电路课程总结

学习的重点

1. 掌握电路的基础知识
2. 掌握线性电路的分析方法。

达到的目标

1. 能用电路的分析方法分析任何一种线性电路。
2. 能够设计出简单的应用电路。
3. 为后续的课程打下坚实的基础。

一、电路的基础知识

1. 电压、电流的参考方向与实际方向。

2. R、L、C元件的工作特性（电压与电流的关系及功能）

3. 独立电源与受控电源的作用与区别。

4. 电路的功率平衡概念，计算元件吸收功率和发出功率。

5. 电位的计算。

6. 欧姆定律、基尔霍夫定律的应用。

7. 电阻电路的等效概念与方法

（1）纯电阻电路的等效方法（串联、并联、星三角变换）

（2）含有受控源时，等效电阻的求解方法（外加电源法）

（3）电源的等效方法（含有受控源）

8. 电桥平衡条件

9. 分压公式与分流公式

复习资料： 第1、2 章作业、教材例题、课件例题。

二、线性电路的基本分析方法

1. 支路电流法
2. 回路电流法
3. 节点电压法
4. 叠加原理
5. 戴维南定理
6. 置换定理
7. 齐性定理
8. 特勒根定理
9. 互易定理

复习资料： 第2、3 章作业、教材例题、课件例题。

三、直流电路的分析方法

1. 电感、电容元件在直流电路中不起作用

2. 用以上的分析方法分析直流电路。

3. 节点电压法在运算放大器分析中的应用。

复习资料： 第2、3 章作业、教材例题、课件例题。

四、正弦电流电路的分析方法

1. 相量法（相量式和相量图）

2. 电阻、电感、电容在正弦交流电路中的作用及工作特性

（1）电压、电流的大小及相位关系

（2）耗能、储能，**P**和**Q**的计算

3. RLC串联、并联电路的感抗、容抗、阻抗、导纳计算

4. 复杂交流电路的计算（戴维南定理，节点电压法等）

5. 交流电路的功率计算

（1）有功功率、无功功率、视在功率、功率因数

6. 功率因数提高的工程应用意义及求解并联电容的方法

7. 最大功率传输的条件及工程应用意义，计算最大功率

复习资料： 第4章作业、教材例题、课件例题。

五、含有互感元件的正弦电流电路的分析方法

1. 用互感消去法等效电感，然后用相量法分析电路

（1）串联（顺联、反联）
（2）并联（同名端相联、异名端相联）
（3）T型等效

2. 理想变压器表示符号及变换功能

$$\begin{cases} u_1 = nu_2 \\ i_1 = -i_2 / n \end{cases} \qquad Z_\mathrm{i} = n^2 Z_2$$

复习资料：第4章作业、教材例题、课件例题。

六、RLC电路的频率特性及串、并联谐振

1. 网络函数的定义及应用意义

2. 网络函数的频率特性

（1）幅频特性与相频特性的数学表达式（会列）

（2）低通、高通、带通、带阻滤波器的概念与应用

（3）截止频率和通带频率的概念与计算

3. 串联谐振

（1）串联谐振的条件

（2）谐振角频率或谐振频率公式，品质因数公式

（3）谐振时，电路出现的特征

（4）串联谐振在工程中的应用

4. 并联谐振

（1）并联谐振的条件

（2）谐振角频率或谐振频率公式，品质因数公式

（3）谐振时，电路出现的特征

（4）并联谐振在工程中的应用

复习资料： 第7章作业、教材例题、课件例题。

七、三相电路

1. 三相电源的供电制（三相三线制和三相四线制）

2. 三相电源向负载提供的两种电压的大小和相位关系。

3. 对称三相电路的分析方法

4. 不对称三相电路的分析方法。

5. 会画三相负载上电压、电流的相量图。

复习资料： 第5章作业、教材例题、课件例题。

八、非正弦周期电流电路的分析

1. 分析方法

（1）将非正弦周期信号用数学工具进行分解，即

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

（2）用叠加原理分别计算激励中不同频率的分量引起的响应

（3）最后将响应的各分量的瞬时表达式相加。

2. 计算有效值的公式

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

3. 计算平均功率的公式 $P = U_0 I_0 + \sum_{k=1}^{\infty} U_k I_k \cos\varphi_k = P_0 + \sum_{k=1}^{\infty} P_k$

复习资料： 第6章作业、教材例题、课件例题。

九、线性电路暂态过程的时域分析

1. 分析方法

（1）微分方程法

（2）三要素法

（3）卷积积分法

（4）状态变量分析法

（5）拉普拉斯变换法

2. 一阶电路的响应（零输入、零状态、全响应）

（1）换路定律

（2）储能元件的工作状态

（3）$u(0_+)\,,i(0_+)$ 初始值的确定

3. 一阶电路的三要素公式

（1）$f(t)=f(\infty)+\left[f(0_+)-f_\infty(0_+)\right]e^{-t/\tau}$ 正弦电源作用

（2）$f(t)=f(\infty)+\left[f(0_+)-f(\infty)\right]e^{-t/\tau}$ 直流电源或阶跃电源作用

4. 一阶电路的阶跃响应（零状态响应）

（1） 阶跃函数

$$u_{S1}=\varepsilon(t)，u_{S2}=U_{S2}\varepsilon(t) \quad u'_{S1}=\varepsilon(t-t_0)，u'_{S2}=U_{S2}\varepsilon(t-t_0)$$

（2） 矩形脉冲函数

$$u_{S3}=\varepsilon(t)-\varepsilon(t-t_0)，u_{S4}=U_{S4}(\varepsilon(t)-\varepsilon(t-t_0))$$

（3） 求阶跃响应的分析方法：三要素公式

（4） 单位阶跃特性的求解和应用意义

$$s(t)=\frac{\text{阶跃响应}}{\text{阶跃电源幅值}}$$

5. 一阶电路的冲激响应（零状态响应）

（1）冲激函数

单位是1/S

$$u_{S1}=\delta(t)\,,\ u_{S2}=K\delta(t)\qquad u_{S3}=\delta(t-t_0)\,,\ u_{S4}=K\delta(t-t_0)$$

单位是V.s

$$i_{S1}=\delta(t)\,,\ i_{S2}=K\delta(t)\qquad i_{S3}=\delta(t-t_0)\,,\ i_{S3}=K\delta(t-t_0)$$

单位是A.s

（2）单位冲激特性

单位是1/S

$\Omega/s\,,S/s$

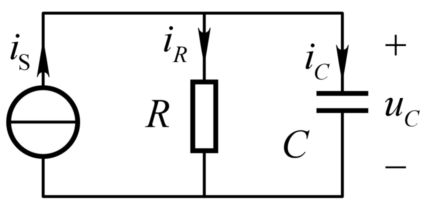
$$h(t)=\frac{\text{冲激响应}}{\text{冲激电源强度}}$$

6. 求一阶电路冲激响应的方法

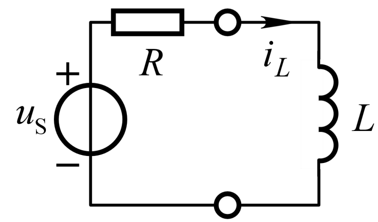
（1） $h(t)=\dfrac{ds(t)}{dt}$ 设$u_S=U_S\varepsilon(t)\rightarrow y(t)-s(t)$ $y(t)'=\psi(Q)h(t)$

（2）利用换路瞬间电容上的电压或电感的电流发生强迫跃变，然后再衰减到零的变化规律， 求t>0时的零输入响应。

（a）将复杂电路应用等效电源定理变成标准电路，如图



$i_S=Q\delta(t)$



$u_S=\psi\delta(t)$

（b）求跃变的初始值

$$u_C(0_+)=\frac{Q}{C}+u_C(0_-)$$

$$i_L(0_+)=\frac{\Psi}{L}+i_L(0_-)$$

（c）代入零输入响应公式求其响应

$$u_C(t)=u_C(0_+)\mathrm{e}^{-\frac{t}{\tau}}=\frac{Q}{C}\mathrm{e}^{-\frac{t}{\tau}}$$

$$i_L(t)=\frac{\Psi}{L}\mathrm{e}^{-\frac{t}{\tau}}$$

7. 用卷积积分法求解一阶电路的响应

$$y(t)=\int_0^t x(\xi)h(t-\xi)\mathrm{d}\xi$$

$$y(t)=x(t)*h(t)=h(t)*x(t)$$

$x(t)\rightarrow$ 任意激励源

设$u_S=U_S\varepsilon(t)\rightarrow y'(t)\rightarrow s(t)\rightarrow h(t)\rightarrow y(t)$

8. 二阶电路的暂态过程

（1）***RLC***串联二阶电路零输入参数与暂态过程对应关系

$R>2\sqrt{L/C}$ p_1、p_2**相异负实根** $f_h(t)=A_1\mathrm{e}^{p_1t}+A_2\mathrm{e}^{p_2t}$ **过阻尼**

$R=2\sqrt{L/C}$ p_1、p_2**相等负实根** $f_h(t)=(A_1+A_2t)\mathrm{e}^{pt}$ **临界阻尼**

$R<2\sqrt{L/C}$ p_1、p_2**共轭复根** $f_h(t)=A\mathrm{e}^{-\alpha t}\sin(\omega_d t+\theta)$ **欠阻尼**

（2）分析方法：二阶微分方程法、列状态方程法、拉氏变换法

复习资料： 第8章作业、教材例题、课件例题。

十、线性电路暂态过程的复频域分析

1. 拉普拉斯变换公式 $F(s)=\boldsymbol{L}\{f(t)\}=\int_{0_-}^{\infty}f(t)\mathrm{e}^{-st}\mathrm{d}t$

2. 拉普拉斯变换性质

线性性质、微分性质、积分性质、时域延迟、复频域位移、初终值定理和卷积定理，将微分(积分)方程变换成代数方程。

3. 拉普拉斯反变换

$$F(s)=\frac{F_1(s)}{F_2(s)}=\frac{b_m s^m+b_{m-1}s^{m-1}+\cdots+b_1 s+b_0}{a_n s^n+a_{n-1}s^{n-1}+\cdots+a_1 s+a_0}$$

$F_2(s)=0$ 只有单根时 $f(t)=\mathbf{L}^{-1}\{\sum_{k=1}^{n}\frac{A_k}{s-p_k}\}=\sum_{k=1}^{n}A_k\mathrm{e}^{p_k t}$

$F_2(s)=0$有共轭复根 $p=a+\mathrm{j}\beta$ $A=|A|\underline{/\theta}$

$$f(t)=2|A|\mathrm{e}^{at}\cos(\beta t+\theta)\qquad(t\ge 0)$$

$F_2(s)=0$含有重根

$$B_m=\lim_{s\to p_n}\frac{F_1(s)}{F_2(s)}(s-p_n)^m=\left.\frac{F_1(s)}{a_n(s-p_1)(s-p_2)\cdots(s-p_{n-m})}\right|_{s=p_n}$$

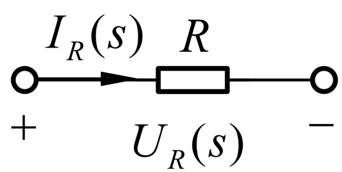
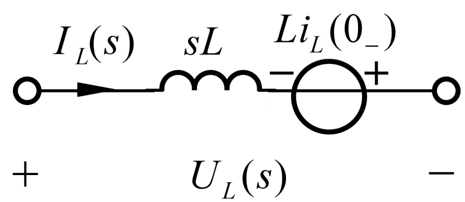
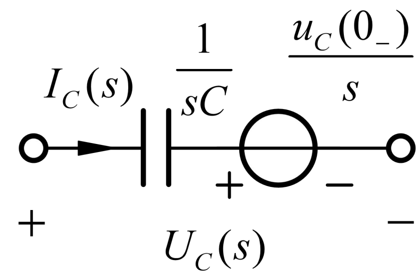
$$B_{m\text{-}1}=\lim_{s\to p_n}\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{ds}}\left[\frac{F_1(s)}{F_2(s)}(s-p_n)^m\right]$$

一般公式为

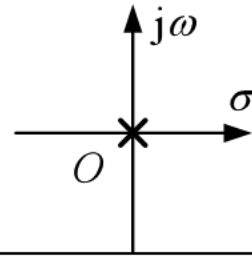
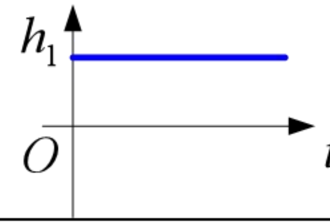
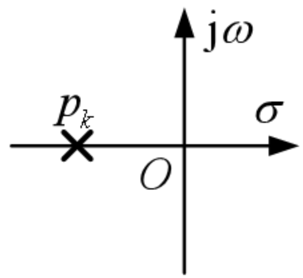
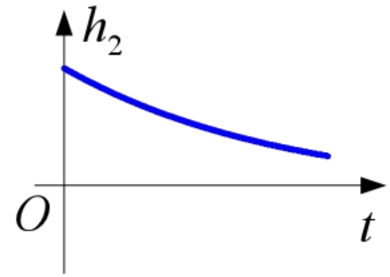
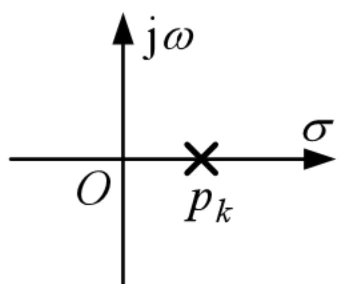
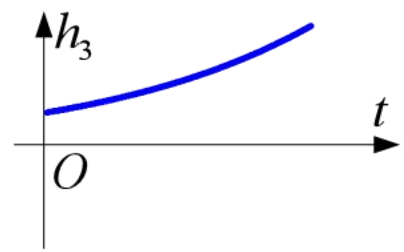
$$B_{m\text{-}k}=\frac{1}{k!}\lim_{s\to p_n}\frac{\mathrm{d}^k}{\mathrm{ds}^k}\left[\frac{F_1(s)}{F_2(s)}(s-p_n)^m\right]\quad\left[k=0,1,\cdots,(m-1)\right]$$

$$L^{-1}\left\{\frac{1}{(s-p_n)^k}\right\}=\frac{t^{k-1}}{(k-1)!}e^{p_n t}$$

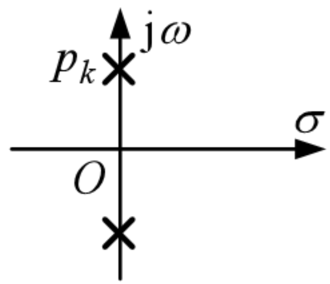
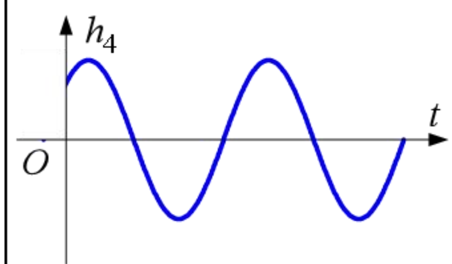
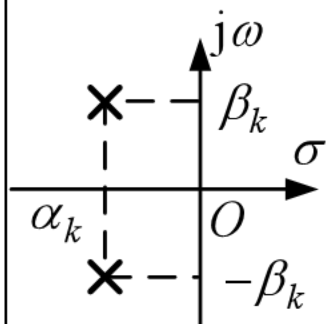
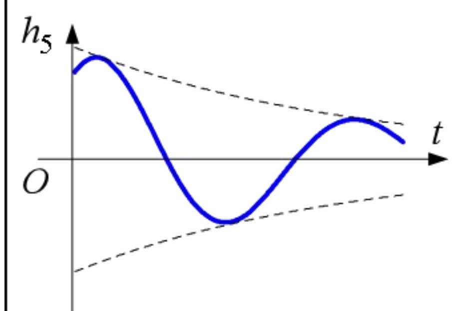
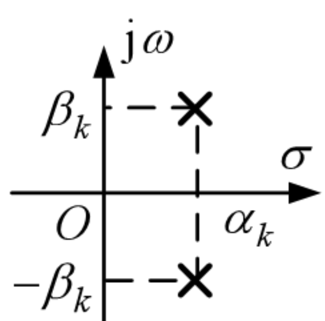
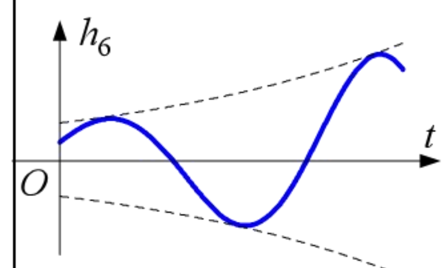
4 复频域中元件模型及VCR方程

<table>
<tr><th></th><th>电阻</th><th>电感</th><th>电容</th></tr>
<tr><td>复频域
模型</td><td>
</td><td>
</td><td>
</td></tr>
<tr><td>复频域
VCR</td><td>$U_R(s)=RI_R(s)$</td><td>$U_L(s)=sLI_L(s)-Li_L(0_-)$</td><td>$U_C(s)=\frac{1}{sC}I_C(s)+\frac{u_C(0_-)}{s}$</td></tr>
</table>

5 网络函数、极点位置与 $h(t)$ 的关系

<table>
<tr><th>序号</th><th>网络函数</th><th>极点位置</th><th>$h(t)$波形</th><th>$h(t)$表达式</th></tr>
<tr><td>1</td><td>$\dfrac{A_k}{s}$</td><td></td><td></td><td>A_k</td></tr>
<tr><td>2</td><td>$\dfrac{A_k}{s-p_k}$
$(p_k<0)$</td><td></td><td></td><td>$A_k\mathrm{e}^{p_k t}$</td></tr>
<tr><td>3</td><td>$\dfrac{A_k}{s-p_k}$
$(p_k>0)$</td><td></td><td></td><td>$A_k\mathrm{e}^{p_k t}$</td></tr>
</table>

5 网络函数、极点位置与 $h(t)$ 的关系

序号	网络函数	极点位置	$h(t)$波形	$h(t)$表达式
4	$\frac{A_k}{s-\mathrm{j}\beta_k}+\frac{A_k^*}{s+\mathrm{j}\beta_k}$ $(A_k=A_k\angle\theta_k)$			$2\|A_k\|\cos(\beta_k t+\theta_k)$
5	$\frac{A_k}{s-p_k}+\frac{A_k^*}{s-p_k^*}$ $(p_k=\alpha_k+\mathrm{j}\beta_k,$ $\alpha_k<0,\beta_k>0$ $A_k=A_k\angle\theta_k)$			$2\|A_k\|\mathrm{e}^{\alpha_k t}\cos(\beta_k t+\theta_k)$
6	$\frac{A_k}{s-p_k}+\frac{A_k^*}{s-p_k^*}$ $(p_k=\alpha_k+\mathrm{j}\beta_k,$ $\alpha_k>0,\beta_k>0$ $A_k=A_k\angle\theta_k)$			$2\|A_k\|\mathrm{e}^{\alpha_k t}\cos(\beta_k t+\theta_k)$

复习资料： 第9章作业、教材例题、课件例题。