教师参考用书

电路分析基础
习题解答

下册

北京工业学院自动控制系
电子电路教研室 编写

北京工业学院

教师参考用书

电路分析基础习题解答

下册

北京工业学院自动控制系
电子电路教研室 编

北京工业学院

教师参考用书

电路分析基础习题解答

下 册

北京工业学院

自控系电子电路教研室 编

*

北 京 工 业 学 院 出版

北京工业学院印刷厂 印装

*

开本 787×1092 1/32 印张 11.438 字数 280,000

1980年6月第一版

1980年6月第一次印刷

印数 00,001—80,000 定价 1.25 元

目　录

第八章　正弦激励下电路的完全响应

练　习　题

8-1.　求图 8－2 所示各波形的周期和频率。

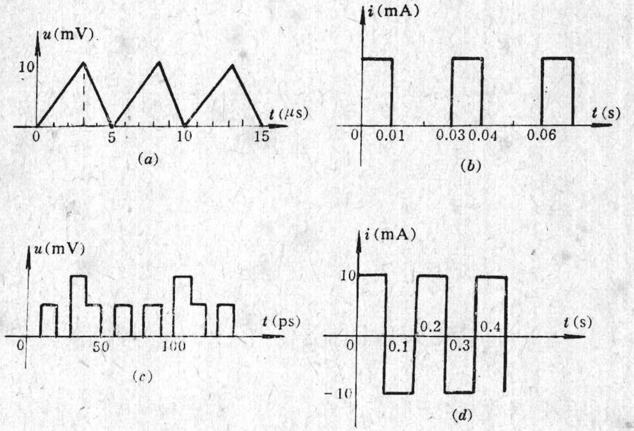


图 8—2　练习题 8—1

解:

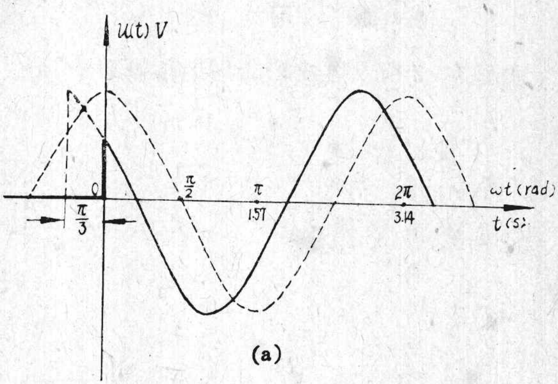
(a)　　$T=5\mu s$，$f=\dfrac{1}{T}=\dfrac{1}{5\times10^{-6}}=200\text{kHz}$.

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

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

(d) $T=0.2s$， $f=\frac{1}{T}=\frac{1}{0.2}=5Hz$.

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



(a)

解：

(1 先以 ωt 为横坐标画画 $\cos 2t$，波形如虚线所示。又因所给电压波的初相为60°，即$\frac{\pi}{3}$。故再将 $\cos 2t$ 向左移$\frac{\pi}{3}$。即得 $\cos(2t+60°)$ 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 $t\geqslant 0$ 时存在。当 $t<0$ 时，$u(t)=0$ 。

2） 以 t 为横坐标：

∵ $\omega=2\pi f$，则 $T=\frac{2\pi}{\omega}=\frac{2\pi}{2}=\pi=3.14s$.

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。

8-3. 图8－10所示电压波形，其最大值为1V，试写出时

间起点分别定在 A、B、C、D、E 各点时电压 $u(t)$ 的表示式。

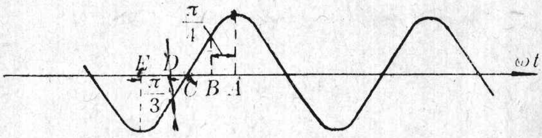


图 8—10 练习题 8—3

解：时间起点在 A 时：

$$u(t)=\cos\omega t\,\mathrm{V}$$

时间起点在 B 时：

$$u(t)=\cos\left(\omega t-\frac{\pi}{4}\right)\mathrm{V}$$

时间起点在 C 时：

$$u(t)=\cos\left(\omega t-\frac{\pi}{2}\right)\mathrm{V}$$

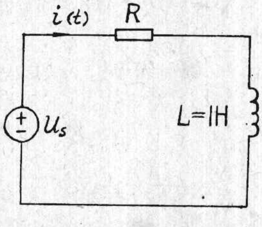
时间起点在 D 时：

$$u(t)=\cos\left(\omega t-\frac{2}{3}\pi\right)\mathrm{V}$$

时间起点在 E 时：

$$u(t)=\cos(\omega t-\pi)=-\cos\omega t\,\mathrm{V}\ .$$

8-4. RL 串联电路 $R=2\Omega$、$L=1\mathrm{H}$，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：$$Ri + L\frac{di}{dt} = 10\cos t \quad t \geqslant 0$$

$$i = i_{\mathrm{h}} + i_{\mathrm{p}}$$

又 $$i_{\mathrm{h}} = Ke^{-\frac{t}{\tau}}，其中\ \tau = \frac{L}{R} = \frac{1}{2}\mathrm{s}$$

而 $i_{\mathrm{p}} = I_{\mathrm{m}}\cos(t + \varphi_{\mathrm{i}})$，将其代入方程式

则有 $RI_{\mathrm{m}}\cos(t + \varphi_{\mathrm{i}}) - LI_{\mathrm{m}}\sin(t + \varphi_{\mathrm{i}}) = 10\cos t$

$$[2\cos(t + \varphi_{\mathrm{i}}) - \sin(t + \varphi_{\mathrm{i}})]I_{\mathrm{m}} = 10\cos t$$

$$\sqrt{5}\left[\frac{2}{\sqrt{5}}\cos(t + \varphi_{\mathrm{i}}) - \frac{1}{\sqrt{5}}\sin(t + \varphi_{\mathrm{i}})\right]I_{\mathrm{m}} = 10\cos t$$

$$\sqrt{5}\,I_{\mathrm{m}}\cos(t + \varphi_{\mathrm{i}} + 26.56°) = 10\cos t$$

由此可知 $I_{\mathrm{m}} = \frac{10}{\sqrt{5}} = 2\sqrt{5}\ \mathrm{A}$，$\varphi_{\mathrm{i}} + 26.56° = 0$.

$\therefore$ $$\varphi_{\mathrm{i}} = -26.56°$$

故 $$i_{\mathrm{p}} = 2\sqrt{5}\cos(t - 26.56°)\ \mathrm{A}$$

$$i(t) = i_{\mathrm{h}} + i_{\mathrm{p}} = 2\sqrt{5}\cos(t - 26.56°) + Ke^{-2t}$$

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

$$K = -2\sqrt{5}\cos 26.56° = -4$$

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

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

$5\angle 30°$，$5\angle 150°$，$5\angle -150°$，$5\angle -30°$，$10\angle 240°$，$2\angle 90°$，$2\angle -90°$ 及 $2\angle 180°$ 。

解:

1) $5\angle 30° = 5\cos 30° + j5\sin 30° = 4.33 + j2.5$.

2) $5\angle 150° = 5\cos 150° + j\sin 150°$

$= -5\cos 30° + j5\sin 30° = -4.33 + j2.5$.

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

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

4) $5\angle -30° = 5\cos(-30°) + j5\cos(-30°)$

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

5) $10\angle 240° = 10\cos 240° + j10\sin 240°$

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

6) $2\angle 90_{\circ} = 2\cos 90° + j2\sin 90° = 2j$

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

8) $2\angle 180° = 2\cos 180° + j2\sin 180° = -2 + j0 = -2$.

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) $1+j1 = \sqrt{1+1}\angle \text{arctg}1 = \sqrt{2}\angle 45°$

2) $1+j10=\sqrt{1+10^2}\underline{/\text{arc tg}10}=10.05\underline{/84.3^\circ}$.

3) $1-j1=\sqrt{2}\underline{/-45^\circ}$

4) $-1-j=-(1+j)=-\sqrt{2}\underline{/45^\circ}=\sqrt{2}\underline{/-135^\circ}$

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

6) $j4=4\underline{/90^\circ}$

7) $-j4=4\underline{/-90^\circ}$

8) $3=3\underline{/0^\circ}$

9) $-3=3\underline{/180^\circ}$.

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

解:
$$A=3+j4=5\underline{/53.1^\circ}$$
$$B=10\underline{/60^\circ}=10\cos60^\circ+j10\sin60^\circ=5+j8.66$$
$$A+B=3+j4+5+j8.66=8+j12.66$$
$$A\cdot B=5\underline{/53.1^\circ}\ 10\underline{/60^\circ}=50\underline{/113.1^\circ}$$
$$\frac{A}{B}=\frac{5\underline{/53.1^\circ}}{10\underline{/60^\circ}}=0.5\underline{/-6.9^\circ}.$$

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 $a=17$，

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

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

故得

$$K=17-j9.17$$

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

解：

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

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

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

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

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

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

其相量图如图(a)所示。

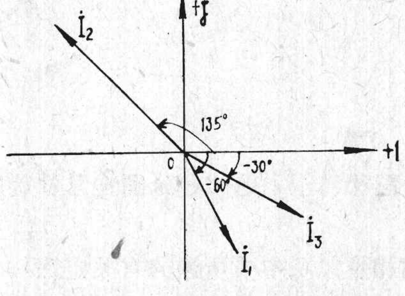


图 (a)

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

解：

$$i_1=5\sin(\omega t+30°)$$

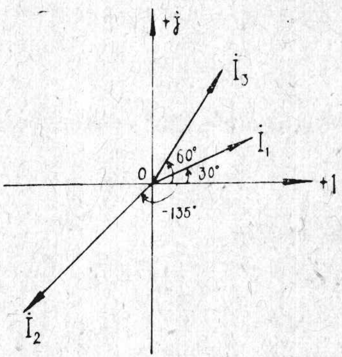
$$\dot{I}_1=5\underline{/30°}$$

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

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

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

$$\dot{I}_3=6\underline{/60°}$$



图（a）

本题的相量图相当于上题的相量图逆时针旋转90°。如图(a)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 $\quad a = A_m \cos \omega t$

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

且令 $\quad c = a + b$.

用相量法求 c 最为方便。

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

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

$\dot{C}$ 为对应于 c 的相量。故知

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

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

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

$$a_1 = A_{m1} \cos(\omega t + \varphi_1) = \mathscr{R}e[\dot{A}_1 e^{j\omega t}]$$

$$a_2 = A_{m2} \cos(\omega t + \varphi_2) = \mathscr{R}e[\dot{A}_2 e^{j\omega t}]$$

$$a_3 = A_{m3} \cos(\omega t + \varphi_3) = \mathscr{R}e[\dot{A}_3 e^{j\omega t}]$$

$$\vdots$$

$$a_n = A_{mn} \cos(\omega t + \varphi_n) = \mathscr{R}e[\dot{A}_n e^{j\omega t}]$$

$$\text{则}\quad \sum_{K=1}^{n}\alpha_k=\sum_{K=1}^{n}\mathscr{R}e\dot{A}_k e^{j\omega t}=\mathscr{R}e\left[\sum_{K=1}^{n}\dot{A}_k e^{j\omega t}\right]$$

$$=\mathscr{R}e\left[\dot{C}e^{j\omega t}\right]$$

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

即若干个复数和仍为一个复数。

$$\therefore\quad \sum_{K=1}^{n}\alpha_k=\mathscr{R}e[\dot{C}e^{j\omega t}]=C_m\cos(\omega t+\phi)\ .$$

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 的u_R 稳态响应。

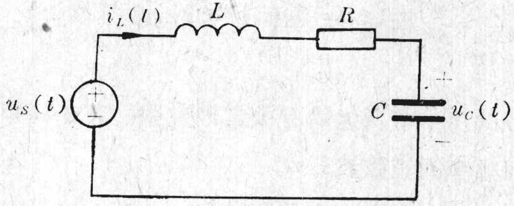


图 8—24

解： 在例 8－11 图 8－24 中，求得

$$u_{CP}(t)=0.316\cos(2t-108.4°).$$

$$\text{则}\quad u_{CP}(t)=\mathscr{R}e[0.316e^{-j108.4°}e^{j2t}]$$

$$i_L=i_C=C\frac{du_C}{dt}=C\frac{d}{dt}\mathscr{R}e[0.316e^{-j108.4°}\cdot e^{j2t}]$$

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

$$=\mathscr{R}e[0.632\,e^{-j18.4^\circ}\,e^{j2t}]$$

$$=0.632\cos(2t-18.4^\circ)\text{A}.$$

$$u_L=L\frac{di}{dt}=-\frac{1}{2}\times 0.632\times 2\sin(2t-18.4^\circ)$$

$$=0.632\cos(2t+71.6^\circ)\text{V}.$$

$$u_R=Ri_L=\frac{2}{3}\times 0.632\cos(2t-18.4^\circ)$$

$$=0.948\cos(2t-18.4^\circ)\text{V}.$$

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

$$Ri+L\frac{di}{dt}=10\cos t,\qquad i=i_h+i_p$$

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

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

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

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

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

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

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

由初始条件得：

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

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

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： $$iR+u_C+L\frac{di}{dt}=2\cos 2t$$

$$CR\frac{du_C}{dt}+u_C+LC\frac{d^2u_C}{dt^2}=2\cos 2t$$

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

$u_C=u_{Ch}+u_{Cp}$，求 u_{Ch}：其特征方程为

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

$$S_1=-1,\ S_2=-4\ .$$

则 $\quad u_{Ch}=K_1e^{-t}+K_2e^{-4t}$，

求 $\quad u_{Cp}$：

设 $\quad u_{Cp}=U_{Cm}\cos(2t+\varphi u)=\mathscr{R}e[\dot{U}_{Cm}e^{j2t}]$

将其代入微分方程式中得：

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

$$10j\dot{U}_{cm}=8，\ \dot{U}_{cm}=\frac{8}{10\angle 90^\circ}=0.8\angle -90^\circ$$

则　　$u_{CP}=0.8\cos(2t-90^\circ)$

完全响应

$$u_C(t)=K_1e^{-t}+K_2e^{-4t}+0.8\cos(2t-90^\circ)$$

由　　$u_C(0)=1=K_1+K_2$

$$i(0)=C\frac{du_C}{dt}\bigg|_{t=0}=1$$

得　　$K_1+4K_2=-2.4$

解得：　$K_1=-1.1，\ K_2=2.1$.

故　　$u_C=2.1e^{-t}-1.1e^{-4t}+0.8\cos(2t-90^\circ)\mathrm{V}$

$$i_C=C\frac{du_C}{dt}=1.1e^{-4t}-0.53e^{-t}+0.4\cos 2t\,\mathrm{A}$$

习　题　八

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

（2）问该函量的最大值、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？

$\cos 5000t$；$\sin 5000t$；$\sin(5000t+60^\circ)$；$\sin(5000t-60^\circ)$。