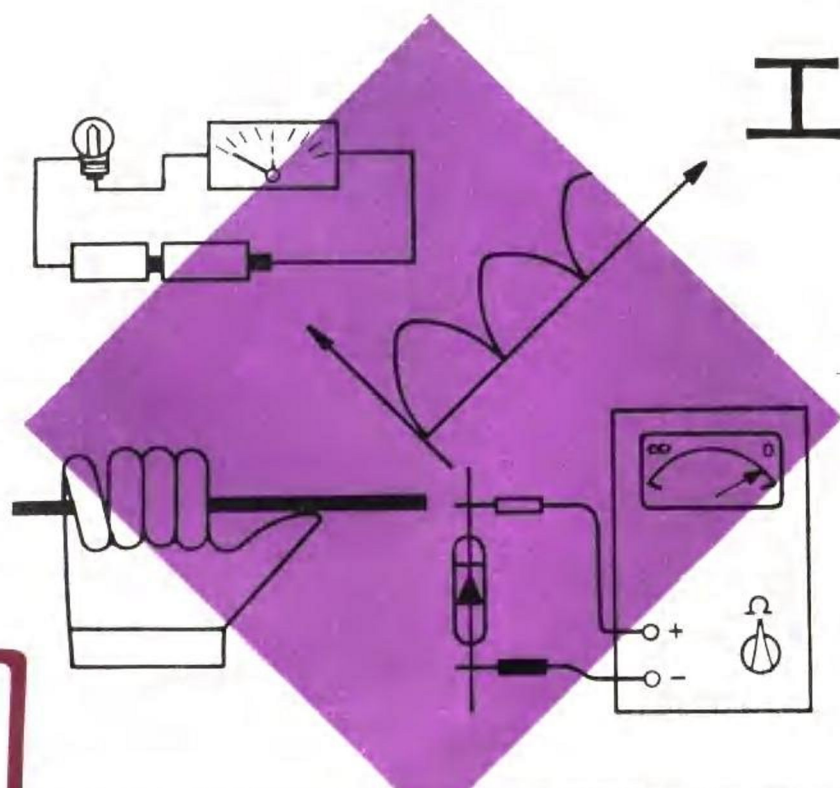


SHIYONG
DIANGONG

实用 电工



杨枫 任绪昌 编

内 容 简 介

本书是一本为具有初中以上文化程度的农村和城镇青年学习电工基础知识而编写的通俗读物。内容涉及生产和生活中经常遇到的与电有关的各种问题。主要包括：电工基础知识，变压器，电动机的基本结构、原理和使用维护，电子技术基本知识和农村常用电器，以及安全用电常识等。

本书理论联系实际，通俗易懂，便于自学。书中汇集了许多有实用价值的资料，使该书兼具手册的功能。

本书可作为农村和城镇职业高中有关专业的教学参考书及电工培训教材，亦可供具有初中以上文化程度的青年自学参考。

实 用 电 工

杨 枫 任绪昌 编

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路23号)

(邮政编码 100044)

新华书店经售

北京市昌平长城印刷厂印装

850×1168 1/32 印张10¹¹/18 280千字

1991年1月第一版 1991年1月第一次印刷 印数：00,001—12,000册

ISBN 7-118-00682-3/TM·18 定价：6.55元

前 言

无论在城市还是在农村，电已被广泛地应用于我们生产和生活的各个方面。尤其近十多年来，农村生活已发生了巨大变化，机械化、电气化正逐步成为现实，家用电器已进入广大村镇的千家万户。因此，我们每一个人有必要学习一些基本的电工知识，才能在创造美好生活的劳动中大显身手。

这本书是面向广大农村青年和城镇青年的电工知识、电子知识普及读物，适合于具有初中以上文化水平的人学习使用。本书共有七章，其内容广泛地涉及到我们生产和生活的各个方面。从水电站的组成、电机的维修到保险丝的选用，从电视机的原理、洗衣机故障分析到基本元器件的特性，作者力图尽可能多地、详细地向读者介绍日常生产和生活中有关的电工知识。书中还汇集了许多有用的技术数据和表格，以备读者需要时查用。

本书在阐明基本原理的同时，更注重介绍实用技术和操作。因此，本书的一大特色是实用性强。在阅读本书之后，读者可以解决所遇到的有关问题并独立操作。希望广大读者在实践中学、在实践中用，逐步掌握实用电工技术，为祖国的四个现代化作出贡献。这正是本书的写作目的。

史大亮同志对书中的内容进行了审校和订正，在此表示感谢。

由于作者水平有限，书中难免有误，希望广大读者批评指正。

目 录

第一章	电工基础知识	1
第一节	直流电和交流电	1
第二节	万用表的使用	11
第三节	电阻器	18
第四节	电容器	27
第五节	电感器	33
第六节	电和磁	35
第七节	半导体二极管	48
第八节	半导体三极管	59
第九节	晶体管音频放大器	66
第十节	晶体管稳压器的制作	73
第十一节	集成电路简介	77
第十二节	电子门铃的制作	85
第二章	变压器	87
第一节	概述	87
第二节	变压器的联接	94
第三节	变压器的维护及故障分析	102
第四节	小功率电源变压器的设计和制作	104
第五节	日光灯镇流器的设计和制作	119
第六节	电视机用调压器的制作	123
第三章	电动机	127
第一节	异步电动机的结构及工作原理	128
第二节	异步电动机的启动	138
第三节	异步电动机的选用和安装	143
第四节	异步电动机的维护	152
第五节	异步电动机常见故障的判断及检修	153
第六节	单相异步电动机	160

VI

第七节	直流电动机	161
第四章	农村小水电	165
第一节	农村小水电概述	165
第二节	交流发电机	171
第三节	直流发电机	178
第四节	小型水电站的运行和维修	181
第五节	节约用电	184
第五章	照明用电	186
第一节	电源	186
第二节	电光源	192
第三节	照明用器件和器材	197
第四节	照明电路的安装	207
第五节	室内供电线路的设计	212
第六节	室内供电线路的安装	217
第七节	室内供电线路的维修和保养	220
第八节	安全用电	225
第六章	拖拉机电路	240
第一节	小型拖拉机照明电路	240
第二节	汽车的电气设备	242
第七章	常用电器	260
第一节	收音机	260
第二节	电视机	274
第三节	录音机	290
第四节	电唱机和唱片	311
第五节	电饭煲	314
第六节	洗衣机	317
第七节	其它家用电器	321
附表 1	常用单位和单位换算表	327
附表 2	常用图形符号表	328

第一章 电工基础知识

第一节 直流电和交流电

一、直流电

作照明用的手电筒的电，供剃须刀工作的电，以及汽车发动时“点火”的电，都叫直流电。手电筒、剃须刀用的电叫干电池，而汽车发动时“点火”用的电叫蓄电池，它们统称为电源。手电筒及剃须刀上的按钮和汽车的“钥匙”，都叫开关。由于电池的中心碳棒、小电珠（中心柱、灯丝、外座）、金属筒身及按钮、干电池锌皮等形成的回路，叫电路。要使手电筒发光，必须装上干电池，给电路接上电源，并且将按钮按下，使电路接通，才有电流流过小电珠，所以，电路实际上就是电流流过的通路。我们把电流能通过的物体称为导体，如金属、碳棒等都是导体；电流不能通过的物体称为绝缘体，如橡皮、塑料等都是绝缘体。小电珠、剃须刀、“点火”线圈等消耗电能的器件叫用电器。电路的通断则通过开关的接通和断开来控制。电工上用的导线，是用导电性能很好的金属（铜或铝）丝，包上绝缘包皮做成的。一般地讲，电路就是由用电器、电源、开关等利用导线连接起来的闭合回路。

我们按图 1-1 所示的电路进行实验，将会得出如下结果：

若安培计的正极接电池的中心碳棒，负极接电池外筒锌皮，则指针正向偏转。如果将安培计两极相反方向连接，则指针反向偏转。这说明电流是有方向的。读出此时电流的数字，并且相隔一分钟按下一次按钮，就会发现，电流的大小和方向都不随时间而变化。这种大小和方向都不随时间而变化的电流，叫直流电，

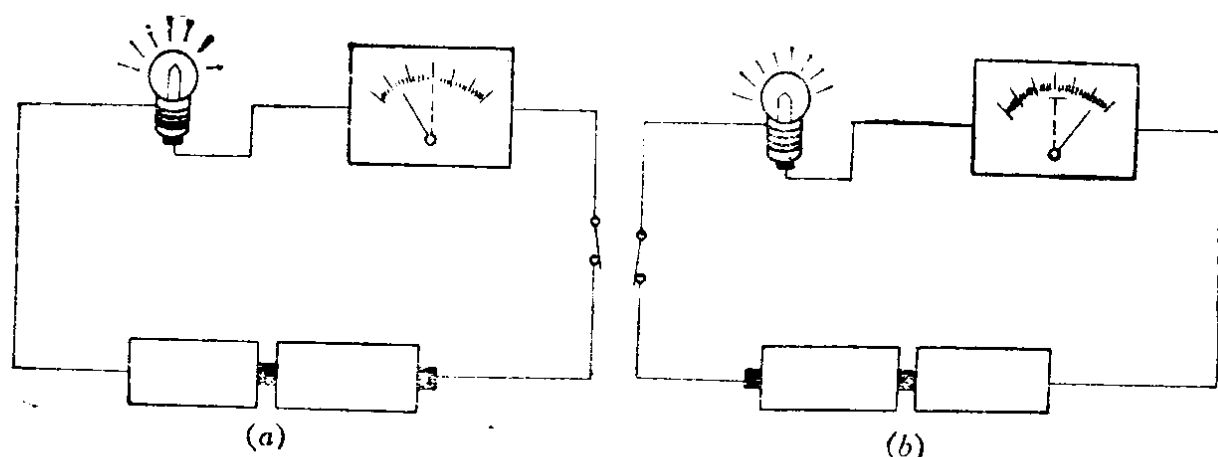


图1-1 实验电路

(a) 指针正向偏转；(b) 指针反向偏转。

简称直流。我们约定电池的中心碳棒叫正极，外筒 锌 皮叫负极。电流由锌皮通过电池内部至中心碳棒的电路，叫内电路；电流由中心碳棒经外部导体、开关到电池锌皮的电路称为外电路。所以，一个完整的电路总是由外电路和内电路两部分构成。通常规定，电流由正极经导体、用电器，再流到负极的方向，叫电流的方向（即正电荷运动的方向）。

使用手电时，我们不难发现，装新电池的手电筒，总比装旧电池的手电筒更亮。若用安培计测试，将会发现，装新电池比装旧电池能提供更大的电流。表示电流大小的量，叫做电流强度，简称电流，用符号 I 表示，单位是安培，简称安，用符号 A 表示。在电路中，当用电器两端有电压（即电势差）时，用电器中才可能有电流流过。电压的单位是伏特，简称伏，用符号 V 表示。常用的干电池，不论其大小，都可以使外电路两端保持 1.5 伏左右的电压，两节干电池串联起来可提供 3 伏左右的电压。对于需要 6 伏、7.5 伏电源的收音机、录音机，可用 4 节或 5 节电池串联起来使用。电流、电压是描述直流电特性的两个物理量。导体（或用电器）中有电流，导体的两端就一定要有电压。如果导体（或用电器）的内部有断开的地方，虽然有电压，但导体中却没有电流，这种现象叫断路。如果电路在连接中导体有相碰或有接触的地方，电流将不通过用电器而经导体接触的地方直接从正极

流到负极，这种现象叫短路，短路对电源是有很严重危害的，使用时应该严加注意，避免发生短路。实践中常把直流电用符号“DC”表示。如果直流电压 6 V，记作“DC 6 V”。

导体对流过它的电流存在阻碍作用，这种阻碍作用用电阻来表示，记作 R 。单位是欧姆，用符号“ Ω ”表示。比欧姆大的单位是千欧姆、兆欧姆，分别用符号“ $k\Omega$ ”、“ $M\Omega$ ”表示。并且 $1 k\Omega = 1000 \Omega$ ， $1 M\Omega = 1,000,000 \Omega$ 。导体电阻的大小由制做导体的材料性质、导体截面大小和长短决定。在一段电阻为 R （欧姆）的导体两端，加上电压 U （伏特），导体中就有 I （安培）的电流流过。实践证明， R 、 I 、 U 之间有如下关系：

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

即流过导体的电流大小与导体两端所加电压大小成正比，与导体的电阻大小成反比。这叫做直流电路的欧姆定律。

一只小电珠（或其他用电器）上面都标出它正常使用时，应该加上的电压值，如“2.5 V”、“6 V”等字样，这叫做“额定电压”，使用时不允许超过这个数值。每一个小电珠的电阻值是制造时就决定了的，所以，加上额定电压后的电流值就是一定的。测出这个电流大小，就可以利用欧姆定律算出它的电阻值的大小。或者利用欧姆表测出小电珠的电阻值之后，就可以利用欧姆定律计算出加上额定电压时应该流过的电流值。

用电器两端所加电压 U （伏特）和流过用电器的电流 I （安培）的乘积，称为电功率 P ，即

$$P = IU$$

单位为瓦特，用符号 W 来表示。它决定了用电器单位时间内消耗电能的多少。由欧姆定律可得到电功率的另外两个表示式，即

$$P = I^2 R$$

和

$$P = \frac{U^2}{R}$$

例如：已知一只低压灯泡标明“36 V、15 W”字样。根据上

面的介绍可以知道：这只灯泡的两个端子上若加上 36 伏电压，这时流过它的电流为

$$I = \frac{P}{U} = \frac{15\text{ W}}{36\text{ V}} \approx 0.42\text{ A}$$

它的灯丝电阻值为

$$R = \frac{U}{I} = 36\text{ V} / 0.42\text{ A} = 86.4\ \Omega$$

电流通过用电器会产生一些“效应”。当电流通过电灯，会使电灯发光；通过电阻器，会使电阻器发热；通过电动机，会使电动机转动；通过食盐水等“电解液”，会使其发生化学变化。我们称这些为电流的热效应、机械效应和化学效应。发生这些效应时，电流会做一定的功，称为“电功”，电功的单位是焦耳。电流是依靠消耗“电能”来做功的，电能的单位也是焦耳。1 安培的电流通过电阻值为 1 欧姆的电阻器，在 1 秒钟内所做的功，就是 1 焦耳。也就是说，这个电阻器消耗了 1 焦耳的电能。因此，用电器消耗电能做功的多少，可由下式计算：

$$A = W = I \cdot U \cdot t = P \cdot t$$

根据电功率的计算式和欧姆定律，有

$$A = P \cdot t = I^2 \cdot R \cdot t = \frac{U^2}{R} \cdot t$$

在实际上也用“千瓦小时”来计算消耗电能做功的多少，俗称为“度”。意思是电功率为 1 千瓦的用电器，用电 1 小时所消耗的电能为 1 度电，即

$$\begin{aligned} 1\text{ 度电} &= 1\text{ 千瓦} \times 1\text{ 小时} \\ &= 1000\text{ 瓦} \times 3600\text{ 秒} \\ &= 3.6 \times 10^6\text{ 焦耳} \end{aligned}$$

这样，我们可以通过简单的计算就能知道：500 瓦的电灯泡，“点”2 小时耗 1 度电；100 瓦的电灯泡，“点”10 小时耗 1 度电；25 瓦的电灯泡，“点”40 小时耗 1 度电。供电部门就是按这种办法，规定出 1 度电的电费标准来收费的。

例如：一只 15 瓦的灯泡，每天点 4 小时，一个月(30 天)共

计消耗多少电能？若1度电的电费为2角，需多少电费？

解：由 $W = P \cdot t$ ，有

$$\begin{aligned} W &= 15 \text{ 瓦} \times 4 \text{ 小时} \times 30 \text{ 天} \\ &= 15 \text{ 瓦} \times 4 \times 3600 \text{ 秒} \times 30 \\ &= 6480000 \text{ 焦耳} \end{aligned}$$

因为 1度电 = 3600000 焦耳

所以

$$W = \frac{6480000}{3600000} \text{ 度} = 1.8 \text{ 度}$$

当然也可以用如下方法来计算：

$$\begin{aligned} 1 \text{ 度电} &= 1 \text{ 千瓦} \times 1 \text{ 小时} \\ W &= 0.015 \text{ 千瓦} \times 4 \text{ 小时} \times 30 \\ &= 1.8 \text{ 千瓦小时} \\ &= 1.8 \text{ 度} \end{aligned}$$

每度电按0.2元电费计算，即可算出应缴电费：

$$G = 0.2 \times 1.8 = 0.36 \text{ (元)}$$

为了较为形象地表示直流电，常常采用在直角坐标上画出图线的办法来表示它，如图1-2所示。图中，横轴（ t 轴）表示时间，单位是s（秒）；纵轴既可用来表示电流，单位安培（A），也可表示电压，单位伏特（V）。它们都是与横轴平行的直线。

直流电，一般是由于电池、蓄电池、直流发电机提供的；也可由交流电通过整流滤波获得。

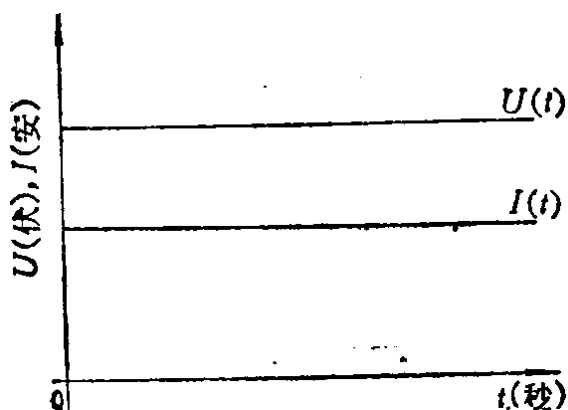


图1-2 直流电

二、交流电

我们“点”电灯的电，带动碾米机、磨面机、水泵的电都叫交流电。它的特点是电流（或电压）的大小和方向都随时间做周期性变化，这样的电流（或电压）叫交流电流（或电压），简称

交流电。

若电流和电压是随时间按正弦规律成周期性变化的,这种交流电叫正弦交流电,如图1-3所示。这是我们最常用的一种交流电。

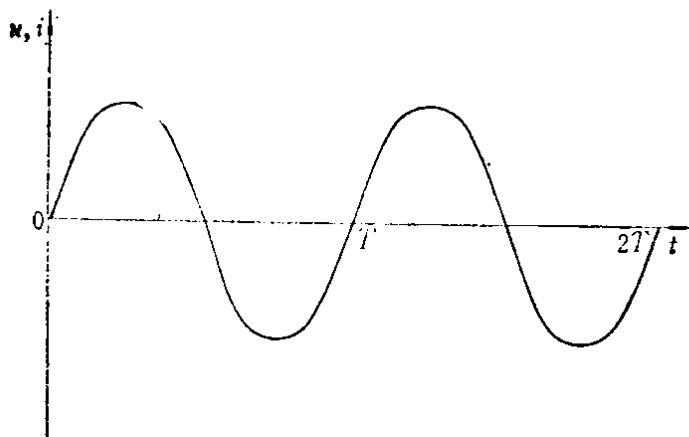


图1-3 交流电

交流电完成一次周期性变化所需的时间,叫交流电的周期,用 T 表示,单位是s(秒)。交流电在一秒钟内完成周期性变化的次数,叫做交流电的频率,用 f 表示,单位是Hz(赫芝),即1/秒。频率和周期的关系是:

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

交流电每完成一次周期性的变化,相当于经历了 2π 弧度的角度变化。我们把单位时间内变化的角度(电角度 $\frac{2\pi}{T}$)叫做角频率,用 ω 表示,所以

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

角频率的单位是弧度/秒。由此可见,交流电在某一时刻 t 的角度就等于 ωt 。开始计算的时刻,它处的位置称初始位置,这时所处的角度 ϕ 叫做初相角,则时刻 t 的角度就是 $\omega t + \phi$,称为交流电在 t 时刻的相位。

交流电在任一瞬时的数值,称为瞬时值。瞬时值中最大的数值,称为最大值。分别用小写字母 i 、 u 、 e 和大写字母 I_m 、 U_m 、

E_m 表示交流电的瞬时值和最大值。正弦交流电的数学表达式为

$$i = I_m \sin(\omega t + \phi) \quad (1-3)$$

$$u = U_m \sin(\omega t + \phi) \quad (1-4)$$

$$e = E_m \sin(\omega t + \phi) \quad (1-5)$$

这是交流电中最简单的一种形式，称为正弦交流电。本书在不作特别说明时，所指的均为正弦交流电。

交流电也常用旋转矢量（相量）来表示。方法是：从坐标原点画一条有方向的线段，线段的长度与交流电的最大值成比例，线段与横轴的夹角等于初相角 ϕ ，并假定此线段以角速度 ω 绕原点反时针旋转。那么，该线段任一时刻在纵轴上的投影，就是该时刻交流电的瞬时值（见图 1-4）。用旋转矢量表示交流电的结果和数学表达式是完全一致的，但在实用上更形象，更方便些。

交流电的瞬时值是随时间呈周期变化的，因此测量、计算都不方便。所以，通常用有效值来衡量交流电的大小。

交流电的有效值，是根据电流的热效应来规定的。交流电流（或电压、电动势）的有效值是：在相同的时间内，对于同一电阻，能产生同样热效应的直流电流（或电压、电动势）值。

交流电的有效值和最大值的关系为

$$I = \frac{1}{\sqrt{2}} I_m \approx 0.707 I_m \quad (1-6)$$

$$U = U_m / \sqrt{2} = 0.707 U_m \quad (1-7)$$

$$E = E_m / \sqrt{2} = 0.707 E_m \quad (1-8)$$

常说的交流电流、交流电压，以及交流电动势（交流电源电压）都是指它的有效值。例如：我们说交流电源电压为 220 伏、380 伏等都是指的有效值。通常用交流电流表、交流电压表测得的数值也是有效值。

三、三相交流电

为了送电、用电方便，实用上都采用三相交流电。图 1-5 为三相交流发电机的示意图。在发电机的转子铁心（电枢）里

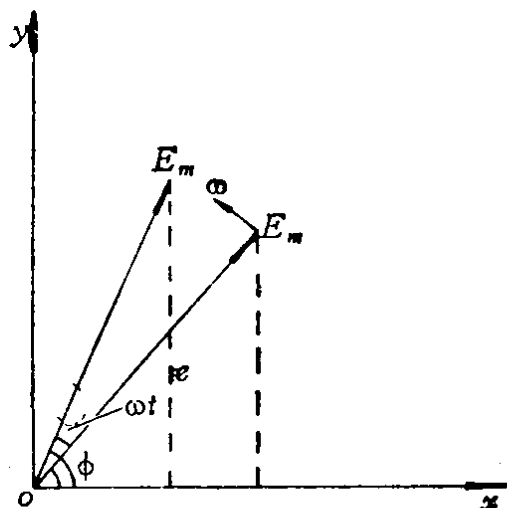


图1-4 交流电的相量表示法

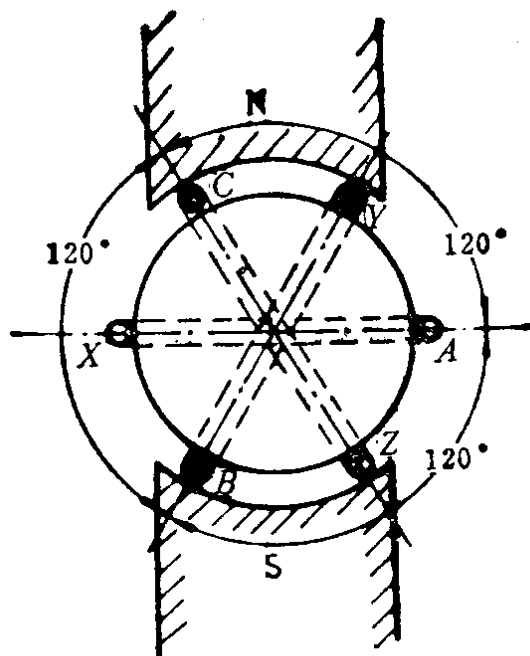


图1-5 三相交流发电机示意图

嵌有规格相同的三个线圈 (AX 、 BY 、 CZ)。 A 、 B 、 C 是它们的首端； X 、 Y 、 Z 是它们的末端。线圈平面互相成 120° 角。当转子（电枢）在磁场中，以角速度 ω 作匀速旋转时，发出的电就是三相交流电。我们称这种由三个转子线圈分别产生的最大值相同、频率相同而相位彼此相差 120° 的交流电，叫作三相交流电，简称三相电，即

$$e_{AX} = E_m \sin \omega t$$

$$e_{BY} = E_m \sin(\omega t - 120^\circ)$$

$$e_{CZ} = E_m \sin(\omega t - 240^\circ)$$

它们达到最大值（或最小值）的顺序称为相序。图 1-6 中三个电动势的相序为 $A-B-C$ ，习惯上用黄、绿、红表示 A 、 B 、 C 三相。图 (a) 是三相交流电的图形；图 (b) 为它的相量图。实际的发电机一般是绕组固定，而让磁场转动，原理也是相同的。

三相交流发电机（电源）的绕组，可以独立的各自对外供电，这就需要用六根输电线将电能输送给负载，这样很不经济。如果将三相绕组按一定规则连接起来，就可以用四根甚至三根输电线把全部电能输送给负载。实际使用的连接方式主要有两种：星（Y）形连接和三角（ Δ ）形连接。

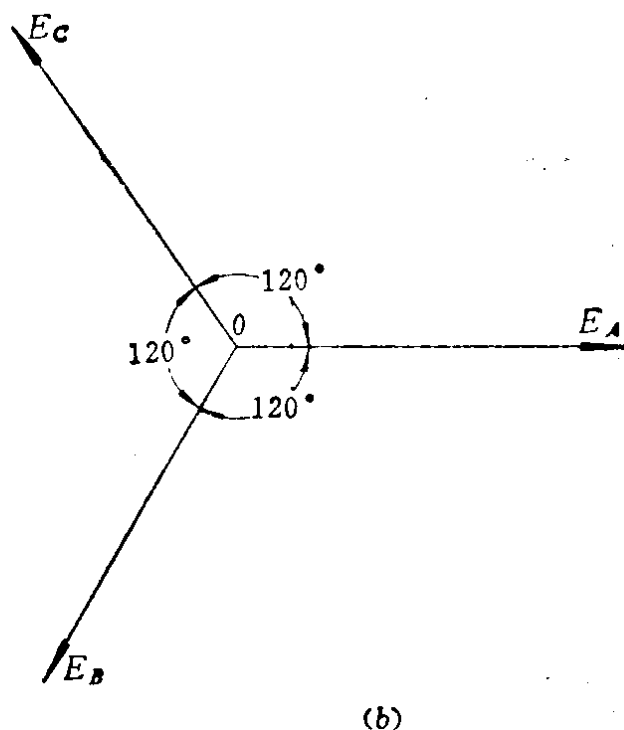
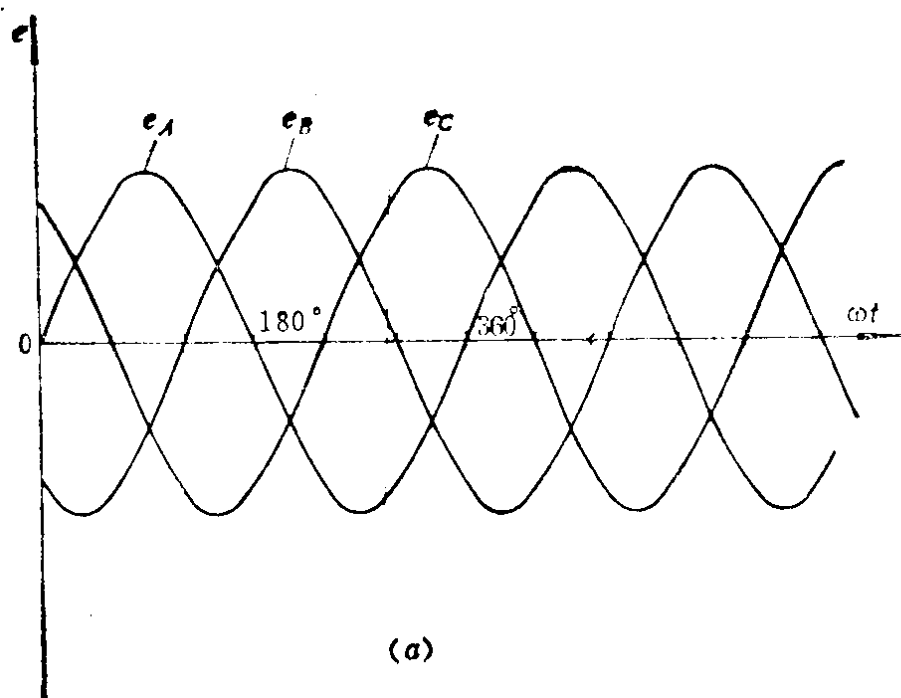


图1-6 三相电的表示法

(a) 图线法；(b) 相量法。

将三相绕组的末端 X 、 Y 、 Z 连在一起, 成为一个公共点(称为中点) 的连接方式称为星(Y)形连接, 如图1-7所示。中点引出的输电线称为中性线。因为它一般接地, 因此也称为地线, 又叫“零线”, 用“0”表示。从绕组的 A 、 B 、 C 端引出的输电线称为相线, 又叫做“火线”。这种连接方式也称为三相四线制。每个绕组

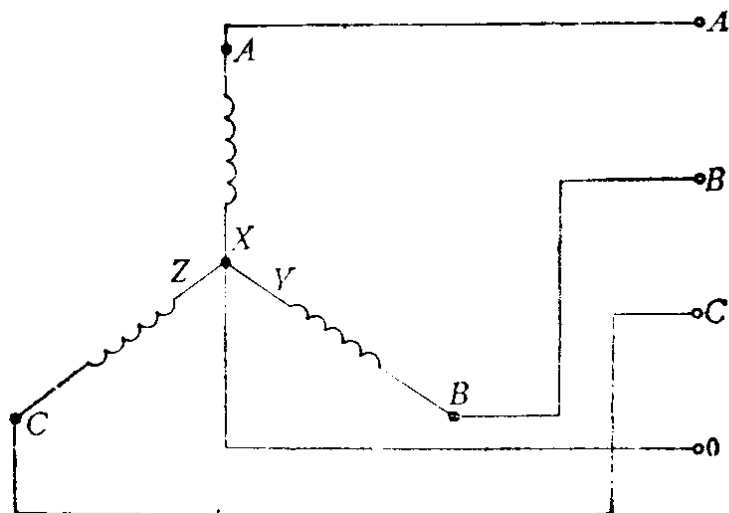


图1-7 星形连接

始末端之间的电压（即火线与地线之间的电压）称为相电压。由于各个绕组完全相同，所以，相电压 U_{A0} 、 U_{B0} 、 U_{C0} 都相等。火线与火线之间的电压（即 U_{AB} 、 U_{BC} 、 U_{CA} ）称为线电压，线电压 U_{AB} 、 U_{BC} 、 U_{CA} 也都相等。实验证明，线电压与相电压有下列关系：

$$U_{AB} = \sqrt{3} U_{A0}$$

$$U_{BC} = \sqrt{3} U_{B0}$$

$$U_{CA} = \sqrt{3} U_{C0}$$

若用 U_L 、 U_ϕ 分别表示线电压和相电压，则有：

$$U_L = \sqrt{3} U_\phi$$

图 1-8 为星形连接的相量图。三相四线制可以提供两种不同的电压，即线电压和相电压。这对用电来说，是十分方便的。农村中所用的三相交流电动机接的就是 380 伏的线电压。而电灯、电熨斗、洗衣机等接的都是 220 伏的相电压。

如果将三相发电机的每一相绕组的末端与另一绕组的首端依次相连（X 连 B、Y 连 C、Z 连 A），由三个连接点引出三根输电线，这种连接方式，称为三角（ Δ ）形连接，如图 1-9 所示。可见，在这种连接形式之下，线电压就等于相电压，即

$$U_L = U_\phi$$

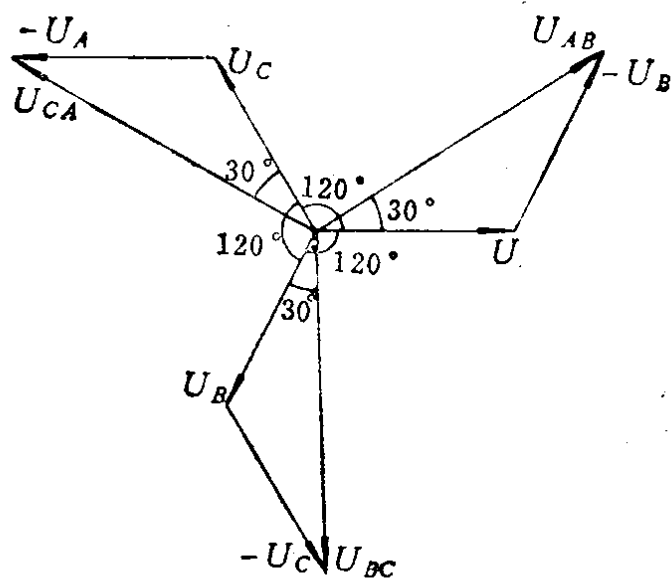


图1-8 星形连接的相量图

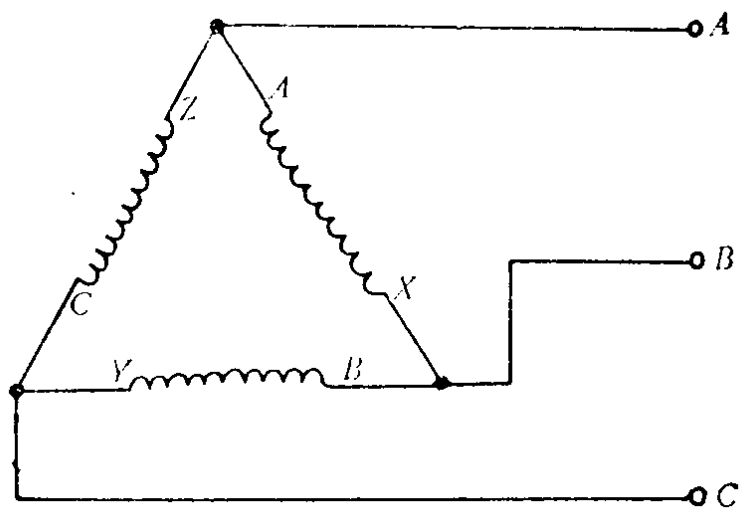


图1-9 三角形连接

三角形连接只能供应一种电压。这种连接方式常称为三相三线制。

第二节 万用表的使用

测量交、直流电的最简单、最价廉的工具是万用表。它享有电工、无线电业余爱好者的“眼睛”的盛誉。我们称它为“万用表”，并不是说它有一万种用途，而是与其它电表相比，它具有量程宽、用途广的性能，所以获得万用表的美称。一般万用表可

用来测量交流电压、直流电流、电压、电阻。有些万用表还可用来测量交流电流、电功率、电感量、电容量等。近年来,随着科学技术的发展,万用表的规格、型号较多,其应用范围和使用方法也略有差异,应在选购时加以注意。但是能够测量电阻、直流电压和电流、交流电压等几项功能,是任何万用表必须具备的基本功能。另外,它们虽然品类繁多,但在结构上仍然是大同小异。现介绍如下。

万用表是利用磁电系测量机构,配合测量电路来实现各种电量的测量的。

万用表的结构有如下几个主要部分组成:

1. 表头

采用磁电系测量机构做万用表的表头,它的满刻度偏转电流一般为几微安到几百微安。满刻度偏转电流越小,灵敏度就越高,表头的特性就越好。表头的表盘上有对应各种测量所需要的多条标度尺。

2. 测量线路

万用表的测量线路实际就是多量程的直流电流表、直流电压表、整流式交流电压表和欧姆表等几种线路的组合。其测量线路中的元件多为各种类型和各种数值的电阻元件,如碳膜、线绕电阻等,在测量交流电压线路中还设有整流装置。

3. 转换开关(选择和量程开关)

万用表中各种测量和量程的选择是靠转换开关来实现的。转换开关里有固定接触点和活动接触点,用以闭合和断开测量电路。活动触点通常称为“刀”;固定触点通常叫“掷”。转换开关是按需要特制的,一般是几刀和几十掷,而各刀之间是同轴连接的,从而可以相应地接通测量线路。

一、电压表

如图 1-10 所示,将表头 G 和一个降压电阻 R 串联,就构成最简单的电压表。将电压表并联在被测电压 U 的两端,则通过表头的电流为