# 76．什么是描述交流电的三要素？

正弦交流电的电压（或电流）随时间变化的规律，满足正弦或余弦函数的关系，即 *u* = *U*msin(*ωt* + *φ*0)，其中 *U*m 称为峰值，又称最大值，*ω* 称为角频率，表示随时间变化的快慢，*φ*0 称为初相位，简称初相，表示初始时刻的状态，它们常被称作描述交流电的三要素，这是因为它们都对交流电产生的效果有影响。

在力学中，把力的大小、方向、作用点称为力的三要素，这是因为它们影响着力的作用效果。有老师也把交流电的峰值、频率及相位称为交流电的三要素，这是有一定道理的。

## 一、描述正弦交流电的物理量

交流电，一般指正弦交流电，它的电压和电流随时间变化的规律都是正弦或余弦函数，电压 *u* = *U*msin(*ωt* + *φ*0)，电流 *i* = *I*msin(*ωt* + *φ*0ʹ)。

式中 *U*m 及 *I*m 称为电压和电流的峰值，也称最大值，是表示交流电强弱的物理量，它们跟有效值 *U* 与 *I* 及一个周期内的平均值  与 有确定的数值关系，即

*U* = = 0.707*U*m，*I* = = 0.707*I*m；

 = = 0.637*U*m， = = 0.637*I*m。

式中 *ω* 称为角频率，它与频率 *f* 和周期 *T* 间的关系是：*ω* = 2π*f* = ，它们都是表示交流电变化快慢的物理量。

式中（*ωt* + *φ*0）称为相位，*φ*0 是 *t* = 0 时的相位，称为初相位，它们都是表示交流电状态的物理量。对于同频率的两个交流电，相位之差是恒定的，它等于二者初相位之差，例如电压 *u* = *U*msin(*ωt* + *φ*0) 与电流 *i* = *I*msin(*ωt* + *φ*0ʹ) 就是描述同频率的物理量，它们的相位之差 Δ*φ* = *φ*0 − *φ*0ʹ，它表示电压超前于电流 Δ*φ*，或者说电流落后于电压 Δ*φ*。

## 二、上述三个物理量对交流电的影响

电流通过导体产生的现象称为电流的效应，电流的效应很多，重要的是电流的三大效应，即电流的热效应、磁效应和化学效应。其中得到广泛应用的化学效应一般是直流电产生的，这里我们不做讨论，而主要讨论交流电的峰值、频率及相位对它的热效应和磁效应的影响。

### （1）热效应

电流通过导体发热的现象称为电流的热效应。焦耳定律表明，电阻为 *R* 的导体内通过的电流为 *I*，在时间 *t* 内生成的热量 *Q* = *I*2*Rt*。对于交流电来说，这里的，指的是它的有效值，而有效值与峰值间有确定的关系，即 *I* = 0.707*I*m。表面上看，它只与交流电的峰值有关，而与它的频率及相位等无关，对于纯电阻电路的确是这样，电流 *I* = *U*/*R*，消耗的电功率 *P* = *UI*，消耗的电能全部转化为内能。

但纯电阻电路，只是理想的情况，实际的电路，即使是只由导线和电阻元件组成的电路，也不可避免地存在着分布电容和分布电感，并不是严格的纯电阻电路。以通电线圈为例，忽略分布电容的影响，它是电阻 *R* 与电感 *L* 的串联电路，如果加在电路两端电压的 *U*m 保持不变而角频率 *ω* 变化，则线圈的电感 *L* 随之发生变化，通过该电路的电流大小（即峰值）也要发生变化，并且电压 *U* 与电流 *I* 间的相位差发生变化，产生的热量 *Q* 必然发生变化。

### （2）磁效应

电流通过时产生磁场的现象称为电流的磁效应。利用电流的磁效应而产生磁场的应用很广。为了增强磁性，常常要借助铁磁物质的帮助。例如，在线圈中插入铁芯，电流的磁场使铁芯磁化，铁芯产生的磁场与原来电流的磁场叠加使得磁场增强，而铁芯的磁化与电流的关系比较复杂。

线圈中通有交流电时，产生的磁场是交变磁场，铁芯被反复磁化，但铁芯磁化的步调跟不上电流磁场的变化，有一个滞后时间，称为磁滞。如果交流电的频率较小，磁场变化得不是特别快，铁芯的磁化基本能跟得上，这时主要考虑电流大小的影响：当电流逐渐增大时，电流的磁场逐渐增强，铁芯的磁性也逐渐增强，但二者并不成正比，即铁芯增加的磁场随磁化电流变化的图线不是直线，而是一条复杂的曲线，特别是当电流的磁场增强到一定程度后，铁芯的磁化会达到饱和状态，不再随电流磁场的增强而增强。

但如果交流电的频率很大，电流的磁场变化很快，磁化滞后的时间不能忽略，有可能电流已经达到可以使铁芯磁饱和的程度，但由于磁滞的原因，铁芯的磁化尚未达到饱和而电流已经开始减小，这样就可能避免铁芯磁饱和的出现。

一个铁芯上绕右两个（或更多）线圈的情况也很常见，这两个线圈中的交流电的频率一般是相同的，相位如果相同，则它们对铁芯的磁化作用是相互加强的；而如果它们的相位相反，则它们对铁芯的磁化作用是相互减弱的，如果这两个线圈中的电流与匝数的乘积也相等，则这两个电流对铁芯的磁化作用完全抵消，铁芯没有被磁化。

一个铁芯上绕有两组线圈，这在互感器、变压器这样的设备中很普遍，其中初级线圈与电源连接，而次级线圈会产生感应电动势，如果次级线圈接有负载并形成闭合电路，则次级线圈中有感应电流存在，次级线圈中的电流与初级线圈中电流的相位基本上可看作反相，即次级线圈中的电流对铁芯的磁化作用是抵消初级线圈中电流的作用，设初级电流为 *I*1，线圈匝数为 *n*1，次级电流为 *I*2，线圈匝数为 *n*2，*n*1*I*1与 *n*2*I*2 相比，前者总是要大于后者，否则两边电流磁场对铁芯的磁化作用会完全抵消，铁芯将完全没有磁性，那样也就不会有电磁感应发生了，从这个意义上说，必定 > ，因此，说初级和次级电流与两边线圈的匝数成反比（= ），只能是一种近似。