电路分析基础∩期末复习

主要内容

第1章 电路基本概念

一、线性时不变电阻：VCR - 欧姆定律

二、功率的计算

三、基尔霍夫定律

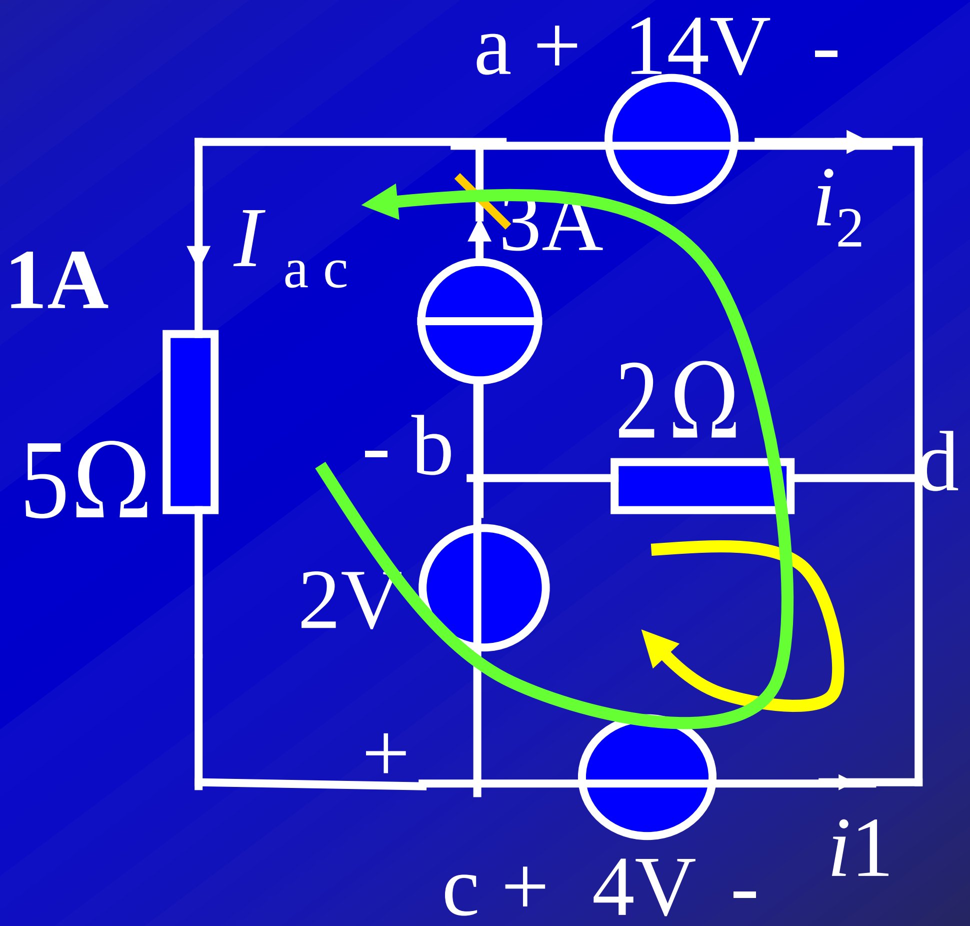
例 求 i_2 和 u_{ab} 。

解：$u_{bd}-4+2=0$

$u_{bd}=2V, I_{bd}=1A$

$u_{ac}+4-14=0$

$u_{ac}=10V,\ I_{ac}=2A$

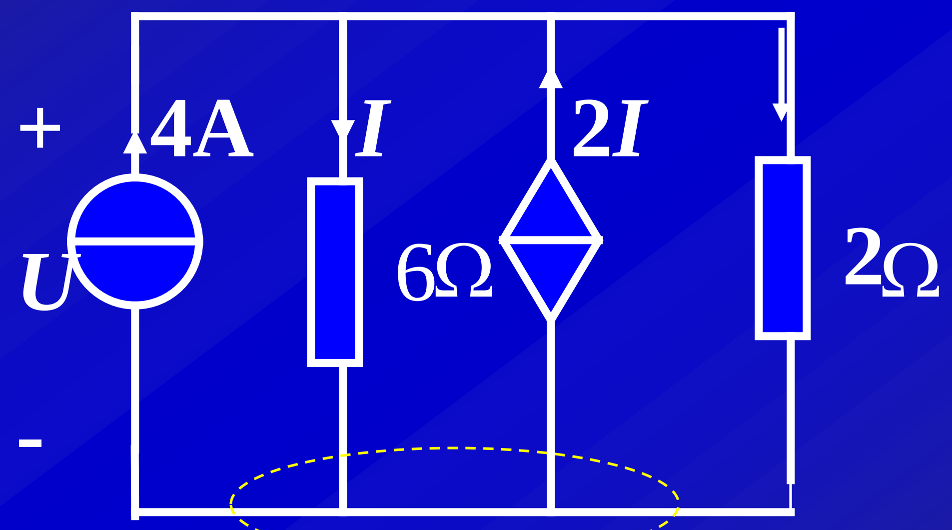


a: $I_2+I_{ac}-3=0$,

得 $I_2=1A$

d: $-I_2-I_{bd}-I_1=0$ $\quad I_1=-I_2-I_{bd}=-1-1=-2A$

例 求电压U及各元件吸收的功率。



解：$U=6I$

$$I_R = U/2 = 3I$$

$4-I+2I-U/2=0$ $\quad -4A + I - 2I + 3I = 0$

故 $U=12\text{V}$, $I=2\text{A}$

$P_{6\Omega} = UI = 24\text{W}$; $\quad P_{4A} = -4U = -48\text{W}$;

$P_{2\Omega} = U^2/2 = 72\text{W}$; $P_{2I} = -2IU = -48\text{W}$(产生功率)

第2章 电路分析中的等效变换

等效变换：两个电路的结构改变，但端口的**伏安关系(VCR)完全相同**。

一、等效变换：化简成最简电路

纯电阻电路的等效化简（包括三个相等电阻的Δ←—→Y）；

含电源（包括受控电源）电路的等效化简；

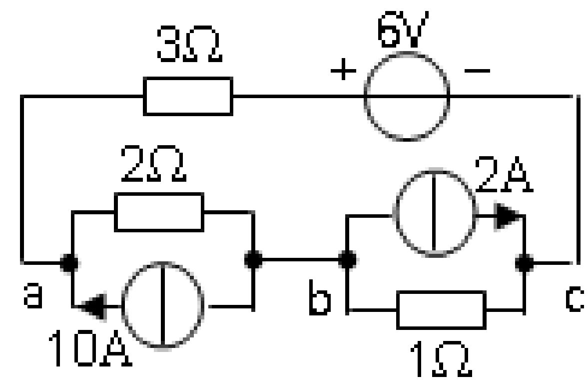
戴维南电路和诺顿电路的等效变换；

二、含受控电源电路的等效变换

将受控源看作独立源，但在变换过程中控制变量不能消失；

采用输入端口加激励法（加流求压法），求出相应的伏安关系，再根据伏安关系画出相应的最简电路。

求题图3所示电路中的电压u_{ab}和u_{ac}。



参考作业：

2-5(c),2-9(c),2-16(b)

第3章 线性网络的一般分析方法

n个节点，b条支路的网络，有$n-1$个独立节点，$b-(n-1)$个独立回路（网孔）。

一、网孔分析法 - 只适用于平面网络

以$b-(n-1)$个网孔电流为独立的电路变量，按规定规则直接列写网孔方程求解电路的方法。

二、节点分析法 - 适用于所有集中参数电路

以$n-1$个节点电压为独立的电路变量，按规定规则直接列写节点方程求解电路的方法。

参考作业：

3-5(b),3-9,3-13

第4章 网络定理

一、叠加定理

二、戴维南定理

三、诺顿定理

四、最大功率传输定理

五、特勒根第二定理

六、互易定理

参考作业：

4-5,4-10(b),4-11,4-14(b),

第6章 一阶电路分析

一、电容和电感 - 线性时不变

元件	伏安关系	储能	吸收功率
电容	$i_c = \pm C \frac{du_c}{dt}$	$w_c(t) = \frac{1}{2} C u_c^2(t)$	$\mathrm{p}(t) = \pm u(t) \cdot i(t)$
电感	$u_L = \pm L \frac{di_L}{dt}$	$w_L(t) = \frac{1}{2} L i_L^2(t)$	

二、一阶动态电路的零输入响应 - 仅由初始状态引起的响应

任意一阶电路零输入响应的一般形式为：

$$r_{zi}(t) = r_{zi}(0^+)\mathrm{e}^{-\frac{t}{\tau}}, \quad t > 0$$

$r_{zi}(0^+)$：任意零输入响应的初始值；

τ：**时间常数**，$\tau=RC$**或**$\tau=L/R$;

三、一阶动态电路的零状态响应 - 仅由独立电源引起的响应（$u_C(0^-)=0V, i_L(0^-)=0A$ ）

电容电压和电感电流的零状态响应的一般形式：

$$u_{Czs}(t)=u_C(\infty)(1-e^{-\frac{t}{\tau}}),\quad t\geq 0$$

$$i_{Lzs}(t)=i_L(\infty)(1-e^{-\frac{t}{\tau}}),\quad t\geq 0$$

$u_C(\infty)$，$i_L(\infty)$: 响应的终值；

τ : **时间常数**, $\tau=RC$ **或** $\tau=L/R$;

注意：此公式仅适用于电容电压和电感电流。

四、一阶动态电路恒定激励下的全响应 -

由独立电源和动态元件的初始状态共同产生的

恒定激励下一阶动态电路的任意全响应可用三要素法计算：

$$r(t)=r(\infty)+[r(0^{+})-r(\infty)]\mathrm{e}^{-t/\tau}\ ,t>0$$

$r(0^{+})$:响应的初始值;

$r(\infty)$:响应的终值;

τ :时间常数,$\tau=RC$或$\tau=L/R$;

五、一阶动态电路的阶跃响应

参考作业：

6-2,6-10,6-14(c),6-26,6-27,6-33

第 8 章 正弦激励下电路的稳态分析

一、正弦量的三要素

$$f(t)=F_{\mathrm{m}}\cos(\omega t+\phi)=\sqrt{2}F\cos(\omega t+\phi)$$

三要素： F_{m}——振幅；

ω——角频率，rad/s；

φ——初相，$|\varphi|\leq\pi$ ；

二、正弦量的时域表示及相量表示

$$u(t)=U_{\mathrm{m}}\cos(\omega t+\phi_{\mathrm{u}})\longleftrightarrow\dot{U}_{\mathrm{m}}=U_{\mathrm{m}}\angle\phi_{\mathrm{u}},\quad \dot{U}=U\angle\phi_{\mathrm{u}}$$

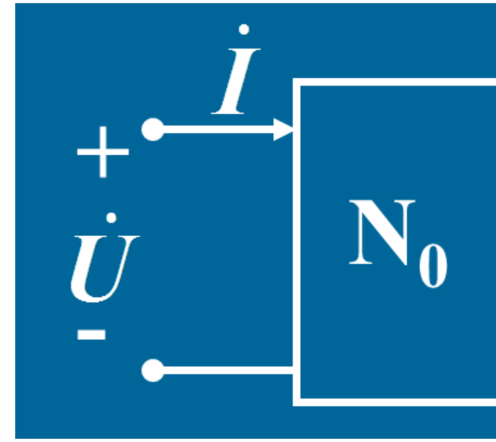
$$i(t)=I_{\mathrm{m}}\cos(\omega t+\phi_{\mathrm{i}})\longleftrightarrow\dot{I}_{\mathrm{m}}=I_{\mathrm{m}}\angle\phi_{\mathrm{i}},\qquad \dot{I}=I\angle\phi_{\mathrm{i}}$$

三、元件的VCR及阻抗 - 关联参考方向

元件	时域表示	相量形式	阻抗
电阻	$u = Ri$	$\dot{U} = R\dot{I}$	$Z_R = R$
电容	$i_c = C\dfrac{du_c}{dt}$	$\dot{I}_C = \mathrm{j}\omega C\dot{U}_C$	$Z_C(\mathrm{j}\omega) = \dfrac{1}{\mathrm{j}\omega C}$
电感	$u_L = L\dfrac{di_L}{dt}$	$\dot{U}_L = \mathrm{j}\omega L\dot{I}_L$	$Z_L(\mathrm{j}\omega) = \mathrm{j}\omega L$

在正弦稳态电路中，电阻上的电压和电流同相，电感上的电压超前电流90°，电容上的电压滞后电流90°。

一正弦稳态的无源二端网络N0，在关联参考方向下，总是可以等效为一个阻抗$Z(j\omega)$或导纳$Y(j\omega)$：



$$Z(\mathrm{j}\omega)=\frac{\dot{U}}{\dot{I}}=R+jX=|Z|\angle\theta_Z\,(\Omega)$$

$$|Z|=\frac{U}{I}=\sqrt{R^2+X^2},\angle\theta_Z=\angle(\varphi_u-\varphi_i)=arctg\frac{X}{R}$$

$$Y(\mathrm{j}\omega)=\frac{\dot{I}}{\dot{U}}=G+jB=Y\angle\theta_Y=Y\angle-\theta_Z\,(S)$$

其中，X=0，网络呈阻性； X>0，网络呈感性； X<0，网络呈容性。

四、正弦稳态电路的相量分析法

正弦稳态的无源二端网络推广到相量模型后，所有的元件都用阻抗表示，则可以通过阻抗的串并联计算其等效阻抗或导纳。

五、正弦稳态电路的功率计算

六、正弦稳态电路的最大功率传输 - 共轭匹配

七、对称三相电路

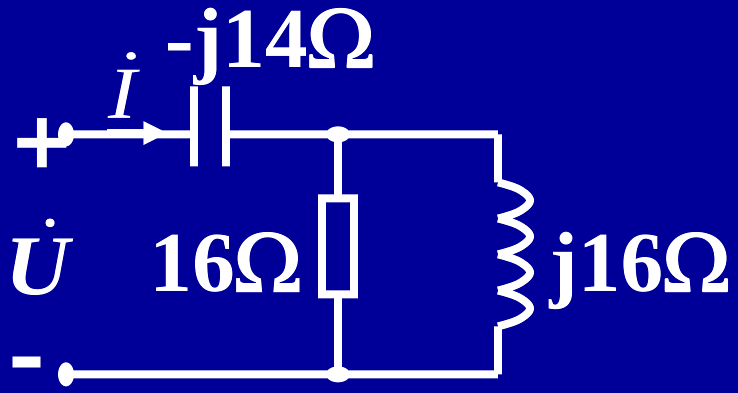
参考作业：

8-10, 8-15(a),8-16,8-22(b), 8-27,8-30, 8-31

例 电路相量模型如图，端口电压的有效值 $U=100\text{V}$.试求该网络的P、Q、$\tilde{S}$、S、pf。

解:设端口电压相量为：

$$\dot{U}=100\angle 0^\circ \text{V}$$



网络的等效阻抗：

$$Z=-\text{j}14+\frac{16\times \text{j}16}{16+\text{j}16}=-\text{j}14+8+\text{j}8$$

$$=8-\text{j}6=10\angle-36.9^\circ\ \Omega$$

$$pf=\cos\theta_Z=\cos(-36.9^\circ)=0.8$$ （导前）

因此 $\dot{I}=\dfrac{\dot{U}}{Z}=\dfrac{100\angle 0^\circ}{10\angle -36.9^\circ}=10\angle 36.9^\circ\,\mathrm{A}$

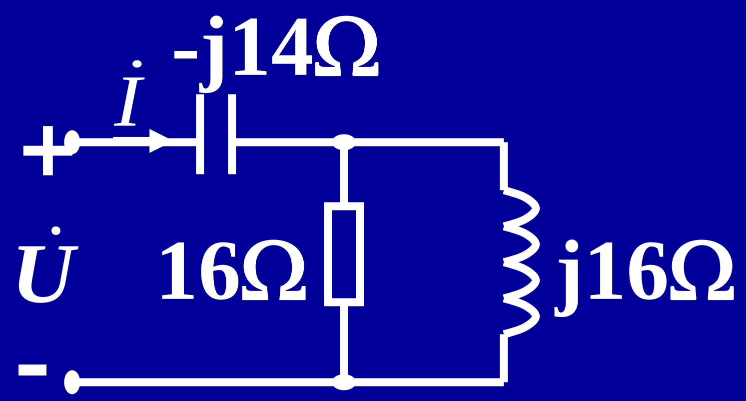
故：$\tilde{S}=\dot{U}_S\cdot\overset{*}{I}=100\angle 0^\circ\cdot 10\angle -36.9^\circ$

$=1000\angle -36.9^\circ=800-j600\,\mathrm{VA}$

$S=\left|\tilde{S}\right|=UI=1000\,\mathrm{VA}$

$P=\mathrm{Re}[\tilde{S}]=800\,\mathrm{W}$

$Q=\mathrm{Im}[\tilde{S}]=-600\,\mathrm{Var}$



第 9 章 耦合电感和变压器电路分析

一、耦合电感的伏安关系

二、耦合电感的直接去耦等效

三、空芯变压器电路的分析

1、当成耦合电感直接去耦等效

2、反映阻抗法

四、理想变压器电路

1、理想变压器的伏安关系

2、理想变压器电路的分析

- 直接用伏安关系
- 阻抗搬移

五、全耦合变压器电路的分析

推荐：等效成含理想变压器的电路

参考作业：

9-2(c),9-3,9-4(b),9-6,9-8, 9-11,9-13,9-16,9-18

第10章电路的频率特性

一、电路的频率特性与网络函数

电路分析中，电路的频率特性用正弦稳态电路的网络函数来描述，定义为：

$$\boxed{H(\mathrm{j}\omega)=\frac{\text{输出相量}}{\text{输入相量}}=|H(\mathrm{j}\omega)|\angle\theta(\omega)}$$

$|H(j\omega)|$—幅频特性； $\theta(j\omega)$—相频特性

网络函数的计算方法—外加电源法：在输入端加一个电压源或电流源，用正弦稳态分析的任一种方法求出输出的相量表达式，则输出相量与输入相量的比即为相应的网络函数。

二、RC电路的频率特性

RC低通滤波电路和RC高通滤波电路

截止角频率　通频带

三、RLC串联谐振& GCL并联谐振

谐振角频率、品质因数、带宽、

谐振时各元件的电压、电流及相量关系

例 RLC串联电路，$v_S(t)=\sin(2\pi ft)\text{mV}$频率$f$=1MHz，调电容$C$，使电路发生谐振。$I_0$=100uA, U_{C0}=100mV。求:电路的R、L、C、Q及BW。

$$R=\frac{U_S}{I_0}=\frac{0.707\times10^{-3}}{100\times10^{-6}}=7.07\Omega$$

$$Q=\frac{U_{C0}}{U_S}=\frac{100}{0.707}=141$$

$$BW=\frac{f_0}{Q}=\frac{10^6}{141}=7.09kHz$$

$$Q=\frac{2\pi f_0 L}{R}\Rightarrow L=\frac{QR}{2\pi f_0}=\frac{141\times7.07}{2\times3.14\times10^6}=159\mu H$$

$$\omega_0=2\pi f_0=\frac{1}{\sqrt{LC}}\Rightarrow C=\frac{1}{(2\pi f_0)^2 L}=159pF$$

例 **GCL并联谐振电路中，已知** $R=10\mathrm{k}\Omega, L=1\mathrm{H}, C=1\mu\mathrm{F}$, 电源电流 $I_S=10\mathrm{A}$。试求电路的谐振角频率、品质因数、带宽以及电容和电感上的电流。

解：

$$\omega_0=\frac{1}{\sqrt{LC}}=\frac{1}{\sqrt{1\times10^{-6}}}\mathrm{rad/s}=10^3\mathrm{rad/s}$$

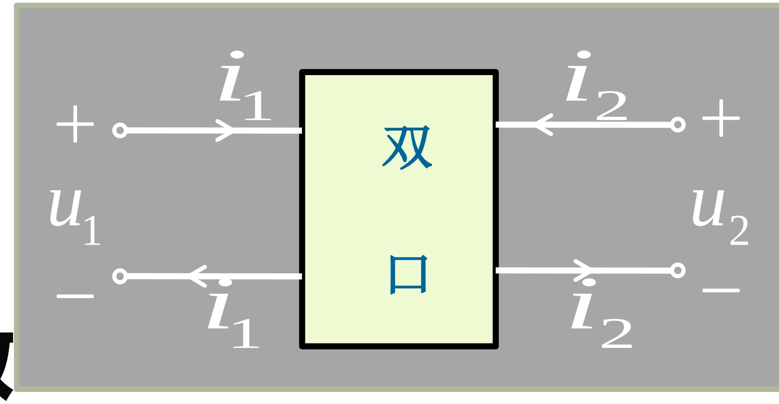
$$Q=\frac{\omega_0 C}{G}=R\omega_0 C=\frac{R}{\omega_0 L}=R\sqrt{\frac{C}{L}}=10$$

$$\Delta\omega=\frac{\omega_0}{Q}=100\mathrm{rad/s} \qquad \Delta f=\frac{100}{2\pi}\mathrm{Hz}=15.9\mathrm{Hz}$$

参考作业：

10-4,10-7,10-8,10-9,10-15

第11章　二端口网络



一、二端口网络的方程与参数

参数		自变量	参数方程
Z参数	$\begin{bmatrix} Z_{11} & Z_{12} \\ Z_{21} & Z_{22} \end{bmatrix}$	$\dot{I}_1, \dot{I}_2$	$\begin{cases} \dot{U}_1 = Z_{11}\dot{I}_1 + Z_{12}\dot{I}_2 \\ \dot{U}_2 = Z_{21}\dot{I}_1 + Z_{22}\dot{I}_2 \end{cases}$
Y参数	$\begin{bmatrix} Y_{11} & Y_{12} \\ Y_{21} & Y_{22} \end{bmatrix}$	$\dot{U}_1, \dot{U}_2$	$\begin{cases} \dot{I}_1 = Y_{11}\dot{U}_1 + Y_{12}\dot{U}_2 \\ \dot{I}_2 = Y_{21}\dot{U}_1 + Y_{22}\dot{U}_2 \end{cases}$

二、求双口网络的参数

参考作业：

11-1,11-2(a)