# 第三章 2 交变电流的描述

## 问题？

正弦式交变电流的大小和方向都随时间发生周期性变化，那么我们如何描述这种电流的变化特征呢？

*i*

*O*

*t*

## 周期和频率

交变电流与振动和波一样具有周期性。与任何周期性过程一样，交变电流也可以用周期或频率表示其变化的快慢。在图3.1-3 中，线圈转动一周，电压、电流都发生一次周期性变化。 我们把交变电流完成一次周期性变化所需的时间，叫作它的周期，通常用 *T* 表示，单位是秒。周期的倒数叫作频率，数值等于交变电流在单位时间内完成周期性变化的次数。频率通常用 *f* 表示，单位是赫兹。根据定义可以知道

*f* = 或 *T* =

根据三角函数的知识可以知道，在 *i* = *I*m sin *ωt* 的表达式中，*ω* 等于频率的 2π 倍，即 *ω* = 2π *f* 。

### 思考与讨论

一交变电流的电压随时间的变化图像如图 3.2-1 所示，这个交变电流的周期是多少？频率是多少？

*P*

0.02

0.04

*T*/s

0

*P*′

*U*/V

*U*m

−*U*m

图3.2-1 交变电流的 *u*-*t* 图像

## 峰值和有效值

交变电流的峰值 *I* m 或 *U* m 可以用来表示电流的强弱或电压的高低。例如，把电容器接在交流电路中，就需要知道电压的峰值。电容器所能承受的电压要高于交流电压的峰值，否则电容器就可能被击穿。

### 思考与讨论

图3.2-2是通过一个 *R* 为 1 Ω的电阻的电流 *i* 随时间变化的曲线。这个电流不是恒定电流。

*t*/s

*i*/A

0.5

1

0

1

2

−1

−2

图 3.2-2 某种交变电流的波形

1．怎样计算通电 1 s 内电阻 *R* 中产生的热量？

2．如果有一个大小、方向都不变的恒定电流通过这个电阻 *R*，也能在 1 s 内产生同样的热，这个电流是多大？

让交变电流与恒定电流分别通过大小相同的电阻，如果在交变电流的一个周期内它们产生的热量相等，而这个恒定电流的电流与电压分别为 *I*、*U*，我们就把 *I*、*U* 叫作这一交变电流的有效值（effective value）。计算可得，图 3.2-2 所示的电流通过 1 Ω 的电阻时，在 1 s 内产生的热量为 2.8 J，相当于一个电流为 1.67 A 的恒定电流通过这个电阻时，在 1 s 内产生的热量。因此，图 3.2-2 所示的交变电流的有效值是 1.67 A。

从有效值的定义看，“有效”指的是电流热效应的等效。

理论计算表明，正弦式交变电流的有效值 *I*、*U* 与峰值 *I* m 、*U* m 之间有如下关系

*I* = = 0.707 *I* m

*U* = = 0.707 *U* m

这两个关系式只适用于正弦式电流。

人们通常说家庭电路的电压是 220 V，是指有效值。使用交流的电气设备上，标出的额定电压和额定电流都是有效值，一般交流电压表测量的数值也是有效值。以后提到交变电流的数值，凡没有特别说明的，都指有效值。

## 正弦式交变电流的公式和图像

我们已经知道，可以用交变电流的周期和频率来描述电流（或电压）的变化快慢，用峰值来描述变化过程中的最大值。如果要详细描述交变电流的情况可以用公式和图像（图3.2-3）两种方式，这两种描述可以全面记录和反映电流（或电压）每个时刻的情况。如果已知一交变电流的周期 *T* 或频率 *f*，又知道它的电压的有效值或峰值，那么可以对第 1 节中的（2）式作进一步表达。

*U*m

*−U*m

*u*

*t*

*T*

*O*

$$\frac{T}{2}$$

图 3.2-3 正弦式交变电流 *u*-*t* 图像

由（2）式 *u* = *U* m sin *ωt*，可得

*u* = *U* m sin *t* = *U*sin *t*

### 拓展学习

**电感器和电容器对交变电流的作用**

我们知道，电阻会对直流起阻碍作用，同样，电阻对交流也会起阻碍作用。由于交流的大小和方向时刻在做周期性变化，因此当一个线圈接入交流时，就会产生电磁感应现象，这种现象会对交流起什么作用呢？而一个电容器又会对交流起什么作用呢？

电感器对交变电流的阻碍作用 如图 3.2-4 所示，把带铁芯的线圈 *L* 与小灯泡串联起来，先把它们接到直流电源上（甲图），再把它们接到交流电源上（乙图）。取直流电源的电压与交流电压的有效值相等，可以发现，接交流电源时灯泡要暗一些。

*L*

*L*

S

S

DC

甲

AC

乙

图 3.2-4 电感器阻碍交流

在直流电路中，当电压一定时，影响电流强弱的只是电阻；但把线圈接入交流电路时，除了线圈自身的电阻对交变电流有阻碍作用外，还有由于线圈与交变电流之间的电磁感应作用所引起的阻碍作用，这叫感抗。实验和理论分析都表明，线圈的自感越大、交流的频率越高，线圈的感抗就越大。

扼流圈（图 3.2-5）是电工技术和电子技术常用的元件，它利用了电感器对交流的阻碍作用，分为高频扼流圈和低频扼流圈。

图 3.2-5 扼流圈

交变电流能够通过电容器 如图 3.2-6 所示，把小灯泡和电容器串联起来，先把它们接到直流电源上（甲图），再把它们接到交流电源上（乙图），分别观察小灯泡的发光情况。

直流不能通过电容器，所以接直流电源的灯泡不亮。当电容器接到交流电源两端时，由于电容器两端电压不断变化而不断地充电和放电，电路中就有了充、放电的电流，表现为交流“通过”了电容器。

甲

乙

S

*C*

DC

S

*C*

AC

图 3.2-6 交流能够通过电容器

电容器对交变电流的阻碍作用 在图 3.2-6 乙的实验中，如果把电容器从电路中取下来，使小灯泡直接与交流电源相连，小灯泡要比有电容器时更亮。这表明，电容器对交流有阻碍作用。电容器对交流阻碍作用的大小叫容抗。实验和理论分析都表明，电容器的电容越大，交流的频率越高，电容器对交流的阻碍作用就越小，即容抗越小。

## 练习与应用

1．我国电网中交变电流的周期是 0.02 s，1 s 内电流的方向发生多少次变化？

**参考解答**：100 次

2．一个电容器，当它的两个极板间的电压超过 10 V 时，其间的电介质就可能被破坏而不再绝缘，这个现象叫作电介质的击穿，这个击穿电压叫作这个电容器的耐压值。能否把这个电容器接在正弦式交流电压是 9 V 的电路两端？为什么？

**参考解答**：不能把这个电容器接在交流电压是 9 V 的电路两端。因为，这里的 9 V 电压是指交流电压的有效值，在电压变化过程中的最大值为 9V = 12.7 V，超过了电容器 10 V 的耐压值，故电容器会被击穿。

3．一个灯泡，上面写着“220 V 40 W”。当它接在正弦式交流电源上正常工作时，通过灯丝电流的峰值是多少？

**参考解答**：0.327 A

4．图 3.2-7 是一个正弦式交变电流的波形图。根据 *i*-*t* 图像求出它的周期、频率、电流的峰值、电流的有效值。

0.05

0.1

0.15

0.2

10

−10

*t*/s

*i*/A

0

0.25

图 3.2-7

**参考解答**：*T* = 0.2 s，*f* = 5 Hz，*I*m = 10 A，*I* = 7.1 A

5．有一个电热器，工作时的电阻为 50 Ω，接在电压 *u* 为 *U* m sin *ωt* 的交流电源上，其中 *U* m 为311 V，*ω* 为100 π s−1。该电热器消耗的功率是多大？

**参考解答**：967 W

6．有 A、B、C 三条导线，它们与大地之间的电压随时间变化的规律如图 3.2-8 所示。这三个电压中，它们的峰值有什么关系？它们的周期有什么关系？

*O*

B

A

C

*u*

*t*

图 3.2-8

**参考解答**：A 与 B 的峰值相同，A、B 与 C 的周期相同。

7．通过某交流电流表的电流 *i* 随时间 *t* 变化的关系如图 3.2-9 所示，该电流表的示数是多少？

图 3.2-9

1

0

4

3

2

*t*/s

*I*/A

−3

4

**参考解答**：5 A