# 电路理论基础

## 第一章

- 关联 $P=ui$ $>0$,吸收功率 $<0$ 发出功率
- 非关联 $P=-ui$ $>0$,吸收功率 $<0$ 发出功率.

- 电阻 $u=iR$
- 电容 $i=C\frac{du}{dt}$ $q=Cu$
- 电感 $u=L\frac{di}{dt}$ $Li=\psi$

基尔霍夫定律 支路电压代数和为0 节点电流和为0.

回路电流 节点电压法

对节点1 $G_{11}U_{n1}+G_{12}U_{n2}=\sum I_{sk}+\sum G_k U_{sk}$

(节点相邻支路电导之和) 相连电流源 电压源 流入为正,流出为负

电流源除外 节点1与节点2之间电导相反数

两节点电压公式 $U_{n1}=\dfrac{\sum\frac{U_i}{R_i}+\sum I_{sk}}{\sum\frac{1}{R}}$ 改进节点电压法,含仅对节点直接连电压源设电流I求解

理想运放:①无穷开环增益 ②无穷大输入电阻 ③零输出电阻

虚断,电流为0,虚短,电势相等,虚地,同相端接地,反相端为$U^-=U^+=0$.

齐性定理(单激励) 叠加原理

等效电源定理

$U_{oc}$ 二端口开路电压. $R_i$ 一端口网络内部独立源置0后等效电阻 {等效化简 / 外施激励法 / $\boxed{\text{开路短路法}}$

星三角变换 $R_\Delta=\dfrac{\text{Y形各电阻两两乘积之和}}{\text{Y形联结中不相邻的电阻}}$ $R_Y=\dfrac{\text{该节点相邻电阻之积}}{\Delta\text{形电阻之和}}$

$R_Y=\frac{1}{3}R_\Delta$

特勒根定理 互易定理

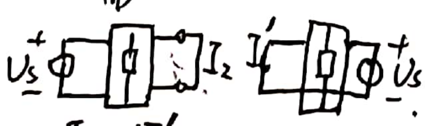
$\sum UI=0$

$\sum U\hat{I}=0$

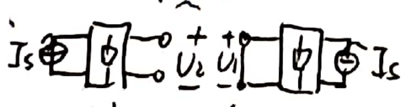
$\sum \hat{U}I=0$

$\sum \hat{U}\hat{I}=0$

二端口



$I_2=I_1'$



$U_2=U_1'$

## 正弦电路

$\dot U_m = R\dot I_m$ / $\dot U = R\dot I$　　$\dot U = jX_L\dot I$　　$\dot U = jX_C\cdot\dot I$

$X_L = \omega L$　　$X_C = -\frac{1}{\omega C}$

## 正弦电路功率

$P = UI\lambda = UI\cos\varphi$ (W)　$Q = UI\sin\varphi$ (Var)　$S = UI = \sqrt{P^2+Q^2}$ (V·A)

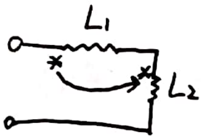
复功率　$\bar S = P + jQ = \dot U \dot I^*$

最大功率传输定理　负载阻抗等于内阻抗共轭复数时，$P_{Lmax} = \frac{U_s^2}{4R_L}$

仅负载模可变时，最大功率满足 负载 $|Z_L| = |Z_S|$

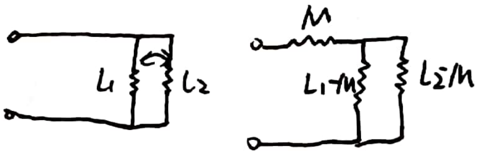
## 电感

串联

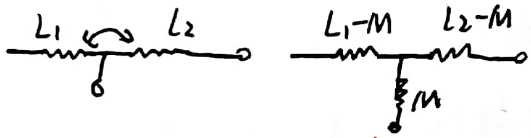



$L_{eq} = L_1 + L_2 + 2M$

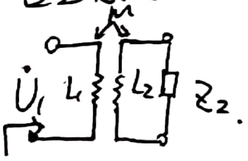
并联




T型联接

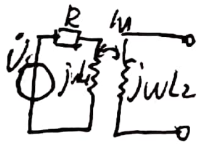



## 含互感电路




输入端看 $Z_{eq} = \frac{(\omega M)^2}{Z_2 + j\omega L_2} + j\omega L_1 = Z_r + j\omega L_1$

$\frac{(\omega M)^2}{\text{二次电路总阻抗}}$




$U_{oc} = \frac{j\omega M}{R_1 + j\omega L_1} U_s$

$Z_i = \frac{(\omega M)^2}{R_1 + j\omega L_1} + j\omega L_2$

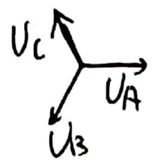
→一次回路总阻抗

## 理想变压器

输出端口 $Z_2$，折算到输入端口等效电阻为 $n^2 Z_2$.

## 三相电路

对称三相




正序


逆序

若三相阻抗相等，$Z_A=Z_B=Z_C=Z$ ，对称三相负载

线电压，线电流，中性点，中性线，中线电流，相电压，相电流

对称三相电路 $\dot{I}_{Zn}=0$ $\quad \dot{I}_B=\dot{I}_A\angle-120^\circ$ $\quad \dot{I}_C=\dot{I}_A\angle120^\circ$

Y-Y联结

(1) 线电流=相电流 (2) 线电压=相电压$\sqrt{3}$倍，超前$30^\circ$

$\dot{U}_{AB}=\sqrt{3}\dot{U}_{AN}\angle30^\circ$，$\dot{U}_{BC}=\sqrt{3}\dot{U}_{BN}\angle30^\circ$，$\dot{U}_{CA}=\sqrt{3}\dot{U}_{CN}\angle30^\circ$

Δ-Δ联结

(1) 相、线电压相等。 (2) 线电流$I=\sqrt{3}$相电流，滞后$30^\circ$.

$\dot{I}_A=\sqrt{3}\dot{I}_{A'B'}\angle-30^\circ$ $\quad \dot{I}_B=\sqrt{3}\dot{I}_{B'C'}\angle-30^\circ$，$\dot{I}_C=\sqrt{3}\dot{I}_{C'A'}\angle-30^\circ$.

## 三相电路功率

对称三相电路. $P=3U_pI_p\lambda$ 一相平均功率三倍

$=\sqrt{3}U_lI_l\lambda$ 线相压，线电流功率因数乘积的$\sqrt{3}$倍

$Q=\sqrt{3}U_lI_l\sin\varphi=3U_pI_p\sin\varphi$

$S=\sqrt{P^2+Q^2}=3U_pI_p=\sqrt{3}U_lI_l$

非正弦周期电路

$$f(t)=A_0+\sum_{k=1}^{\infty} A_{mk}\cos(k\omega_1 t+\psi_k)$$

$A_0$- 恒定分量(直流)　　$A_{mk}\cos(k\omega_1 t+\psi_k)$ — k次谐波

非正弦周期电路有效值

$$A=\sqrt{A_0^2+A_1^2+A_2^2+\cdots}=\sqrt{A_0+\sum_{k=1}^{\infty}\frac{1}{2}A_{mk}^2}$$

平均功率

$$P=U_0I_0+\sum_{k=1}^{\infty}U_kI_k\cos\varphi_k=P_0+\sum_{k=1}^{\infty}P_k$$

频率特性和谐振现象

网络函数 $H(j\omega)=\dfrac{响应相量}{激励相量}=\dfrac{\dot{Y}}{\dot{X}}$

$H(j\omega)$ 下降到 $\frac{1}{\sqrt{2}}$ 对应频率为截止频率

RLC串联谐振　$\omega_0=\dfrac{1}{\sqrt{LC}}$　　$\rho=\omega_0L=\dfrac{1}{\omega_0C}=\sqrt{\dfrac{L}{C}}$ 特性阻抗

$Q=\dfrac{\rho}{R}=\dfrac{1}{R\omega_0C}=\dfrac{\omega_0L}{R}$ 品质因数

$U_L(\omega_0)=U_C(\omega_0)=QU$ 电压谐振

通带宽度 $\Delta\omega=\dfrac{\omega_0}{Q}$

$H_R$ 带通，$H_C$ 低通，$H_L$ 高通

并联谐振电路　$\omega_0=\dfrac{1}{\sqrt{LC}}$　　$\rho'=\omega_0C=\dfrac{1}{\omega_0L}=\sqrt{\dfrac{C}{L}}$ 特性导纳

$Q=\dfrac{\rho'}{G}=\dfrac{\omega_0C}{G}=\dfrac{1}{G\omega_0L}=\dfrac{1}{G}\sqrt{\dfrac{C}{L}}$ 品质因数

$I_C(\omega_0)=QI$

# 线性动态电路暂态过程的时域分析

电容电压、电感电流初始值确定

换路定理 $u_c(0_+)=u_c(0_-)$ $\quad I_L(0_+)=I_L(0_-)$

一阶零输入响应

$u_c=u_c(0_+)\cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$ $\quad i_L=i_L(0_+)e^{-\frac{t}{\tau}}$ $\quad \tau=\frac{L}{R}=RC$

单位阶跃函数

$\delta(t)=\varepsilon'(t)$ $\quad \int_{-\infty}^{\infty} f(t_0)\delta(t-t_0)dt=f(t_0)$ $\quad \int_{-\infty}^{\infty}\delta(t)dt=1$

一阶电路 单位阶跃特性 $S(t)=\frac{u_c(t)}{U_s}=(1-e^{-\frac{t}{\tau}})\varepsilon(t)$

$S(t)$ = 阶跃响应/阶响电源幅值

单位冲激特性 $h(t)$=冲激响应/冲激强度

求单位阶跃特性 → 求导 → 单位冲激特性 → 乘任意冲激强度,得冲激响应

一阶电路暂态响应的一般形式.

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

初始值 $f(0_+)$,时间常数 $\tau$,特解 $f_p(t)$

卷积法求暂态响应 $y(t)=\int_{0_-}^{t^+} x(\xi)h(t-\xi)d\xi$

二阶电路暂态响应

得到特征方程 ①互异负实根 $u=A_1e^{p_1t}+A_2e^{p_2t}$

共轭 $u=Ae^{-\alpha t}\sin(\omega_d t+\theta)$

相等 $u=(A_1+A_2t)e^{-\alpha t}$

状态变量分析法

取 $u_c$, $i_L$ 为变量对 (1)对联结单电容节点列KCL

(2)对于单电感回路列KVL

(3)消去非状态变量

$$\begin{bmatrix}\dot{u}_c\\ \dot{i}_L\end{bmatrix}=A\begin{bmatrix}u_c\\ i_L\end{bmatrix}+B\begin{bmatrix}U_s\\ i_s\end{bmatrix}$$

# 线性动态电路暂态过程的复频域分析

$$F(s)=\int_{0_-}^{\infty} f(t)e^{-st}dt \qquad f(t)=L^{-1}\{F(s)\}=\frac{1}{2\pi j}\int_{\sigma-j\infty}^{\sigma+j\infty}F(s)e^{st}ds$$

$$L[A\varepsilon(t)]=\frac{A}{s} \qquad L[Ae^{at}]=\frac{A}{s-a} \qquad L[A\delta(t)]=A \qquad L[A\delta'(t)]=As$$

$$L[\sin\omega t]=\frac{\omega}{s^2+\omega^2} \qquad L[\cos\omega t]=\frac{s}{s^2+\omega^2}$$

$$L[t^n e^{-\alpha t}]=\frac{n!}{(s+\alpha)^{n+1}}$$

$$L\left[\frac{df(t)}{dt}\right]=sF(s)-f(0_-)$$

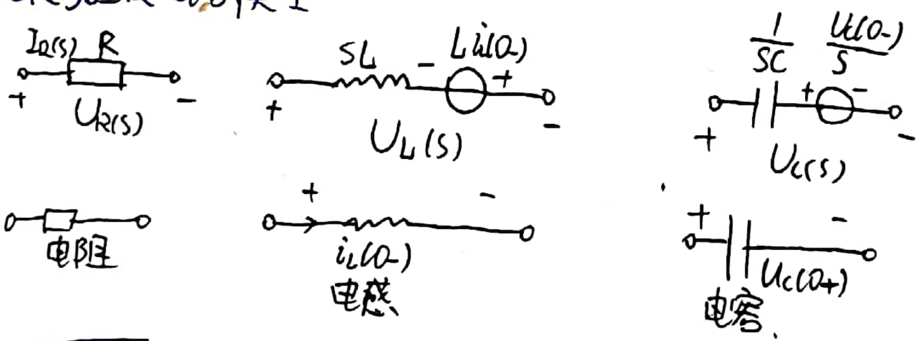
$$L\left[\int_0^t f(t)dt\right]=\frac{F(s)}{s}$$

$$L[f(t-t_0)\varepsilon(t-t_0)]=e^{-st_0}F(s). \qquad L[e^{\alpha t}f(t)]=F(s-\alpha)$$

$$f(0_+)=\lim_{t\to 0^+}f(t)=\lim_{s\to\infty}sF(s)$$

$$f(\infty)=\lim_{t\to\infty}f(t)=\lim_{s\to 0}sF(s)$$

VCR方程及电路模型




$\boxed{\text{互感元件}}$

复频网络函数. $H(s)=\dfrac{Y(s)}{X(s)}$ $\qquad h(t)=L^{-1}[H(s)]$

$$L[x(t)*h(t)]=X(s)\cdot H(s) \qquad Y(s)=X(s)\cdot H(s)$$

$$H(s)=\sum_{k=1}^{n}\frac{A_k}{s-p_k} \qquad h(t)=\sum_{k=1}^{n}A_k e^{p_k t}$$

若激励为交流电路，$\dot{U}$频率为$\omega$.

则 $u_o=u_{op}+u_{oh}=u_{op}+\sum_{k=1}^{n}A_k e^{p_k t}$

强制分量 $u_{op}=H(j\omega)\dot{U}$ $\qquad$ $A_k$用初始条件确定

正弦稳态电压