电路分析基础

题 解

下 册

北京工业学院自动控制系
电子电路教研室编

中央广播电视大学

目　录

第八章　正弦激励下电路的完全响应

解题提要

1. 正弦电压 $u(t)$ 可表为

$$u(t)=U_m\cos(\omega t+\phi)$$

其中 U_m 为电压的最大值或振幅；ω 为角频率(弧度/秒)；ϕ 为初相，与计时的起点有关。

给定正弦波形图要能写出相应的函数表示式；给定正弦函数表示式要能绘出相应的波形图。为此，必须注意初相角的正、负，当初相 $\phi>0$ 时，波形图如图 8-1 所示。

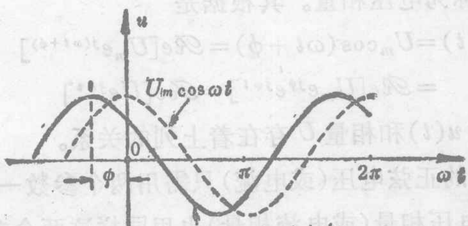


图　8-1

2. 角频率、频率、周期之间的关系

$$\omega=2\pi f=\frac{2\pi}{T}$$

$$f=\frac{1}{T}$$

其中 f 为频率(赫、Hz)；T 为周期(秒，s)。

3. 两个同频率正弦波的初相之差，称为相位差。它反映了这两个正弦量随时间变化的步调上的差异。

4. 正弦激励下线性、时不变电路的完全响应由电路微分方程求得。解答由对应齐次方程的解（固有响应）和微分方程的特解（强制响应）组成。齐次方程解如第六、七章所述。如果 $j\omega$（ω 是正弦激励的角频率）不是特征方程的根，则特解可设为同频率的正弦函数，代入微分方程后求得*（用待定系数法）。求得特解后，即可根据初始条件求出齐次方程解中的常数，这也和第六、七章所述相同。

5. 为便于求出特解，可以用相量法。相量法的基础在于用相量表示正弦波。设正弦电压为

$$u(t)=U_m\cos(\omega t+\phi)$$

它可以用相量

$$\dot{U}=U_m e^{j\phi}=U_m\underline{/\phi}$$

来表示，$\dot{U}$称为电压相量。其根据是

$$u(t)=U_m\cos(\omega t+\phi)=\mathscr{R}e[U_m e^{j(\omega t+\phi)}]$$
$$=\mathscr{R}e[U_m e^{j\phi}e^{j\omega t}]=\mathscr{R}e[\dot{U}e^{j\omega t}]$$

即正弦电压 $u(t)$ 和相量 $\dot{U}$ 存在着上列的关系。

对给定频率的正弦电压（或电流）只需用两个参数——振幅及初相来表征，而电压相量（或电流相量）也用同样这两个参数来表征。它不再是时间 t 的函数，只包含振幅及相位的信息。以电压为例，$u(t)$ 是时间域的表示形式，而 $\dot{U}$ 则为频率域的表示形式，两者由上式相联系。从表面看，$\dot{U}$ 虽然不包含频率，但它是针对给定频率的正弦电压的。

相量可以用复平面上的有向线段来表示，以电压相量为例，其长度为 U_m，与实轴的夹角为 ϕ（图 8-2）。

如果已知电压相量 $\dot{U}=U_m e^{j\phi}=U_m\underline{/\phi}$ 和角频率 ω，我们也可

---

* 樊映川：高等数学讲义（下）p. 190

以唯一地决定正弦波，即

$$\mathscr{Re}[\dot{U}e^{j\omega t}]=\mathscr{Re}[U_m e^{j\phi}e^{j\omega t}]$$
$$=U_m\cos(\omega t+\phi)=u(t)$$

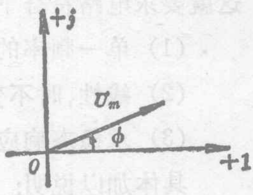


图 8-2

给定正弦波要能写出它的相量；给定相量（和频率）要能求得它所对应的正弦波。这也是学习正弦电路分析的一个基本要求。

6. 如果激励和特解是同频率的正弦函数（这要求 $j\omega$ 不是特征方程的根），它们就都可以用相量来表示，也就可以用相量法来求特解。其方法如下：

把微分方程中的变量 x 和正弦激励用对应相量 $\dot{X}$ 和 $\dot{A}$ 替换，$\dot{X}$ 的 k 次导数用 $(j\omega)^k\dot{X}$ 替换，这样就可以把微分方程化为对应的相量的复数方程。由复数方程便可求得相量 $\dot{X}$，并由此求得对应的正弦函数 x。不必再使用"待定系数法"。

7. 如果线性、时不变电路所有固有频率均位于开左复平面上，则这个电路就是渐近稳定的。开左半面就是复平面的左半面，但是虚轴排除在外。换言之，开左半面包含着具有负实部的所有点。含电阻的电路为渐近稳定电路。在这种电路中固有响应是衰减的，也不会有 $j\omega$ 等于固有频率（特征方程根）的情况发生。

因此，对于一个由单一（频率）的正弦电源激励的任意线性、时不变、渐近稳定电路，不管初始状态如何，固有响应将随着 $t\to\infty$ 而趋于零（暂态响应），因而完全响应将随着 $t\to\infty$ 而变为正弦的。这一正弦响应即为正弦稳态响应。

正弦稳态响应可通过特解求得，因而，正弦稳态响应可以用相量法求得。

8. 用相量法求解电路响应的小结：

响应与激励必须是同频率的正弦波，才能用相量来表示它们。

这就要求电路符合下列三个条件:

(1) 单一频率的正弦激励;

(2) 线性、时不变、渐近稳定电路;

(3) 求稳态响应(针对求过渡状态、响应而言)。

具体加以说明:

(1) 要求激励是单一频率的正弦波,这是很明显的。因为,首先激励要能用相量表示才行,这相量是对应于给定频率的正弦波的。

(2) 要求电路是线性的,因为如果电路是非线性的,激励即便是单一频率的正弦波,响应中也会出现新频率成分的正弦波,无法用相量来表示它们。习题八第17题说明非线性电路出现新频率成份(即频率为150赫的正弦波)。

要求电路是时不变的,理由相同。习题八第16题说明时变电路中会出现新频率成份(即频率为200赫及300赫的正弦波)。

要求电路是渐近稳定的,这也是为保证响应是同频率的正弦波所需。电路内含(正)电阻元件,固有频率就具有负实部,固有分量才是衰减的,即固有分量为暂态分量,因而电路中才可能存在正弦稳态响应,响应与激励才是同频率的正弦波。习题八第15题说明:当固有频率(特征方程的根)为正时,齐次方程解(固有分量)是随 t 增长的,特解(强制分量)即使是同频率的正弦波,电路内也不可能存在正弦稳态响应,亦即电路中不可能出现激励与响应为同频率正弦波的情况。(尽管我们可以用相量法去求特解,但它并不是 $t\to\infty$ 时的正弦稳态响应,它始终只是响应的一个分量)。

(3) 在满足(1)、(2)两条件后,也只有在求解电路的稳态响应时才能用相量法。因为,即使满足(1)、(2),在电路尚未进入稳态时,亦即尚处于过渡过程时,响应也不是正弦的,不能使用。当然求特解这一分量时仍可使用。

练　习　题

8-1. 求图 8-2 所示各波形的周期和频率。

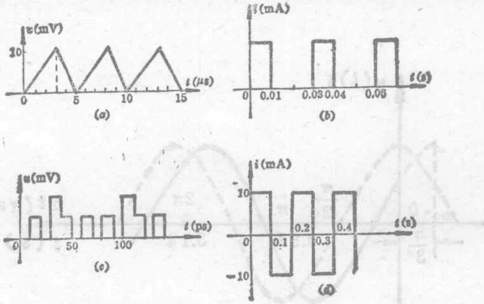


图 8-2 练习题 8-1

解:

(1) $T=5\mu s,\quad f=\dfrac{1}{T}=\dfrac{1}{5\times10^{-6}}=200\text{kHz}$

(2) $T=0.03\mu s,\quad f=\dfrac{1}{T}=\dfrac{1}{0.03}=33.3\text{Hz}$

(3) $T=70\text{ps},\quad f=\dfrac{1}{T}=\dfrac{1}{70\times10^{-12}}=14.3\text{GHz}$

(4) $T=0.2\text{s},\quad f=\dfrac{1}{T}=\dfrac{1}{0.2}=5\text{Hz}$

8-2. 试绘 $u(t)=\cos(2t+60^\circ)\cdot U(t)$V的波形图，分别用 t 和 ωt 为横坐标。$U(t)$为单位阶跃函数。

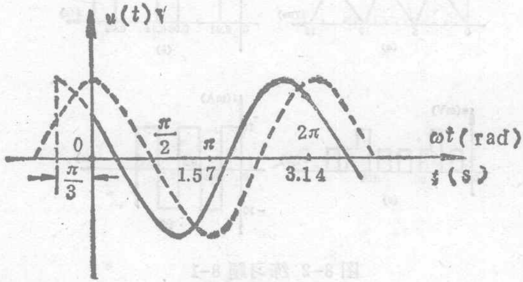
解:(1) 先以 ωt 为横轴画出 $\cos 2t$，其波形如图练 8-2 虚线所示。又因所给电压波的初相为 60°，即$\dfrac{\pi}{3}$。故将$\cos 2t$向左移$\dfrac{\pi}{3}$。即得 $\cos(2t+60^\circ)$的波形如实线所示。

注意,因 $u(t)$中有$U(t)$阶跃函数,故波形在 $t\geqslant0$ 时存在。当 $t<0$ 时,$u(t)=0$。

(2) 以 t 为横轴: $\because \quad \omega=2\pi f$,

则 $T=\dfrac{2\pi}{\omega}=\dfrac{2\pi}{2}=\pi=3.14\text{s}$,

波形与上同，只是横坐标的长度单位变化：原 2π 处换为3.14即可。



图练习题 8-2

注意当 $t<0$ 时波形应画成虚线,因是阶跃响应。

8-3. 图 8-10 所示电压波形,其最大值为 1V，试写出时间起

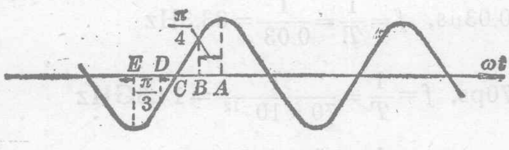


图 8-10 练习题 8-3

点分别定在 A、B、C、D、E 各点时电压 $u(t)$的表示式。

解: 时间起始点在A时: $u(t)=\cos\omega t\ \text{V}$

时间起始点在B时: $u(t)=\cos\left(\omega t-\dfrac{\pi}{4}\right)\text{V}$

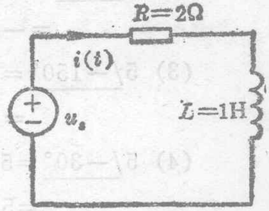
时间起始点在C时: $u(t)=\cos\left(\omega t-\dfrac{\pi}{2}\right)\text{V}$

时间起始点在D时: $u(t)=\cos\left(\omega t-\dfrac{2}{3}\pi\right)\text{V}$

时间起始点在E时: $u(t)=\cos(\omega t-\pi)=-\cos\omega t\ \text{V}$

8-4. RL 串联电路 $R=2\Omega$、$L=1\text{H}$，外施电压 $u_s=10\cos t\cdot U(t)$伏，求 $t\geqslant 0$ 时 $i(t)$。已知 $i(0)=0$。又电路进入稳状后，电流与外施电压的相位关系如何？

解：电路如图练习题 8-4 所示，则有



图练习题 8-4

$$Ri+L\frac{di}{dt}=10\cos t \qquad t\geqslant 0$$

$$i=i_h+i_p$$

又 $i_h=ke^{-t/\tau}$

其中 $\tau=L/R=\dfrac{1}{2}\text{s}$

设 $i_p=\mathscr{I}_m\cos(t+\varphi_i)$，将其代入方程式中，则有

$$R\mathscr{I}_m\cos(t+\varphi_i)-L\mathscr{I}_m\sin(t+\varphi_i)=10\cos t$$

$$[2\cos(t+\varphi_i)-\sin(t+\varphi_i)]\mathscr{I}_m=10\cos t$$

$$\sqrt{5}\left[\frac{2}{\sqrt{5}}\cos(t+\varphi_i)-\frac{1}{\sqrt{5}}\sin(t+\varphi_i)\right]\mathscr{I}_m=10\cos t$$

$$\sqrt{5}\,\mathscr{I}_m\cos(t+\varphi_i+26.56^\circ)=10\cos t$$

由此可知 $\mathscr{I}_m=\dfrac{10}{\sqrt{5}}=2\sqrt{5}\,\text{A}$，　$\varphi_i+26.56^\circ=0$

因为　$\varphi_i=-26.56^\circ$

故　$i_p=2\sqrt{5}\cos(t-26.56^\circ)\text{A}$

$$i(t)=i_h+i_p=2\sqrt{2}\cos(t-26.56^\circ)+Ke^{-2t}$$

$t=0$ 时，　$i(0)=2\sqrt{5}\cos(t-26.56^\circ)+K=0$

$$K=-2\sqrt{5}\cos 26.56^\circ=-4$$

所以　$i(t)=2\sqrt{5}\cos(t-26.56^\circ)-4e^{-2t}\ \text{A}\quad t\geqslant 0$

电路进入稳态后，i 滞后 u_s 26.56°。

8-5. 把下列复数化为直角坐标形式

$5\underline{/30^\circ}$，$5\underline{/150^\circ}$，$5\underline{/-150^\circ}$，$5\underline{/-30^\circ}$，$10\underline{/240^\circ}$，$2\underline{/90^\circ}$，$2\underline{/-90^\circ}$ 及 $2\underline{/180^\circ}$。

解:

(1) $50\angle 30^\circ = 5\cos 30^\circ + j5\sin 30^\circ = 4.33 + j2.5$

(2) $5\angle 150^\circ = 5\cos 150^\circ + j\sin 150^\circ = -5\cos 30^\circ + j5\sin 30^\circ$

$= -4.33 + j2.5$

(3) $5\angle -150^\circ = 5\cos(-150^\circ) + j5\sin(-150^\circ)$

$= -5\cos 30^\circ - j5\sin 30^\circ = -4.33 - j2.5$

(4) $5\angle -30^\circ = 5\cos(-30^\circ) + j5\sin(-30^\circ)$

$= 5\cos 30^\circ - j5\sin 30^\circ = 4.33 - j2.5$

(5) $10\angle 240^\circ = 10\cos 240^\circ + j10\sin 240^\circ$

$= -10\sin 30^\circ - j10\cos 30^\circ = -5 - j8.66$

(6) $2\angle 90^\circ = 2\cos 90^\circ + j2\sin 90^\circ = 2j$

(7) $2\angle -90^\circ = 2\cos(-90^\circ) + j2\sin(-90^\circ) = -2j$

(8) $2\angle 180^\circ = 2\cos 180^\circ + j2\sin 180^\circ = -2 + j0 = -2$

8-6. 把下列复数化为极坐标形式

$1+j1$, $1+j10$, $1-j1$, $-1-j1$, $-1+j1$, $j4$, $-4j$, 3 及 -3。

解:

(1) $1+j1 = \sqrt{1+1}\,\angle \mathrm{arc\,tg}\,1 = \sqrt{2}\,\angle\ 5^\circ$

(2) $1+j10 = \sqrt{1^2+10^2}\,\angle \mathrm{arc\,tg}\,10 = 10.05\angle 84.3^\circ$

(3) $1-j1 = \sqrt{2}\,\angle -45^\circ$

(4) $-1-j = -\sqrt{2}\,\angle 45^\circ = \sqrt{2}\,\angle -135^\circ$

(5) $-1+j1 = \sqrt{2}\,\angle \mathrm{arc\,tg}\,1/-1 = \sqrt{2}\,\angle 135^\circ$

(6) $j4 = 4\angle 90^\circ$

(7) $-j4 = 4\angle -90^\circ$

(8) $3 = 3\angle 0^\circ$

(9) $-3 = 3\angle \pm 180^\circ$

8-7. 设 $A = 3 + j4$、$B = 10\angle 60^\circ$ 试计算 $A+B$、$A\cdot B$ 及 A/B。

解: $A=3+j4=5\underline{/53.1^\circ}$

$B=10\underline{/60^\circ}=10\cos 60^\circ+j10\sin 60^\circ=5+j8.66$

$A+B=3+j4+5+j8.66=8+j12.66$

$A\cdot B=5\underline{/53.1^\circ}\cdot 10\underline{/60^\circ}=50\underline{/113.1^\circ}$

$$\frac{A}{B}=\frac{5\underline{/53.1^\circ}}{10\underline{/60^\circ}}=0.5\underline{/-6.9^\circ}$$

8-8. 若K为复数，且$\mathscr{R}eK=17$及$\mathscr{R}e[(-3+j6)K]=4$，试求K。

解: 设$K=a+jb$，$\because$ $\mathscr{R}eK=17$. 故$a=17$

又$\because$ $\mathscr{R}e[(-3+j6)K]=\mathscr{R}e[(-3+j6)(a+jb)]=4$

$$-51-6b=4,\ b=\frac{-55}{6}=-9.17$$

故得 $K=17-j9.17$

8-9. 求代表下列正弦波的相量，(以$1\underline{/0^\circ}$代表$\cos\omega t$)，并作相量图。$5\sin(\omega t+30^\circ)$； $-8\cos(\omega t-45^\circ)$； $-6\sin(\omega t-120)$。

解: $i_1=5\sin(\omega t+30^\circ)=5\cos(\omega t-60^\circ)$

$\dot{I}_1=5\underline{/-60^\circ}$

$i_2=-8\cos(\omega t-45^\circ)=8\cos(\omega t+135^\circ)$

$\dot{I}_2=8\underline{/135^\circ}$

$i_3=-6\sin(\omega t-120^\circ)=6\cos(\omega t-30^\circ)$

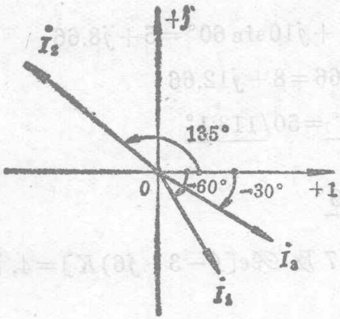
$\dot{I}_3=6\underline{/-30^\circ}$

其相量如图练8-9所示。

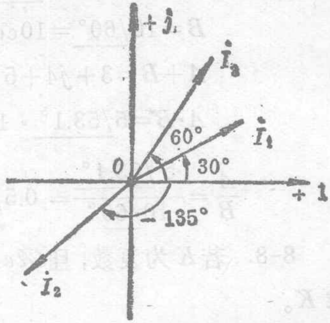
8-10. 重复上题，但用$1\underline{/0^\circ}$代表$\sin\omega t$。这两题所绘相量图有什么不同？

解:

$i_1=5\sin(\omega t+30^\circ)$



图练习题 8-9



图练习题 8-10

$$\dot{I}_1=5\underline{/30^\circ}$$

$$i_2=-8\cos(\omega t-45^\circ)=8\sin(\omega t+225^\circ)$$

$$\dot{I}_2=8\underline{/225^\circ}\text{或}\dot{I}_2=8\underline{/-135^\circ}$$

$$i_3=-6\sin(\omega t-120^\circ)=6\sin(\omega t+60^\circ)$$

$$\dot{I}_3=6\underline{/60^\circ}$$

本题的相量图相当于上题的相量图逆时针旋转 90°。如图练习题 8-10 所示。

8-11. 试用相量以及本节所述的有关定理，求两个同频率的正弦波 $A_m\cos\omega t$ 及 $B_m\sin\omega t$ 之和。

解: 令 $a=A_m\cos\omega t$

$$b=B_m\sin\omega t=B_m\cos(\omega t-90^\circ)$$

且令 $c=a+b$

用相量法求 c 最为方便。

$$\dot{A}=A_m\underline{/0^\circ},\quad \dot{B}=B_m\underline{/-90^\circ}=-jB_m$$

$$\dot{A}+\dot{B}=A_m-jB_m=\dot{C}$$

$\dot{C}$ 为对应于 c 的相量。

故知 $\dot{C}=\sqrt{A_m^2+B_m^2}\underline{\Big/\operatorname{arc\,tg}\dfrac{-B_m}{A_m}}$

得 $$C=\sqrt{A_m^2+B_m^2}\cos\left(\omega t+\operatorname{arc\,tg}\frac{-B_m}{A_m}\right)$$

或 $$C=\sqrt{A_m^2+B_m^2}\cos\left(\omega t-\operatorname{arc\,tg}\frac{B_m}{A_m}\right)$$

8-12. 试用本节所述的有关定理说明：若干同频率正弦波之和仍为一同频率的正弦波。

证明： 设有 n 个同频率的正弦波。

$$a_1=A_{m1}\cos(\omega t+\varphi_1)=\mathscr{Re}[\dot{A}_1e^{j\omega t}]$$
$$a_2=A_{m2}\cos(\omega t+\varphi_2)=\mathscr{Re}[\dot{A}_2e^{j\omega t}]$$
$$a_3=A_{m3}\cos(\omega t+\varphi_3)=\mathscr{Re}[\dot{A}_3e^{j\omega t}]$$
$$\vdots$$
$$a_n=A_{mn}\cos(\omega t+\varphi_n)=\mathscr{Re}[A_ne^{j\omega t}]$$

则 $$\sum_{k=1}^{n}a_k=\sum_{k=1}^{n}\mathscr{Re}\dot{A}_ke^{j\omega t}=\mathscr{Re}\left[\sum_{k=1}^{n}\dot{A}_ke^{j\omega t}\right]=\mathscr{Re}[\dot{C}e^{j\omega t}]$$

其中 $$\sum_{k=1}^{n}\dot{A}_k=\dot{A}_1+\dot{A}_2+\dot{A}_3+\dot{A}_4+\cdots+\dot{A}_n=\dot{C}$$

即若干个复数和仍为一个复数。故得

$$\sum_{k=1}^{n}a_k=\mathscr{Re}[\dot{C}e^{j\omega t}]=C_m\cos(\omega t+\varphi)$$

8-13. 接续例 8-11，试根据已求得的 u_c 稳态响应，求出 i_L、u_L 及 u_R 的稳态响应。

解： 在例 8-11 图 8-24 中，求得

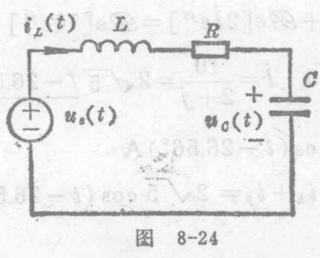


图 8-24

$$u_{cp}(t)=0.316\cos(2t-108.4°)$$

则 $$u_{cp}(t)=\mathscr{Re}[0.316e^{-j108.4°}e^{j2t}]$$

$$i_L=i_c=C\frac{du_c}{dt}=C\frac{d}{dt}\mathscr{Re}[0.316e^{-j108.4°}e^{j2t}]$$

$$=\mathscr{Re}[0.316\times j2\times e^{j2t}\cdot e^{-j108.4°}]$$

$$=\mathscr{Re}[0.632e^{-j18.4°}e^{j2t}]$$

$$=0.632\cos(2t-18.4°)\text{A}$$

$$u_L=L\frac{di}{dt}=-\frac{1}{2}\times0.632\times2\sin(2t-18.4°)$$

$$=0.632\cos(2t+71.6°)\text{V}$$

$$u_R=Ri_L=\frac{3}{2}\times0.632\cos(2t-18.4°)$$

$$=0.948\cos(2t-18.4°)\text{V}$$

其 u_L 与 u_R 均与 $i_L(t)$ 取关联参考方向。

8-14. 用相量法求解练习题 8-4。

解： $$Ri+L\frac{di}{dt}=10\cos t,$$

又 $$i=i_h+i_p$$

其中 $i_h=Ke^{-\frac{t}{\tau}}=Ke^{-2t}$ 令 $i_p=\mathscr{I}_m\cos(t+\varphi_i)$

$i_p=\mathscr{Re}[\dot{I}e^{jt}]$ 将其代入微分方程

$$L\frac{d}{dt}\mathscr{Re}[\dot{I}e^{j}t]+R\mathscr{Re}[\dot{I}e^{jt}]=\mathscr{Re}[10e^{jt}]$$

$$\mathscr{Re}[j\dot{I}e^{jt}]+\mathscr{Re}[2\dot{I}e^{jt}]=\mathscr{Re}[10e^{jt}]$$

$$\dot{I}(2+j)=10,\quad \dot{I}=\frac{10}{2+j}=2\sqrt{5}\underline{/-26.56°}\text{ A}$$

所以 $i_p=2\sqrt{5}\cos(t-26.56°)\text{A}$

完全响应 $i(t)=i_h+i_p=2\sqrt{5}\cos(t-26.56°)+Ke^{-2t}$

由初始条件得

$$i(0)=2\sqrt{5}\cos(-26.56°)+K=0, \text{ 则 } K=-4$$

所以 $\quad i(t)=2\sqrt{5}\cos(t-26.56°)-4e^{-2t}\text{A} \quad t\geqslant 0$

8-15. RLC 串联电路在 $t=0$ 时与正弦电压 $2\cos 2t$ 接通。已知：$R=5\Omega$、$L=1\text{H}$、$C=1/4\text{F}$；$u_c(0)=1\text{V}$，$i(0)=1\text{A}$。试求电流的完全响应。

解： $\quad Ri+u_c+L\dfrac{di}{dt}=2\cos 2t$

$$RC\frac{du_c}{dt}+u_c+LC\frac{d^2u_c}{dt^2}=2\cos 2t$$

$$\frac{5}{4}\frac{du_c}{dt}+u_c+\frac{1}{4}\frac{d^2u_c}{dt^2}=2\cos 2t,$$

$$u_c=u_{ch}+u_{cp},$$

求 u_{ch}：其特征方程为

$$\frac{1}{4}s^2+\frac{5}{4}s+1=0, \qquad s^2+5s+4=0$$

$$s_1=-1, \quad s_2=-4$$

则 $$u_{ch}=K_1e^{-t}+K_2e^{-4t}.$$

求u_{cp} $\quad$ 设 $u_{cp}=U_{cm}\cos(2t+\varphi_u)=\mathscr{R}e[\dot{U}_{cm}e^{j2t}]$

将其代入微分方程式中得

$$10j\dot{U}_{cm}+4\dot{U}_{cm}+4j^2\dot{U}_{cm}=8$$

$$10j\dot{U}_{cm}=8, \quad \dot{U}_{cm}=\frac{8}{10\underline{/90°}}=0.8\underline{/-90°}$$

则 $\quad u_{cp}=0.8\cos(2t-90°)\text{V}$

完全响应为 $\quad u_c(t)=K_1e^{-t}+K_2e^{-4t}+0.8\cos(2t-90°)$

由 $\quad u_c(0)=K_1+K_2=1$

又由 $\quad i(0)=C\dfrac{du_c}{dt}\Big|_0=1$，得 $K_1+4K_2=-2.4$

解得 $\quad K_1=-1.1, \quad K_2=2.1$

故 $u_c=2.1e^{-t}-1.1e^{-4t}+0.8\cos(2t-90°)\text{V} \quad t\geqslant0$

$$i_c=c\frac{du_c}{dt}=1.1e^{-4t}-0.53e^{-t}+0.4\cos2t\ \text{A}, \quad t\geqslant0$$

习 题 八

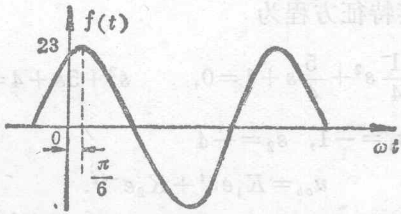
1. (1) 绘出函数 $f(t)=23\cos(5000t-30°)$的波形图。

(2) 问该函数的最大值、角频率、频率、周期各为多少?

(3) 问该函数分别与下列各函数的相位关系如何?

$\cos5000t$; $\sin5000t$, $\sin(5000t+60°)$; $\sin(5000t-60°)$。

解: (1) 其波形如图题 8-1 所示, 振幅为 23, 初相为$-\frac{\pi}{6}$。



图题 8-1

(2) 最大值$=23$, 角频率 $\omega=5000\text{rad/s}$

频率 $f=\frac{\omega}{2\pi}=\frac{5000}{2\times3.14}=796\text{Hz}$

周期 $T=1.256\text{ms}$.

(3) $f(t)$ 滞后$\cos5000t$ 角 30°; 超前$\sin5000t$ 角 60°; 与$\sin(5000t+60°)$同相, 超前$\sin(5000t-60°)$120°。

2. 用示波器测得图题 8-2 所示电路的各电压如图中所示。

(1) 试写出 u_{ac}、u_{bc}、u_{dc} 及 u_{cd} 的表示式。

(2) 如果电流 i 与 u_{1c} 同相, 问 i 分别与 u_{ac} 及 u_{bc} 的相位关系如何?