支路法:选取独立回路 列KCL,KVL

Circuit Theory

11/4/2018

直流

分析法

回路电流
变量:独立回路电流
有用:R_s, U_s

$$\begin{bmatrix} R_{11} & \cdots & R_{1n} \\ \vdots & & \vdots \\ R_{n1} & \cdots & R_{nn} \end{bmatrix}\begin{bmatrix} I_1 \\ \vdots \\ I_n \end{bmatrix}=\begin{bmatrix} U_{s1} \\ \vdots \\ U_{sn} \end{bmatrix}$$

R_{ii}:回路全部电阻
$R_{ij}=R_{ji}$:互电阻(同向正,异向负)
U_{ii}:沿回路方向电压升之和
I_s:等效变 U_s;先设电压再带入

节点电压
变量:独立节点电压
有用:I_s, G_s

$$\begin{bmatrix} G_{11} & \cdots & G_{1n} \\ \vdots & & \vdots \\ G_{n1} & \cdots & G_{nn} \end{bmatrix}\begin{bmatrix} U_1 \\ \vdots \\ U_n \end{bmatrix}=\begin{bmatrix} i_{s1} \\ \vdots \\ i_{sn} \end{bmatrix}$$

G_{ii}:结点自电导=各支路电导和
G_{ij}:互电导 $=-\sum G_{ij}$ 互用
i_{si}:流入节点电流之和

U_s:等效变为 I_s;设为变量再消去

基础
参考方向(关联方向)
U,I关系,电动势
等效电阻

U,I,R关系
$\varepsilon_{BA}=U_{AB}$ 电动势

考参考向 $+\ -$ → 一致(正负)

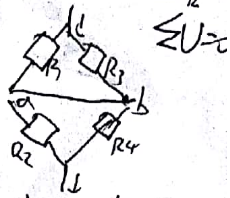
参考方向:$R=\frac{U}{I}$;$P_{吸}=UI$;$P_{放}=-UI$

电子:$U=\varepsilon$

基尔霍夫:KCL:$\sum i_{入}=\sum i_{出}$;KVL:沿一闭合路径 $\sum U=0$

$U^+=U^-$
$i_1=i_2=0$
U_0 恒定
运放

电阻 → 电桥 → 等效



当 $\frac{R_1}{R_2}=\frac{R_3}{R_4}$:$I_{ab}=0$,短路

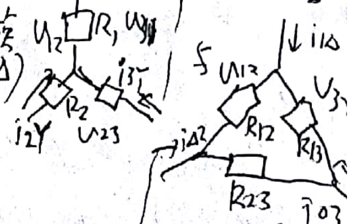
电阻与电源

电源

	u_s	i_s
u	$u=u_s$	外决
i	外决	$i=i_s$
短	X	$i=i_s$
断	$u=u_s$	X

受控源:压、流

Y-Δ变换 (Y⇌Δ)



等效:$i_1=i_{1\Delta}$,$i_{2Y}=i_{2\Delta}$,$i_{3Y}=i_{3\Delta}$;$U_{12}=U_{12}$,$U_{23}=U_{23}$,$U_{31}=U_{31}$(对外等效)

公式:
$$R_{12}=R_1+R_2+\frac{R_1R_2}{R_3}$$
$$R_{23}=R_2+R_3+\frac{R_2R_3}{R_1}$$
$$R_{31}=R_3+R_1+\frac{R_3R_1}{R_2}$$
$$R_1=\frac{R_{12}R_{31}}{R_{12}+R_{31}+R_{23}}$$
$$R_2=\frac{R_{12}R_{23}}{R_{12}+R_{31}+R_{23}}$$
$$R_3=\frac{R_{31}R_{23}}{R_{12}+R_{31}+R_{23}}$$

串并联:

	串	并
流源	当 i 都流相等 $i=i_1$	$i=i_1+i_2$
压源	$i=i_0$ 等效于只有 i_0	$u=u_0$ 等效于只有 u_0
源	$u=u_1+u_2$	当 $u_1=u_2$ 有 $u=u_1$

实际:当仅当 $r=\frac{1}{G}$ 时两电路等效(非关联参考方向)

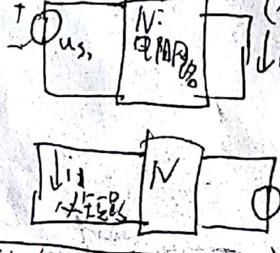
基本定理

叠加齐性可加
任一电流、电压=各独立电源单独作用之和
$K_1u_{s1}+K_2u_{s2}\Rightarrow K_1i_1+K_2i_2$
注意:不作用 i_s 开路,u_s 短路;功率不可加;保留受控源

Thevenin, Norton
(任意线性电路,U、I关系可)
用 电压源+R 或 电流源+R 代替
方法:U:断路求出;I:短路求出;R:独立源置零,加压求流,加流求压

替代:某支路U、I已知(某一时刻也可),用 U、I 替代(原位置)

互易



(从公式短路)

注意:①参考方向先标好 $R=\frac{U}{I}$,$P=UI$;L、C的U、I;电压/电流连接
②二端口法
③回流、结压相加
④等效注意短
⑤相量 + 一/二阶电路:注意初末值
⑥注意选题

功/电阻度:谐振时单一元件(一电感/电容)
另外:放大倍数、谐振时电流最小、选择性好
(实两部分)
总有功功率

11/7/2018

三要素：$f(\infty)$+初始值$f(0^+)$+时间常数τ

$f(t)=f(\infty)+[f(0^+)-f(\infty)]e^{-\frac{t}{\tau}}$ 一阶 三要素法

$\tau=RC=\frac{L}{R}$ (R为两端输出等效电阻；计算R时不计其余独立源(类似Thevenin))

全响应=零状态响应 + 零输入响应

$f(\infty)(1-e^{-\frac{t}{\tau}})$ 电源　　$f(0^+)e^{-\frac{t}{\tau}}$

一阶、二阶电路 (直流+电容电感) → 电容、电感

求法：
- 求初始条件：$t=0^-$：换路前稳态；$t=0^+$：刚换路；$u_C(0^+)=u_C(0^-)$，$i_L(0^+)=i_L(0^-)$ (但有例外)
- 求$f(\infty)$稳态
- 列暂态方程求解 (通解+特解) (3-5τ 达稳态)

元件	C, F	L, H
伏安	$i=C\frac{du}{dt}$ (关联参考)	$u=L\frac{di}{dt}$ (关联参考)
定义	$C=\frac{q}{u}$	$L=\frac{\Psi}{i}=\frac{N\Phi}{i}$
串并	串：$\frac{1}{C}=\frac{1}{C_1}+\dots+\frac{1}{C_n}$；并：$C=C_1+\dots+C_n$	串：$L=L_1+\dots+L_n$；并：$\frac{1}{L}=\frac{1}{L_1}+\dots+\frac{1}{L_n}$
能量	$W=\frac{1}{2}Cu^2=\frac{1}{2C}q^2$	$W=\frac{1}{2}Li^2=\frac{\Psi^2}{2L}$
换路瞬间	电压源 $U=U(0^-)$；$U(0^-)=0$：短路	电流源 $I=I(0^-)$；$I(0^-)=0$：断路
稳定	断路	短路

二阶电路

方程：$\frac{d^2u_C}{dt^2}+\frac{R}{L}\frac{du_C}{dt}+\frac{1}{LC}u_C=0$

解法：
- 求0^+值
- 求0^+导数值 ($\frac{di}{dt}\to u$，$\frac{du}{dt}\to i$)
- 解方程

$b^2-4ac>0$：过阻尼
$b^2-4ac=0$：临界阻尼 (衰减)
$b^2-4ac<0$：欠阻尼→振荡

相量法

定义：$M_{12}=M_{21}=\frac{\Psi_{21}}{i_1}=\frac{\Psi_{12}}{i_2}=M$ 互感

耦合系数 $k=\frac{M}{\sqrt{L_1L_2}}$　$|k|\le1$ ($k=1$：全耦合)

同名端：判断相互影响

U, I关系：
$$\begin{cases}\dot U_1=j\omega L_1\dot I_1\pm j\omega M\dot I_2\\ \dot U_2=j\omega M\dot I_1\pm j\omega L_2\dot I_2\end{cases}$$
→ 相当于产生一个受控源 (方向：同名端为正)

去耦 等效：

串：$L=(L_1+L_2\pm2M)$ 2个串联 (同名端顺串：+，反：−)

并：$L_1\mp M$，$L_2\mp M$，$\pm M$

先后接：(顺) (反)

方法2：回路电流法

变压器：
① 空心变压器 (去耦等效)
② 全耦合变压器：假设$k=1$：$\dot U_1:\dot U_2=N_1:N_2=n$ 同名端 (同相)
③ 理想：$M, L_1, L_2\to\infty$，$k=1$

$$\begin{cases}\dot U_1=n\dot U_2 & \text{同相，无能耗}\\ \dot I_1=-\frac{1}{n}\dot I_2\end{cases}$$
→ 阻抗变换：n^2Z

滤波与谐振

$\dot U_C=\frac{\dot U_S}{\sqrt{1+(\omega RC)^2}}\angle-tg^{-1}(\omega RC)$

幅频特性　相频特性

① 低通：$\omega_C=\frac{1}{RC}$
② 高通：$\omega_C=\frac{1}{\tau}$ (网络函数：响应/激励)
③ 带通：低通串高通　$H(j\omega)=\frac{\dot U_o}{\dot U_i}$
带通 $\omega_{c1}<\omega<\omega_{c2}$ 带宽 $BW=\omega_{c2}-\omega_{c1}$
④ 全通：(幅值不变，相位变)

谐振 定义：阻抗虚部为0

	条件	等效	阻抗/U,I关系	功率	品质因数
串	$\omega=\frac{1}{\sqrt{LC}}$ ($\omega>\frac{1}{\sqrt{LC}}$感性；$\omega<\frac{1}{\sqrt{LC}}$容性)	谐振 $Z_0=R$		无功0 有功$P=I^2R$	$Q=\frac{1}{R}\sqrt{\frac{L}{C}}$
并	$\omega=\frac{1}{\sqrt{LC}}$ ($\omega<\frac{1}{\sqrt{LC}}$感性；$\omega>\frac{1}{\sqrt{LC}}$容性)	谐振 开路 $Z_0=\frac{1}{G}$		无功0 有功$P=U^2G$	$Q=\frac{1}{G}\sqrt{\frac{C}{L}}$

$\omega_0=\frac{1}{\sqrt{LC}}$ 谐振角频率

特性阻抗：$\rho=\omega_0L=\frac{1}{\omega_0C}=\sqrt{\frac{L}{C}}$

品质因数：定义：$Q=2\pi\frac{\text{总储能}(\frac{1}{2}CU^2=\frac{1}{2}LI^2)}{\text{一周期内消耗能量}(P\cdot T)}$ (能量守恒)

谐振时：$Q=\frac{\rho}{R}$

频率特性：$\eta=\frac{\omega}{\omega_0}$，$\frac{I(\eta)}{I_0}=\frac{1}{\sqrt{1+Q^2(\eta-\frac{1}{\eta})^2}}$；$Q=\frac{1}{\eta_2-\eta_1}=\frac{\omega_0}{\omega_2-\omega_1}$ 带宽

瞬时值	值	有效值	相量值
I_m 最大值	$i(t)=I_m\sin(\omega t+\varphi)$	$I=\sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T i^2(t)dt}=\frac{\sqrt2}{2}I_m$	$\dot I=I\angle\varphi$ (复值)；$i(t)=\sqrt2I\sin(\omega t+\varphi)$ 一一对应 $=\sqrt2\dot Ie^{j\omega t}$

运算：$\dot I_1-\dot I_2=I_1\angle\varphi-I_2\angle\varphi$；$\frac{di}{dt}\Leftrightarrow j\omega\dot I$；$Z=\frac{\dot U}{\dot I}=\frac{U}{I}\angle\varphi_u-\varphi_i$

阻抗：$Z_R=X_R=R$；$Z_L=jX_L=j\omega L$；$Z_C=-jX_C=-j\frac{1}{\omega C}$ ($X_L=\omega L$，$X_C=-\frac{1}{\omega C}$)

电阻 阻抗 $Z=R+jX$；导纳：$Y=\frac{1}{Z}=G+jB$

在相量下：KCL, KVL 仍成立；网孔、节点法；Thevenin, 叠加, 齐次性, 替代等；回路电流, 节点电压

容性：$X<0$，滞后；感性：$X>0$，u超前i

功率：瞬时功率：$p=ui$ (吸收) $=\sqrt2U\sin\omega t\cdot\sqrt2I\sin(\omega t-\varphi)=UI[\cos\varphi-\cos(2\omega t-\varphi)]$ 恒定 交变

平均功率；复功率：$\bar S=\dot U\dot I^*=P+jQ$

有功功率：$P=Re(\bar S)=UI\cos\varphi$

无功功率：$Q=Im(\bar S)=UI\sin\varphi$ (单位：var)

视在功率：$S=\sqrt{P^2+Q^2}=|\bar S|$ (单位：VA)

功率因数角 φ；功率因数：$\cos\varphi$ (提高：并电容)

最大功率(有功功率)条件：$R_L=R_0$，$X_L=-X_0$ (共轭匹配)