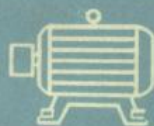


DIANGONG YUANLI
XITIJI

电工原理 习题集

(下)



人民铁道出版社

电工原理习题集

(下)

上海铁道学院电信系编

内 容 提 要

本书是《电工原理习题集》的下册，内容包括《电工原理》第七章至第十三章（即正弦交流电路、符号法、谐振、互感、三相电路、非正弦周期讯号和过渡过程）的习题。共选有思考题、例题、习题三百多个。

、为了便于读者自学，文字力求通俗易懂，理论联系实际，按照各个小节内容，依次列举了较多的例题。每个例题都对公式来源和计算过程进行了较详细的分析，然后选择了一定数量的习题。对难度较大的习题加注了提示，便于读者思考，每个习题在书末均附有答案。

本书可供电视教育讲座的听众和广大电工爱好者自学之用。

电工原理习题集

(下)

上海铁道学院电信系编

人民铁道出版社出版

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

西安新华印刷厂印刷

开本：787×1092 $\frac{1}{2}$ 印张：6 字数：135 千

1978年8月第1版 1978年8月第1次印刷

统一书号：15043·4046 定价：0.43 元

前 言

在党的十一大精神鼓舞下，全国人民决心紧跟以英明领袖华主席为首的党中央，大干快上，为在本世纪内把我国建设成为伟大的社会主义的现代化强国，争取对人类作出较大的贡献而努力奋斗。广大青少年为革命学文化、学科学的积极性空前高涨，我国社会主义的文化建设新高潮正在到来。遵照党中央关于扩大和加快发展各级各类教育的指示，教育部和中央广播事业局在去年十二月于北京电视台举办了电视教育讲座，并暂选我院1974年所编“电工原理”一书作为电子技术讲座的基础部分教材。广大读者纷纷来信要求出版与之配套的“习题集”。

习题集的出版，两年前已有许多方面提出过要求，迄未实现。在粉碎了万恶的“四人帮”所炮制的“两个估计”的今天，编者们的思想得到了解放，在大好形势的鼓舞和促进下，教研组全体同志在领导的支持和人民铁道出版社的有力配合下，以只争朝夕精神，突击完成了这本书的编辑工作。使本书能够为广大的为社会主义建设而刻苦学习的读者服务，我们深感愉快。

习题集的内容紧密配合“电工原理”一书，章节顺序完全相同。根据电子技术需要，内容略有补充，在编排顺序上，每章前写有简明的内容提要，紧接着列出一些思考题，以帮助读者复习基本概念，也是作习题前的准备工作。为了便于读者自学，按照各个小节内容，依次列举出较多的例题，每个例题都对所用到的公式来源和计算过程尽可能进行了较详尽的分析，然后搭配一定数量的习题。此外，难度较

大的习题加了提示，每个习题在书末都附有答案。

习题集分上、下两册。上册内容（第1～6章）主要是直流电路部分；下册内容（第7～13章）主要是交流电路部分。

本习题集由教研组全体同志分工选题，作解，由张升平、朱培均主编，胡象源、吴汶麒校阅。

由于我们的水平不高，加之时间仓促，书中一定存在不少问题和错误，希望读者批评指正。

编 者

1978年1月

目 录

第七章 正弦交流电路的基本概念	1
提要	1
思考题	3
例题	6
习题	14
第八章 正弦交流电路的符号法	19
提要	19
思考题	22
例题	27
习题	43
第九章 谐振	51
提要	51
思考题	52
例题	55
习题	67
第十章 互感耦合电路及变压器	74
提要	74
思考题	76
例题	78
习题	92
第十一章 三相电路	98
提要	98
思考题	99
例题	100

习题	115
第十二章 非正弦周期讯号	119
提要	119
思考题	121
例题	123
习题	137
第十三章 过渡过程	142
提要	142
思考题	145
例题	146
习题	159
各章答案	167

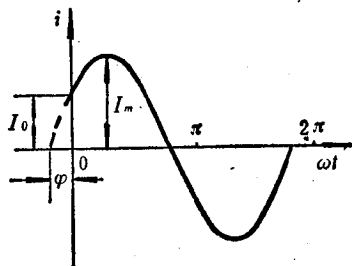
第七章 正弦交流电路的基本概念

提 要

※ 随时间按正弦规律变化的电流和电压称为**正弦交流电**。正弦交流电可以用函数式及波形图来表示。例如，正弦电流的瞬时值函数式为

$$i = I_m \sin(\omega t + \psi)$$

其中 I_m 是电流的最大值（也称为**振幅**或**峰值**）， ω 是角频率， ψ 为初相角。这三者称为正弦交流电的三要素。与瞬时值函数式相对应的波形图如右图所示。



※ 交流电的**有效值**，就是与它的热效应相等的直流值。对于正

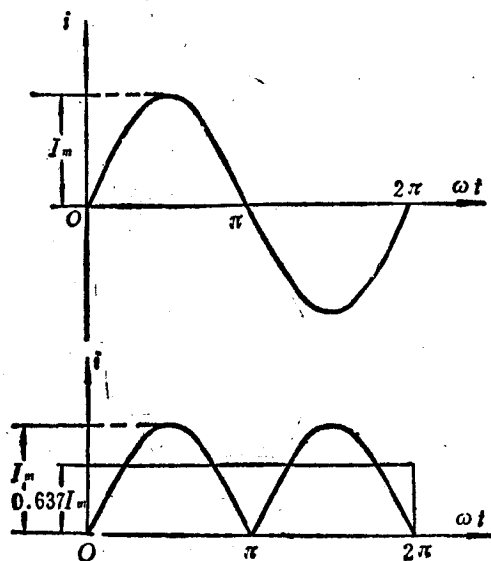
弦交流电来说，有效值等于最大值的 $\frac{1}{\sqrt{2}}$ ，即是最大值的0.707倍。

$$I = \frac{I_m}{\sqrt{2}} = 0.707 I_m$$

$$U = \frac{U_m}{\sqrt{2}} = 0.707 U_m$$

※ 交流电的平均值，是指交流电一个周期内的平均值，由于正弦交流电正负两个半波对横轴所围面积相等，所

以平均值等于零。但如果利用整流电路将负半波倒过来如下图所示，其平均值可由数学推导出



$$I_{\text{平均}} = \frac{2}{\pi} I_m = 0.637 I_m$$

相当于用一个矩形来代替两个半波所围的面积，矩形的高就等于 $0.637 I_m$ 。

※ 两个同频率的正弦交流电的相位之差（也即是它们初相角之差）称为**相位差**。相位差反映了正弦交流电在相位上的超前和滞后关系。在分析电路问题时，对时间起点的选择，可任意指定某一电压或电流的初相角为零，叫参考正弦量，而其余电压和电流的初相角则由它们之间所具有的相位差来确定。

※ 交流电和直流电的本质区别在于交流电的大小和方向是随时间变化的，因此在交流电路中就有不同于直流电的

现象和规律。交流电路中需要考虑的元件有三个：电阻(R)，电容(C)，电感(L)。

※ 在纯电阻正弦交流电路中，电压与电流**同相位**，即相位差 $\varphi=0$ ；电压与电流的有效值之间的关系为

$$I = \frac{U}{R}$$

※ 在纯电容正弦交流电路中，电流 i 在相位上比电压 u 超前 90° ，或者说电压 u 在相位上比电流 i 滞后 90° 。电压和电流的有效值之间的关系为

$$I = \frac{U}{\frac{1}{\omega C}} = \frac{U}{X_C}$$

其中 $X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C}$ 称为**容抗**，单位是欧。

※ 在纯电感正弦交流电路中，电压 u 在相位上比电流 i 超前 90° ，或者说电流 i 在相位上比电压 u 滞后 90° 。电压和电流的有效值之间的关系为

$$I = \frac{U}{\omega L} = \frac{U}{X_L}$$

其中 $X_L = \omega L = 2\pi f L$ 称为**感抗**，单位是欧。

思 考 题

7-1 什么是交流电、周期性交流电和正弦交流电？在交流电路中为什么要标定电流正方向与电压极性？

7-2 什么是交流电的瞬时值和最大值(振幅)？什么是交流电的周期、频率和角频率？它们之间有什么关系？

7-3 什么是正弦交流电的三要素？

7-4 在交流电路中，相位(相位角)、初相位(初相角)和相位差各表示什么？它们之间有什么不同？又有什么联

系？初相角的大小与什么有关？

7-5 “超前”、“滞后”和“同相”是什么意思？图7-1中 i 与 u 哪个超前？

哪个滞后？对不同频率的正弦量，是否存在这些概念？

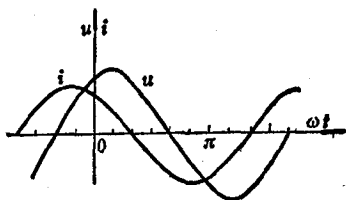


图 7-1

7-6 什么是周期电流的有效值？正弦交流电的有效值和最大值

的关系如何？对非正弦电流来讲，这个关系是否成立？

7-7 日常灯泡上的额定电压为220伏，实际上它承受的最大电压是多少？

7-8 正弦量的最大值和有效值是否随时间变化？它们是否和频率、初相位有关？为什么？

7-9 为什么在正弦交流电路中，电阻上的电流与电压同相位？ u 与 i 的初相角是否一定为零？下列公式哪些正确？哪些不正确？

$$\textcircled{1} \quad i = \frac{U}{R}, \quad \textcircled{2} \quad I = \frac{U}{R},$$

$$\textcircled{3} \quad i = \frac{U_m}{R}, \quad \textcircled{4} \quad i = \frac{u}{R}.$$

7-10 当正弦交流电压加于非线性电阻上时，流过这个电阻的电流是否也按正弦规律变化？为什么？

7-11 为什么电容器两端加有直流电压时，电路中没有电流，而当加有交流电压时，就有电流？

7-12 容抗表示什么？它与那些因素有关？

为什么 $X_c \propto \frac{1}{f}$ ？

7-13 在正弦交流纯电容电路中,为什么电流比电压超前 $\frac{\pi}{2}$? 下列各式,哪些正确? 哪些不正确?

$$\textcircled{1} \quad i = \frac{u}{X_C}, \quad \textcircled{2} \quad i = \frac{u}{\omega C},$$

$$\textcircled{3} \quad I = \frac{U}{\omega C}, \quad \textcircled{4} \quad I = \frac{U}{C},$$

$$\textcircled{5} \quad I = U \omega C.$$

7-14 感抗表示什么? 它与哪些因素有关? 为什么 $X_L \neq \frac{u}{i}$?

7-15 在正弦交流纯电感电路中,为什么电流比电压滞后 $\frac{\pi}{2}$? 下列各式,哪些正确? 哪些不正确?

$$\textcircled{1} \quad i = \frac{u}{X_L}, \quad \textcircled{2} \quad i = \frac{u}{\omega L},$$

$$\textcircled{3} \quad I = \frac{U}{\omega L}, \quad \textcircled{4} \quad I = \frac{U}{L},$$

$$\textcircled{5} \quad I = \frac{U_m}{\omega L}.$$

7-16 电阻器、电容器和电感线圈在交流电路中的作用有何不同? 直流电路中频率、感抗和容抗各为多少? 为什么直流能通过线圈而不能通过电容器? 为什么高频电流容易通过电容,而不容易通过电感?

7-17 分析图 7-2 所示电路,当正弦交流电源电压有效值不变,而频率升高一倍时,各安培表的读数怎样变化? 为什么?

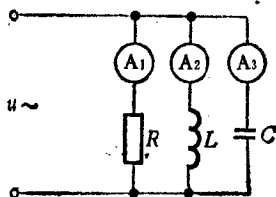


图 7-2

例 题

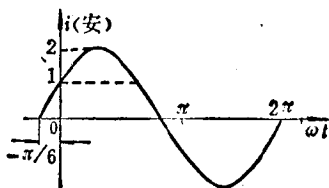
7-1 已知一正弦电流的振幅 $I_m = 2$ 安, 频率 $f = 50$ 赫, 初相角 $\psi_i = \frac{\pi}{6}$, 写出它的瞬时值函数式, 并绘出它的波形图。

解 根据所给数据, 电流的瞬时值函数式是

$$i = I_m \sin(\omega t + \psi_i)$$

$$= 2 \sin\left(2\pi \times 50t + \frac{\pi}{6}\right)$$

$$= 2 \sin\left(314t + \frac{\pi}{6}\right) \text{ 安}$$



波形图如图 7-3 所示。

图 7-3

波形图画得正确与否可以这样简单地检验一下, 当 $t=0$ 时, 由上式得 $i = 2 \sin \frac{\pi}{6} = 1$, 即为正值, 与波形图上相符。

7-2 已知一正弦电流 $i = 5 \sin(\omega t + 30^\circ)$ 安, $f = 50$ 赫, 问在 $t = 0.1$ 秒时, 电流的瞬时值为多少安?

解 当 $f = 50$ 赫时, $\omega = 2\pi f = 2\pi \times 50 = 314$ 弧度/秒, 当 $t = 0.1$ 秒时, $\omega t = 314 \times 0.1 = 31.4$ 弧度。代入得

$$i = 5 \sin(31.4 + 30^\circ) \text{ 安}$$

但式中的相位角 $(31.4 + 30^\circ)$ 不能直接相加。需将弧度换算成角度, 即 $31.4 \times \frac{180^\circ}{\pi} = 1800^\circ = 5 \times 360^\circ$ 。则

$$i = 5 \sin(5 \times 360^\circ + 30^\circ) = 5 \sin 30^\circ = 5 \times \frac{1}{2} = 2.5 \text{ 安}$$

即该电流在 $t = 0.1$ 秒时的瞬时值为 2.5 安。

7-3 已知电流的瞬时值函数式为 $i = \sin(1000t + 30^\circ)$ 安, 试求其最大值、角频率、频率与初相角, 并问该电流经

多少时间后第一次出现最大值?

解 根据题意, 电流的最大值 $I_m = 1$ 安, 角频率 $\omega = 1000$ 弧度/秒, 频率 $f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{1000}{2\pi} = 159$ 赫, 初相角 $\psi_i = 30^\circ$ 。

当电流第一次出现最大值时必须 $1000t + 30^\circ = 90^\circ$, 化为同一单位, 即 $1000t = 90^\circ - 30^\circ = \frac{\pi}{2} - \frac{\pi}{6} = \frac{\pi}{3}$ 。则可求得

$$t = \frac{\frac{\pi}{3}}{1000} = 1.05 \times 10^{-3} \text{ 秒} = 1.05 \text{ 毫秒}$$

7-4 已知电压与电流的瞬时值函数式为

$$u = U_m \sin(1000t + 70^\circ) \text{ 伏}; \quad i = I_m \sin(1000t + 10^\circ) \text{ 安}。$$

试问电压和电流哪个超前、超前多少角度和超前多少时间?

解 根据题意, 已知 $\psi_u = 70^\circ$, $\psi_i = 10^\circ$, 故可求得电压和电流之间的相位差为

$$\psi_u - \psi_i = 70^\circ - 10^\circ = 60^\circ > 0$$

所以电压超前于电流 60° (即 $\frac{\pi}{3}$ 弧度)。

从角度随时间按正比例变化关系式 $\alpha = \omega t$ 可得出 $t = \frac{\alpha}{\omega}$, 所以电压超前于

电流的时间为

$$\begin{aligned} t &= \frac{\pi/3}{1000} \\ &= \frac{\pi}{3000} = 1.05 \text{ 毫秒} \end{aligned}$$

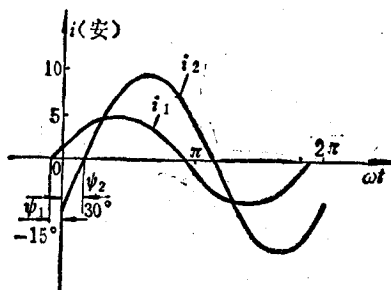


图 7-4

7-5 图 7-4 表示两个同频率正弦交变电

流的波形图。试求：（1）当周期 $T=0.02$ 秒时，它们的频率和角频率各为多少？（2）它们哪个滞后，哪个超前？它们之间的相位差又为多少？并写出这两个电流的瞬时值函数式。电流的最大值 I_{m1} 、 I_{m2} 、及对应的初相角 ψ_1 、 ψ_2 已在图中标出。

解 （1）因为 $T=\frac{1}{f}$ ，所以

$$f=\frac{1}{T}=\frac{1}{0.02}=50\text{赫}$$

$$\omega=2\pi f=2\pi\times 50=314\text{弧度/秒}$$

（2）从图中可看出 $\psi_1=+15^\circ$ ， $\psi_2=-30^\circ$ 。故它们之间的相位差为

$$\psi_1-\psi_2=15^\circ-(-30^\circ)=15^\circ+30^\circ=45^\circ>0$$

从波形图和计算结果均可看出电流 i_1 超前电流 i_2 45° 。

又根据图示 $I_{m1}=5$ 安， $I_{m2}=10$ 安，可写出电流的瞬时值函数式分别为

$$i_1=5\sin(314t+15^\circ)\text{安}$$

$$i_2=10\sin(314t-30^\circ)\text{安}$$

7-6 用双踪示波器测得两个同频正弦交流电压的波形如图7-5所示。若此时示波器面板上的“时间选择”开关放在“0.5毫秒/格”档，“Y轴坐标”开关放在“10伏/格”档，试写出 $u_1(t)$ 及 $u_2(t)$ 的瞬时值函数式，并求出这两个电压的相位差。

解 从图7-5可见，这两个电压的一个周期各占八格，则可求得 $T=8\times 0.5=4$ 毫

$$\text{秒， } f=\frac{1}{T}=\frac{10^3}{4}=250\text{赫，}$$

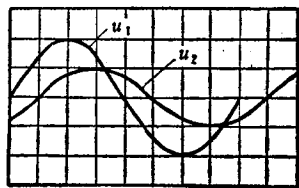


图7-5

$\omega = 2\pi f = 500\pi$ 弧度/秒。

从图 7-5 上又可看出, U_{m1} 共占 2 格, U_{m2} 占 1 格, 因此

$$U_{m1} = 2 \times 10 = 20 \text{ 伏}, \quad U_{m2} = 1 \times 10 = 10 \text{ 伏}$$

从图 7-5 上还可看出, u_1 超前于 u_2 , 在时间坐标上相差 1 格, 即 $1/8$ 周期, 因而 u_1 超前于 u_2 的 φ 角为

$$\varphi = \frac{2\pi}{8} = \frac{\pi}{4}$$

即这两个电压的相位差为 $\frac{\pi}{4}$ 。若设 $u_1(t)$ 为参考正弦量, 则其瞬时值函数式为

$$\begin{cases} u_1(t) = 20 \sin 500\pi t \text{ 伏} \\ u_2(t) = 10 \sin \left(500\pi t - \frac{\pi}{4} \right) \text{ 伏} \end{cases}$$

若设 $u_2(t)$ 为参考正弦量, 则其瞬时值函数式为

$$\begin{cases} u_1(t) = 20 \sin \left(500\pi t + \frac{\pi}{4} \right) \text{ 伏} \\ u_2(t) = 10 \sin 500\pi t \text{ 伏} \end{cases}$$

7-7 已知 $u_1 = 220\sqrt{2} \sin \left(314t - \frac{\pi}{6} \right)$ 伏, $u_2 = 380\sqrt{2} \sin 314t$ 伏。求各正弦电压的振幅值、有效值、初相角、角频率、频率、周期及两者之间的相位差? 并画出 u_1 和 u_2 的波形图。

解 因为 $u_1 = 220\sqrt{2} \sin \left(314t - \frac{\pi}{6} \right)$ 伏, $u_2 = 380\sqrt{2} \sin 314t$ 伏, 所以电压的振幅为

$$U_{m1} = 220\sqrt{2} = 311 \text{ 伏}, \quad U_{m2} = 380\sqrt{2} = 537 \text{ 伏}$$

电压的有效值为

$$U_1 = 220 \text{ 伏}, \quad U_2 = 380 \text{ 伏}$$

初相角分别为

$$\psi_1 = -\frac{\pi}{6} = -30^\circ; \psi_2 = 0$$

角频率为

$$\omega_1 = \omega_2 = 314 \text{ 弧度/秒}$$

频率为

$$f_1 = f_2 = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{314}{2\pi} = 50 \text{ 赫}$$

周期为

$$T_1 = T_2 = \frac{1}{f_1}$$

$$= 0.02 \text{ 秒}$$

两者之间的相位差

为

$$\begin{aligned} \psi_1 - \psi_2 &= -\frac{\pi}{6} - 0 \\ &= -\frac{\pi}{6} \end{aligned}$$

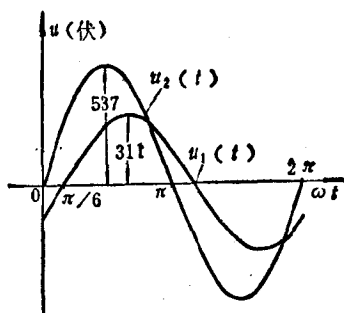


图 7-6

u_1 与 u_2 的波形图如图 7-6 所示。

7-8 已知某正弦电流当 $t=0$ 时的瞬时值 $i(0)=0.5$ 安，并已知其初相角为 30° ，试求其有效值是多少？

解 根据题意，该正弦电流的瞬时值函数式可写出为

$$i = I_m \sin(\omega t + 30^\circ)$$

而当 $t=0$ 时， $i(0) = I_m \sin 30^\circ = 0.5$ 安。所以

$$I_m = \frac{0.5}{\sin 30^\circ} = 1 \text{ 安}$$

$$I = \frac{I_m}{\sqrt{2}} = 0.707 \text{ 安}$$

7-9 已知在 10 欧的电阻上加有电压 $u = 311 \sin 314 t$ 伏。