

No. 电路

Date 直流

② 电路元件

研究范围: 理想, 集总, 线性, 时不变

关联参考方向  此时 $u_i > 0$ 吸收功率

VCCS: $u = \mu u_i$, VCCS: $i = g u_i$, CVCs: $u = r i_i$, CCCS: $i = \beta i_i$

支路流过同一电流 节点 \Rightarrow 支路回路 支路构成的闭合路径 网孔 最简回路

基尔霍夫电流定律(KCL) 所有流出(广义)结点的支路电流代数和恒为零 } 集总, 可非线性, 时变

基尔霍夫电压定律(KVL) 任一回路所有支路电压代数和恒为零 } 任何时刻都成立

$R_Y = \frac{R_{\Delta \text{ 相邻1}} R_{\Delta \text{ 相邻2}}}{\sum R_{\Delta}}$ $R_{\Delta} = \frac{\sum R_1 R_2}{R_Y \text{ 不相邻}}$ 弥尔曼定理 只有一个独立节点 $U = \frac{\sum G U}{\sum G}$

① 激励源电压(流)相等同向的电压(流)源才可并(串)联 ② $U_s = 0$ 短路, $I_s = 0$ 开路 ③ 与恒压(流)源并(串)联外特性不变

电源变换 $I = \frac{U_{oc}}{I_{sc}}$ ① 对内不等效 ② 方向一致 ③ 理想电源不可互换 ④ 受控源控制量不变

支路法 b 条支路 n 个结点 ① 选参考方向 ② $(n-1)$ 个独立结点 KCL 方程 ③ $(b-n+1)$ 个独立回路 KVL 方程 ④ 无伴电源附加写

回路法 $\{ R_{\Delta} i_{\Delta} + \sum R_{\Delta} i_{\Delta} = U_s$, 两回路电流反向 R_{Δ} 取负, 电流源变换, 无伴同上, 受控源同理 (R_{Δ} 不对称)

结点法 $\{ G_{\Delta} u_{\Delta} + \sum G_{\Delta} u_{\Delta} = i_s$, G_{Δ} 总是负的, 电压源变换, 无伴同上或电源移去法, 受控源同理

叠加定理 线性电阻电路中某处电压电流是电路各独立电源单独作用叠加 ① 不适用非线性 ② 受控源保留 ③ 功率非线性

齐性定理 所有独立电源激励同时变为 K 倍, 响应也变为 K 倍

替代定理 线性电路(不含受控源的)支路电压或电流已知, 可用等独立电源代替, 对外等效

戴维宁定理 含源线性一端口可用电压源等效, 电压 U_{oc} , 内阻独立电源置零输入电阻

诺顿定理 含源线性一端口可用电流源等效, 电流 I_{sc} , 内阻独立电源置零输入电阻

① $R_{eq} = \frac{\text{理想电压}}{\text{求电流}}$ ② $R_{eq} = \frac{U_{oc}}{I_{sc}}$ ③ 直接写出 $u = (U) - (R_{eq})i$ $i = (I) - (G_{eq})u$

一端口/二端(网络)引出一对端子, 流入电流等于流出 输入电阻 吸收功率能力 输出电阻 内阻, 带负载能力

最大功率传输定理 负载 $R_L = R_{eq}$ (匹配条件) 时, R_L 获得最大功率 $P_{Lmax} = \frac{U_{oc}^2}{4 R_{eq}}$ $Z_L = Z_{eq}^*$

特勒根定理1 集总电路功率守恒 $\sum u_k i_k = 0$

特勒根定理2/拟功率定理 电路 u_i 和 \hat{u}_i 有相同的图, 则 $\sum u_k \hat{i}_k = 0$, $\sum \hat{u}_k i_k$

互易定理 仅含线性电阻电路中, 单一激励力和响应互换位置后比例不变(受控源是不可互易元件)

对偶原理 对偶电路中对偶元素关系可彼此转换

运放(模电5)

交流电路

直流定理全适用,只是是复数(共轭)

$$i = I_m \cos(\omega t + \phi_i) \xrightarrow{\text{Re}[t=0]} \dot{I} = I e^{j\phi_i} = I \angle \phi_i \text{ (A)} \quad \sin \phi = \cos(\phi - 90^\circ)$$

振幅 $I_m = i_{\max}$ 峰-峰值 $I_{p-p} = i_{\max} - i_{\min}$ 有效值 $I = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i^2 dt}$ > 平均值 $I_{av} = \frac{1}{T} \int_0^T |i| dt$

同频前提下, 超前 $\Delta \phi > 0$, 滞后 $\Delta \phi < 0$, 同相 $\Delta \phi = 0$, 正交 $|\Delta \phi| = \frac{\pi}{2}$, 反相 $|\Delta \phi| = \pi$

电阻 resistance
电导 conductance

电容 $i = C \frac{du}{dt}$

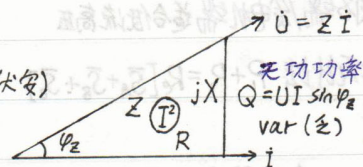
串并联 阻抗 纳

同电导 $\frac{1}{j\omega C}$ $j\omega C$

电感 inductance $u = L \frac{di}{dt}$

同电阻 $j\omega L$ $\frac{1}{j\omega L}$

视在功率 $S = UI$ V·A (伏安)



复功率 $\bar{S} = \dot{U} \dot{I}^* = P + jQ = I^2 Z = U^2 Y^*$, 能叠加, 频率 2ω

瞬时功率 $p = ui$

有功功率 $P = \frac{1}{T} \int_0^T p dt$ W (瓦), 共轭匹配时达最大功率

功率守恒 $\sum P = 0, \sum Q = 0, \sum \bar{S} = 0$ 功率因数 $\lambda = \cos \phi$ 补偿在感性负载端并联电容

谐振 谐振部分 $I_m(Z_{\text{输入}}) = 0$ 谐振/固有/自由频率 $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{L C}}$

串联/电压谐振品质因数 $Q = \frac{\omega_0 L}{R} = \frac{\omega_0 C}{1/R} = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}} = \frac{U_L}{U_R} = \frac{U_C}{U_R} = \frac{|Q(\text{指无功功率})|}{P}$ $R \rightarrow 0 \quad Q \rightarrow \infty$ 短路 并联谐振开路

网络函数 $H(j\omega) = \frac{\dot{R}_k(j\omega) \text{ 响应}}{\dot{E}_s(j\omega) \text{ 激励}}$ 正弦激励下响应稳定后与之同频, $k=j$ (同端口): 阻抗或导纳, $k \neq j$: 转移函数

$\eta = \frac{\omega}{\omega_0}$, $H_r(j\eta) = \frac{\dot{U}_R}{\dot{U}_s} = \frac{1}{1 + jQ(\eta - \frac{1}{\eta})}$ 通用曲线 相频特性 $\phi(\eta) = -\arctan[Q(\eta - \frac{1}{\eta})]$ 幅频特性 $|H_r(j\eta)| = \cos[\phi(\eta)]$

通(频)带带宽 $BW = |H_r(j\eta)| \geq \frac{1}{\sqrt{2}}$ 对应 ω 范围 $= \frac{\omega_0}{Q}$ 分贝 $\frac{1}{\sqrt{2}} = 20 \lg(\frac{1}{\sqrt{2}}) \text{ dB} \approx -3 \text{ dB}$

并联/电流谐振品质因数 $Q = \frac{\omega_0 C}{G} = \frac{1}{G} \sqrt{\frac{C}{L}} = \frac{I_L}{I_G} = \frac{I_C}{I_G} = \frac{|Q(\text{指无功功率})|}{P}$ $G \rightarrow 0 \quad Q \rightarrow \infty$ 开路

同名端 施感电流各从同名端流入(或同时流出)时, 同向耦合磁场相互增强, 变压器中是同极性端

耦合因数 $k = \frac{M}{\sqrt{L_1 L_2}} \leq 1$ 互感电压可用 CCVS 等效, M 只占虚部不耗能

去耦法 U_1, U_2, i_1, i_2 [方程变形] $U_1 = L_1 \frac{di_1}{dt} + M \frac{di_2}{dt}$ $U_2 = M \frac{di_1}{dt} + L_2 \frac{di_2}{dt}$

理想变压器 无损耗, 紧耦合 $k=1$, 无需励磁 $L, M \rightarrow \infty$ 比值为定值

一次/原边/初级回路 $N \quad \Psi \quad \sqrt{L} \quad U \quad I$ 折合 $\frac{R}{n^2} - \frac{L}{n^2} - n^2 C$

二次/副边/次级回路 $nN \quad n\Psi \quad n\sqrt{L} \quad nU \quad \frac{1}{n}I$ $R \quad L \quad C$

正/顺序三相电压 $\dot{U}_c \rightarrow \dot{U}_a$ $\alpha = 120^\circ$ 三相三线制 三角形/△形电源, 无环流

三相四线制 星形/Y形电源, 正极引出端/相/火线, 中点引出中(性)/零线, 实际三相五线(安全地线)

L 线电流流经输电线的电流 线电压 电源端或负载端各线端间的电压

P 相电压(流) 电源和负载每一相的电压(流)

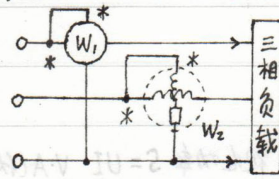
对称三相电路 相等或 $\sqrt{3}$ 关系 $220\sqrt{3} \approx 380$ $\bar{S} = 3\bar{S}_A$, 瞬时功率平衡 $p \equiv 3P_A$

不对称三相电路 中性点位移, 由中性线强制各相独立, 三瓦计法(无中性线才可用二瓦计法)

功率表 $P = Re[\dot{U}i^*]$ 有两种接法

同名端/发电机端 适合低流高压

二瓦计法 $P_1 + P_2 = Re[\bar{S}_A + \bar{S}_B + \bar{S}_C]$



负载 U_L I_L $S = 3U_P I_P$ $P = I_P^2 R$

Y $\sqrt{3}U_P$ I_P $\sqrt{3}U_L I_L$ P_Y

Δ U_P $\sqrt{3}I_P$ $\sqrt{3}U_L I_L$ $3P_Y$

$f(t) = \frac{A_0}{2} + \sum_{k=1}^{\infty} A_{km} \cos(k\omega t + \phi_k)$, $\omega = \frac{2\pi}{T}$ 恒定/直流分量 $\frac{A_0}{2}$ 基波 $k=1$ 高次谐波 $k \geq 2$, k 次谐波

余弦波 $A = \frac{A_m}{\sqrt{2}}$, $A_{av} = \frac{2A_m}{\pi}$ 三角波 $\frac{A_{max}}{\sqrt{3}}$, $\frac{A_{max}}{2}$ 方脉冲 (脉冲宽 αT) $\sqrt{\alpha} A_{max}$, αA_{max}

非正弦有效值 $I = \sqrt{I_0^2 + \sum_{k=1}^{\infty} I_k^2}$ 平均功率 (有功功率) $P = \frac{1}{T} \int_0^T p dt = U_0 I_0 + \sum_{k=1}^{\infty} U_k I_k \cos \phi_k$ [不同频率积分为零, 同频化数和]

无功功率较复杂, 视在功率 $S = UI$

磁电系/直流仪表: 恒定分量 $\frac{1}{T} \int_0^T i dt$, 电磁系仪表有效值 I , 整流系 (绝对) 平均值 I_{av} [例?]

机电: 非正弦只能测出平均值 I_0

换路定则 电容电流 (电感电压) 有限, 则换路瞬间电容电压 (电感电流) 不能跃变, 否则按总电荷量 (磁通链) 守恒

零输入响应 工程上 $3\tau \sim 5\tau$ 过渡过程结束 零状态响应 $W_R = \frac{1}{2} C U_s^2 = W_C$

全响应 (直流或正弦激励一阶电路) $f(t) = f_{\infty}(t) + [f(0_+) - f_{\infty}(0_+)] e^{-\frac{t}{\tau}}$ 时间常数 $\tau_c = RC$ $\tau_L = \frac{L}{R}$

阶跃响应 三要素法 冲激响应 $\delta(t) = \frac{d\epsilon(t)}{dt} [KVL, \int_0^+]$

<数物> <信号>

常用拉氏变换 $\mathcal{L}^{-1}[\frac{K}{(s-p)^2}] = K \frac{t^2}{2!} e^{pt}$ $\mathcal{L}^{-1}[\frac{|K|e^{j\theta}}{\alpha + j\omega} + \frac{|K|e^{-j\theta}}{\alpha - j\omega}] = 2|K|e^{\alpha t} \cos(\omega t + \theta)$

部分分式 $F(s) = A + \frac{N_m(s)}{D_n(s)}$, $\mathcal{L}^{-1}(A) = A\delta(t)$, $n > m$ $= \sum \frac{K_i}{s-p_i} + \sum \frac{K_i(s-i+1)}{(s-p_i)^i}$ $i=1, 2, \dots, q$

则 $K_i = \frac{N(s)}{D'(s)} \Big|_{s=p_i}$ $K_1(q-i+1) = \frac{1}{(q-i)!} \left(\frac{d}{ds} \right)^{q-i} [(s-p_i)^q F(s)] \Big|_{s=p_i}$

$\mathcal{L}[VCR]$: 电阻 $U(s) = RI(s)$ 电感 $U(s) = sL I(s) - Li(0_-)$ 电容 $U(s) = \frac{1}{sC} I(s) + \frac{u(0_-)}{s}$ 运算电路 附加电压(流)源

运算阻抗 $Z(s) = R + sL + \frac{1}{sC}$ (阶跃) 恒压(流)源: $\frac{U_s}{s}$ ($\frac{I_s}{s}$) KCL: $\sum I(s) = 0$ KVL: $\sum U(s) = 0$

s域网络函数 $H(s) = \frac{R(s)}{E(s)} = H_0 \frac{\prod (s-z_i)}{\prod (s-p_j)}$ 零点 z_i 极点 p_j 补偿 $Re[p_j] < 0$ 电路稳定, 否则要引入相位零点抵消

$H(j\omega)$ 频率很少用 <信号> P269

numerator / denominator

参考文献

邱关源. 电路 (第五版). 高等教育出版社

编者: L^eP_tC 笔记项目主页: <http://leptc.github.io/lenote>

Last compiled on 2015/06/30 at 17:32:00