

上海市业余函授教材

# 农村电工



上海人民大學

## 农 村 电 工

---

编写者：上海交通大学农村电工业余函授班  
发行者：上海交通大学教育革命组  
印刷者：上海交通大学印刷厂

---

书 号：7414 定 价：0.44元

一九七四年七月

## 毛主席语录

农村是一个广阔的天地，在那里是可以大有作为的。

教育必须为无产阶级政治服务，必须同生产劳动相结合。劳动人民要知识化，知识分子要劳动化。

## 前 言

广大知识青年积极响应伟大领袖毛主席关于“知识青年到农村去”的号召，上山下乡干革命，走与工农相结合的道路，正在阶级斗争、生产斗争和科学实验三大革命运动中茁壮地成长。遵照毛主席“新中国要为青年们着想，要关怀青年一代的成长”的教导，在批林批孔运动的推动下，在上海市委领导下，我们为上山下乡知识青年试办农村业余函授教育。这是教育战线上的又一新生事物。

文化大革命以来，陆续出版了几本比较好的电工培训教材。但还不完全适用于农村业余函授教育，供应数量也难以满足要求。为此，我们从某些书本中抽出个别章节选编成这本《农村电工》业余函授班试用教材。选编教材时，力求做到内容适应农村需要；基础理论与专业知识相结合；内容浅显、说理清楚、举例恰当、文字通俗。但是，由于我们水平低，缺乏业余函授教育的实践经验，对农村用电还很不熟悉，加上时间匆促等原因，因此，在使用这本教材的过程中，可能会发现一些错漏之处，我们诚恳地希望读者及时地向我们提出宝贵意见，以利我们改进提高。

本教材的使用对象是相当于初中文化程度的上山下乡知识青年。由于电工的实践性很强，光有书本知识是不够的。所以要求学员多参加电工实践，在实践中努力培养独立分析和解决实际问题的能力，在实践中掌握电工知识和技能。

编 者

# 目 录

## 第一章 单相交流电路

第一节	概述 .....	1
第二节	正弦交流电的基本概念 .....	3
第三节	正弦量的图示法 .....	9
第四节	纯电阻电路 .....	15
第五节	具有电阻与电感的电路 .....	18
第六节	具有电容的电路 .....	23

## 第二章 三相交流电路

第一节	概述 .....	27
第二节	三相交流电的产生 .....	28
第三节	三相电源的联接 .....	33
第四节	三相负载的联接 .....	38
第五节	三相电路的功率 .....	49
第六节	三相电路中的故障 .....	59

## 第三章 农村架空线路

第一节	农村用电容量的调查 .....	65
第二节	电源和电压选择 .....	66
第三节	高压配电线路路径选择 .....	66
第四节	架空线路的一般知识 .....	67
第五节	架空线路的安全技术要求 .....	68

第六节	架空线路的简单设计	69
第七节	架空线路主要材料选择	80
第八节	两线一地制电网	86
第九节	线路的运行与维护	96

#### 第四章 农村变电所

第一节	电气主结线	101
第二节	变电所的主要电气设备	110
第三节	变电所设备的运行与维护	134

#### 补充教材

一、兆欧表(摇表)	144
二、电度表(瓦时表)	149
三、钳形电流表(钳表)	153
四、三相异步电动机的常见故障及处理方法	156

#### 附 录

农村安全用电管理条例(草案)	159
农村安全用电须知(草稿)	163

#### 附 表

1. 架空导线弛度表	166
2. 各种绝缘子规格	171
3. 跌落开关及熔丝的规格	176
4. 高压熔断器规格	177
5. 低压熔断器规格	178
6. 变压器熔丝选择	181
7. 各种电力变压器主要技术数据	182

8.	阀型避雷器的规格	204
9.	各种导线的性能	204
10.	低压闸刀开关、转换开关的主要规格	206
11.	自动空气开关主要技术数据	207
12.	高压油开关技术数据	208
13.	高压隔离开关规格	209
14.	电流互感器规格	210
15.	电压互感器规格	211
16.	常用电工仪表的规格与技术数据	212
17.	常用电工量符号及其单位	213
18.	电工仪表表面符号说明	214

# 第一章 单相交流电路

## 第一节 概 述

毛主席教导我们：“我们是马克思主义者，马克思主义叫我们看问题不要从抽象的定义出发，而要从客观存在的事实出发，从分析这些事实中找出方针、政策、办法来。”

发电厂里发出来的电能一般都是交流电。我们在生产斗争中经常用到的异步电动机、变压器、照明设备、电加热设备等大都是交流电气设备。交流电在工农业生产中得到广泛的应用。因此我们必须研究交流电，掌握它的特点和规律，从而能更好的应用它为伟大的社会主义建设事业服务。

下面首先来研究交流电是怎样产生的；交流发电机产生的电能均为交流电。为了进一步研究交流电，我们分析一下发电机发电的基本原理。图 1·1 是发电机的原理图。发电机是由定子和转子组成的。在定子铁芯槽内装有一个线圈  $AX$ ，为了表示清楚，用一根圆导线来表示。在发电机转子上装有激磁线圈，通入直流电可产生磁力线，使转子形成一对磁极  $N$ 、 $S$ 。当转子由原动机（如汽轮机等）带动时，磁极的磁场对定子发生相对运动，因而在定子线圈  $AX$  内将产生感应电动势。其大小根据电磁感应定律可知： $e = Blv$ 。

在上式中  $Blv$  二者是互相垂直的。为了要得到正弦波形的感应电动势，在设计和制造发电机时，设法使磁场的磁通密度在定子铁芯中的分布是按正弦变化的，即  $B = B_m \sin \alpha$  ( $\alpha$  为磁极的中心线与定子的中心线  $OO'$  的夹角)。这样就可以得到



正弦变化的感应电动势

$$e = Blv = B_m l v \sin \alpha = E_m \sin \alpha$$

式中:  $E_m = B_m l v$ 。

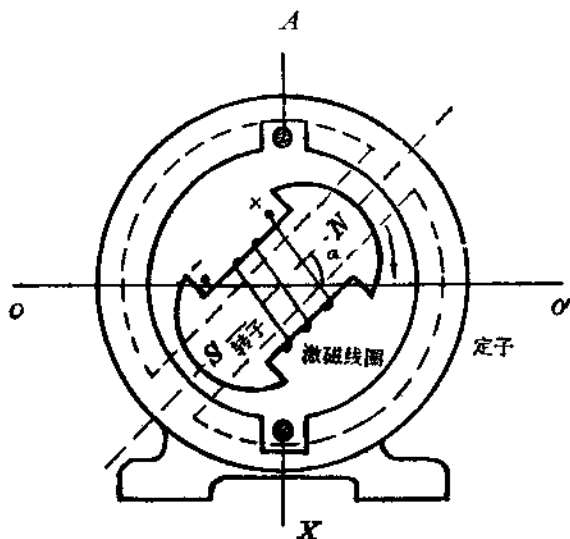


图 1-1 发电机的原理图

根据右手定则可以确定,当转子顺时针旋转时,定子上线圈中所感应出的电动势在线圈边 A 中为:当  $t=0$  时,导线不切割磁力线,因而感应电动势为零。当  $t=t_1$  时,导线切割磁力线最多,因而感应电动势最大。且根据右手定则,转子顺时针旋转,相当于导线反时针旋转,因而感应电动势方向指向读者。当  $t=t_2$  和  $t=t_4$  时导线均不切割磁力线,感应电动势均为零。当  $t=t_3$  时根据右手定则,感应电动势方向背向读者。因此可以将各点的感应电动势连起来而形成一个正弦波形,如图 1-2 所示。

通过上面的分析我们看到，交流发电机发出的电能一般都是正弦交流电。因而我们对正弦交流电的特点必须作进一步深入的研究。

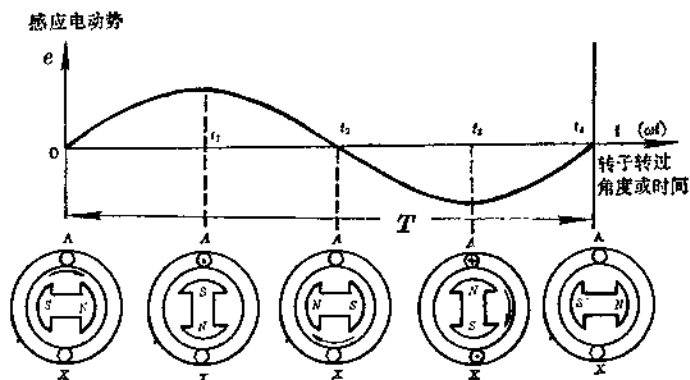


图 1-2 正弦交流电的产生

## 第二节 正弦交流电的基本概念

伟大领袖毛主席教导我们：“我们看事情必须要看它的实质，而把它的现象只看作入门的向导，一进了门就要抓住它的实质，这才是可靠的科学的分析方法。”我们在第一节中谈到了交流发电机所产生的电能，是正弦交流电，其感应电动势的波形是一个正弦波。但是我们还应该通过现象去看它的本质，掌握它的规律。

### 一、正弦交流电的特点

交流电就是大小与方向均随时间作有规律变化的电流。工程上所用的交流电大都是随时间按正弦规律变化的，如图 1-3

所示，我们称这种交流电为正弦交流电。

正弦交流电的特点是：

1. 变化的瞬时性——交流电是时刻在变化的，它在任何一瞬间的数值，称为交流电的瞬时值。正弦交流电的瞬时值是忽大忽小、时正时负，其大小与方向都随时间作不断变化。

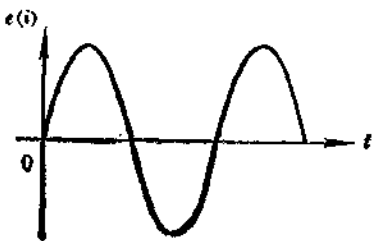


图 1-3 正弦交流电

2. 变化的周期性——交流电，如作周而复始的周期性变化，称做周期性电流。正弦交流电是一种周期性的电流，它每隔一段时间就作重复变化。

3. 变化的规律性——正弦交流电是按照正弦函数的规律而变化的电流。我们可以通过示波器来观察正弦变化的电流的波形。

## 二、正弦量的三要素

在实践中，我们知道一个正弦量的确定，必须同时知道它的最大值、频率（或周期）与初相位。习惯上我们就称这三个数值为正弦量的三要素。下面我们将分别来讨论正弦量三要素的意义。

### 1. 周期、频率

在图 1-4 中用纵坐标表示正弦量的数值，横坐标表示时间，在横坐标上方表示“+”，下方表示“-”，则可将正弦量绘成一个正弦曲线图。因为这个正弦量，随着时间周而复始的不停的变化，所以我们规定完成一个循环的变化所需要的时间叫做周期。周期用字母“ $T$ ”表示，其单位是[秒]。

从图中可以看出， $i_1$  在数值上等于  $i_2$ ， $i_1$  是在时间  $t_1$  时的

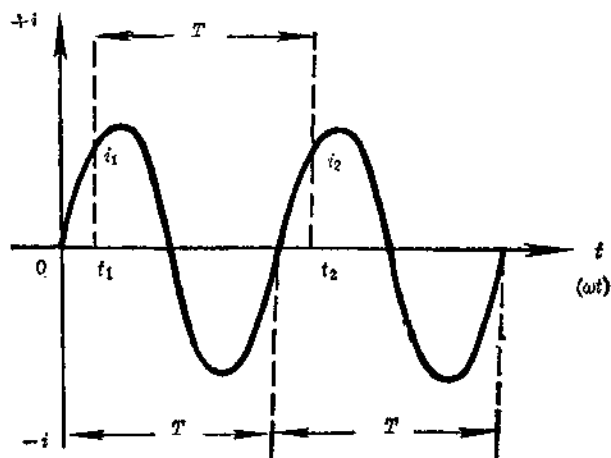


图 1-4 正弦交流电的周期

电流,  $i_2$  是在时间为  $t_1 + T$  时的电流。由此类推, 在时间为  $t_1 + 2T$ ,  $t_1 + 3T$ ,  $\dots$ ,  $t_1 + KT$  时的电流数值都是相等的。(K 是个任意整数)。

在生产上我们常用频率这个名词。频率是在每一秒钟内所变化的周期次数, 用  $f$  表示, 其单位是[赫芝,  $\text{Hz}$ ], 简称[赫], 或者[周/秒]。我国电力事业所用的交流电标准频率是 50 周/秒。

从周期和频率的物理意义中, 可以看出它们之间存在着互为倒数的关系, 即:

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

或

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

例 1-1 工业上常用的正弦交流电, 其频率为 50 周/秒,

问它的周期是多少秒？

$$\text{解} \quad T = \frac{1}{f} = \frac{1}{50} = 0.02 \text{ 秒}$$

正弦交变量变化一周从角度上来讲就是变化  $2\pi$  弧度。因此每秒变化的角度我们称之为电角频率或电角速度用  $\omega$  表示，单位是[弧度/秒]或[度/秒]。

$$\omega = 2\pi f \quad (1-3)$$

$\omega t$  是  $t$  秒钟转过的电角度。

例 1-2 频率  $f=50$  周/秒的正弦交流电的电角频率是多少？

$$\text{解} \quad \omega = 2\pi f = 2 \times 3.14 \times 50 = 314 \text{ [弧度/秒]}$$

## 2. 最大值

正弦交流电的数值是在不断变化的，在任一瞬间的数值就叫做瞬时值，一般用小写字母代表，如电动势、电流、电压的瞬时值分别用  $e$ 、 $i$ 、 $u$  表示。

在正弦交流电的瞬时值中的最大值(或振幅值)就叫做正弦交流电的最大值或振幅值，规定用大写字母并在右下角注  $m$  表示。电流、电动势、电压的最大值，分别用  $I_m$ 、 $E_m$ 、 $U_m$  表示。

## 3. 初相位

为了便于说明问题，现以一对磁极的发电机为例，如图 1-5 所示。当电枢静止时，电枢上线圈 1 与中性面  $OO'$  间有一夹角  $\varphi_1$ ，然后使电枢以反时针方向的等角速度  $\omega$  旋转，经过  $t$  秒后，线圈 1 与中性面的夹角为  $\alpha = \omega t$

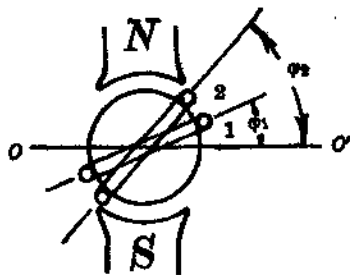


图 1-5 正弦交流电的相位

+  $\varphi_1$ ，这时导体中产生的感应电动势可表示为：

$$e_1 = E_{m1} \sin(\omega t + \varphi_1) \quad (1-4)$$

由此可见，电动势的瞬时值是由最大值  $E_{m1}$  与正弦函数  $\sin(\omega t + \varphi_1)$  确定的。电角  $(\omega t + \varphi_1)$  称作相位角或相位。当电枢开始旋转的瞬间，即  $t=0$  时，确定电动势值的相位角  $\varphi_1$  称做初相角，简称初相。若线圈的起始位置在中性面，则其初相角  $\varphi_1=0$ 。

电枢上的线圈 2，也以角速度  $\omega$  在磁场中旋转，它产生的感应电动势  $e_2 = E_{m2} \sin(\omega t + \varphi_2)$ ， $e_2$  的初相角是  $\varphi_2$ ，相位是  $(\omega t + \varphi_2)$ 。

综上所述，正弦交流电的变化可以用数学式来表达如下：

$$e = E_m \sin(\omega t + \varphi_e)$$

$$u = U_m \sin(\omega t + \varphi_u)$$

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

式中  $e, u, i$  表示正弦交流电动势(电压、电流)的瞬时值；

$E_m, U_m, I_m$  表示正弦交流电动势(电压、电流)的最大值；

$\omega = \frac{2\pi}{T}$  表示正弦交流电动势(电压、电流)的角频率；

$\varphi_e, \varphi_u, \varphi_i$  表示正弦交流电动势(电压、电流)的初相位。

二个同频率正弦量初相位之差称为相位差。所以  $e_2$  与  $e_1$  的相位差  $\varphi = \varphi_2 - \varphi_1$ 。

根据角频率  $\omega$  的物理意义，可以直接得出正弦曲线的时间差  $t$

$$t = \frac{\varphi}{\omega} = \frac{\varphi}{2\pi f} = \frac{\varphi T}{2\pi}$$

时间差指出：在一个周期内，一个正弦量比另一个正弦量，到达零值(或振幅值)早多少时间。一个正弦量比另一个正弦量早达到零值(或最大值)则前者称为越(或超)前后者，或者称后者滞后前者。我们规定越前或滞后的角度不能超过  $180^\circ$ ，否则容易混乱。我们将上图讨论的情况，绘成正弦曲线，如图 1-6 所示。

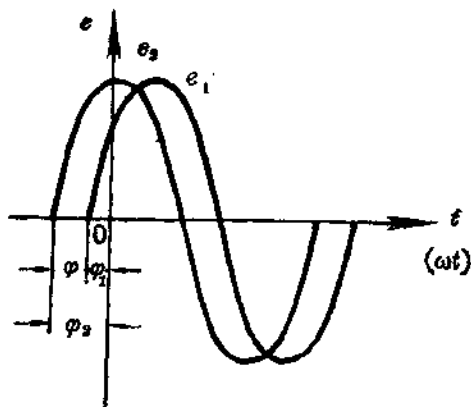


图 1-6 正弦交流电的相位差

当  $\varphi = \varphi_2 - \varphi_1 > 0$  时,  $e_2$  比  $e_1$  早达到最大值, 则称  $e_2$  超前  $e_1$  或者称  $e_1$  滞后  $e_2$ 。

当  $\varphi = \varphi_2 - \varphi_1 = 0$  时,  $e_1$ 、 $e_2$  同时达到零值(或最大值), 则称  $e_1$  与  $e_2$  同相。

当  $\varphi = \varphi_2 - \varphi_1 = \pm\pi$  时,  $e_1$ 、 $e_2$  初相角相差  $180^\circ$ , 则称它们为反相。

### 三、正弦交流电的有效值

正弦交流电的瞬时值是随时间而变化的, 所以在计算交变电流及作功的大小时, 不是应用瞬时值或最大值。在交流电的实际应用中, 或是交流电路的计算中, 常常需要联系到电流的热效应和机械力效应。交流电的有效值就是从发热观点来衡量交流电大小的一个物理量。我们在实际工作中所讲的电压或电流的数值, 指的就是有效值。由一般电压表、电流表测出的数值也是有效值。

交流电的有效值是这样规定的:

若某一交流电通过某一电阻，经过一定的时间所产生的热量等于某一直流电通过同一电阻，在同一时间内所产生的热量时，则与此交流电相当的直流电的数值就叫做该交流电的有效值。换言之，交流电的有效值，就是与它热效应相当的直流值。

按照规定，有效值用大写字母表示。例如电动势、电压和电流的有效值分别用  $E$ 、 $U$ 、 $I$  表示。

对正弦交流电来说，其有效值与最大值的如下：

$$\left. \begin{aligned} E &= \frac{E_m}{\sqrt{2}} = 0.707 E_m \\ U &= \frac{U_m}{\sqrt{2}} = 0.707 U_m \\ I &= \frac{I_m}{\sqrt{2}} = 0.707 I_m \end{aligned} \right\} \quad (1-5)$$

**例 1-3** 40 W 日光灯的灯管电压为 104 V，镇流器电压为 165 V，试分别求它们的最大值。

$$\begin{aligned} \text{解} \quad U_{m1} &= 104 \cdot \sqrt{2} = 146.6 \text{ V} \\ U_{m2} &= 165 \cdot \sqrt{2} = 232.7 \text{ V} \end{aligned}$$

### 第三节 正弦量的图示法

伟大领袖毛主席教导我们：“我们不但要提出任务，而且要解决完成任务的方法问题。我们的任务是过河，但是没有桥或没有船就不能过。”

要研究交流电路中的各种规律，就必须有一定的方法。正弦交流电除了用解析式表示外，还常用正弦曲线图示法和旋转矢量图示法。矢量图是帮助我们分析电路的重要工具。



## 一、正弦曲线图示法

正弦量是随时间按正弦规律周而复始地变化的，因此可以用正弦曲线来表示正弦量。其作图方法是：

1. 用纵坐标按一定比例尺表示正弦交流电的瞬时值；
2. 用横坐标表示时间或相位角。

下面分析几种情况：

(1) 初相角为零，即  $\varphi=0$  的正弦曲线；则正弦波形的起点（零点）在坐标的  $O$  点（或称原点），如图 1-7。

(2) 初相角为“正”，即  $\pi > \varphi > 0$  的正弦曲线；则正弦波形的起点（零点）在坐标  $O$  点的左方，如图 1-8。

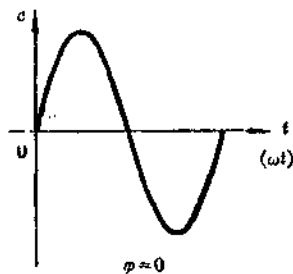


图 1-7  $\varphi=0$  的正弦曲线

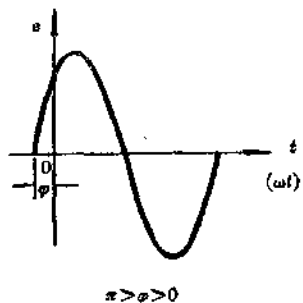


图 1-8  $\pi > \varphi > 0$  的正弦曲线

(3) 初相角为负，即  $-\pi < \varphi < 0$  的正弦曲线；则起点（零点）在坐标  $O$  点的右方，如图 1-9。

(4) 初相角为  $\pm\pi$ ，即  $\varphi=\pi$  或  $\varphi=-\pi$  时；则正弦曲线从负半波开始，如图 1-10。

(5) 二个或二个以上的同频率的正弦曲线相加，仍然是一个正弦曲线。几个正弦曲线可以画在同一坐标系统上，以便比较它们之间的相位关系。