电路分析基础 II 复习

综　述

- 考试时间和地点
  - 时间： 1.11　　8:30-10:00　　90 分钟
  - 地点：各自查看
- 考试范围
  - 第 7 ～ 12 章所学过的内容
  - 以课件例题、作业习题为主
- 考试题型
  - 填空为辅（概念、小计算），计算题为主
  - 可以带非记事型计算器
- 考前答疑时间
  - 公共答疑时间
  - 1.10　　18:00-20:00　　信机楼 404 教师办公室

第七章 一阶电路的时域分析

- 求初始条件，各种($t=0_+$) 的值
  - 概念：
    - 独立初始条件（P138）： $u_C(0_+)$ 、 $i_L(0_+)$
    - 换路定律应用：
      - RC 电路在换路瞬间，电容用大小方向相同的电压源替代
      - RL 电路在换路瞬间，电感用大小方向相同的电流源替代
  - 解题（略）
- 零输入响应、零状态响应
  - 解题步骤：
    - 判断，并化为标准图
    - 利用公式求解独立量 $u_C(t)$ 、 $i_L(t)$
    - 利用 KCL 、 KVL 求其他各物理量
  - 解题（略，不指定考）

第七章　一阶电路的时域分析

- 全响应（7.4）
  - 三要素法
  - 复杂电路要画等效电路图，用戴维宁求解
  - 相关题型：课件相关例题（书例 7-5 不看）＋习题 7-17

第八章 相量法

- 复数、正弦量、相量的基础
  - 复数的三种形式及其转换、运算
  - 代数形式和指数形式灵活使用
    - 结果写成相量（指数）形式，中间过程可用代数形式计算
  - 旋转因子 (略)
  - 正弦量三要素、相位差
  - 正弦量和相量的转换 $i(t)=\sqrt{2}I\cos(\omega t+\phi_i) \Leftrightarrow \dot{I}=I\angle\phi_i$
  - 相量的求和、乘除等计算
  - 注意各个量的写法，给你什么量，要你求什么量? $i\,,\ I\,,\ \dot{I}$

第八章 相量法

- **相量形式的电路定律**
  - R、 L、 C 的 VCR 关系
    - 以电流为基准：“感压前，容压后”
  - KVL 、 KCL
  - 相关题型：课件例题（例 13|14 不看）、习题 8-10|12|15|20 等（结合正弦稳态电路的分析）

第八章 相量法

- **求等效电路参数（解题标准流程）**
  - 先求 U 、 I 对应相量：
    - 先转 cos ，再转正幅值，再换主值区间，最后将正弦量转相量（极坐标形式）
  - 求阻抗 Z （极坐标形式）
    - 注意换主值区间
  - 将 Z 转代数形式（推荐用串联）：
    - 实部为电阻（受控源部分），虚部为电抗（判定性质）
    - 求参数 L 、 C
  - 画等效电路图
- **习题: 8-13 ，9-3**

第九章 正弦电流电路的分析

- 阻抗和导纳
  - 定义、单位
  - 串并联
  - 元件性质判定：习题9-10
- 相量图
  - 画参考方向：注意超前滞后关系，角度区间、长短关系
- 正弦稳态电路的分析
  - 先改画成相量模型，设基准相量
  - 利用 KCL 、 KVL 、 VCR 关系求解，各支路相量
  - 相关题型：课件例题（例 7|8|16 不看），习题 9-1|5|6 等
    - 以 9-5 为基础改为范例题

第九章 正弦电流电路的分析

- **正弦稳态电路的功率**
  - 各种功率： p 、 P 、 Q 、 S 、复功率、功率因数λ
  - 相关题型：范例题、习题 9-18|25 （求各支路元件吸收的各种功率，推荐先求复功率）
- **最大传输功率**
  - 最佳匹配、模匹配
  - 相关题型：课件例题（书例 9-11 不看），习题 9-27
- **功率因数提高**
  - 相关题型：课件例题（例 21 ）
  - 解题标准流程：先求 $P_{总}$, 再求 $Q_{总}$，再求 $\tan\varphi_1$，再求 $\tan\varphi_2$ 写公式求 C

第十章 具有耦合电感的电路

- 互感
  - 判断同名端：两种方法
  - L_1、L_2、M 和耦合系数 $k = \frac{M}{\sqrt{L_1 L_2}}$，磁通链和端电压
  - 相关题型：课件例题，习题 10-3
- 含有耦合电感电路的计算
  - 去耦等效：6 种
    - 求等效电感
    - 正弦电路分析、频率响应
  - 相关题型：课件例题，习题 10-4|5|8|14 等
- 耦合电感的功率
  - 概念：耦合复功率虚部同号，实部异号，及其含义 (P263)

第十章 具有耦合电感的电路

- 变压器原理
  - 三个等效图
  - 正弦稳态分析
  - 相关题型：课件例题、习题 10-12|22 等
- 理想变压器
  - 三个理想条件（略）
  - 三个关系式和一个性质：变压、变流、变阻抗
    - 注意：原变 / 副边 =n/1
  - 正弦稳态分析
  - 相关题型：课件例题、习题 10-17， 11-13

第十一章 电路的频率响应

- 网络函数 (略)
- RLC 串联谐振
  - 谐振条件、特点、计算
  - 品质因数 Q： 三个意义
    - 反映谐振时电感电压（电容电压）和输入电压大小的比值、反映谐振回路中的电磁振荡程度、反映谐振回路的选择性（抑制能力）
  - 频率特性曲线公式（略）：
    - 网络函数：带通函数(U_R)、高通函数(U_L)、低通函数(U_C) （ P289 ）
  - 相关例题：课件例题、习题 11-7/8/9 等
- RLC 并联谐振
  - 谐振条件、特点、计算
  - RL 并联 C
  - 相关例题：课件例题、习题 11-10|12

第十二章 三相电路

- 对称三相电路
  - 各相的次序关系
  - Y、Δ的电源转换、负载转换
  - 线电压（电流）与相电压（电流）的关系
- 对称三相电路的计算
  - 四种链接都归为 Y 型、单相正弦稳态计算
  - 相关题型：课件例题，习题 12-1/2 等

第十二章 三相电路

- **三相电路的功率**
  - 各功率概念
  - 二表法的接法、功率计算：
    - 习题 12-10 、书例 12-4 （用比例法解）
    - 推荐解题标准步骤：
      - 图上画二瓦计表
      - 先求 φ ：注意感性容性区别，正负值
      - 列方程：（原公式）、比值式、求和式
      - 解方程

$$P_1 = U_l I_l \cos(\varphi - 30^0) \qquad P = \sqrt{3} U_l I_l \cos\varphi$$

$$P_2 = U_l I_l \cos(\varphi + 30^0)$$

几个重要公式：

- L 、 C 的 VCR 关系 $i_C = C\frac{du_C}{dt}$ $u_L = L\frac{di_L}{dt}$
  - 关联参考方向下
- 换路定律： $u_C(0_+) = u_C(0_-)$ $i_L(0_+) = i_L(0_-)$
- 零输入响应： $u_C(t) = U_0 e^{-\frac{t}{\tau}}$ $i_L(t) = I_0 e^{-\frac{t}{\tau}}$
- 零状态响应： $u_c(t) = U_C(\infty)(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$

$\tau = RC, \tau = \frac{L}{R}$ $i_L(t) = I_L(\infty)(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$

7.4 一阶电路的全响应

- 三要素法分析一阶电路

$$f(t)=f(\infty)+[f(0_+)-f(\infty)]e^{-\frac{t}{\tau}}$$

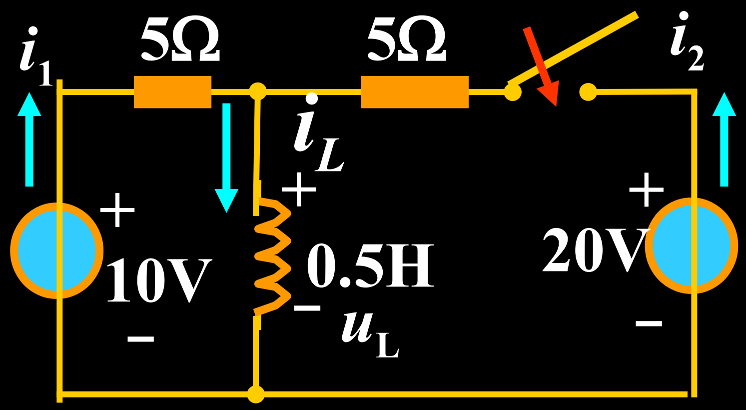
三要素公式

- 初始值 $f(0_+)$ → 用换路定律，换路前等效电路求解
- 稳态解 $f(\infty)$ → 用 t→∞ 的稳态电路求解
- 时间常数 τ → 求解换路后等效电阻（注意看入端）
- 分析一阶电路问题转为求解电路的三个要素的问题
- 其他量用 KVL 、 KCL 、 VCR 求解
- 除 LC 外的电阻、独立源、受控源使用戴维宁、诺顿等效

例 16

t=0 时，开关闭合，求 t>0 后的 i_L、i_1、i_2

解 三要素为：



$$i_L(0_+) = i_L(0_-) = 10/5 = 2A$$

$$i_L(\infty) = 10/5 + 20/5 = 6A$$

$$\tau = L/R = 0.5/(5//5) = 1/5s$$

应用三要素公式 $i_L(t) = i_L(\infty) + [i_L(0_+) - i_L(\infty)]e^{-\frac{t}{\tau}}$

$$i_L(t) = 6 + (2-6)e^{-5t} = 6 - 4e^{-5t} \quad t \geq 0$$

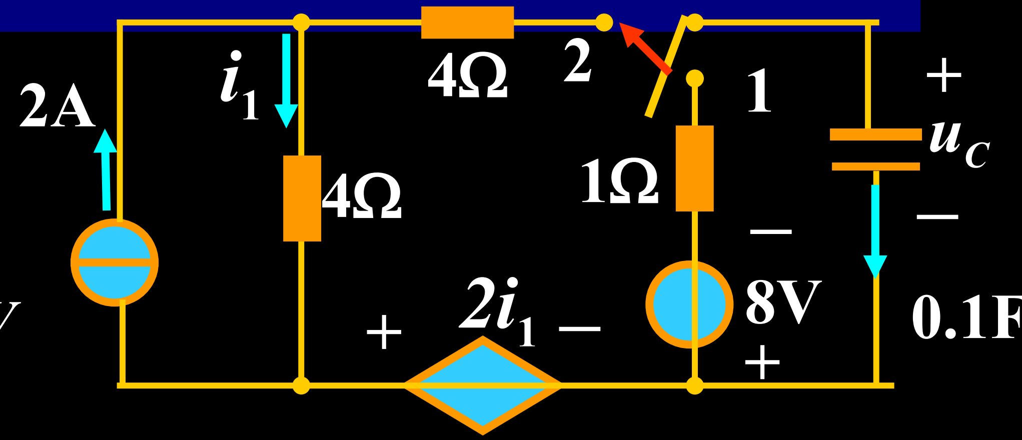
$$u_L(t) = L\frac{di_L}{dt} = 0.5 \times (-4e^{-5t}) \times (-5) = 10e^{-5t}\text{V}$$

$$i_1(t) = (10 - u_L)/5 = 2 - 2e^{-5t}\text{A}$$

$$i_2(t) = (20 - u_L)/5 = 4 - 2e^{-5t}\text{A}$$

例17 已知：t=0 时开关由 1→2，求换路后的 $u_C(t)$，$i_C(t)$。

解 三要素为：



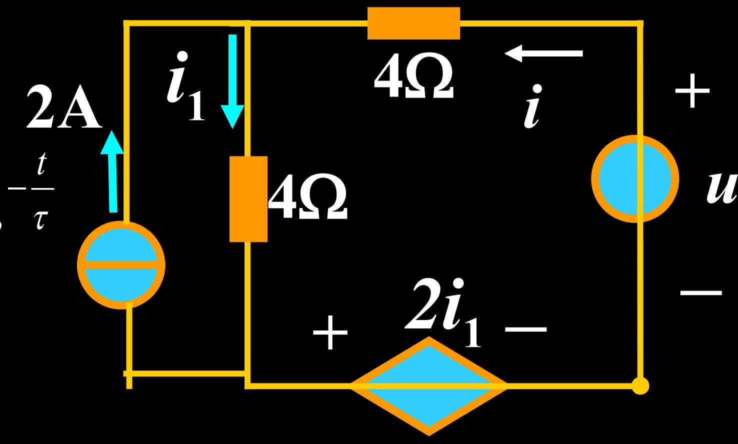
$$u_C(0_+) = u_C(0_-) = -8V$$

$$u_C(\infty) = 4i_1 + 2i_1 = 6i_1 = 12V$$

$$\tau = R_{eq}C = 10 \times 0.1 = 1s$$

应用三要素公式

$$u_c(t) = u_c(\infty) + [u_c(0_+) - u_c(\infty)]e^{-\frac{t}{\tau}}$$



$$u_c(t) = 12 + [-8 - 12]e^{-t}$$

$$= 12 - 20e^{-t}V$$

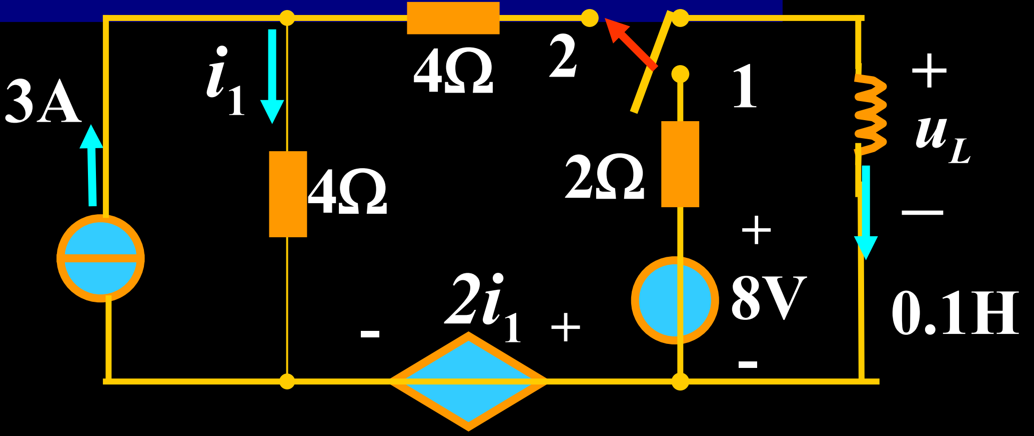
$$u = 10i$$

$$i_c(t) = C\frac{du_c}{dt} = 0.1*(-20)(-1)e^{-t} = 2e^{-t}(A)$$

$$R_{eq} = u/i = 10\Omega$$

例 18（改）

已知：t=0 时开关由 1→2，求换路后的 $u_L(t)$。

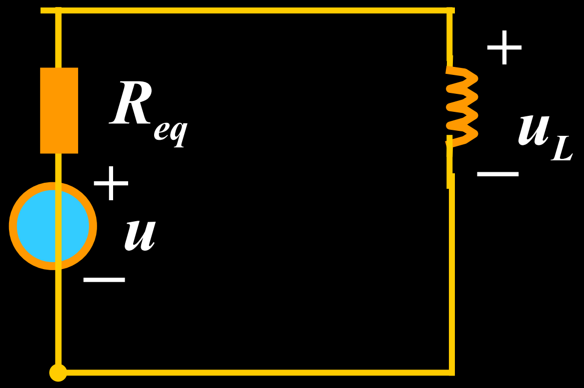


解　三要素为：

$$i_L(0_+)=i_L(0_-)=4A$$

$$i_L(\infty)=1A$$

$$\tau=L/R_{eq}=\frac{1}{60}s$$



$$u=6V$$

$$R_{eq}=6\Omega$$

应用三要素公式

$$i_L(t)=i_L(\infty)+[i_L(0_+)-i_L(\infty)]e^{-\frac{t}{\tau}}$$

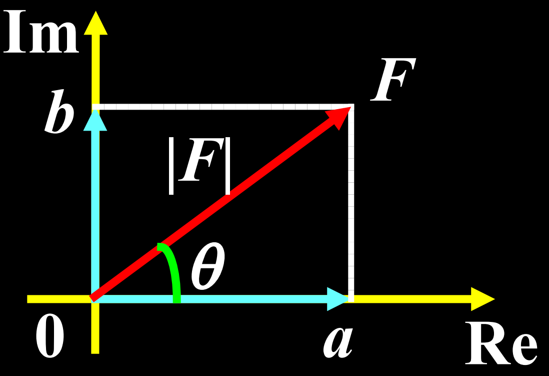
$$i_L(t)=1+[4-1]e^{-\frac{1}{1/60}t}$$

$$=1+3e^{-60t}A$$

$$u_L(t)=L\frac{\mathrm{d}i_L}{\mathrm{d}t}=18e^{-60t}V$$

8.1 复数

- **三种形式的关系**



由：

$$F = a + \mathrm{j}b = |F|(\cos\theta + \mathrm{j}\sin\theta) = |F|e^{\mathrm{j}\theta}$$

有：

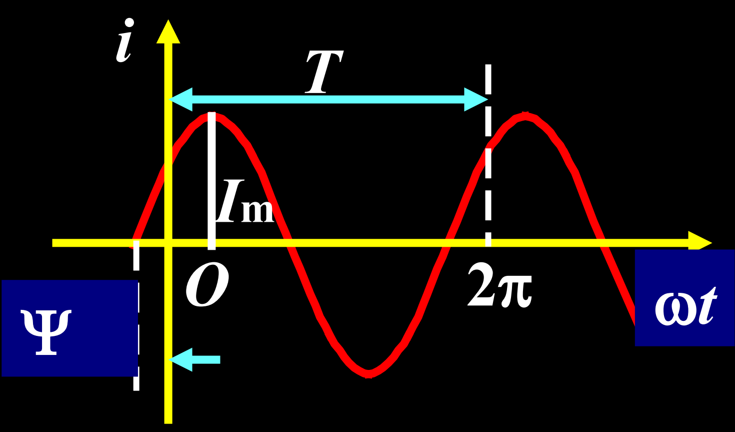
$$\begin{cases} a = |F|\cos\theta \\ b = |F|\sin\theta \end{cases} \qquad \begin{cases} |F| = \sqrt{a^2 + b^2} \\ \theta = \mathrm{arctg}\dfrac{b}{a} \end{cases}$$

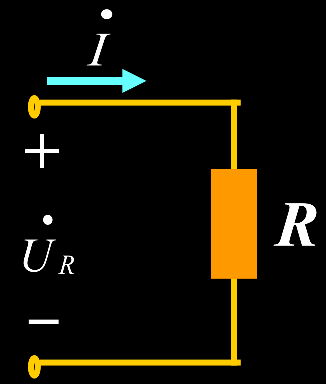
8.2 正弦量

- **正弦量的三要素** $i(t) = I_m \cos(\omega t + \psi_i)$
  - **振幅 I_m：反映正弦量变化幅度的大小。**
    - **最大值 i_{max}　最小值 i_{min}　峰 - 峰值：　$i_{max} - i_{min}$**
  - **角频率 ω：反映正弦量变化快慢，相位变化的速度。**
    - **相位（相角）φ：　$\omega t + \psi_i$**

$$\omega = 2\pi f = 2\pi / T \quad \text{单位} \; rad/s, \text{弧度/秒}$$

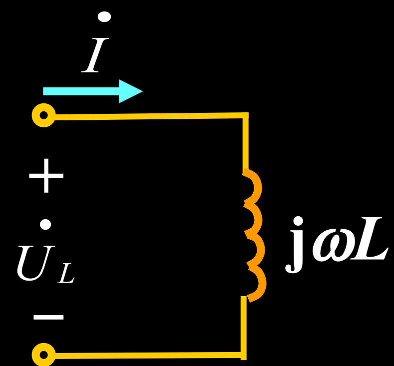
  - **初相位 ψ_i：反映正弦量的计时起点**
    - **t=0 的相位**
    - **单位弧度，度**





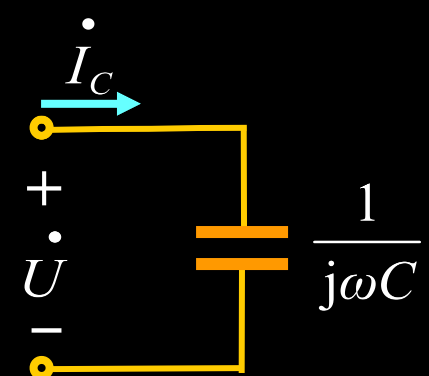
$$\dot{U}_R = R\dot{I}$$

$$\begin{cases} U_R = RI & \text{有效值关系} \\ \Psi_u = \Psi_i & \text{相位关系：同相} \end{cases}$$



$$\dot{U}_L = j\omega L\dot{I} = jX_L\dot{I}$$

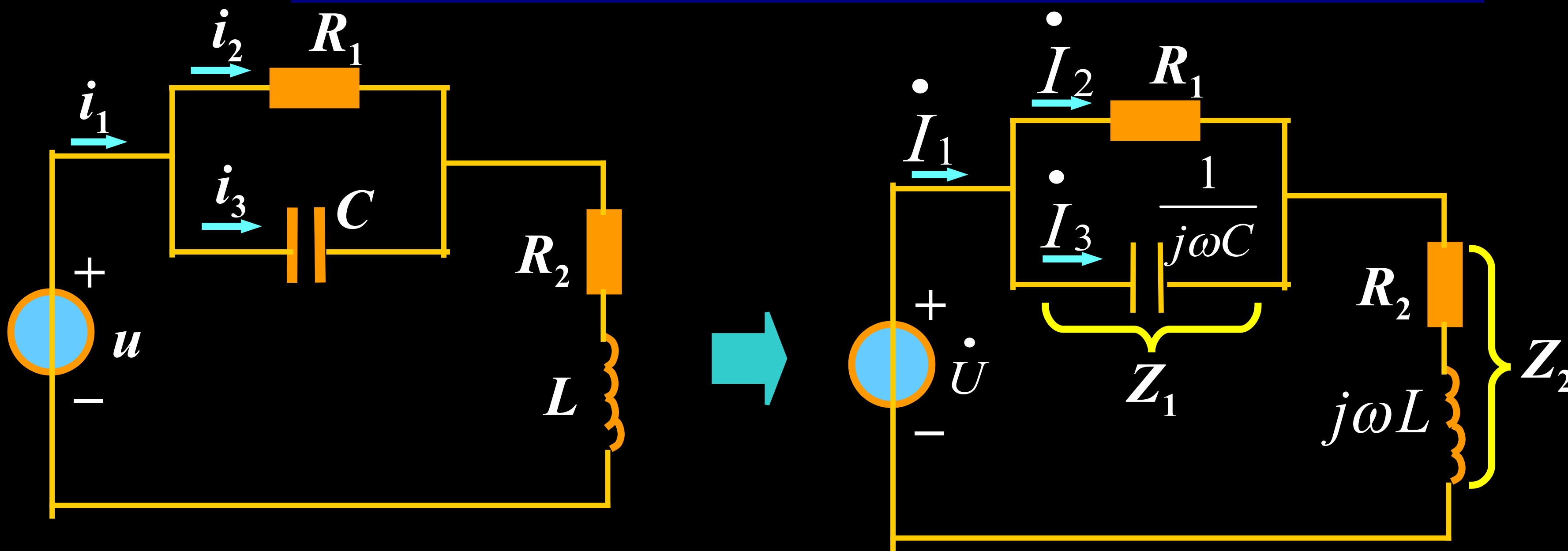
$$\begin{cases} U_L = \omega LI & \text{有效值关系} \\ \Psi_u = \Psi_i + \pi/2 & \text{相位：}u\text{ 超前，}i\text{ 滞后} \end{cases}$$



$$\dot{U}_C = \frac{1}{j\omega C}\dot{I} = jX_C\dot{I}$$

$$\begin{cases} U_C = I/\omega C & \text{有效值关系} \\ \Psi_i = \Psi_u + \pi/2 & \text{相位：}i\text{ 超前，}u\text{ 滞后} \end{cases}$$

例 6 已知：$R_1 = 1000\Omega$, $R_2 = 10\Omega$, $L = 500mH$, $C = 10\mu F$, $U = 100V$, $\omega = 314rad/s$, 求：各支路电流。



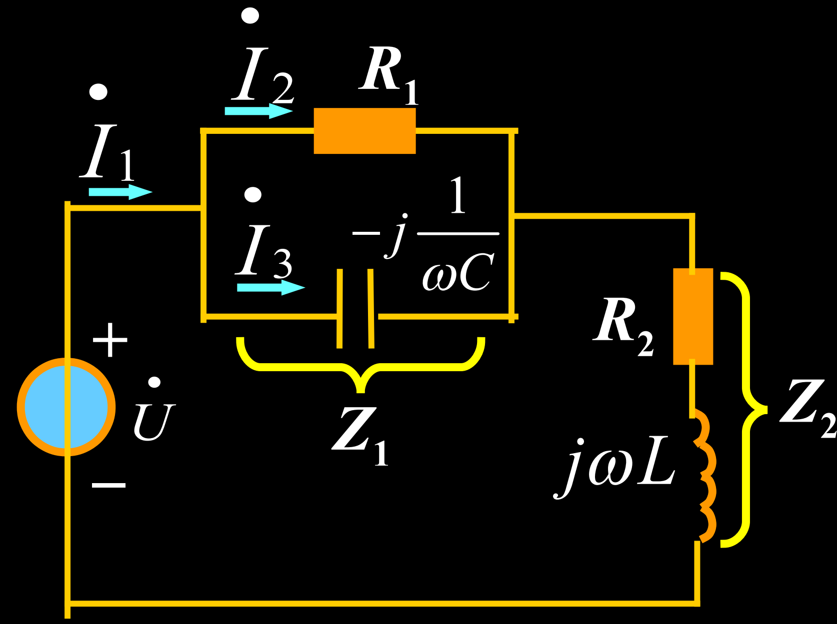
解 画出电路的相量模型

$$Z_1 = \frac{R_1(-j\,{}^{1}\!/_{\omega C})}{R_1 - j\,{}^{1}\!/_{\omega C}} = \frac{1000\times(-j318.47)}{1000 - j318.47} = \frac{318.47\times 10^3\angle -90^\circ}{1049.5\angle -17.7^\circ}$$

$$= 303.45\angle -72.3^\circ = 92.11 - j289.13\ \Omega$$

$$Z_2 = R_2 + j\omega L = 10 + j157\ \Omega$$

$$\begin{aligned} Z &= Z_1 + Z_2 \\ &= 92.11 - j289.13 + 10 + j157 \\ &= 102.11 - j132.13 \\ &= 166.99\angle -52.3^\circ\ \Omega \end{aligned}$$



设$\dot{U} = 100\angle 0^\circ$(以$\dot{U}$为参考相量)

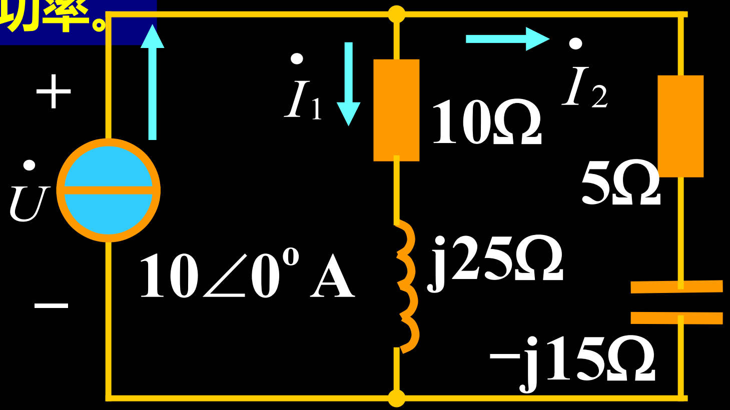
$$\dot{I}_1 = \frac{\dot{U}}{Z} = \frac{100\angle 0^\circ}{166.99\angle -52.3^\circ} = 0.6\angle 52.3^\circ\ A$$

$$\dot{I}_2 = \frac{-j\,{}^{1}\!/\!_{\omega C}}{R_1 - j\dfrac{1}{\omega C}}\dot{I}_1 = \frac{-j318.47}{1049.5\angle -17.7^\circ} \times 0.6\angle 52.3^\circ = 0.181\angle -20^\circ\ A$$

$$\dot{I}_3 = \frac{R_1}{R_1 - j\dfrac{1}{\omega C}}\dot{I}_1 = \frac{1000}{1049.5\angle -17.7^\circ} \times 0.6\angle 52.3^\circ = 0.57\angle 70^\circ\ A$$

例22

电路如图，求总电压、各支路的电流和复功率。



解

$$Z=(10+j25)//(5-j15)$$

$$\dot{U}=10\angle 0^\circ\times Z=236\angle(-37.1^\circ)\quad \mathrm{V}$$

$$\dot{I}_1=10\angle 0^\circ\times\frac{5-j15}{10+j25+5-j15}=8.77\angle(-105.3^\circ)\quad \mathrm{A}$$

$$\dot{I}_2=\dot{I}_S-\dot{I}_1=14.94\angle 34.5^\circ\quad \mathrm{A}$$

$$\bar{S}_{发}=\dot{U}\overset{*}{\dot{I}}=236\angle(-37.1^\circ)\times 10\angle 0^\circ=1882-j1424\ \mathrm{VA}$$

$$\bar{S}_{1吸}=U^2Y_1^*=236^2\left(\frac{1}{10+j25}\right)^*=768+j1920\quad \mathrm{VA}$$

$$\bar{S}_{2吸}=U^2Y_2^*=1113-j3345\quad \mathrm{VA}$$

若求各种功率呢？

讨论正弦电流电路中负载获得最大功率 P_{max} 的条件：

(1) $Z= R + jX$ 可任意改变

$$P = \frac{R U_{oc}^2}{(R_{eq} + R)^2}$$

(a) 先设 R 不变， X 改变

显然，当 $X_{eq} + X = 0$，即 $X = -X_{eq}$ 时，P 获得最大值

(b) 再讨论 R 改变时，P 的最大值

当 $R = R_{eq}$ 时，P 获得最大值

$$P_{max} = \frac{U_{oc}^2}{4R_{eq}}$$

综合 (a)、(b)，可得负载上获得最大功率的条件是：

$$\begin{cases} R = R_{eq} \\ X = -X_{eq} \end{cases} \rightarrow Z = Z_{eq}^*$$

最佳匹配

(2) 若 $Z = R + jX$ 只允许 X 改变

获得最大功率的条件是： $X_{eq} + X = 0$，即 $X = -X_{eq}$

最大功率为 $$P_{max} = \frac{RU_{oc}^2}{(R_{eq}+R)^2}$$

(3) 若 $Z = R$ 为纯电阻

电路中的电流为： $$\dot{I} = \frac{\dot{U}_{oc}}{Z_{eq}+R},\quad I = \frac{U_{oc}}{\sqrt{(R_{eq}+R)^2 + X_{eq}^2}}$$

负载获得的功率为： $$P = \frac{RU_{oc}^2}{(R_{eq}+R)^2 + X_{eq}^2}$$

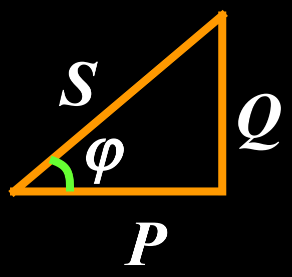
模匹配

令 $$\frac{dP}{dR_L} = 0 \Rightarrow$$ 获得最大功率条件：$R = \sqrt{R_{eq}^2 + X_{eq}^2} = |Z_{eq}|$

例 21 功率为 60W，功率因数为 0.5 的日光灯（感性）负载与功率为 100W 的白炽灯各 50 只并联在市电上（220V， f=50Hz）。如果要把电路的功率因数提高到 0.92，应并联多大的电容?

解

$$C = \frac{P}{\omega U^2}(\mathrm{tg}\varphi_1 - \mathrm{tg}\varphi_2)$$



$$P = 60\times 50 + 100\times 50 = 8000(\mathrm{W})$$

$$\cos\varphi = 0.5 \Rightarrow \varphi = 60^\circ \Rightarrow \tan\varphi = \sqrt{3}$$

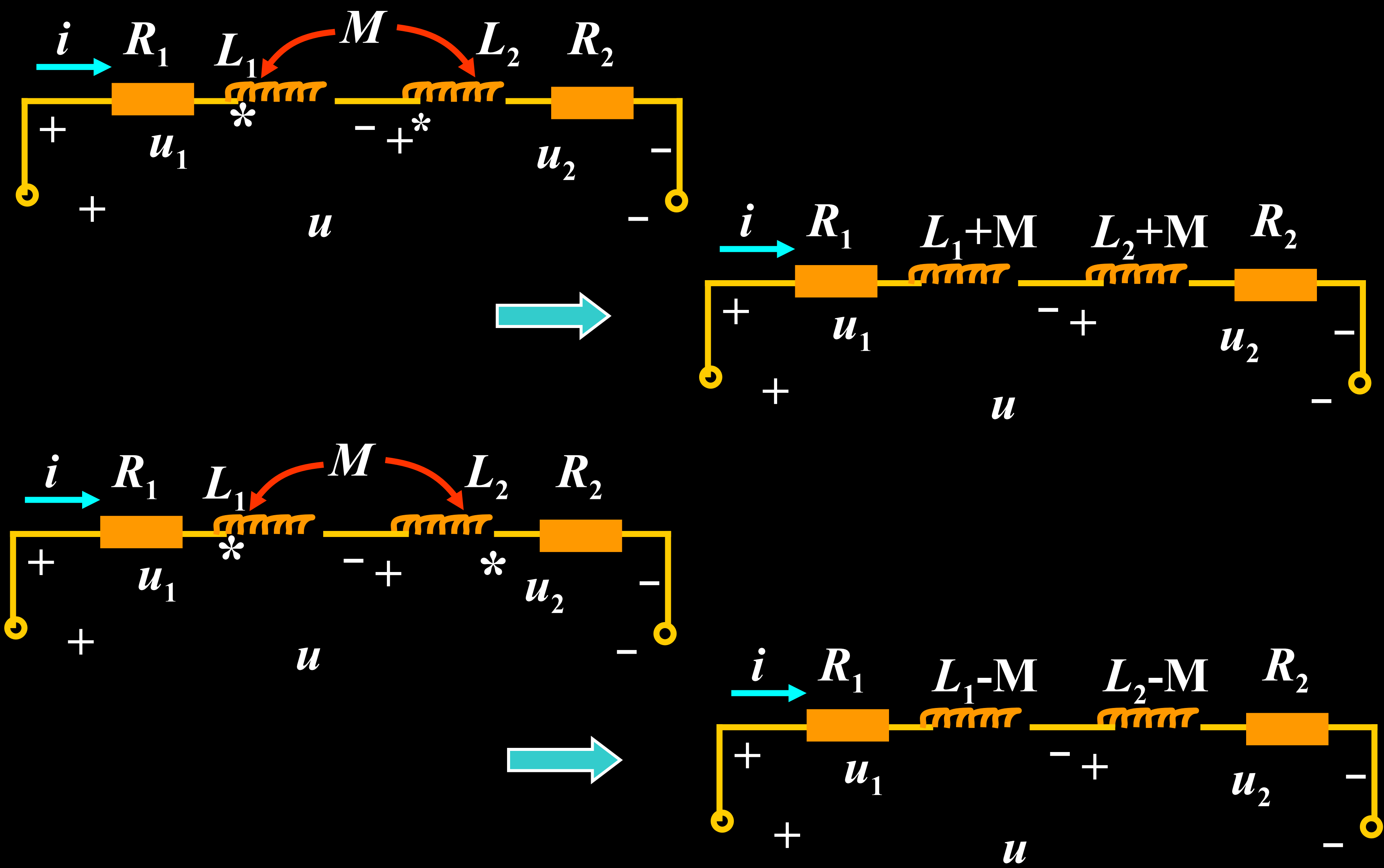
$$Q = 60\times 50\tan\varphi = 3000\sqrt{3}(\mathrm{VAR})$$

$$\tan\varphi_1 = \frac{Q}{P} = \frac{3000\sqrt{3}}{8000} = 0.6495$$

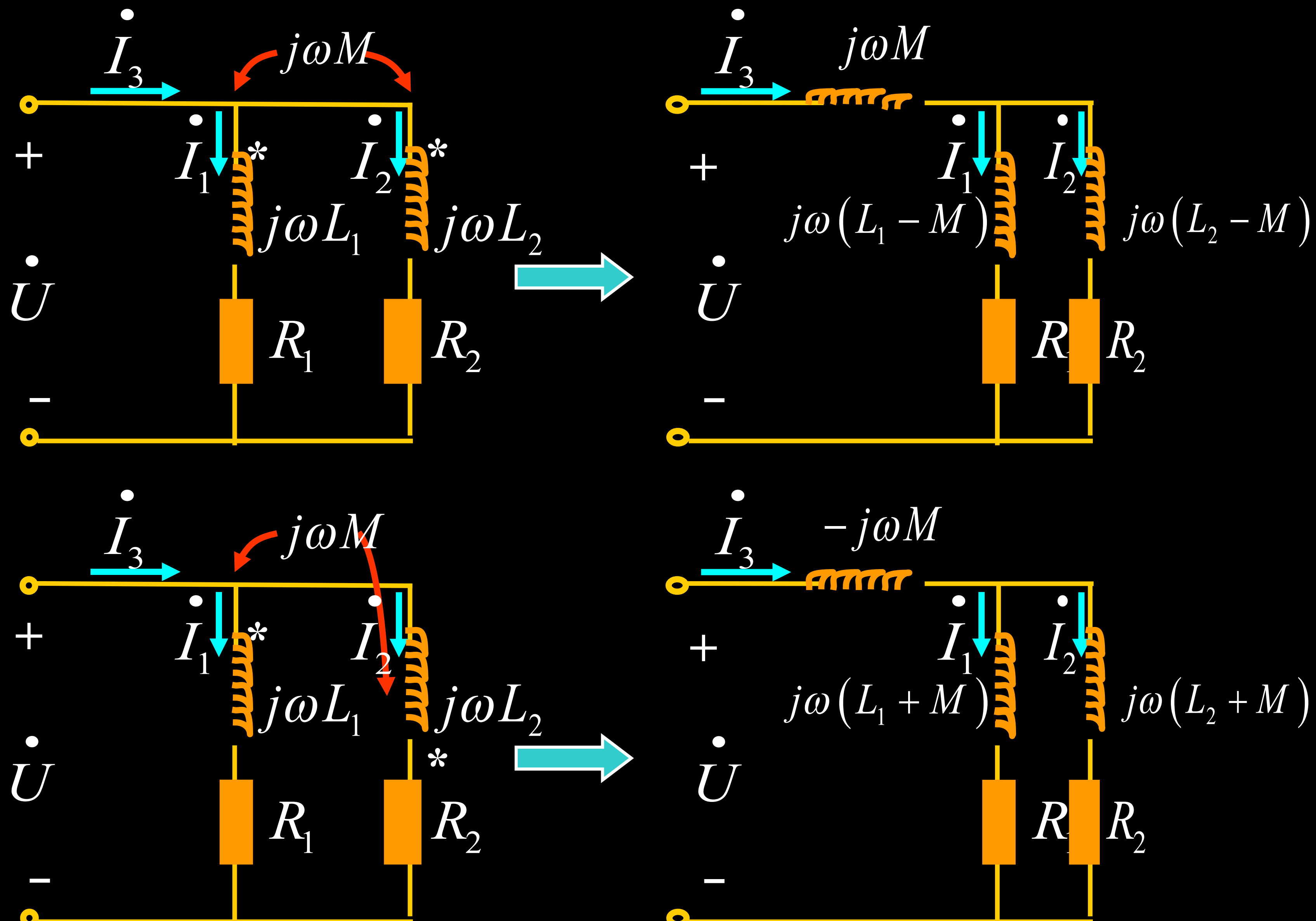
$$\tan\varphi_2 = \tan(\cos^{-1}0.92) = 0.4260$$

$$C = \frac{8000}{314\times 220^2}(0.6495 - 0.4260)$$

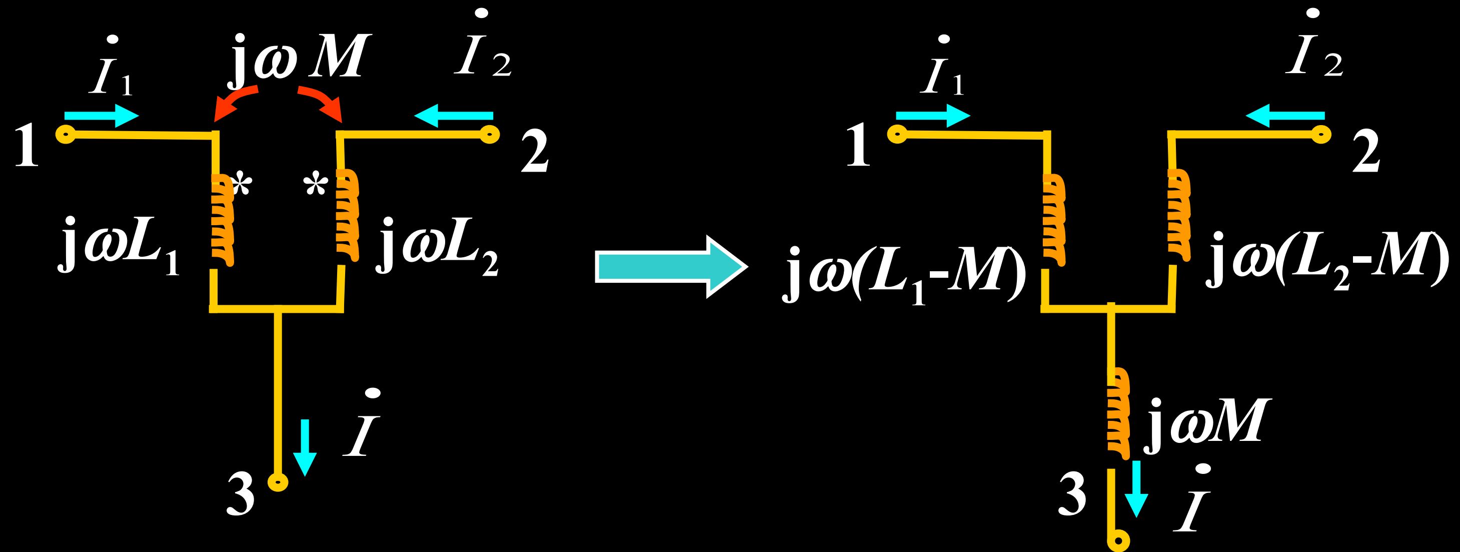
$$= 117.65\mu\mathrm{F}$$



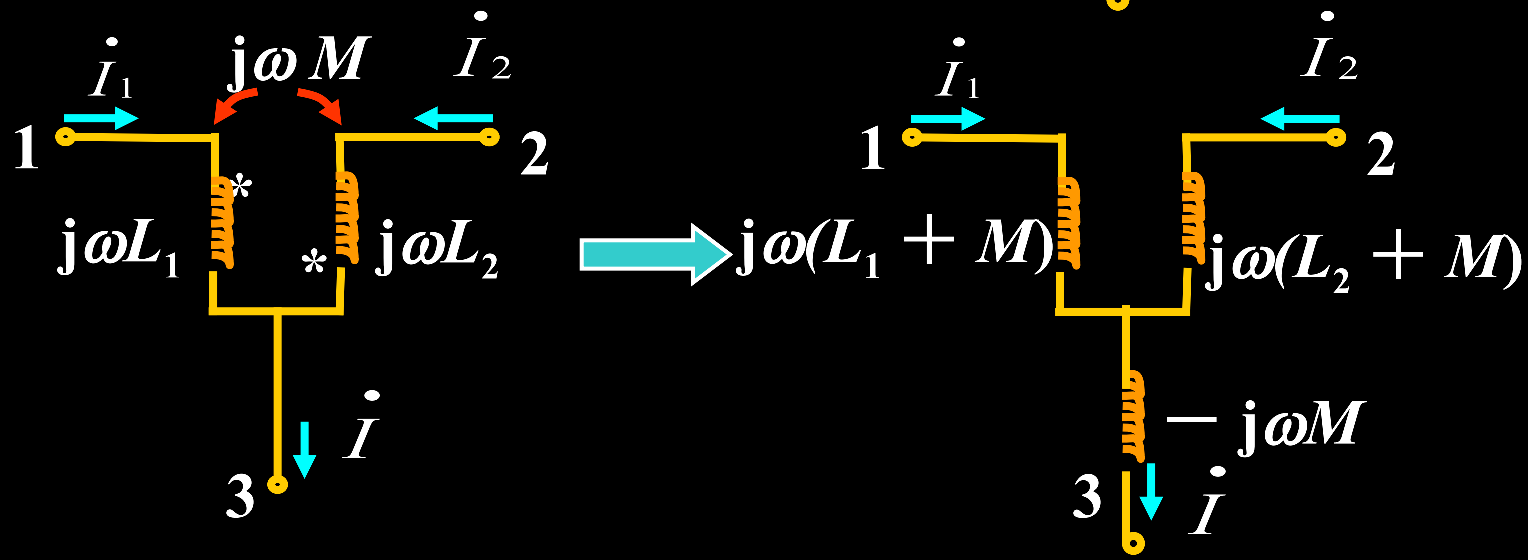
i
R1
L1
M
L2
R2
*
*
u1
u2
u
i
R1
L1+M
L2+M
R2
u1
u2
u
i
R1
L1
M
L2
R2
*
*
u1
u2
u
i
R1
L1-M
L2-M
R2
u1
u2
u



$\dot{I}_3$
$j\omega M$
$\dot{I}_1$
$\dot{I}_2$
*
*
$j\omega L_1$
$j\omega L_2$
+
$\dot{U}$
−
R_1
R_2
$\dot{I}_3$
$j\omega M$
$\dot{I}_1$
$\dot{I}_2$
$j\omega(L_1 - M)$
$j\omega(L_2 - M)$
+
$\dot{U}$
−
R_1
R_2
$\dot{I}_3$
$j\omega M$
$\dot{I}_1$
$\dot{I}_2$
*
*
$j\omega L_1$
$j\omega L_2$
+
$\dot{U}$
−
R_1
R_2
$\dot{I}_3$
$-j\omega M$
$\dot{I}_1$
$\dot{I}_2$
$j\omega(L_1 + M)$
$j\omega(L_2 + M)$
+
$\dot{U}$
−
R_1
R_2

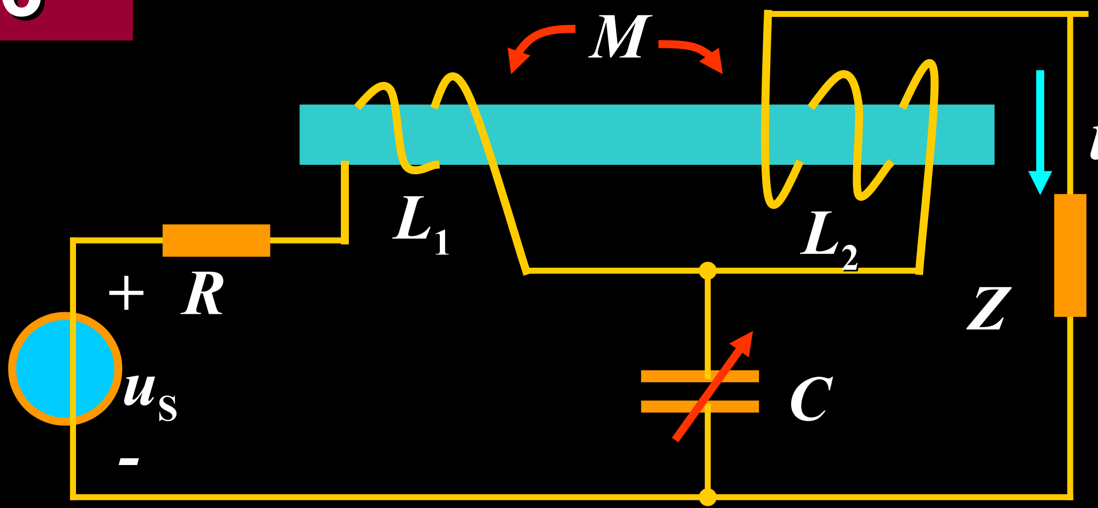


$\dot{I}_1$
jω M
$\dot{I}_2$
1
2
*
*
jωL₁
jωL₂
$\dot{I}$
3
$\dot{I}_1$
$\dot{I}_2$
1
2
jω(L₁-M)
jω(L₂-M)
jωM
3
$\dot{I}$



$\dot{I}_1$
jω M
$\dot{I}_2$
1
2
*
*
jωL₁
jωL₂
$\dot{I}$
3
$\dot{I}_1$
$\dot{I}_2$
1
2
jω(L₁ + M)
jω(L₂ + M)
− jωM
3
$\dot{I}$

例 6 要使 $i=0$， 问电源的角频率为多少?

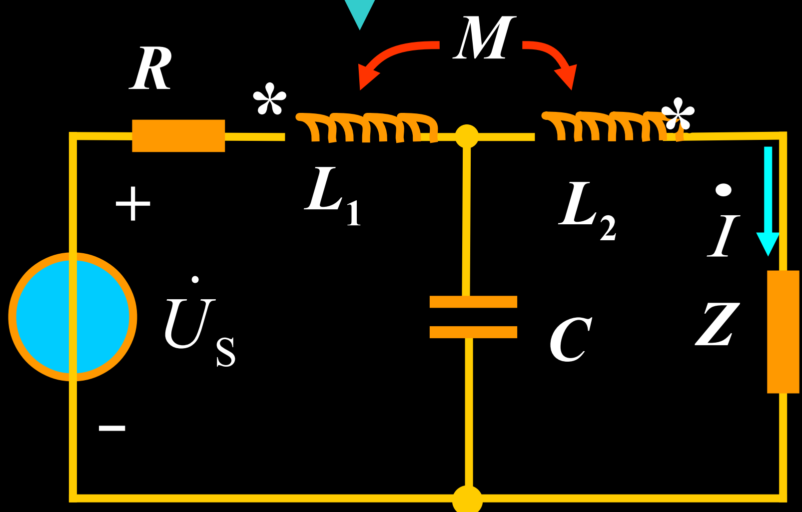


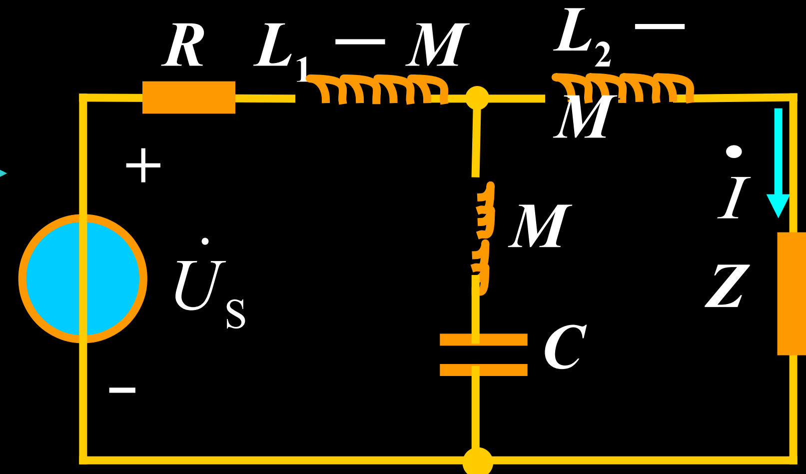
解

当 $j\omega M + \dfrac{1}{j\omega C} = 0$

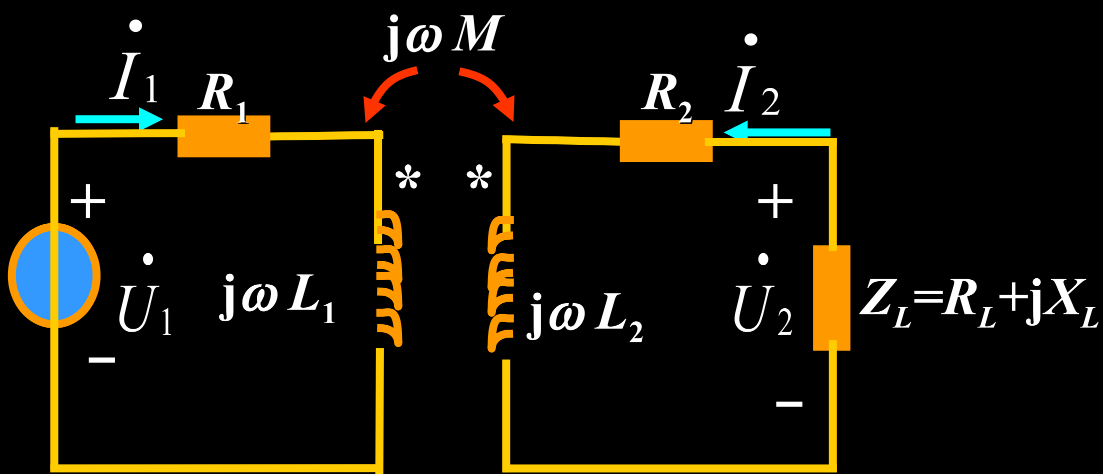
$$\omega M - \frac{1}{\omega C} = 0$$

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{MC}}$$





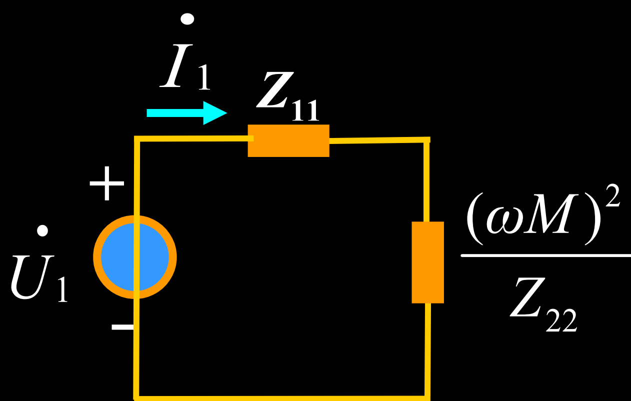
（空心）变压器综述

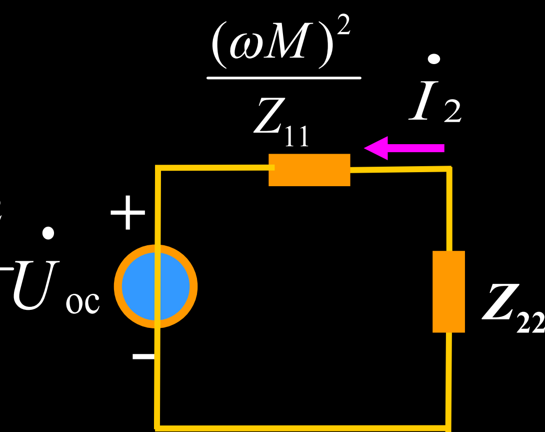


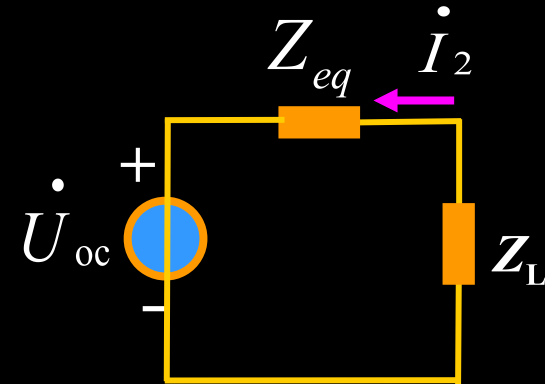
$$Z_{11} = R_1 + j\omega L_1$$

$$Z_{22} = R_2 + j\omega L_2 + R_L + jX_L$$

$$Z_M = j\omega M$$







原边等效电路

副边等效电路

副边戴维宁等效电路

$$Z_{in} = R_1 + j\omega L_1 + (\omega M)^2 Y_{22}$$

$$Z_{eq} = R_2 + j\omega L_2 + (\omega M)^2 Y_{11}$$

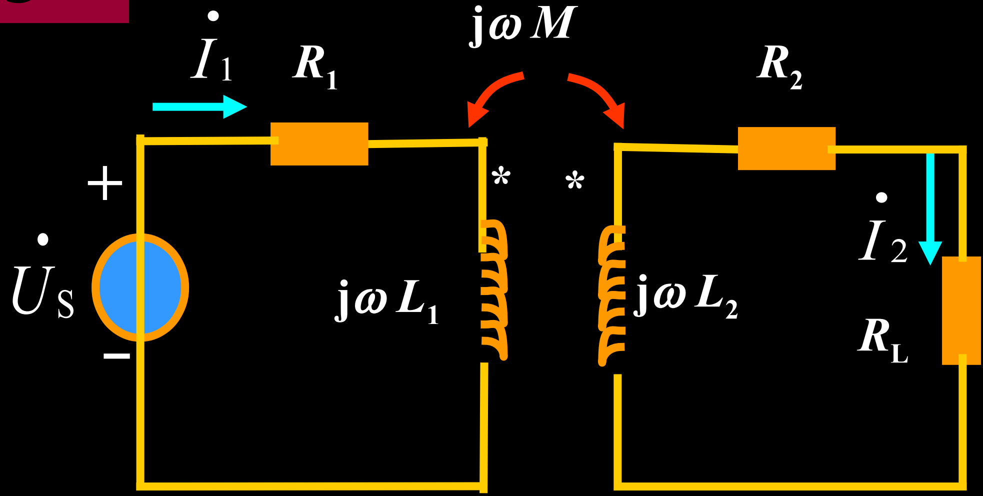
$$\dot{U}_{oc} = \frac{Z_M \dot{U}_1}{Z_{11}} = \frac{j\omega M \dot{U}_1}{Z_{11}}$$

例 9

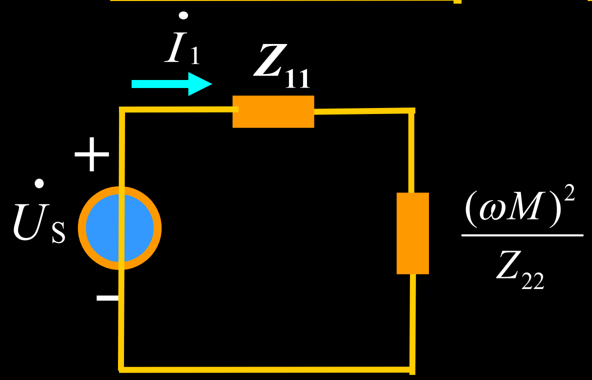
L_1=3.6H , L_2=0.06H , M=0.465H , R_1=20Ω , R_2=0.08Ω , R_L=42Ω , ω=314rad/s,

$\dot{U}_S = 115\angle 0^{\circ}$ V

求：$\dot{I}_1$, $\dot{I}_2$



解 应用原边等效电路



$$Z_{11} = R_1 + j\omega L_1 = 20 + j1130.4\Omega$$

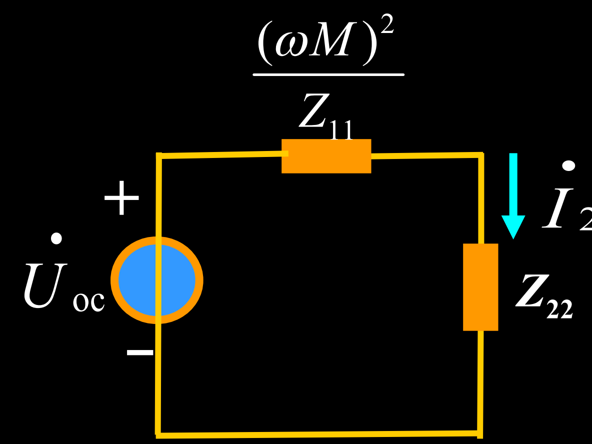
$$Z_{22} = R_L + R_2 + j\omega L_2 = 42.08 + j18.85\ \Omega$$

$$Z_l = \frac{(\omega M)^2}{Z_{22}} = \frac{(314\times 0.465)^2}{46.11\angle 24.1^{\circ}} = 462.3\angle(-24.1^{o}) = 422 - j188.8\,\Omega$$

$$\dot{I}_1=\frac{\dot{U}_S}{Z_{11}+Z_l}=\frac{115\angle 0^\circ}{20+j1130.4+422-j188.8}=0.111\angle(-64.9^o)\ \text{A}$$

注意参考相量

应用副边等效电路



$$\dot{U}_{oc}=j\omega M\cdot\frac{\dot{U}_s}{Z_{11}}$$

$$=j146\times\frac{115\angle 0^\circ}{20+j1130.4}=14.85\angle 0^\circ\ \text{V}$$

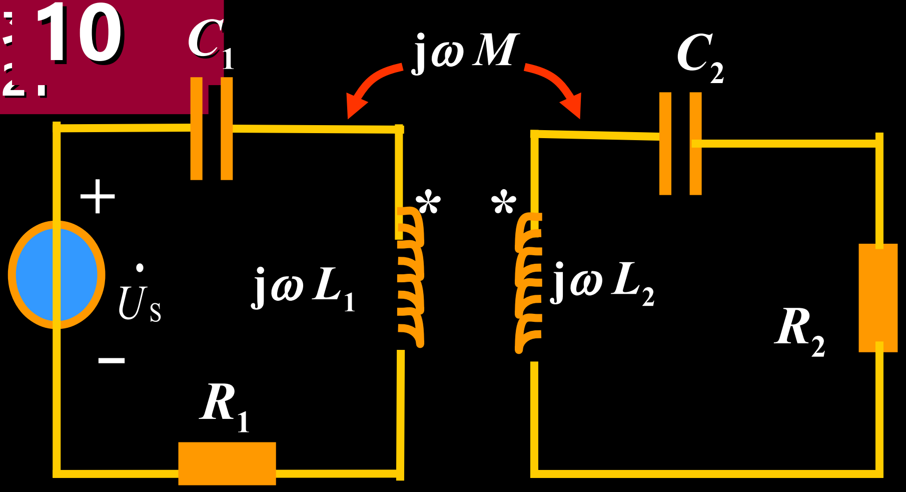
$$\frac{(\omega M)^2}{Z_{11}}=\frac{146^2}{20+j1130.4}=\frac{21316}{1130.6\angle 90^\circ}=-j18.85\,\Omega$$

$$\dot{I}_2=\frac{\dot{U}_{oc}}{Z_{22}+Z_l^{\text{遨}}}=\frac{\dot{U}_{oc}}{-j18.5+42.08+j18.85}=\frac{14.85\angle 0^\circ}{42.08}=0.353\angle 0^\circ\ \text{A}$$

例 10 2.

$L_1=L_2=0.1\text{mH}$, $M=0.02\text{mH}$, $R_1=10\Omega$, $C_1=C_2=0.01\mu\text{F}$,

$\omega=10^6\text{rad/s}$, $\dot{U}_s=10\angle 0^\circ$ V



问： R_2= ? 能吸收最大功率，求最大功率。

解 1

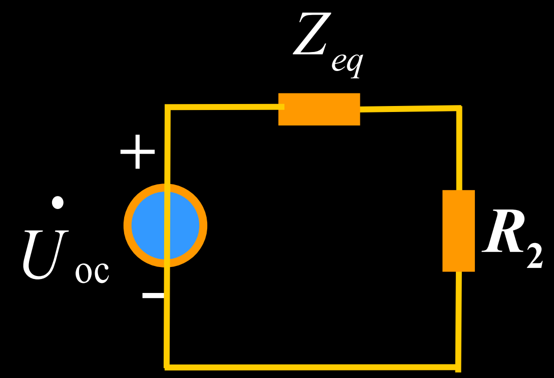
$$\omega L_1=\omega L_2=100\Omega \qquad \frac{1}{\omega C_1}=\frac{1}{\omega C_2}=100\Omega$$

$$\omega M=20\Omega$$

$$Z_{11}=R_1+\mathrm{j}(\omega L_1-\frac{1}{\omega C_1})=10\Omega$$

$$Z_{22}=R_2+\mathrm{j}(\omega L_2-\frac{1}{\omega C_2})=R_2$$

应用副边戴维宁等效电路



$$\dot{U}_{oc} = j\omega M \cdot \frac{\dot{U}_S}{Z_{11}} = \frac{j20\times 10}{10} = j20\,\text{V}$$

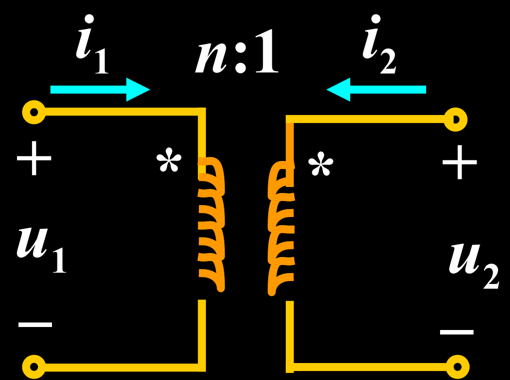
$$Z_l = \frac{(\omega M)^2}{Z_{11}} = \frac{400}{10} = 40\Omega \qquad Z_{eq} = 100 - 100 + Z_l = 40\Omega$$

当 $R_2 = \left|Z_{eq}\right| = 40\Omega$ **时吸收最大功率**

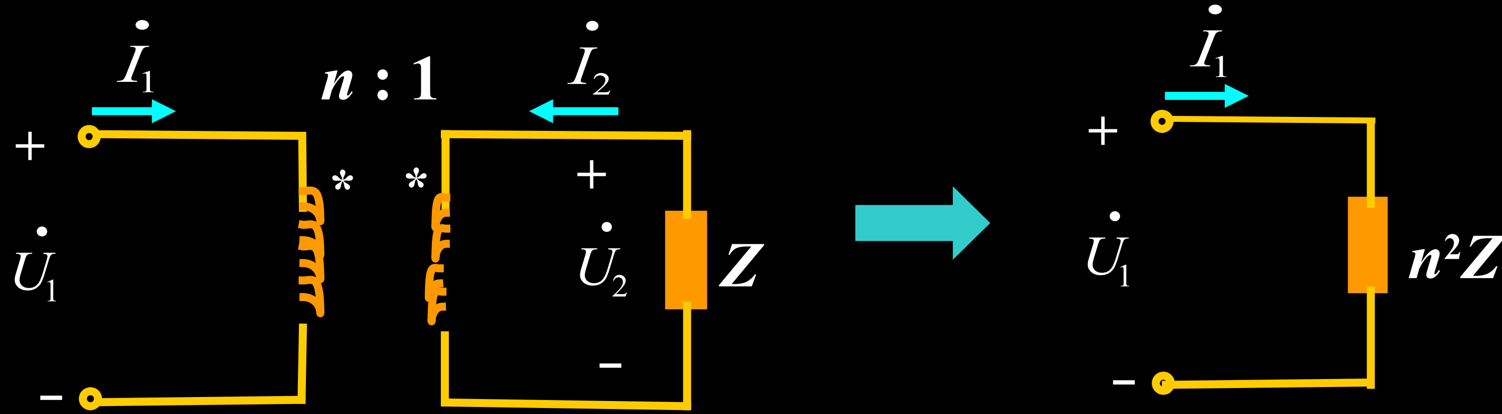
$$P_{\max} = \frac{U_{oc}^2}{4R_{eq}} = 20^2/(4\times 40) = 2.5\text{W}$$

注意匹配：模匹配（电阻 R）还是最佳匹配（阻抗 Z）

（理想）变压器综述



$$\frac{u_1}{u_2}=\frac{N_1}{N_2}=n \qquad i_1=-\frac{1}{n}i_2$$



$$p=u_1i_1+u_2i_2=u_1i_1+\frac{1}{n}u_1\times(-ni_1)=0$$

性质

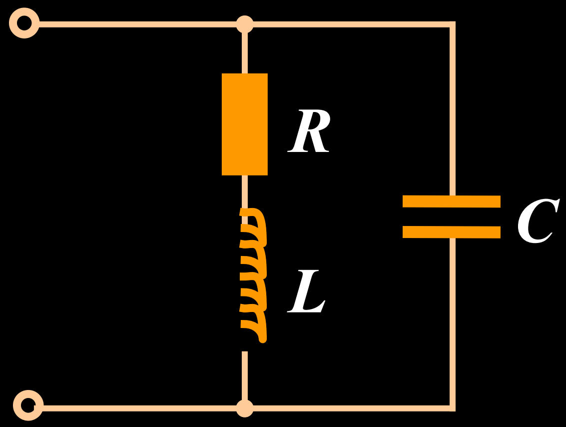
$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} \quad f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad \Rightarrow \quad L = \frac{1}{\omega^2{}_0 C} \quad C = \frac{1}{\omega^2{}_0 L}$$

$$Q_{串} = \frac{\omega_0 L}{R} = \frac{1}{\omega_0 CR} = \frac{1}{R}\sqrt{\frac{L}{C}} \quad \Rightarrow \quad L = \frac{RQ}{\omega_0} \quad C = \frac{1}{\omega_0 RQ}$$

$$Q = \frac{\omega_0}{\omega_2 - \omega_1} = \frac{\omega_0}{\Delta\omega} = \frac{f_0}{\Delta f} = \frac{f_0}{B} \quad \Rightarrow \quad BW = \omega_2 - \omega_1 = \frac{\omega_0}{Q} = \frac{R}{L}$$

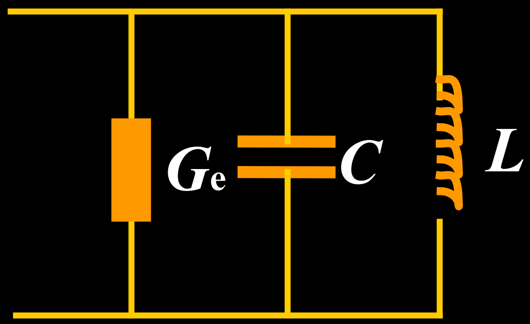
$$B = f_2 - f_1 = \frac{f_0}{Q}$$

$$I = \frac{U}{R} \quad \dot{I} = \frac{\dot{U}}{R}$$



$$\omega_0 = \sqrt{\frac{1}{LC} - \left(\frac{R}{L}\right)^2} = \frac{1}{\sqrt{LC}}\sqrt{1 - \frac{CR^2}{L}}$$

$$\omega_0 \approx \frac{1}{\sqrt{LC}}$$ 即$R << \sqrt{\frac{L}{C}}$ $(\frac{CR^2}{L} << 1)$



$$R_e = \frac{1}{G_e} \approx \frac{(\omega_0 L)^2}{R} = \frac{L}{CR}$$

$$Q_{并} = \frac{\omega_0 C}{G_{eq}} = \frac{1}{\omega_0 G_{eq} L} = \frac{1}{G}\sqrt{\frac{C}{L}}$$

线圈品质因数

$$Q_L = \frac{\omega_0 L}{R}$$

12.1 三相电路

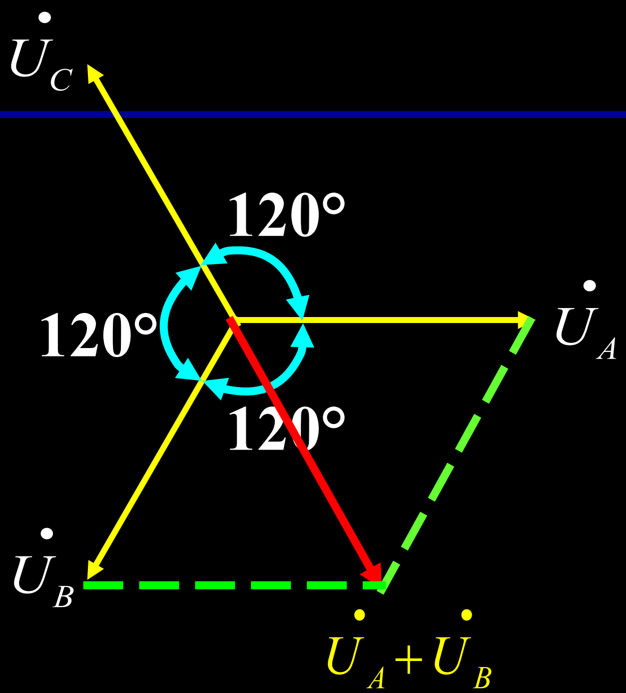
- **相量表示**

$$\dot{U}_A = U\angle 0^o$$

相量算子

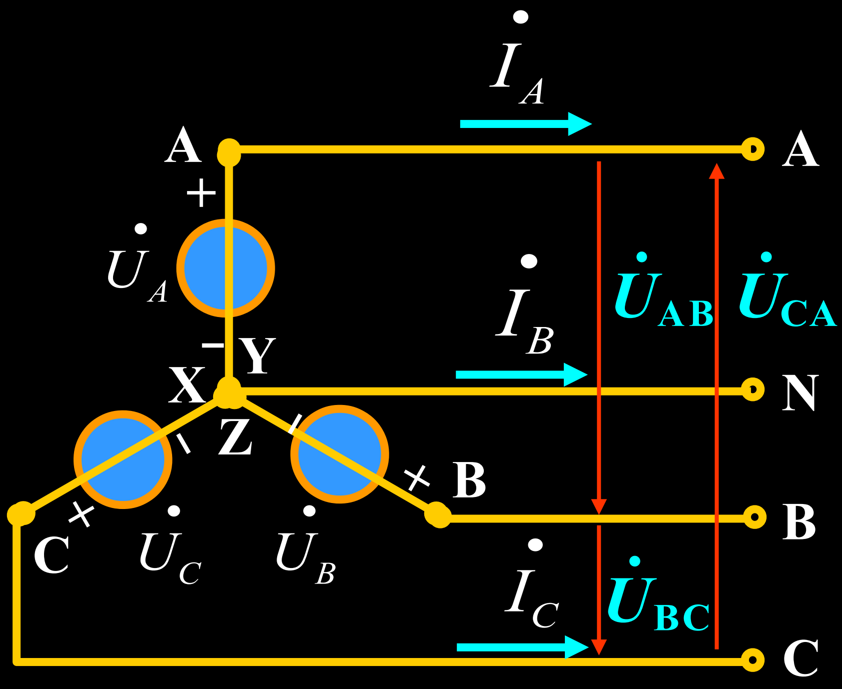
$$\dot{U}_B = U\angle -120^o = \alpha^2 \dot{U}_A$$

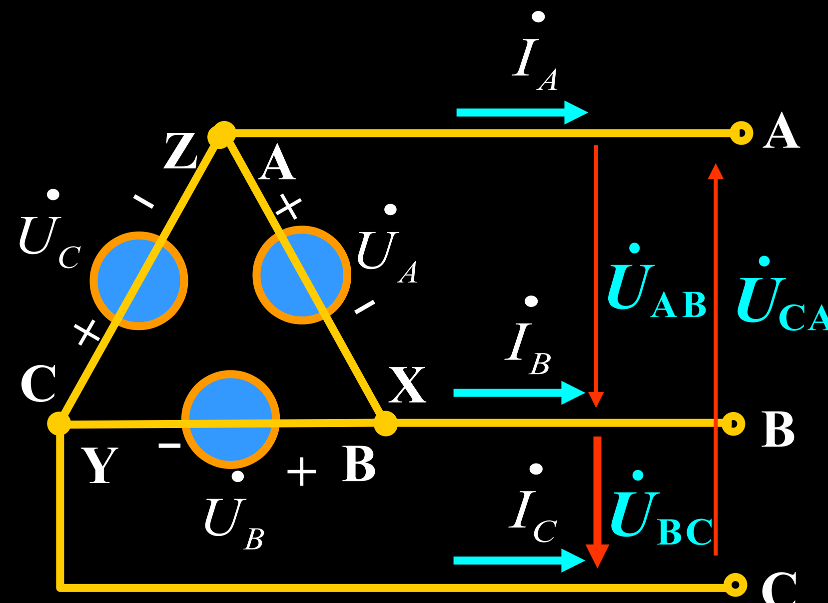
$$\dot{U}_C = U\angle 120^o = \alpha \dot{U}_A$$



- **对称三相电源的特点**

$$\begin{cases} u_A + u_B + u_C = 0 \\ \dot{U}_A+\dot{U}_B+\dot{U}_C = 0 \end{cases}$$





$$\dot{U}_{AB} = \sqrt{3}\,\dot{U}_{AN}\,\angle 30^{\circ}$$

$$\dot{U}_{BC} = \sqrt{3}\,\dot{U}_{BN}\,\angle 30^{\circ}$$

$$\dot{U}_{CA} = \sqrt{3}\,\dot{U}_{CN}\,\angle 30^{\circ}$$

星型联接时，线电流等于相电流

三角形连接线电压等于对应的相电压

$$I_a = \sqrt{3}\,I_{ab}\,\angle -30^{\circ}$$

$$\dot{I}_b = \sqrt{3}\,\dot{I}_{bc}\,\angle -30^{\circ}$$

$$\dot{I}_c = \sqrt{3}\,\dot{I}_{ca}\,\angle -30^{\circ}$$

注意下标表示的方法

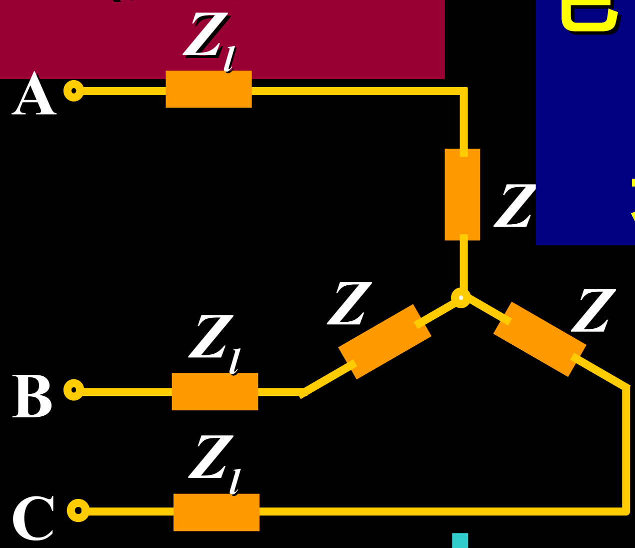
12.3 对称三相电路的计算

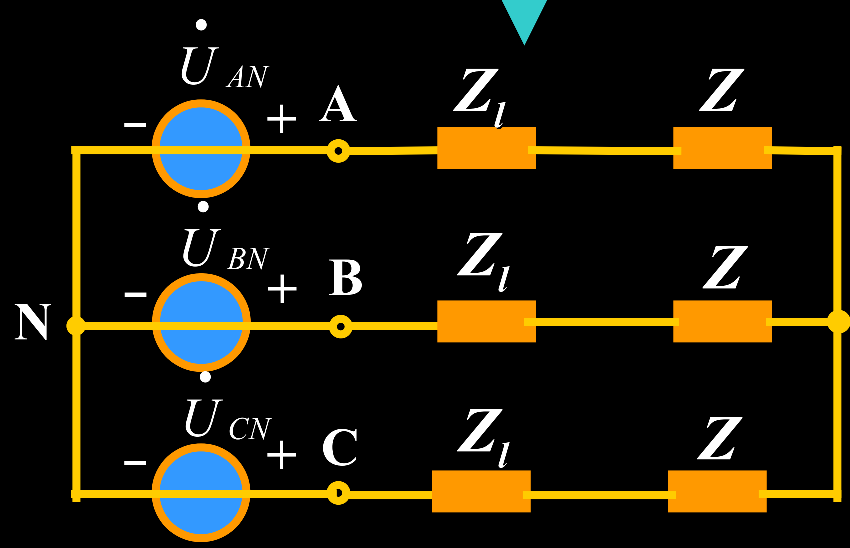
- **对称三相电路的一般计算方法：**
  - 将所有三相电源、负载都化为等值 Y—Y 接电路；
  - 连接各负载和电源中点，中线上若有阻抗不计；
  - 画出单相计算电路，求出一相的电压、电流：
    - 一相电路中的电压为 Y 接时的相电压
    - 一相电路中的电流为线电流
  - 根据Δ 接、 Y 接时线量、相量之间的关系，求出原电路的电流电压。
  - 由对称性，得出其它两相的电压、电流。

例 1 （参习题 12-1）

已知对称三相电源线电压为 380V， $Z=6.4+j4.8\Omega$， Z_l

求各负载的相电压、线电压和电流。

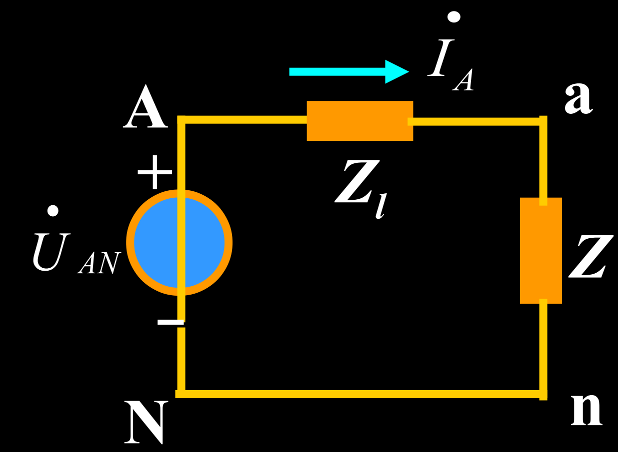




解 画出一相计算图

设 $\dot{U}_{AB} = 380\angle 30^\circ\ V$

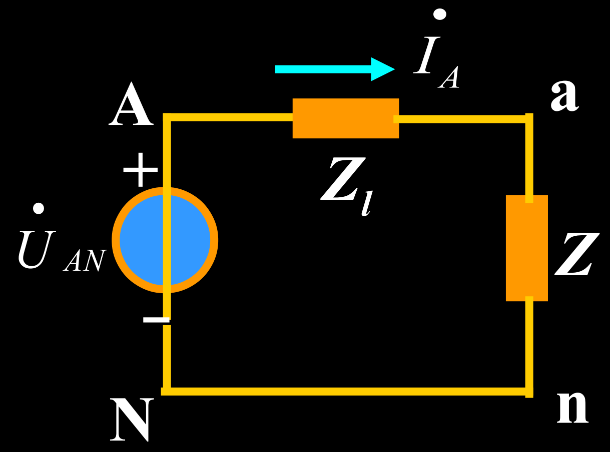
$\therefore \dot{U}_{AN} = 220\angle 0^\circ\ \mathrm{V}$



负载线电流：

$$\dot{I}_A=\frac{\dot{U}_{AN}}{Z+Z_l}=\frac{220\angle 0^\circ}{9.4+\mathrm{j}8.8}$$

$$=\frac{220\angle 0^\circ}{12.88\angle 43.1^\circ}=17.1\angle -43.1^\circ\ \mathrm{A}$$



负载相电压：

$$\dot{U}_{an}=\dot{I}_A\times Z=17.1\angle -43.1^\circ\times 8\angle 36.9^\circ=136.8\angle -6.2^\circ\ \mathrm{V}$$

负载线电压：

$$\dot{U}_{ab}=\sqrt{3}\,\dot{U}_{an}\angle 30^\circ=\sqrt{3}\times 136.8\angle 23.8^\circ\ \mathrm{V}=236.9\angle 23.8^\circ\ \mathrm{V}$$

由对称性可得，略：

$$\dot{I}_B=\alpha^2\dot{I}_A=17.1\angle -163.1^\circ\ \mathrm{A}\qquad \dot{U}_{bn}=\alpha^2\dot{U}_{an}\qquad \dot{U}_{bc}=\alpha^2\dot{U}_{ab}$$

$$\dot{I}_C=\alpha\dot{I}_A=17.1\angle 76.9^\circ\ \mathrm{A}\qquad \dot{U}_{cn}=\alpha\dot{U}_{an}\qquad \dot{U}_{ca}=\alpha\dot{U}_{ab}$$

例 7

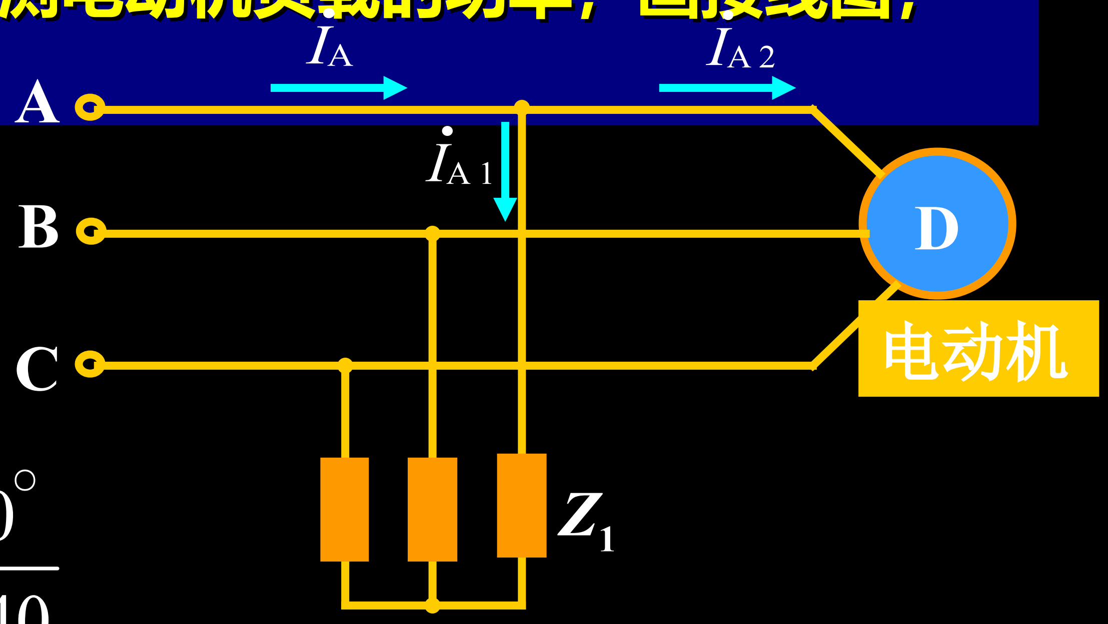
已知 U_l=380V， Z_1=30+j40Ω，电动机 P=1700W，$\cos\varphi$=0.8(滞后)。

有功功率

求：(1) 线电流，电源发出的总功率，负载 Z_1 上的功率；

(2) 用两瓦计法测电动机负载的功率，画接线图，求两表读数。

解



设：$\dot{U}_{AB} = 380\angle 30^\circ$ V

$\dot{U}_{AN} = 220\angle 0^\circ$ V

$$\dot{I}_{A1} = \frac{\dot{U}_{AN}}{Z_1} = \frac{220\angle 0^\circ}{30 + j40}$$

$$= 4.4\angle -53.1^\circ \text{ A}$$

电动机负载： $P=\sqrt{3}U_l I_{A2}\cos\varphi=1700\text{W}$

$$I_{A2}=\frac{P}{\sqrt{3}U_l\cos\varphi}=\frac{P}{\sqrt{3}\times 380\times 0.8}=3.23\text{A}$$

$$\cos\varphi=0.8\Rightarrow\ \varphi=36.9^\circ \qquad \dot{I}_{A2}=3.23\angle-36.9^\circ\ \text{A}$$

总电流：

$$\dot{I}_A=\dot{I}_{A1}+\dot{I}_{A2}=4.4\angle-53.1^\circ+3.23\angle-36.9^\circ=7.56\angle-46.2^\circ\ \text{A}$$

由对称性可得其余的两组线电流，略

$$P_{Z总}=3\times I_{\text{A}1}^2\times R_1=3\times 4.4^2\times 30=1.74\text{kW}$$

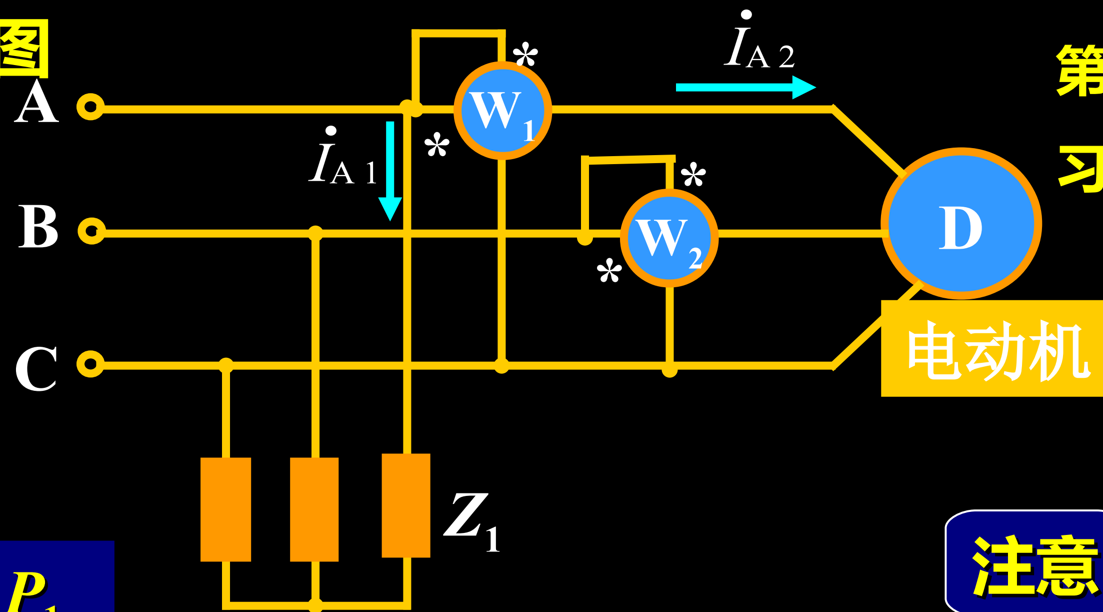
$$P_{总}=\sqrt{3}U_l I_{\text{A}}\cos\varphi_{总} \qquad P_{总}=P+P_{Z总}$$

$$=\sqrt{3}\times 380\times 7.56\times\cos 46.2^\circ=3.44\text{kW}$$

两表的接法如图

第二种解法

习题 12-10



注意

表 W_1 的读数 P_1：

$$P_1 = U_{AC} I_{A2} \cos\varphi_1 = 380 \times 3.23 \cos(\varphi - 30^\circ)$$

$$= 380 \times 3.23 \cos(36.9^\circ - 30^\circ) = 1218.5\,\text{W}$$

表 W_2 的读数 P_2：

$$P_2 = U_{BC} I_{B2} \cos\varphi_2 = 380 \times 3.23 \cos(\varphi + 30^\circ)$$

$$= P - P_1 \quad = 380 \times 3.23 \cos(36.9^\circ + 30^\circ) = 481.6\,\text{W}$$