第三章 动态电路时域分析学习要点

本章核心：换路定律、三要素公式

**1. 电感、 电容元件**

电感、 电容动态元件的性能对照表

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | 电感 | 电容 |
| 韦安关系 | *ψ* = *Li* | - |
| 库伏关系 | - | *q* = *Cu* |
| VAR | *u* =  *i* = | *i* =  *u*= |
| 储能 | *wL* = *Li*2(*t*) | *WC* = *Cu*2(*t*) |
| 记忆性 | 电流记忆电压 | 电压记忆电流 |

**2. 换路、 换路定律与初始值计算**

1) 换路

电路在*t*0时刻有开关闭合或打开，或者电路元件值突然变化，或者电源电压突然升高或降低等现象发生，称为动态电路发生了换路。 *t*0称为发生换路的时刻，通常取*t*0=0。

2) 换路定律

换路定律用来表述动态电路在换路时刻所呈现的规律。 用简明的数学式表示为

*uC*(0+)=*uC*(0–) (*iC*为有限值)

*iL*(0+)=*iL*(0–) (*uL*为有限值)

求解动态电路微分方程需要初始条件即这里所说的初始值。电路响应*y*(*t*)及其各阶导数在换路后一瞬间(*t*=0+时刻)的数值，称为电路的初始值。对一阶动态电路初始值即是*y*(0＋)。

(1) 由换路前一瞬间(*t*＝0–时刻)电路求出*uC*(0–)、*iL*(0–)。

(2) 应用换路定律求得独立初始值即*uC*(0＋)＝*uC*(0–)，*iL*(0+) = *iL*(0–)。

(3) 画出换路后一瞬间(*t*＝0＋时刻)的等效电路：*L*用数值为*iL*(0+)的电流源替换，*C*用数值为*uC*(0＋)的电压源替换。这样，在*t*＝0＋时刻的电路为电阻电路。

(4) 在*t*＝0＋时刻的等效电路中，选用一种简便的电阻电路分析法求出欲求的初始值。

在计算*uC*(0–)、 *iL*(0–)时经常使用“**直流稳态电路中电感相当于短路、 电容相当于开路**”的重要结论。

**3. 一阶电路的三要素解法**

对于直流电源作用的一阶电路，推导总结出的三要素公式是求解这种类型电路的重要公式， 即

*y*(*t*) = *y*(∞) + [*y*(0+) – *y*(∞)]e–*t*/*τ*

式中，*y*(0+)为初始值；*y*(∞)为稳态值，它是换路后*t*＝∞时的响应数值，若是直流电源作用，换路后*t*=∞时电路又达新的稳定状态，将*L*视为短路，电容视为开路，求出*y*(∞)；*τ*为时间常数，先从动态元件两端看, 求出戴维宁等效电源内阻*R*0，再应用*R*0*C*或*L*/*R*0求出时间常数*τ*。

将求得的*y*(0＋)、*y*(∞)、*τ*值代入三要素公式即求得所求电路响应*y*(*t*)。如果需要，由*y*(*t*)函数式便可画出它的波形图。这种求解电路的方法称为三要素法。三要素法可用来求一阶动态电路的零输入响应、零状态响应、全响应以及阶跃响应。

~~这个三要素公式的第一项与时间无关，是稳态响应，也称为强迫响应；第二项是动态电路的暂态响应，也称为自由响应。~~

~~三要素公式也可以写成：~~

*~~y~~*~~(~~*~~t~~*~~) =~~ *~~y~~*~~(0~~~~+~~~~)e~~~~–~~*~~t~~*~~/~~*~~τ~~* ~~+~~ *~~y~~*~~(∞) [1 – e~~~~–~~*~~t~~*~~/~~*~~τ~~*~~]~~

~~式中第一项就是零输入响应（或者说要求零输入响应只要取这一项即可），第二项是零状态响应（或者说要求零状态响应只要取这一项即可）。整个公式就是一阶动态电路的全响应。~~

求解一阶动态电路时，只要求出所需的*y*(0+)、*y*(∞)和*τ*，应用三要素公式就能得到所需的解。

**4. 阶跃函数*ε*(*t*)与电路的阶跃响应*g*(*t*)**

单位阶跃函数*ε*(*t*)定义为*ε*(*t*) =

用单位阶跃函数的加权、移位代数和可表示复杂的“台阶式”或“楼梯式”信号。

其快速书写表示式的规律为：若“台阶式”复杂信号有*n*个第一类间断点，代数和表达式中应有*n*个移位阶跃函数，其各移位阶跃函数的加权系数可这样确定，从时间轴负无穷向正方向“走”，若在*t* = *t*1处向上跳的高度为*A*，则在此处出现的阶跃函数为*Aε*(*t* – *t*1)。

若在*t* = *t*2处向下跳的高度为*B*， 则在*t*2处出现的阶跃函数为–*Bε*(*t*–*t*2)； ……依此类推。

电路的阶跃响应*g*(*t*)定义为

*g*(*t*)=*yf*(*t*)|*f*(*t*)=*ε*(*t*)

一阶电路的阶跃响应可应用三要素法求解。

**~~5. 电路的时不变性质~~**

~~电路的零状态响应形状与激励接入的时间无关，或者说电路的激励延迟多长时间，其电路的零状态响应也延迟多长时间，这样的电路称为时不变电路。用简洁数学式定义，即若~~

*~~f~~*~~(~~*~~t~~*~~)→~~*~~y~~~~f~~*~~(~~*~~t~~*~~)~~

~~有~~

*~~f~~*~~(~~*~~t~~*~~–~~*~~t~~*~~0~~~~)→~~*~~y~~~~f~~*~~(~~*~~t~~*~~–~~*~~t~~*~~0~~~~)~~

~~则称时不变电路。上式也就是时不变电路所具有的时不变性质。~~

~~如果是“台阶式”的复杂信号作用于线性时不变一阶电路，求零状态响应，可这样处理： 先应用三要素法求电路的阶跃响应~~*~~g~~*~~(~~*~~t~~*~~)，再将“台阶式”信号表示为移位阶跃信号的加权代数和，应用时不变性、齐次性、叠加性求得欲求的零状态响应。~~

应用三要素法求解的步骤：

(1) 由换路前一瞬间(*t*＝0–时刻)电路求出*uC*(0–)、*iL*(0–)。

(2) 应用换路定律求得独立初始值即*uC*(0＋)＝*uC*(0–)，*iL*(0+) = *iL*(0–)。

(3) 画出换路后一瞬间(*t*＝0＋时刻)的等效电路：*L*用数值为*iL*(0+)的电流源替换，*C*用数值为*uC*(0＋)的电压源替换。这样，在*t*＝0＋时刻的电路为电阻电路。

(4) 在*t*＝0＋时刻的等效电路中，选用一种简便的电阻电路分析法求出欲求的初始值。

(5) 画出换路后稳定后的等效电路，求出欲求的稳态值。

(6) 求出动态元件两端的等效电阻*R*0，从而求得*τ*。

(7) 将计算结果代入三要素公式。