到走到节点 B，写出来就是

$$U_{n_A} + \sum u_{\text{电位升}} - \sum u_{\text{电位降}} = U_{n_B} .$$

2. 节点电压法的列写方法：接下来以下图所示电路为例，讲解节点电压方程（含改进节点电压方程）的列写方法。



我们列写节点①的节点电压方程。首先看左端项：

- (1) 第一部分：自导 × 自身节点电压。自导，是与这个节点直接相连的电阻的倒数之和。对于“直接相连的电阻”，请注意以下两点：

- A. 不包含跨了其他节点再接上的电阻（因为节点电压法本质是从单个节点的 KCL 推导而来，跨了多个节点就不符合其推导的过程了）
- B. 如果一个支路上出现电阻和电流源串联，在列写节点电压方程时应将此电阻去掉，因为此支路上的电流已经确定，与该电阻无关。【注意：“等效”的核心是“对外等效，对内不等效”，之所以可以这样等效，本质上是因为这样不会改变此支路对外界的影响。但若要分析与此支路内部有关的问题，则应将此支路还原为原来的形式。比如该题中若要计算电流源两端电压或功率，则其连的 20Ω 电阻不能去掉，要还原回来】

本题中，这个①节点连有 20Ω、10Ω、40Ω 这三个电阻，但 20Ω 电阻是与一个 1A 电流源串联，列写时应去掉。所以这部分就是

$$\left(\frac{1}{10\Omega} + \frac{1}{40\Omega} \right) U_{n1} .$$

- (2) 第二部分：-（加负号）与本节点有电阻相连的其他节点（除参考节点外）的节点电压 × 互导，其中互导是连接在这两个节点之间的电阻的倒数之和。如本题中，这个①节点同②节点有一个 40Ω 电阻直接相连，所以这部分就是

$$- \left(\frac{1}{40\Omega} \right) U_{n2} .$$

再来看右端项，即注入电流/节点源电流。注意：此注入电流只包含含有电压、电流源（独立或受控）支路上的电流，纯电阻元件上的电流不包含在内。【因为纯电阻电路并没有自己产生电流的能力】

在该题中，①节点左侧支路向其注入 1A 电流，右侧有一个有电阻相伴的电压源，其“+”端指向①节点，所以也是向其注入电流，且电流大小为 20V/40Ω，所以注入电流为

$$1A + \frac{20V}{40\Omega}$$

综上所述，节点①的节点电压方程为

$$\left(\frac{1}{10\Omega} + \frac{1}{40\Omega}\right)U_{n1} - \left(\frac{1}{40\Omega}\right)U_{n2} = 1A + \frac{20V}{40\Omega}.$$

另外还需注意：

(1) 如果一个支路上有多个电阻，则应将这些电阻等效成一个电阻。如在列写节点②的节点电压方程时，对于②右侧支路上的 30Ω 和 20Ω 电阻，应将其通过串联等效关系等效为一个 50Ω 电阻，再列方程。【注意：“等效”的核心是“对外等效，对内不等效”，之所以可以这样等效，本质是因为这样不会改变此支路对外界的影响(具体地说，是因为这样不会影响该支路对外输出的电流，不影响节点上 KCL 方程列写，进而不影响节点电压方程列写)。但若分析与此支路内部有关的问题，则应将此支路还原为原来的形式】

(2) 如果一个支路上出现无电阻相伴的电压源，则应将此支路上的电流作为未知量列进方程的右端。

(3) 若有两个节点直接以导线相连，则这两个节点应视为一个节点。