

项目二 单相交流电路的安装与调试

任务一 照明电路的安装

一、任务分析

我们的日常生活离不开照明,而照明电路、日常生活中所使用的家用电器以及工厂的生产机械都是使用交流电,交流电在日常生产和生活中应用极为广泛。因此,我们必须了解正弦交流电的产生、基本概念,理解正弦交流电的相量表示方法、单一参数电路及其组合在交流电路中的特性。

二、相关知识

1. 正弦交流电的产生、表示

交流电是指大小和方向随时间作周期性变化的电压和电流。在交流电作用下的电路称为交流电路。正弦交流电是指大小和方向随时间作正弦规律变化的电压和电流。正弦交流电是由单相交流发电机产生的,它的基本原理是电磁感应。

(1) 正弦交流电的三要素

正弦交流电流的瞬时值表达式(或称解析式)可表示为

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

正弦交流电随时间做正弦周期性变化的规律取决于交流电的最大值、角频率(频率)和初相位,即正弦交流电的三要素。

①周期、频率及角频率。正弦交流电变化一次所需的时间称为周期,用 T 来表示,单位是秒(s)。

频率是指交流电每秒钟内变化的次数,用 f 表示,单位是赫兹(Hz)。频率与周期互为倒数,即

$$f = \frac{1}{T} \quad (2-1)$$

角频率 ω 在数值上等于交流电每秒钟所经历的电角度。因为交流电在一个周期 T 内经历 2π 弧度的电角度,所以角频率为

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f \quad (2-2)$$

角频率的单位是弧度/秒(rad/s)。

周期、频率、角频率都是反映交流电变化快慢的物理量。我国及多数国家工业电力网供给的交流电的频率(简称工频)都是50Hz,其周期为0.02s,角频率为314rad/s。

②最大值与有效值。交流电在某一瞬间的大小称为该时刻的瞬时值,规定用小写字母表示,如 u 、 i 分别表示交流电压、交流电流的瞬时值。在一个周期中所出现的最大瞬时值称为最大值(或幅值),用带下标 m 的大写字母表示,如 U_m 和 I_m 分别表示交流电压和交流电流的最大值。

正弦交流电的大小通常用有效值来表示,有效值是根据其热效应来规定的。例如,一个交流电流 i 通过电阻 R (如电阻炉)在一个周期内产生的热量,和另一个直流 I 通过同样大小的电阻在相等时间内产生的热量相等,那么这个直流 I 的大小就相当于这个交流电流 i 的有效值。有效值均用大写字母表示,如 U 、 I 分别表示交流电压、交流电流的有效值。依照上述定义,理论和实践都表明:

$$I = \frac{1}{\sqrt{2}} I_m, U = \frac{1}{\sqrt{2}} U_m \quad (2-3)$$

在交流电路中,若不特别指明,其电压、电流均指其有效值;交流电机、电器等的额定电流、额定电压也都是用有效值来表示,交流电压表、电流表所测量的值也都是有效值。

③相位、初相、相位差。设正弦电流的解析式为

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

式中,随时间变化的角度 $(\omega t + \varphi_i)$ 称为相位角,简称相位。相位反应了交流电变化的进程。

$t=0$ 时的相位角称为交流电的初相位,简称初相。初相与计时起点有关,在同一个正弦交流电路中,电压 u 和电流 i 的频率是相同的,但初相不一定相同。如图2-1所示,图中电压 u 和电流 i 的波形可用下式表示:

$$\begin{cases} u = U_m \sin(\omega t + \varphi_u) \\ i = I_m \sin(\omega t + \varphi_i) \end{cases}$$

它们的初相分别为 φ_u 和 φ_i ,则它们的相位差(用 φ 表示)为

$$\varphi = (\omega t + \varphi_u) - (\omega t + \varphi_i) = \varphi_u - \varphi_i \quad (2-4)$$

式(2-4)说明,两个同频率正弦量的相位差等于它们的初相之差。由图2-1可见,在 $\varphi_u \neq \varphi_i$ 时 u 与 i 的变化步调不一致,即二者不是同时到达正的幅值(或负的幅值)或零值。图2-1中 $\varphi_u > \varphi_i$,即 $\varphi > 0$ 时,电压 u 的相位超前电流 i 的相位,超前 φ 角,或称为 i 比 u 滞后 φ 角。

在特殊情况下,电压 u 和电流 i 具有相同的初相位,即相位差 $\varphi=0$,此种情况称同相位,如图2-2(a)所示;电压 u 和电流 i 的相位差 $\varphi=180^\circ$,称反相位,如图2-2(b)所示。

综上所述,最大值(或有效值)、频率(或周期或角频率)和初相是确定正弦交流电变化情况的三个重要数值,所以叫做正弦交流电的三要素。只要知道三要素,交流电随时间变化的情况就可以完全确定下来。

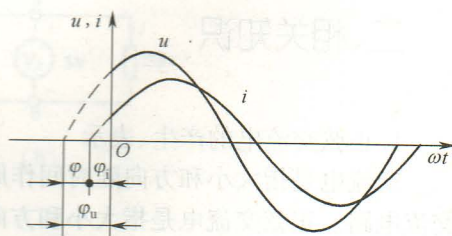


图2-1 u 与 i 的初相及相位差

前
值

交
比
律

交
正
为

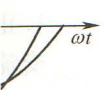
且

力网供给
字母表
直称为最
荒的最大

,一个交
羊大小的
i 的有效
照上述定

(2-3)

定电流、



差

(2-4)

见,在 \varphi_u
直。图 2-
\varphi 角。
司相位,如

电变化情
变化的情

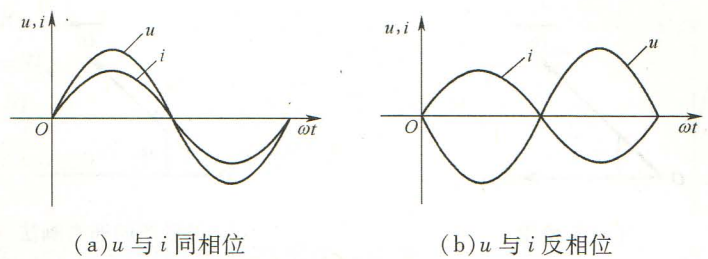


图 2-2 两同频率正弦交流电的相位关系

例 2-1 已知正弦电流 $i=50\sqrt{2}\sin(314t-30^\circ)\text{A}$ 。
求:①最大值、有效值;②周期和频率;③相位和初相;④若 $u=220\sqrt{2}\sin(314t+60^\circ)\text{V}$, u 与 i 的相位差。

- 解:①幅值 $I_m=50\sqrt{2}\text{A}$;有效值 $I=\frac{1}{\sqrt{2}}I_m=50\text{A}$ 。
②角频率 $\omega=314\text{rad/s}$;周期 $T=\frac{2\pi}{\omega}=0.02\text{s}$;频率 $f=\frac{1}{T}=50\text{Hz}$ 。
③相位 $\varphi=314t-30^\circ$;初相 $\varphi=-30^\circ$ 。
④ u 与 i 的相位差 $\varphi=60^\circ-(-30^\circ)=90^\circ$

例 2-2 已知同频率的三个正弦电压 u_1 、 u_2 、 u_3 的有效值分别为 4V 、 3V 、 5V ,若 u_1 比 u_2 超前 30° 、 u_2 又比 u_3 超前 60° ,试任意选择一个电压为参考正弦量,然后写出这三个电压的瞬时值表达式。

- 解:假定以 u_2 为参考正弦量,则 $\varphi_2=0$, $\varphi_1=30^\circ$, $\varphi_3=-60^\circ$,则
$$u_1=4\sqrt{2}\sin(\omega t+30^\circ)\text{V}$$
$$u_2=3\sqrt{2}\sin\omega t\text{V}$$
$$u_3=5\sqrt{2}\sin(\omega t-60^\circ)\text{V}$$

(2) 正弦交流电的表示法

①解析法。解析法即用正弦函数来表示正弦交流电的方法,如

$$\begin{cases} u=U_m\sin(\omega t+\varphi_u) \\ i=I_m\sin(\omega t+\varphi_i) \end{cases}$$

②图形法。图形法即用正弦函数的波形图来表示正弦交流电的方法,如图 2-3 所示。从图中可以看出,波形图能比较形象、直观地表示出正弦交流电的三要素及其变化规律,但绘制起来较为繁琐且不利于定量分析。

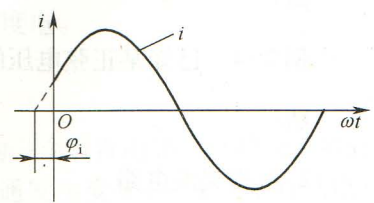


图 2-3 正弦交流电的波形图

③矢量图法。矢量图法即用在平面内以矢量表示正弦交流电的方法。其方法是:在平面中画一矢量,其长度等于正弦交流电的有效值(U 或 I),与水平正向实轴线间的夹角为该正弦交流电的初相角 φ (逆时针方向为正)。

以 $i=I_m\sin(\omega t+\varphi_i)$ 为例,其矢量图如图 2-4(a) 所示。

为区别于矢量和正向轴线,通常以矢量法表示正弦电量时,正向轴线的方向箭头不予标出且正向轴线为细实线,如图 2-4(b) 所示。