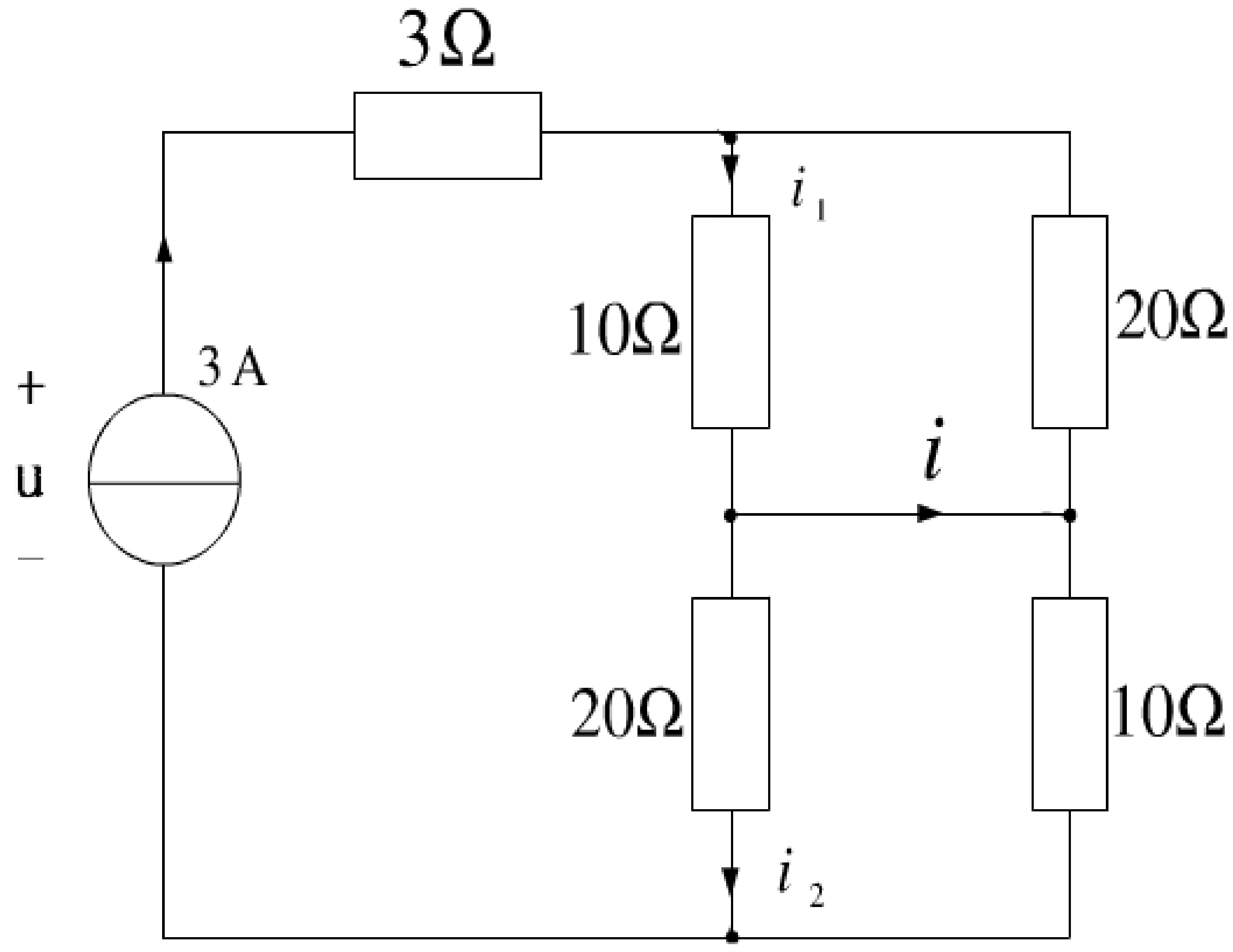
# 2008年西安交通大学电气学院工学硕士电路试题及题解

一、（10分）求题一图中所示电路中的u，i。




题一图

解 根据电阻并联电流分流公式

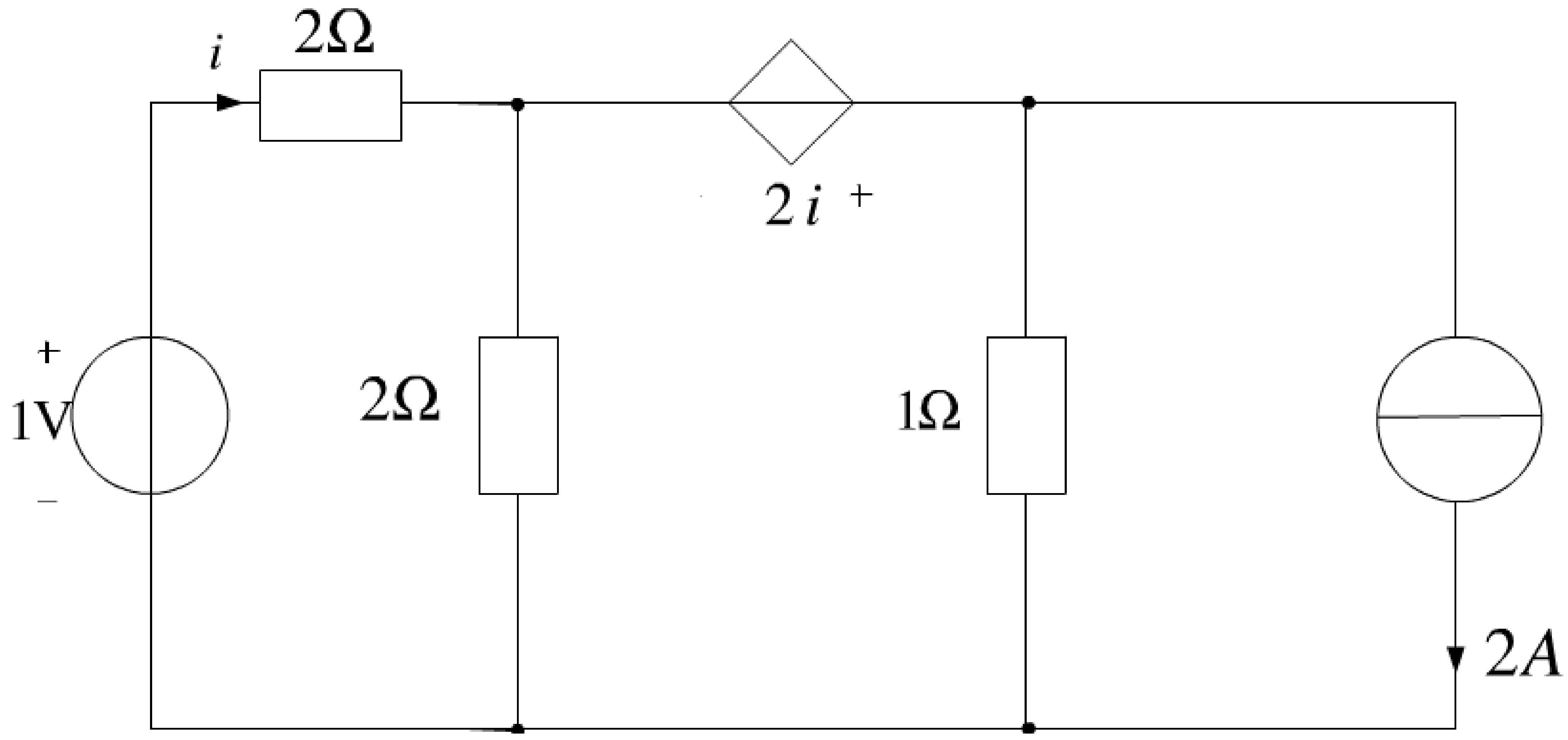
$$i_1=\frac{20}{10+20}\times 3=2A$$

$$i_2=\frac{10}{10+20}\times 3=1A$$

$$i=i_1-i_2=1A$$

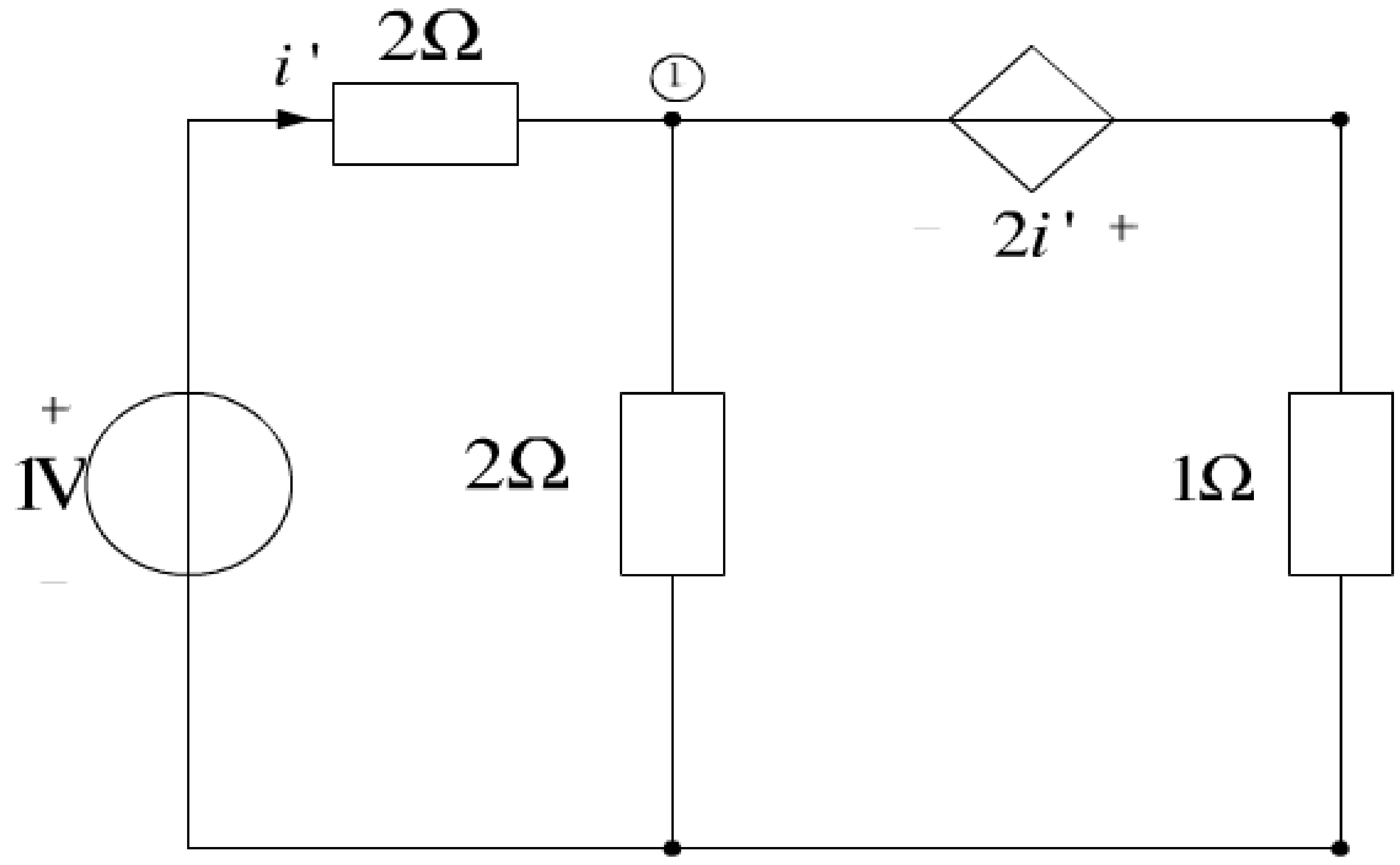
$$u=3\times 3+2\times 10+1\times 20=49\text{V}$$

二、应用叠加定理求题二图所示电路中的$i$。



题二图

**解** 应用叠加定理， 电压源单独作用的电路如下图所示，采用结点电压法：

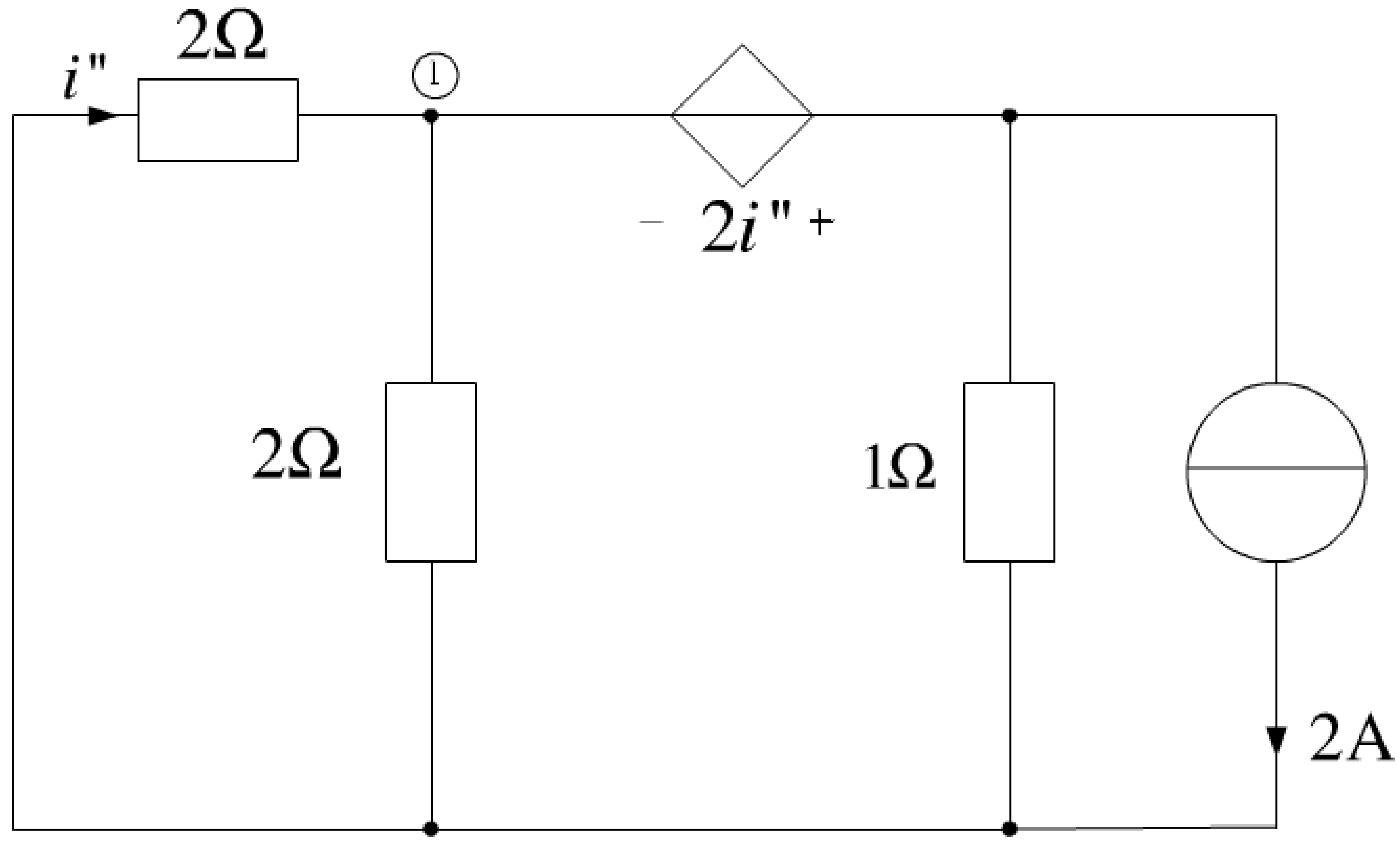



$$(\frac{1}{2}+\frac{1}{2}+\frac{1}{1})u_{n1}=\frac{1}{2}-\frac{2i'}{1}$$

$$i'=\frac{1-u_{n1}}{2}$$

解得：$i'=0.75A$

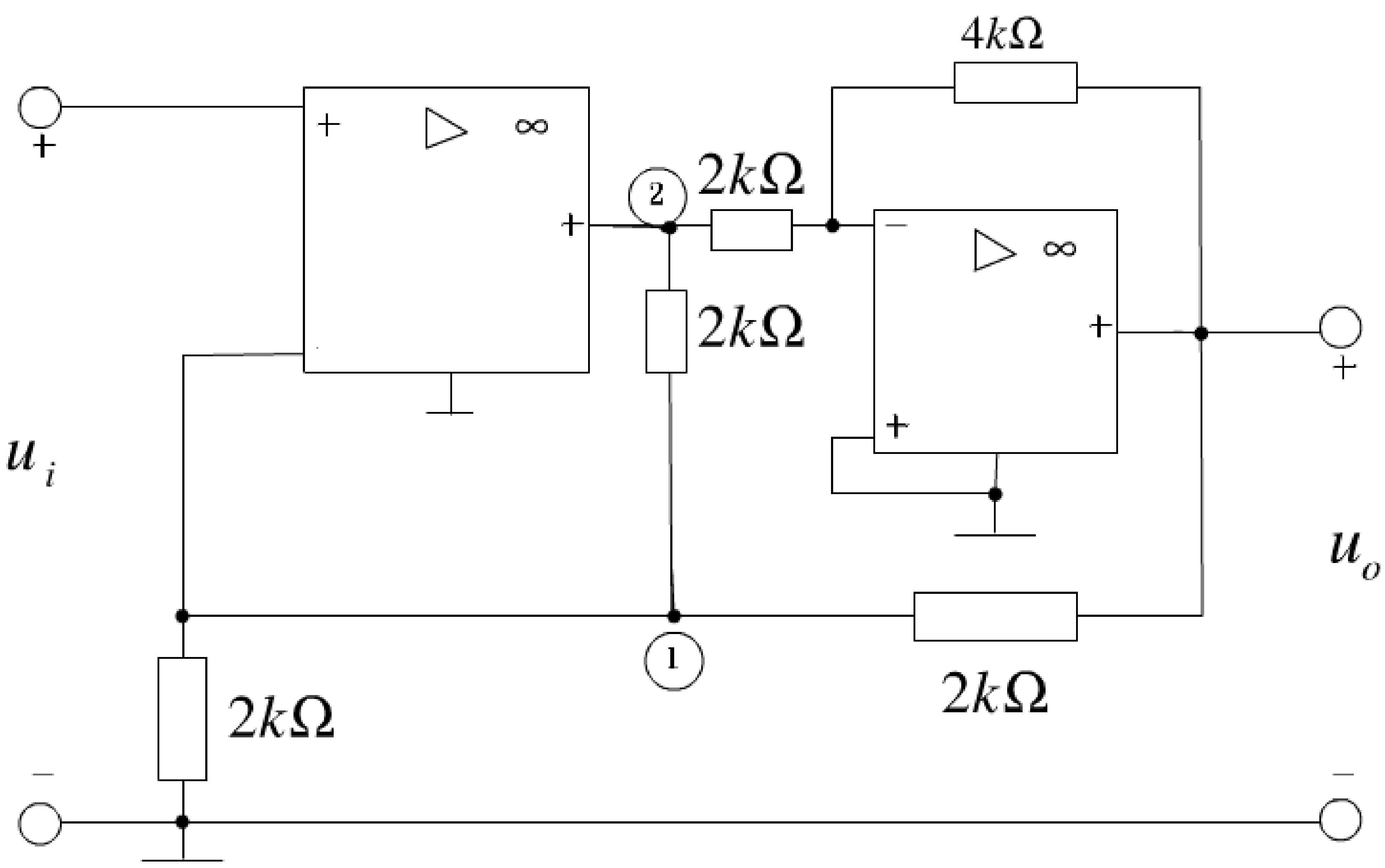
电流源单独作用的电路如下图所示




由图易得$i"=1A$

根据叠加定理：$i=i'+i"=1.75A$

三、题三图所示电路中，已知$u_i=1V$，求$u_0$。




题三图

解　对于含有理想运算放大器的电路，根据“虚短”，则有

$$u_{n1}=u_i$$

根据“虚断”，则有

$$\frac{u_{n2}-u_{n1}}{2000}=\frac{u_{n1}}{2000}+\frac{u_{n1}-u_0}{2000}$$

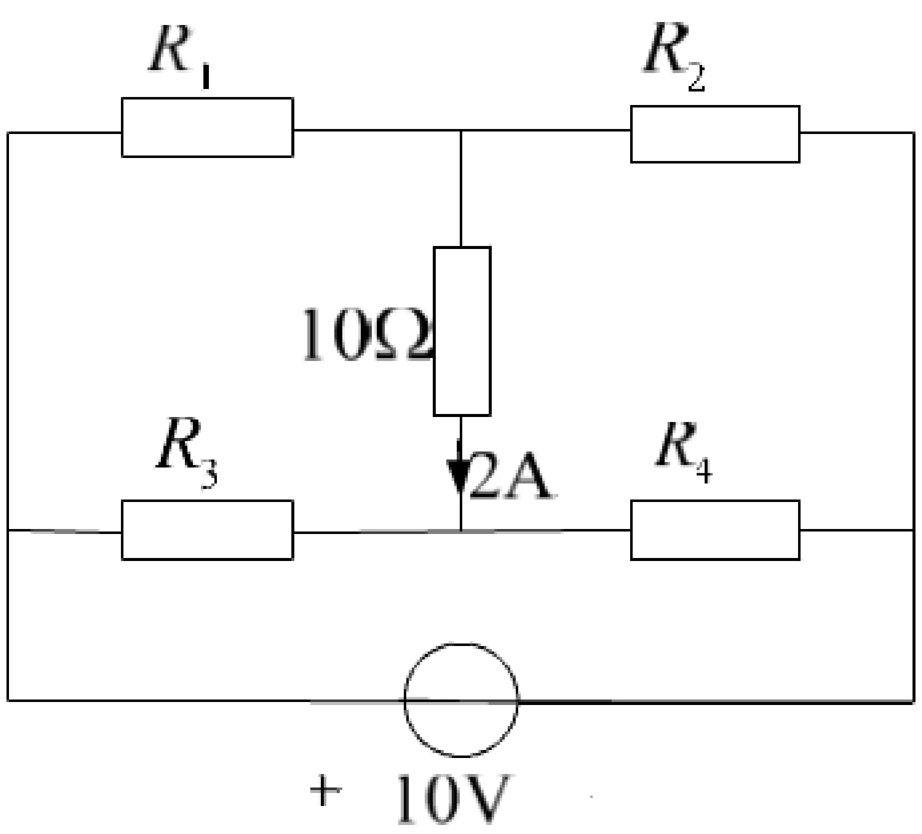
根据“虚短”、 “虚断”

$$\frac{u_{n2}-0}{2000}=\frac{0-u_0}{4000}$$

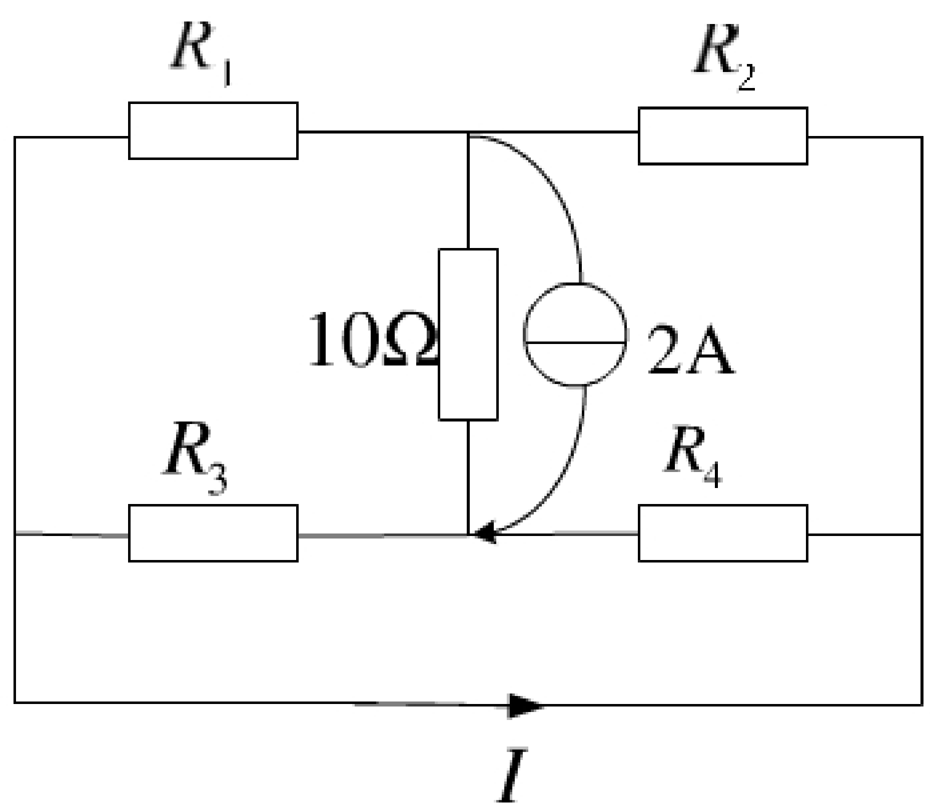
联立求以上三式，解得

$$u_0=6\text{V}$$

四、题四图中所示电阻均为线性电阻，根据图(a)和图(b)中的已知情况，求图(b)中的$I$。



(a)



(b)

解：

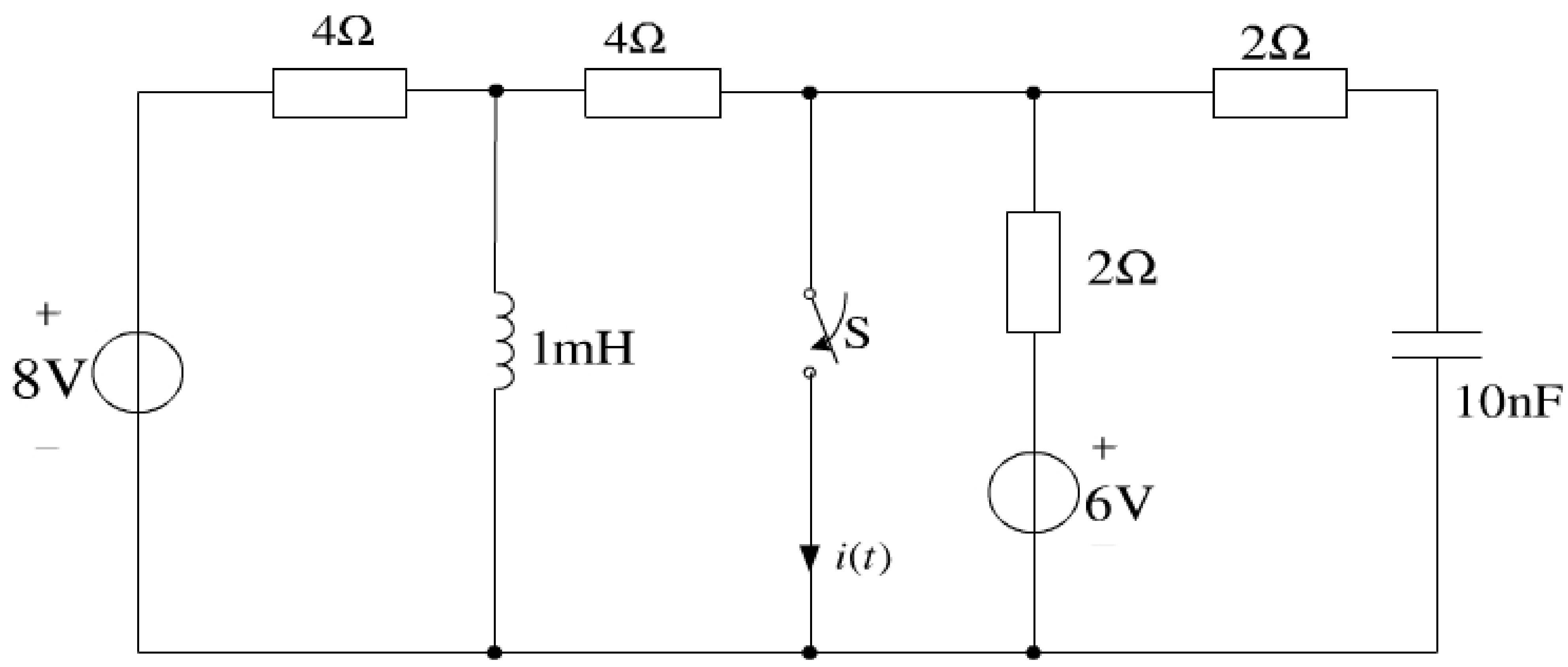
根据互易定理

$$\frac{10\times 2}{10}=\frac{I}{-2}$$

所以$I=-4V$

注：本题也可用特勒根定理 2 求解。

五、题五图所示电路已达稳态，t=0 时开关 S 闭合，求开关 S 闭合后的电流$i(t)$。




题五图

**解** 在这个电路中，电感电流不能突变，电容电压不能突变，故有

$$i_L(0_+) = i_L(0_-) = \frac{8}{4} + \frac{6}{4+2} = 3\text{A}$$

$$u_c(0_+) = u_c(0_-) = \frac{4}{4+2} \times 6 = 4\text{V}$$

而

$i_L(\infty) = 2\text{A} \quad u_c(\infty) = 0\text{V}$

$\tau_L = \dfrac{10^{-3}}{4//4} = 0.5\times10^{-3}\text{s}, \quad \tau_c = 2\times10\times10^{-9} = 2\times10^{-8}\text{s}$

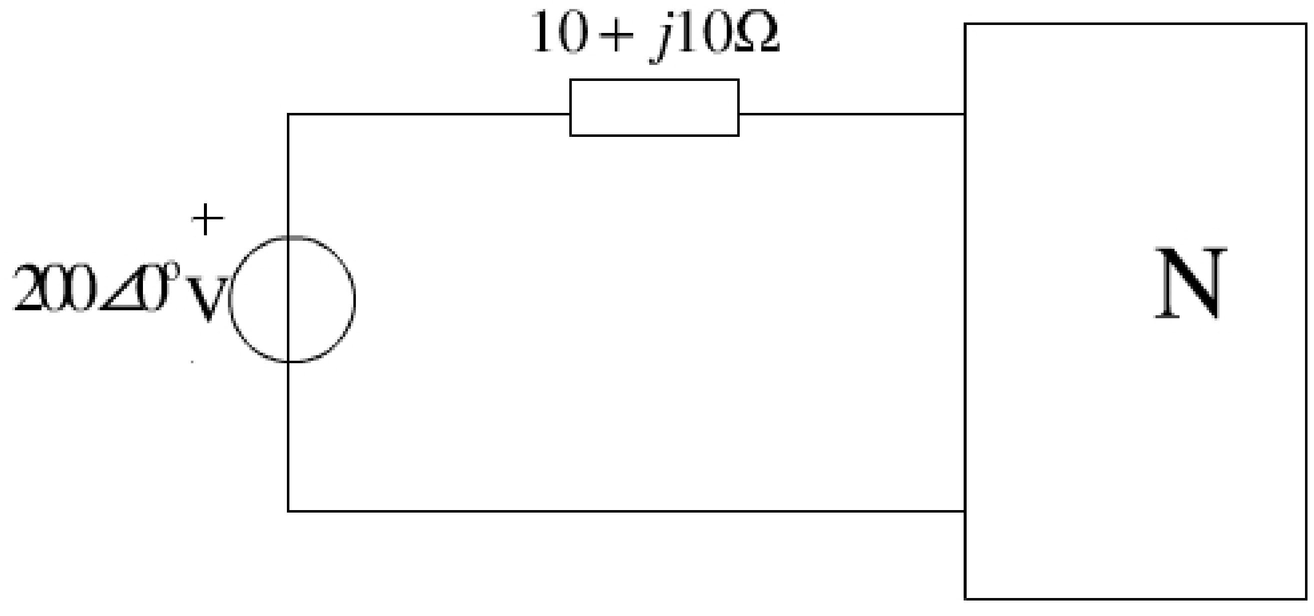
根据三要素法

$$i_L = 2 + 1\times e^{-2000t}\text{A}$$

$$u_C = 4\times e^{-5\times10^7 t}\text{V}$$

$$i(t) = \frac{u_L}{4} + \frac{6}{2} + \frac{u_C}{2} = 3 - 0.5e^{-2000t} + 2e^{-5\times10^7 t}\text{A}$$

六、题六图所示正弦稳态电路角频率为 1000 rad/s。N 为线性阻抗网络，其功率因数为 0.707（感性），吸收的有功功率为 500W。若要使 N 吸收的有功功率达到最大，需在其两端并联多大的电容？N 吸收的最大有功功率为多少？



题六图

**解**

由于线性网络 N 的功率因数为 0.707（感性）

所以 N 的输入阻抗 $Z_{in}$ 的阻抗角为 $45^{\circ}$

设 $Z_{in}=R+jX$ ，则 $X=R$

N 吸收的有功功率为 500W， 所以 $\left|\dfrac{200}{10+j10+Z_{in}}\right|^2\times R=500$

将 $Z_{in}$ 代入上式可得 $R=X=10\Omega$

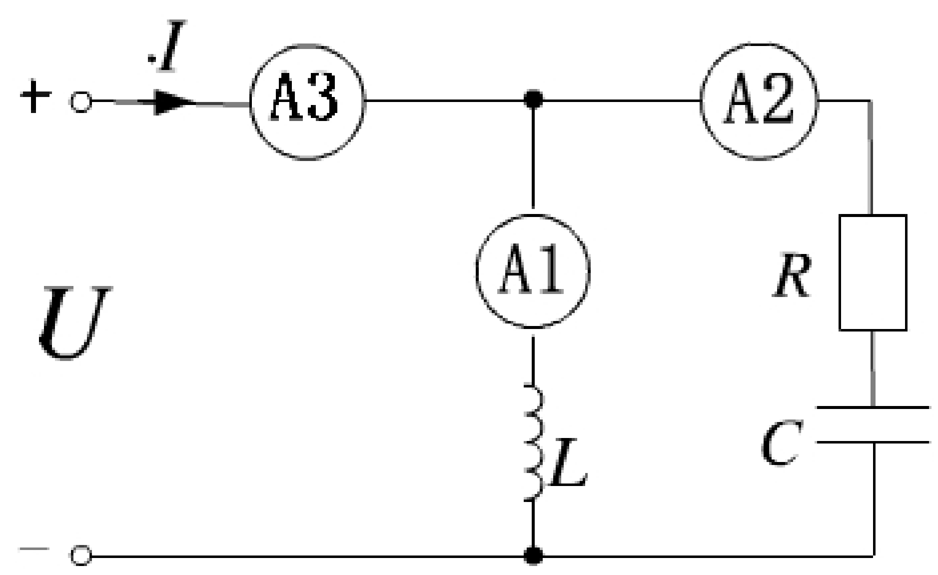
若要使 $Z_{in}$ 吸收的有功功率最大，则并联电容后的等效阻抗

$$Z_{eq}=Z_{in}//\frac{1}{j\omega C}=10-j10\Omega$$

将 $Z_{in}$ 和 $\omega$ 数值代入上式，可得 $C=100\mu F$

最大有功功率 $P_{\max}=\dfrac{200^2}{4\times10}=1000\text{W}$

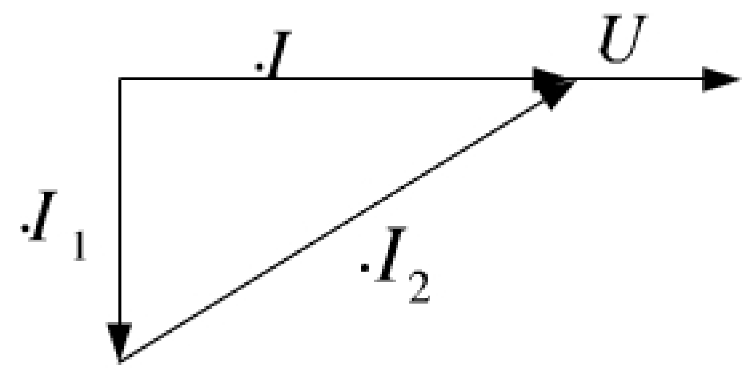
七、题七图所示正弦稳态电路发生谐振时安培表 A1 的读数为 12A，安培表 A2 的读数为 20A，求此时安培表 A3 的读数。




题七图

**解** 电路谐振说明 $\dot{U}$ 和 $\dot{I}$ 同相位

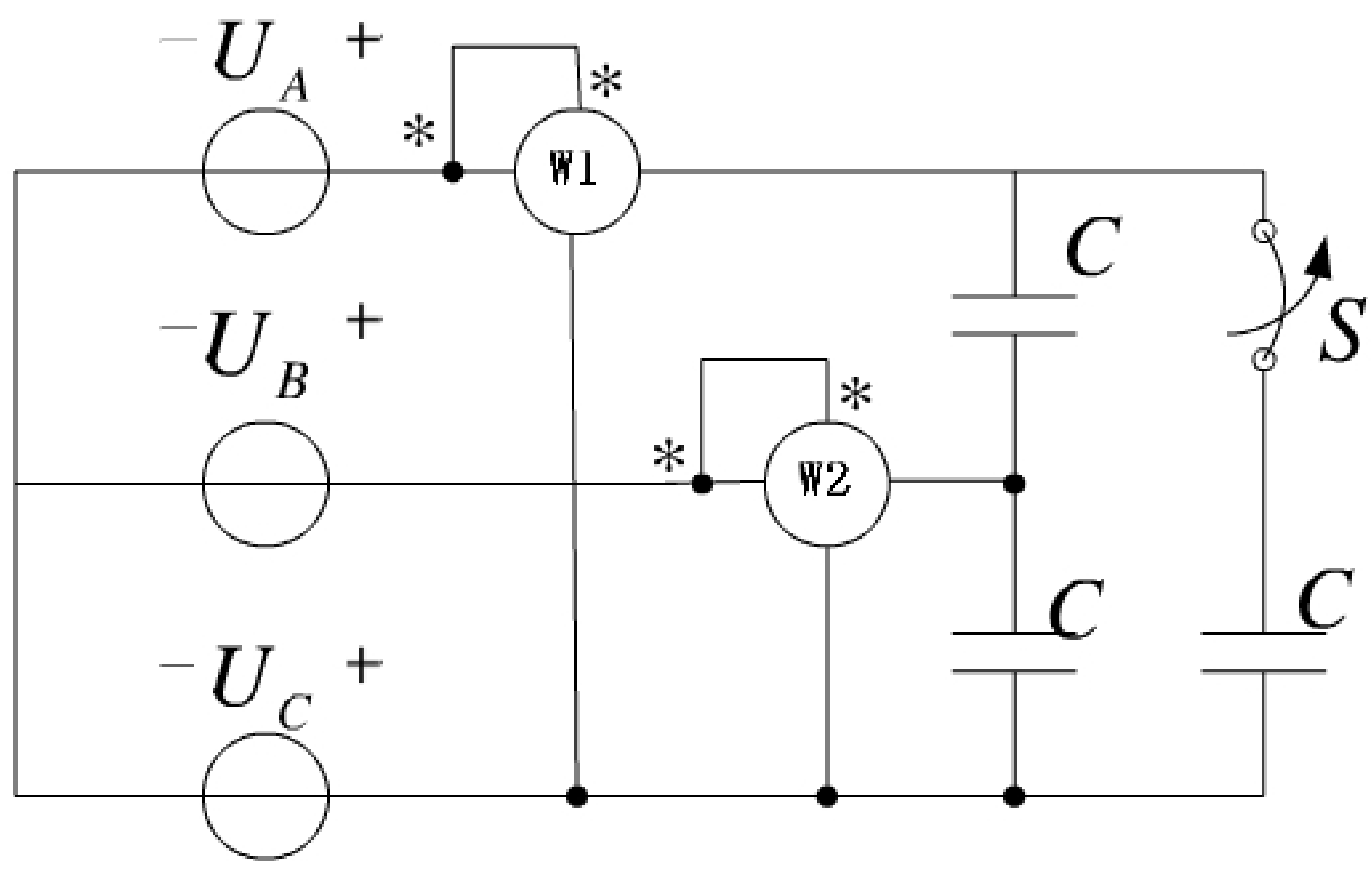
以 $\dot{U}$ 为参考向量，绘制向量图如图




根据几何关系，安培表 3 读数为

$$I=\sqrt{I_2^2-I_1^2}=\sqrt{20^2-12^2}=16\mathrm{A}$$

八、题八图所示电路为对称三相电路，已知功率表 W1 读数为-300W，功率表 W2 读数为 300W，求开关 S 断开后两个功率表的读数。




题八图

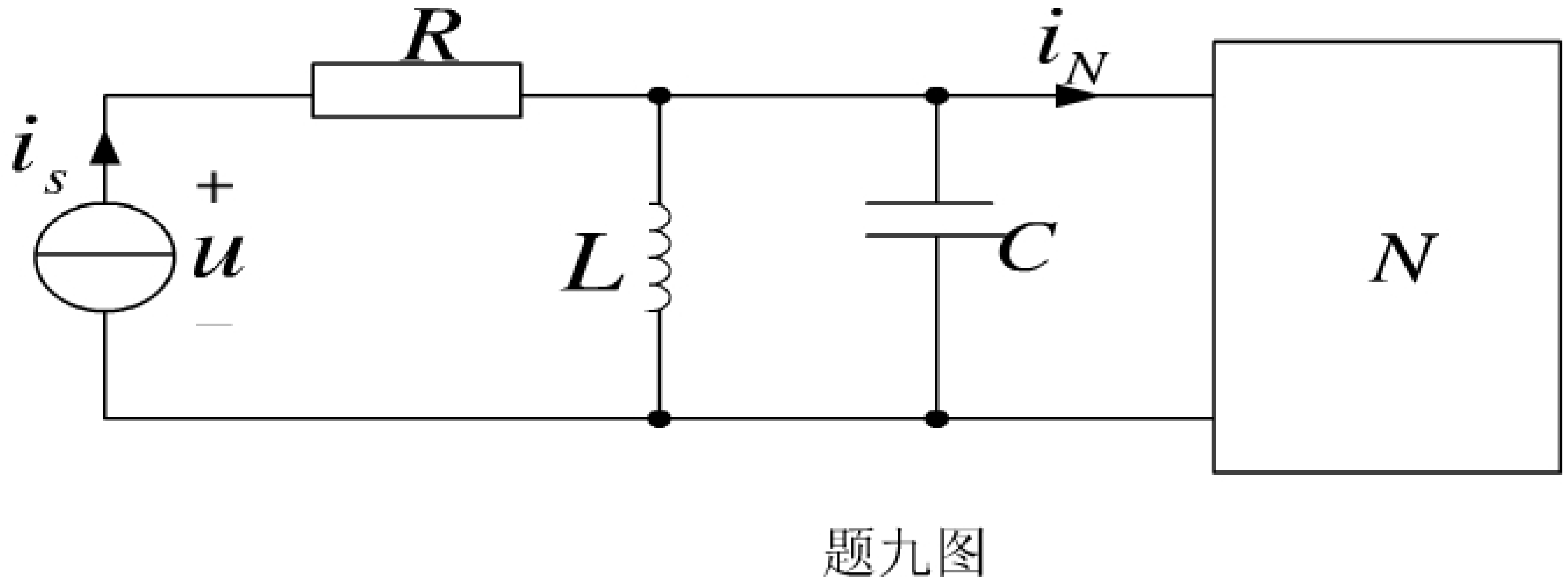
解：
开关断开后功率表 2 上的电压电流均不变，所以功率表 2 读数为 300W
由于负载为纯电容，不消耗有功功率，
根据二瓦计法原理，功率表 1 的读数为-300W。

九、题九图所示电路中，

$$i_s(t)=1+\sqrt{2}\cos1000t\mathrm{A},i_N(t)=0.5+\sqrt{2}0.5\cos1000t\mathrm{A},$$

$$R=10\Omega,L=10\mathrm{mH}，C=200\mu\mathrm{F}。$$

电路达到稳态后，求 $u(t)$ 和电流源 $i_s$ 发出的平均功率。




题九图

解

$u(t)=Ri_s(t)+u_L(t)$

由于网络N电流已知，可用一个电流源代替直流分量单独作用时

$u_L^{(0)}=0\text{V}$

$\omega=1000rad/s$ 单独作用时

$$U_L^{(1)}=\left(j\omega L//\frac{1}{j\omega C}\right)\times(1\angle 0^{\circ}-0.5\angle 0^{\circ})=5\angle-90^{\circ}\text{V}$$

$u_L^{(1)}=\sqrt{2}5\cos(1000t-90^{\circ})\text{ V}$

$u_L(t)=u_L^{(0)}+u_L^{(1)}=\sqrt{2}5\cos(1000t-90^{\circ})\text{ V}$

$u(t)=Ri_s(t)+u_L(t)=10+\sqrt{2}10\cos 1000t+\sqrt{2}5\cos(t-90^{\circ})\text{ V}$

电流源 $i_s$ 发出的平均功率为：

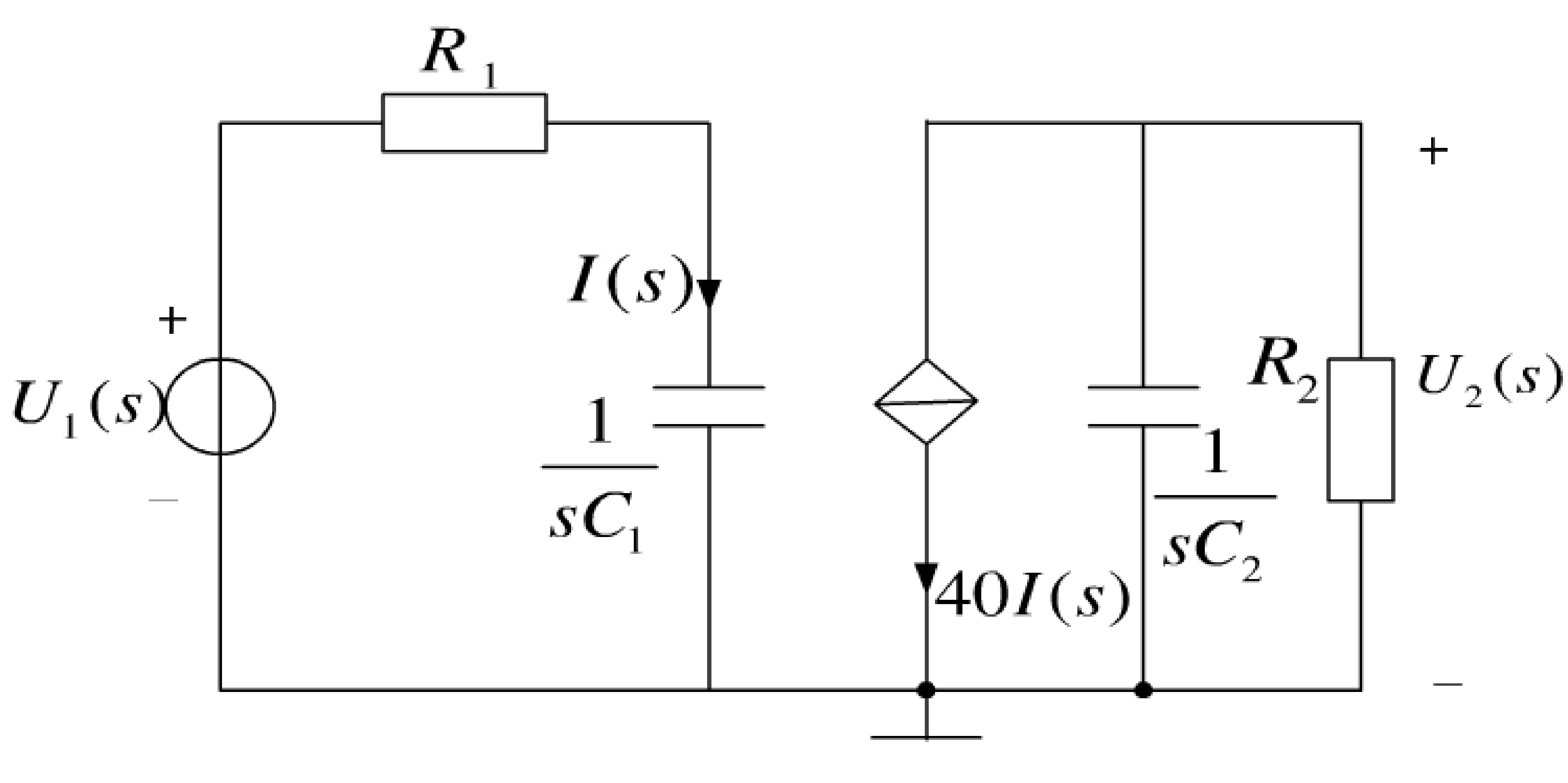
$P=10\times 1+10\times 1=20\text{W}$

十、题十图所示电路中，已知

$R_1=10k\Omega, R_2=20k\Omega, C_1=100\mu\text{F}$，$C_2=200\mu\text{F}$。

(1)求网络函数 $H(s)=\dfrac{U_2(s)}{U_1(s)}$；

(2)绘制网络函数的零，极点分布图。

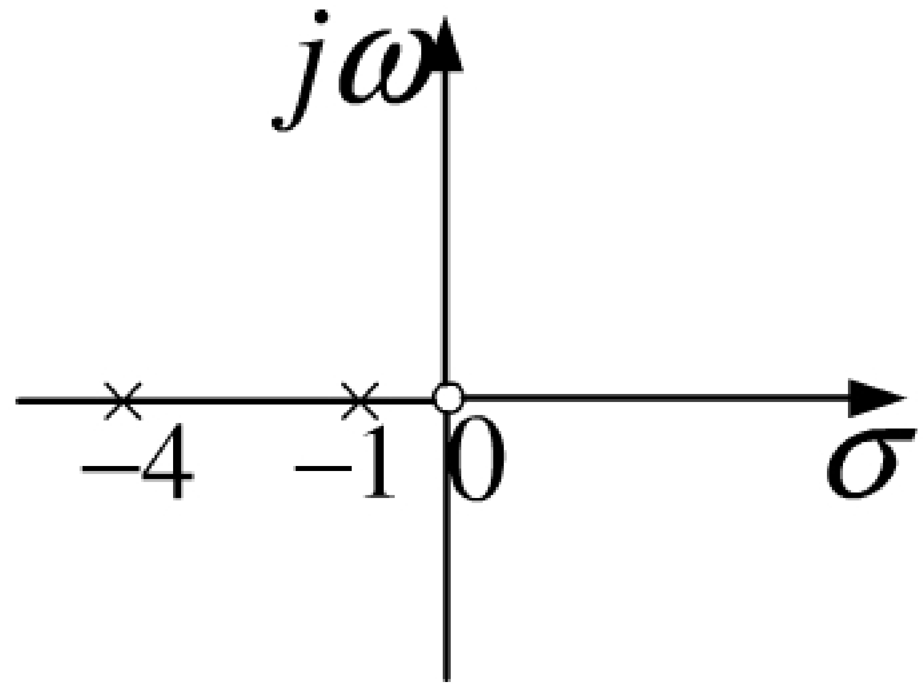



题十图

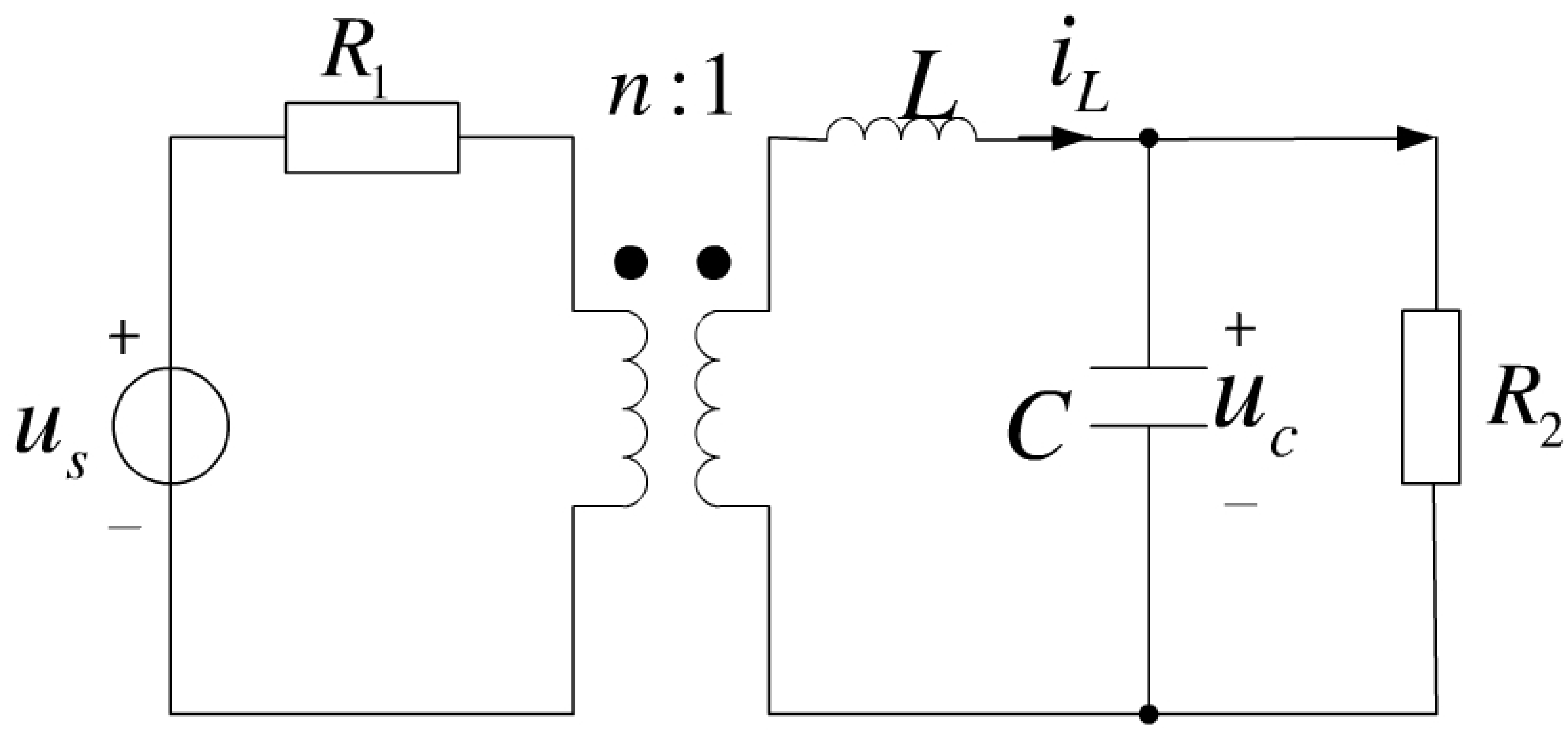
解：

$$H(s)=\frac{U_2(s)}{U_1(s)}=\frac{-40I(s)\times(R_2//\frac{1}{sC_2})}{I(s)\times(R_1+\frac{1}{sC_1})}=\frac{-80s}{(s+1)(4s+1)}$$

零、极点分布图为




十一、在题十一图中，以$u_c,i_L$为状态变量，写出状态方程的标准形式。




题十一图

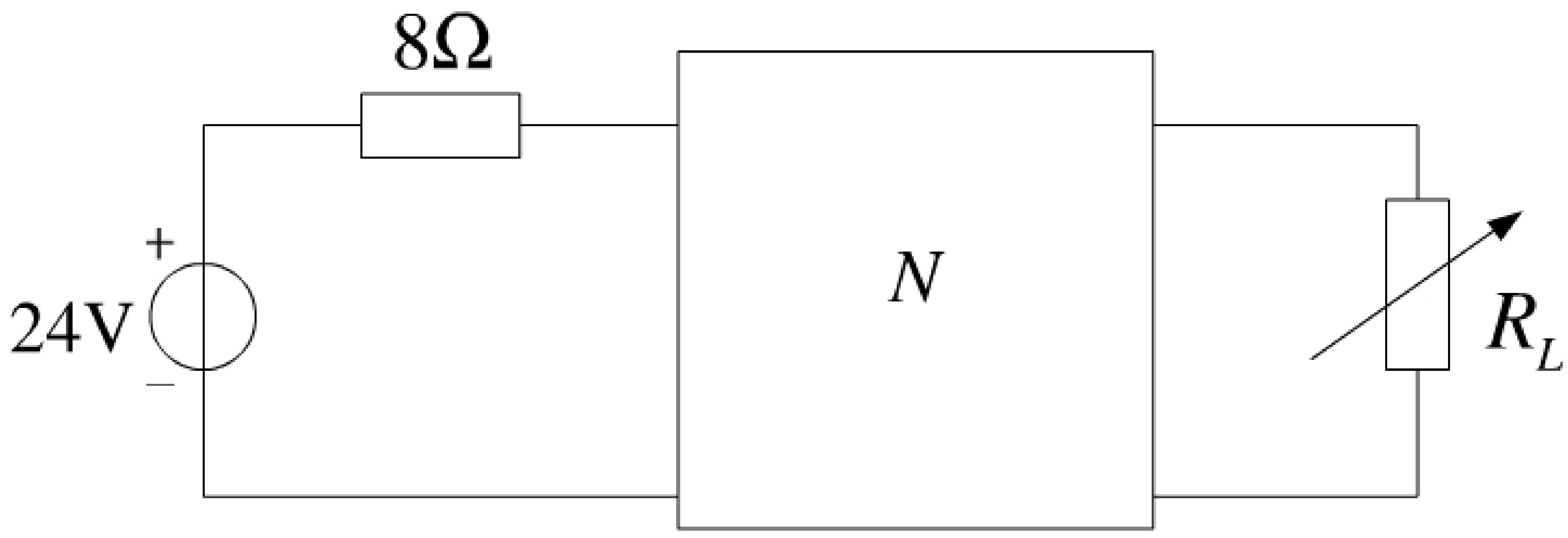
**解** 对于电路应用基尔霍夫定律和理想变压器的端口特性

根据 KCL： $C\dfrac{du_c}{dt}=i_L-\dfrac{u_c}{R_2}$

根据 KVL： $R_1\dfrac{1}{n}i_L+n(L\dfrac{di_L}{dt}+u_c)=u_s$

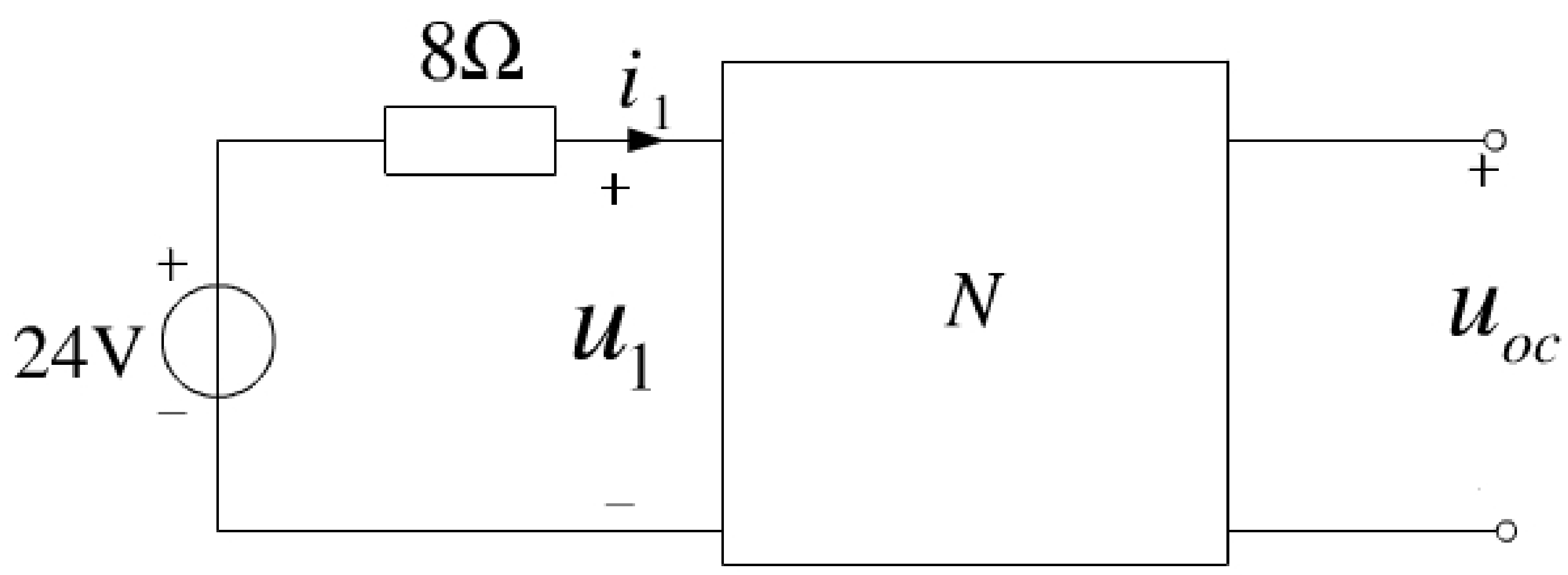
整理成标准形式：$\begin{bmatrix} \dfrac{du_c}{dt} \\ \dfrac{di_L}{dt} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\dfrac{1}{R_2C} & \dfrac{1}{C} \\ -\dfrac{1}{L} & -\dfrac{R_1}{n^2L} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_c \\ i_L \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ \dfrac{1}{nL} \end{bmatrix} u_s$

十二、题十二图所示电路中，已知由线性电阻构成的二端口网络 N 的 T 参数矩阵$T = \begin{bmatrix} 2 & 4 \\ 0.25 & 1 \end{bmatrix}$，当 $R_L$ 为多大时可获最大功率？最大功率为多少？




题十二图

**解**

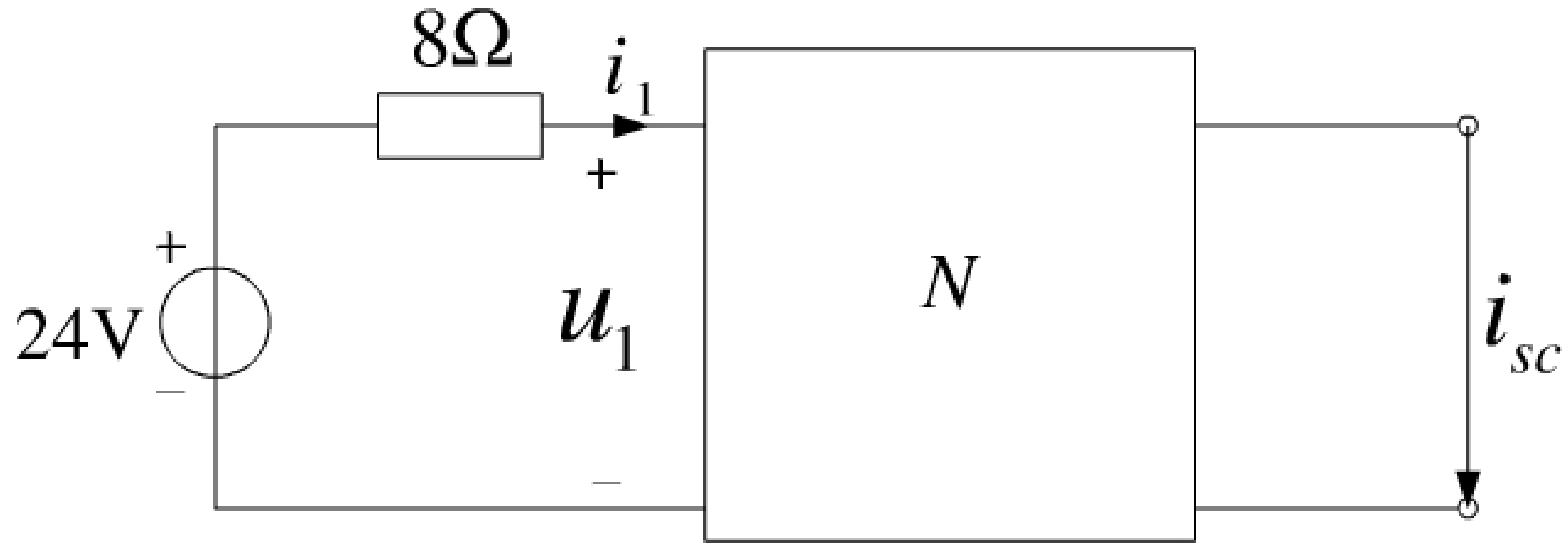



求 $R_L$ 左侧的戴维宁等效电路，移去 $R_L$，求开路电压

$$\begin{bmatrix} u_1 \\ i_1 \end{bmatrix} = T \begin{bmatrix} u_2 \\ -i_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2 & 4 \\ 0.25 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_{oc} \\ 0 \end{bmatrix}$$

同时 $u_1 = 24 - 8i_1$

上述两式联立解得 $u_{oc} = 6\text{V}$




将二端口右侧短路，求短路电流

$$\begin{bmatrix} u_1 \\ i_1 \end{bmatrix} = T\begin{bmatrix} u_2 \\ -i_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2 & 4 \\ 0.25 & 1 \end{bmatrix}\begin{bmatrix} 0 \\ i_{sc} \end{bmatrix}$$

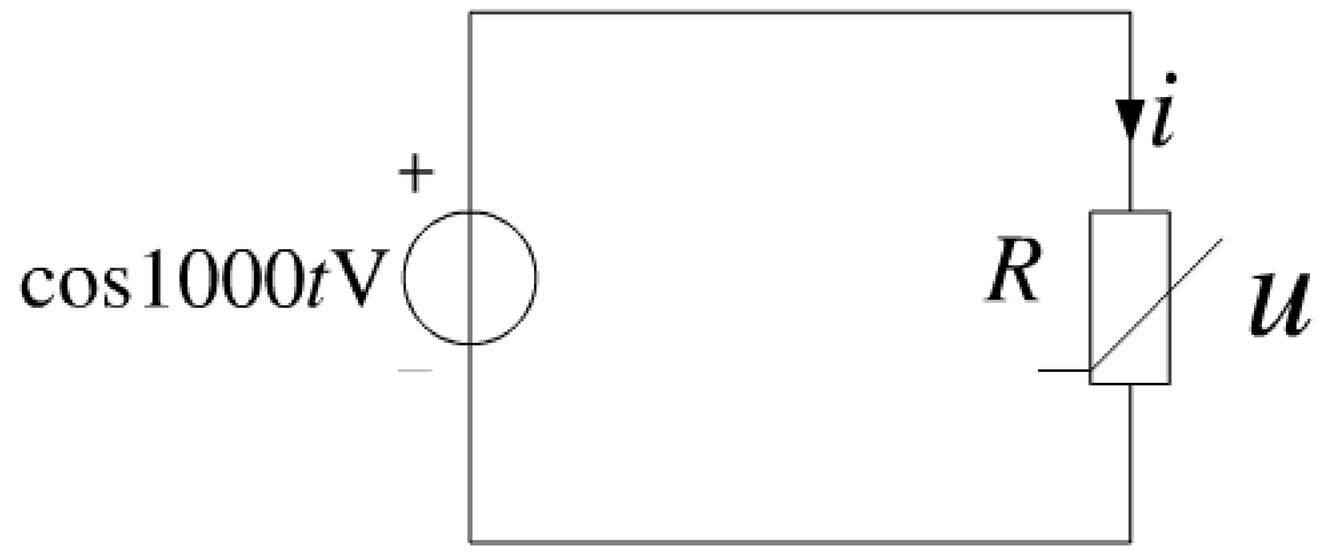
同时 $u_1 = 24 - 8i_1$

上述两式联立解得 $i_{sc} = 2\text{V}$

所以 $R_{eq} = \dfrac{u_{oc}}{i_{sc}} = 3\Omega$

$R_L = R_{eq} = 3\Omega$ 时可获得最大功率，最大功率为 $P_{\max} = \dfrac{6^2}{4\times 3} = 3\text{W}$

十三、题十三图所示电路中，已知非线性电阻 R 的伏安特性函数式为 $i = u + 2u^2$，求电流 $i$ 的有效值 $I$ 。



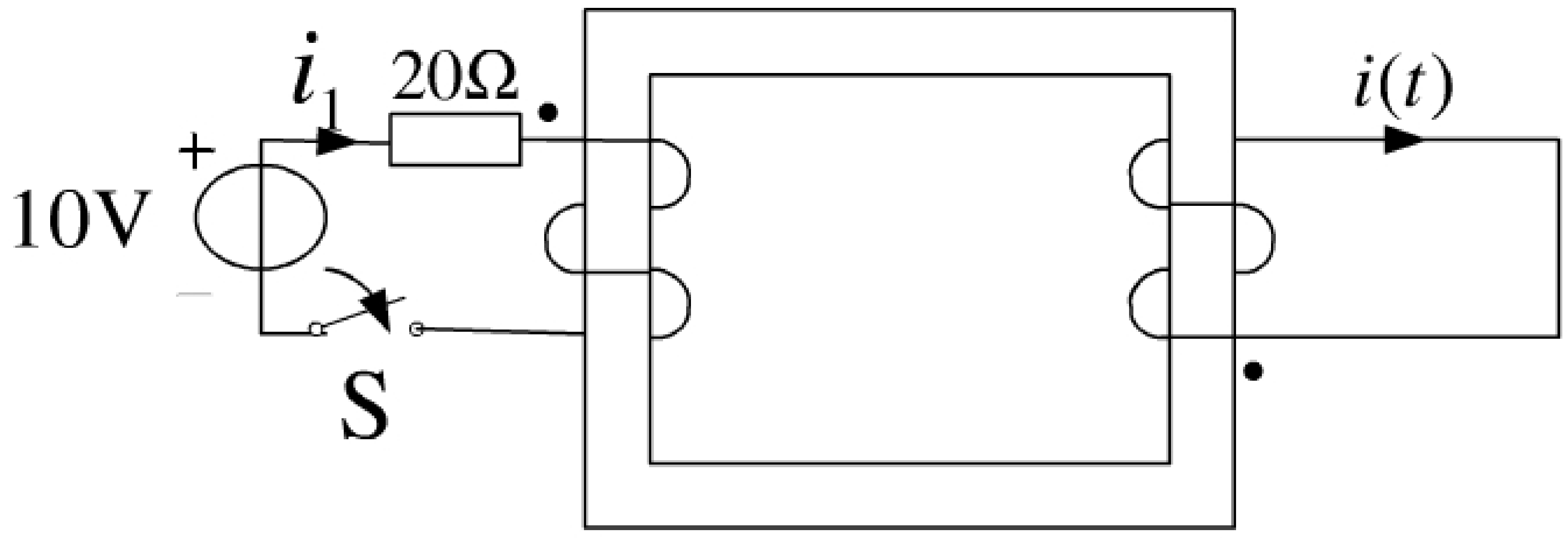

题十三图

**解**

$$i = u + 2u^2 = \cos 1000t + 2\times(\cos 1000t)^2 = 1 + \cos 1000t + \cos 2000t \quad \text{A}$$

有效值 $I = \sqrt{1 + \left(\dfrac{1}{\sqrt{2}}\right)^2 + \left(\dfrac{1}{\sqrt{2}}\right)^2} = \sqrt{2} = 1.414\text{A}$

十四、题十四图所示电路中，左侧线圈自感 $L_1 = 2\text{mH}$，右侧线圈自感 $L_2 = 2\text{mH}$。两个线圈之间的互感 M 为 $1\text{mH}$。电路原已达稳态，t=0 时开关 S 闭合，求开关 S 闭合后的电流 $i(t)$。




题十四图

**解**

根据绕组的绕向判断同名端如图所示列写 KVL 方程

$$20i_1 + L_1\frac{di_1}{dt} + M\frac{di}{dt} = 10$$

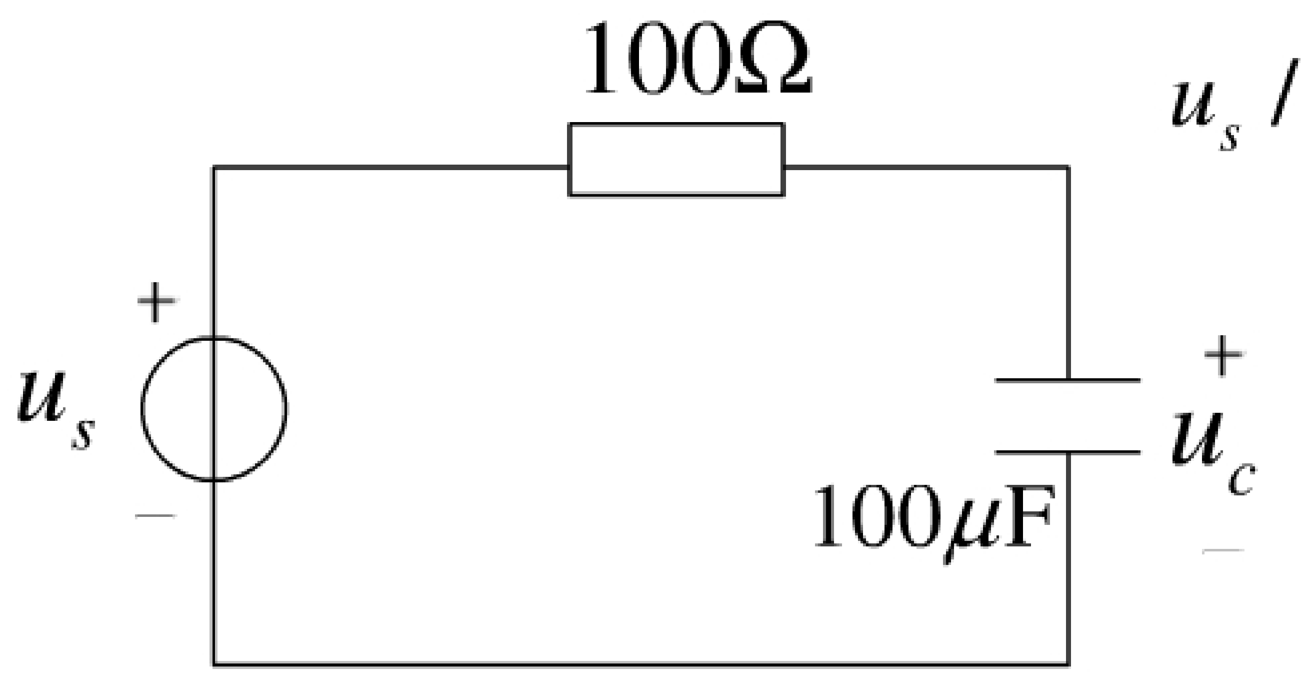
$$L_2\frac{di}{dt} + M\frac{di_1}{dt} = 0$$

代入数值并整理得 $1.5\times10^{-3}\dfrac{di_1}{dt} + 20i_1 = 10$

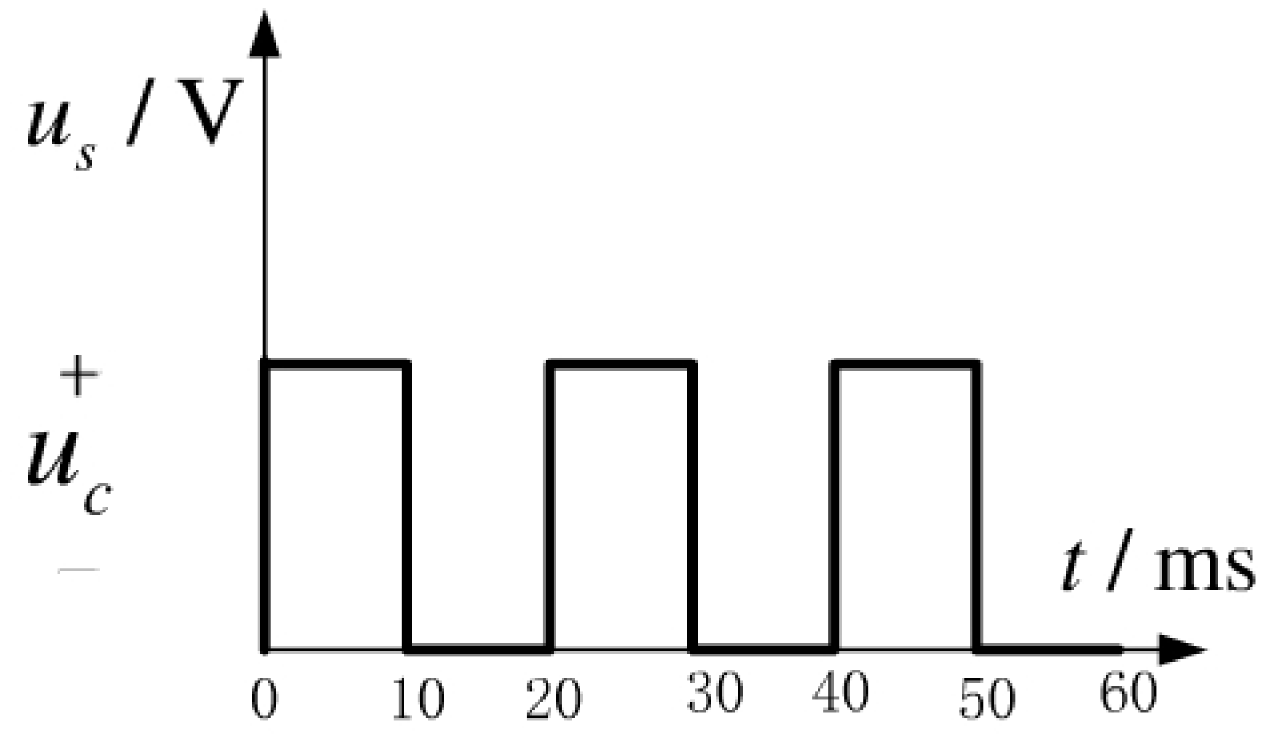
求解微分方程得 $i_1 = 0.5\left(1 - e^{-\frac{4000}{3}t}\right)\text{A}$

$$i = -\frac{M}{L_2}i_1 = 0.25\left(e^{-\frac{4000}{3}t} - 1\right)\text{A}$$

十五、题十五图(a)电路中，$u_s$ 是周期为 20ms 的方波信号，在每个周期的前半周期 $u_s = 10\text{V}$，其波形如题十五图(b)所示。当电路达到稳态后，绘制 $u_c$ 随时间 t 变化的波形。




(a)




(b)

题十五图

**解**

根据$u_s$的波形可以判断$u_c$在前半周期上升，后半周期下降，达到稳态后，在每个周期起始时刻的电压与结束时刻的电压相等，设此电压值为$U_1$，设电容电压处于最高点时的值为$U_2$。

根据三要素公式

$$U_2 = 10 + (U_1 - 10)e^{-\frac{T/2}{RC}}$$

$$U_1 = U_2 e^{-\frac{T/2}{RC}}$$

代入数值解得

$U_1 = 2.689\text{V}$，$U_2 = 7.311\text{V}$

$u_c$随时间变化的波形如下图所示：