



工业帮自动化系列教材

杨锐 ▶ 主编

武汉工邮帮教育科技有限公司 ▶ 组编

彩图版

# 图解电工

## 从入门到精通



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>



工业帮自动化系列培训教材

# 图解电工从入门到精通(彩图版)

杨 锐 主编

武汉工邮帮教育科技有限公司 组编

华中科技大学出版社

中国·武汉

## 内 容 简 介

本书以电工现场经验和教学实践为基础编写而成。结合电工行业的培训特色和读者学习习惯,将电工知识分成6章内容,具体为家庭用电回路、工具的使用、电气元器件、电动机控制电路、西门子变频器运用、S7-200PLC外部结构及接线。这些知识内容涵盖了目前电工行业的主要岗位需求,注重电工知识的系统性,强调电工技能的实用性。

全书可供现场电工技术人员、初学者使用,也可作为电工工具书,还可供相关院校师生使用。

### 图书在版编目(CIP)数据

图解电工从入门到精通:彩图版/杨锐主编. —武汉:华中科技大学出版社,2019.6  
工业帮自动化系列教材  
ISBN 978-7-5680-5300-6

I. ①图… II. ①杨… III. ①电工技术-教材 IV. ①TM

中国版本图书馆CIP数据核字(2019)第113851号



### 图解电工从入门到精通(彩图版)

杨 锐 主 编

Tujie Diangong cong Rumen dao Jingtong

策划编辑:张少奇

责任编辑:刘勤

封面设计:原色设计

责任监印:周治超

出版发行:华中科技大学出版社中国·武汉 电话:(027)81321913

武汉市东湖新技术开发区华工科技园 邮编:430223

录 排:武汉三月禾文化传播有限公司

印 刷:武汉科源印刷设计有限公司

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:11

字 数:259千字

版 次:2019年6月第1版第1次印刷

定 价:80.00元



华中出版

本书若有印装质量问题,请向出版社营销中心调换  
全国免费服务热线:400-6679-118 竭诚为您服务  
版权所有 侵权必究



## 前言

本书是在电工现场经验和教学实践的基础上编写而成的。书中出现的电路示例,有些是生活中经常出现和使用的电路,有些是近年来出现的新的控制电路,本书着力于每个示例的详细解释。每个示例都有其自身的特点,各个示例之间互为补充,既可以单独选读,也可以由前至后、由浅入深地进行系统学习。本书集学习、维修、教学需要于一体,既是初、中级电工自学的读本,又是检修设备答疑解惑的工具书,同时还是可供教学参考的可靠资料。如果是初学者,建议通读全书,同时配合我们提供的视频课程来学习。

首先,书中的电气简图所用的图形符号选用最新国家标准,实际使用中与旧的电气简图所用符号不一致的地方,读者应逐步废弃旧的图形符号,掌握新的电气图形符号。其次,书中使用将实物图形与标准图形相结合的表达方式,其目的是方便初学者尽快地掌握电路的实质内容。从实践中来,到实践中去,再回到书本中。这样多次反复,既不脱离书本,又不脱离实践,使理论密切联系实际,不仅能学以致用、节省精力,而且还可以节约大量的时间。本书源于现场,服务于现场,是一本实用价值较高的参考书。

本书的编写力求精益求精。在电路原理说明中,尽量使用简洁的语言、易读的电路,使读者一目了然。对部分经常应用而认知模糊的电路,本书力求作出较为客观的分析,以帮助读者加深对应用电路的认识,消除心中的疑惑。只要读者按照目录顺序,逐节细心阅读,领悟其中的道理,定会受益匪浅。



在本书编写的过程中,编者查阅了大量文献资料,并与现场使用和维护电气设备的工作人员进行了较多的经验交流,对有些电路还进行了实验证明。但由于水平有限,又受硬件条件制约,书中定有疏漏之处,敬请读者批评指正。联系邮箱:2924727391@qq.com。

编 者

2019年6月





# 目录

第 1 章 家庭用电回路 .....	(1)
1.1 电工基础知识 .....	(1)
1.2 单开单控开关 .....	(8)
1.3 单开双控开关 .....	(9)
1.4 单开多控开关 .....	(9)
1.5 单开五孔插座开关 .....	(10)
1.6 单控灯 .....	(10)
1.7 双控灯 .....	(11)
1.8 三控灯 .....	(12)
1.9 四控灯 .....	(13)
1.10 五控灯 .....	(14)
1.11 六控灯 .....	(15)
1.12 五孔开关控制灯 .....	(16)
1.13 五孔插座一键断电 .....	(17)
1.14 楼道触控 .....	(18)
1.15 楼道声控 .....	(19)



1.16	导线选型	(20)
1.17	导线颜色选择	(21)
1.18	导线截面选择	(22)
1.19	开关插座安装高度	(23)
1.20	开关插座的布置	(24)
1.21	照明负荷计算	(26)
1.22	单相负荷电流值	(27)
1.23	家庭导线及开关选配	(28)
1.24	电能表的使用	(28)
<b>第2章</b>	<b>工具的使用</b>	<b>(34)</b>
2.1	万用表	(34)
2.2	数字钳形表	(38)
2.3	电笔使用	(40)
<b>第3章</b>	<b>电气元器件</b>	<b>(46)</b>
3.1	低压断路器	(46)
3.2	按钮开关	(48)
3.3	转换开关	(52)
3.4	指示灯	(53)
3.5	交流接触器	(53)
3.6	中间继电器	(55)
3.7	时间继电器	(57)
3.8	液位继电器	(60)
3.9	传感器	(62)

3.10	热继电器	(63)
3.11	行程开关	(65)
3.12	浮球开关	(66)
3.13	开关电源	(67)
<b>第4章</b>	<b>电动机控制电路</b>	<b>(70)</b>
4.1	电气识图	(70)
4.2	点动控制电气回路	(77)
4.3	电动机自锁控制电气回路	(79)
4.4	点动加启动自锁控制电气回路	(81)
4.5	多地启动控制电气回路	(83)
4.6	带电动机保护的自锁控制电气回路	(85)
4.7	带电动机保护报警的自锁电气回路	(88)
4.8	电动机正反转按钮互锁点动控制电气回路	(90)
4.9	电动机正反转接触器互锁点动控制电气回路	(92)
4.10	电动机正反转接触器自锁电气回路	(94)
4.11	电动机延时启动电气回路	(97)
4.12	电动机延时停止电气回路(1)	(99)
4.13	电动机延时停止电气回路(2)	(101)
4.14	按顺序启动控制电气回路	(103)
4.15	两台电动机延时顺序启动电气回路	(106)
4.16	液位供水控制	(108)
4.17	液位排水控制	(109)
4.18	星形/三角形延时启动电气回路	(111)
4.19	自动往返运动电气回路	(113)
4.20	顺序启动逆序停止电气回路	(116)





4.21	电动机的间歇启动 .....	(118)
4.22	双速电动机控制 .....	(120)
4.23	浮球液位开关供水 .....	(123)
4.24	一键启停 .....	(125)
4.25	单相电动机启动 .....	(127)
4.26	单相电动机正反转 .....	(129)
4.27	三线 NPN 控制灯 .....	(131)
4.28	三线 NPN 控制中继 .....	(132)
4.29	三线 PNP 控制灯 .....	(133)
4.30	三线 PNP 控制中继 .....	(134)
<b>第 5 章</b>	<b>西门子变频器运用 .....</b>	<b>(136)</b>
5.1	西门子变频器硬件 .....	(136)
5.2	西门子变频器面板控制电动机正反转案例 .....	(140)
5.3	西门子变频器控制电动机三段速及正反转案例 .....	(143)
5.4	西门子变频器模拟量控制电动机案例 .....	(146)
<b>第 6 章</b>	<b>S7-200PLC 外部结构及接线 .....</b>	<b>(149)</b>
6.1	S7-200 PLC 的外部结构 .....	(149)
6.2	外部接线图 .....	(151)
<b>附录</b>	<b>.....</b>	<b>(154)</b>
附录 A	导线的载流量 .....	(154)
附录 B	测量仪表中文字符号中英文对照表 .....	(156)
附录 C	零线截面积估算 .....	(156)
附录 D	架空裸线电流值 .....	(157)
附录 E	按功率计算电流 .....	(158)
附录 F	绕组首尾判断法 .....	(159)
附录 G	星形/三角形三相接线 .....	(160)

附录 H 三相电动机求电流 .....	(161)
附录 I 根据电动机功率选断路器 .....	(161)
附录 J 断路器选型(BV 铜线) .....	(162)
附录 K 三相电动机电缆选型 .....	(162)
参考文献 .....	(163)



# 第 1 章

## 家庭用电回路

### 1.1 电工基础知识

#### 1.1.1 电路

##### 1. 电路的概念

电路是电工技术和电子技术的基础。把一些电气设备或元器件,按其所要完成的功能,用一定方式连接而成的电流通路即为电路。

电路的作用有两点:一是可以实现能量的传输与转换;二是可以实现信号的传递和转换。

简单地讲,我们把电流所走的路线称为电路。用细铁丝将一个电灯泡、一个开关与一个电池连接,即可组成一个简单的电路,如图 1-1 所示。

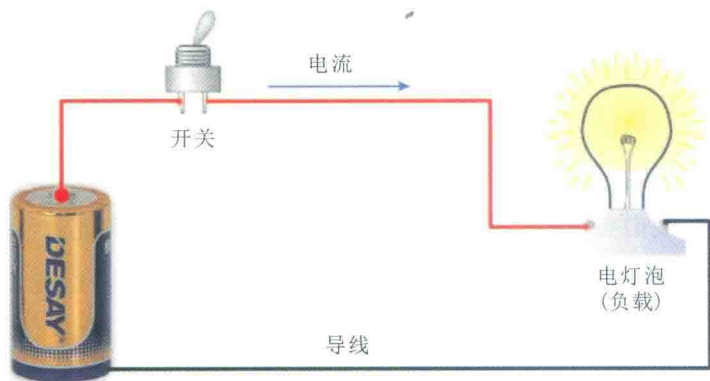


图 1-1 简单的电路

如果将上面的实际电路用标准的电路图形符号画出来,可得到如图 1-2 所示的电路原理图。

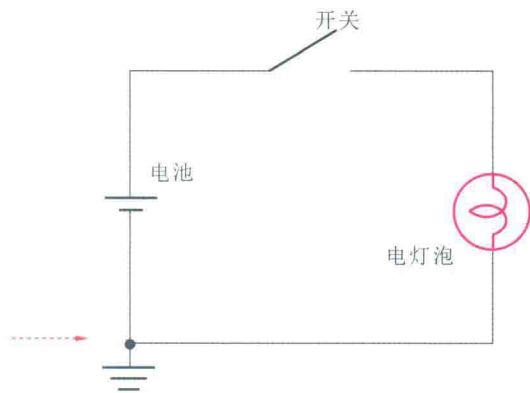


图 1-2 电路原理图

按照这个电路原理图,可制作出许多不同的照明器具,如电筒、探照灯等。如果将其中的电池更换成 220 V 的交流电源,就是我们所熟知的电灯照明电路,如图 1-3 所示。

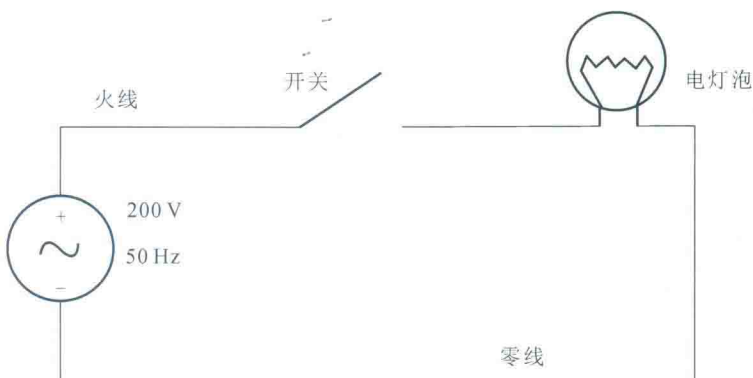


图 1-3 电灯照明电路

每个电路都有它的作用、功能。但电路有很多种,不同的电子(电气)设备中各个电路的作用可能各不相同。

一个电路的作用对象被称为负载。例如,喇叭是音频放大器的负载,电筒灯泡是电池的负载。通常负载将电能转换成其他形式的能量。

## 2. 电路的基本元素

在电气工程中,我们关注的是信息的传输或是能量的转移,要实现信号的传输或能量的转移,就需要有互连的电子(电气)设备,其中的每一个组成部分即是电路元素,电路由多个不同的电路元素构成,如图 1-4 所示。

## 3. 电路中的“地”

“地”是与电路相关的一个重要概念,在电路图中,我们通常会看到“地”的电路图形符号,如图 1-5 所示。

“地”分为设备内部的信号接地和设备接大地,两者概念不同,目的也不同。电路的

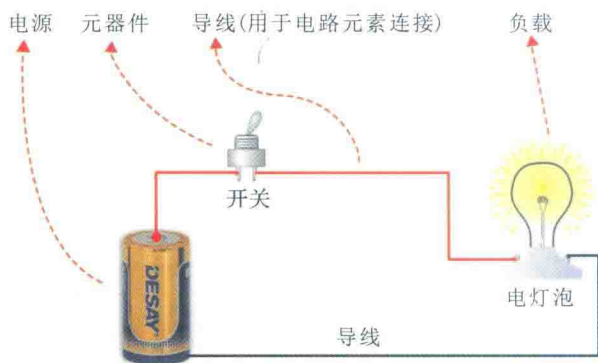


图 1-4 电路元素



图 1-5 “地”的电路图形符号

“地”，又称“参考地”，就是零电位的参考点，也是构成电路信号回路的公共端，它为设备中的所有信号提供了一个公共参考电位。

在工程实践中，通常将设备的机壳与大地连在一起。设备接大地是为了保护人员安全而设置的一种接线方式。

不要将设备外壳的接地与电路中的“地”等同起来，也千万不要将上面所述的设备外壳接地与 220 V 交流电中的零线等同起来。如果使设备外壳与零线等同，将给人员带来致命的伤害。

## 1.1.2 电压与电流

### 1. 电压

在电路中，任意两点之间的电位差被称为这两点的电压。例如一节 1.5 V 的电池，其正极比负极高 1.5 V。

电压用符号  $U$  表示。电压的单位是伏特，用 V 表示。电压还可用微伏 ( $\mu\text{V}$ )、毫伏 (mV)、千伏 (kV) 来表示。它们之间的换算关系为

$$1 \text{ kV} = 1000 \text{ V}, 1 \text{ V} = 1000 \text{ mV}, 1 \text{ mV} = 1000 \mu\text{V}$$

### 2. 电流

在电源电压的作用下，导体内的自由电子（电荷）在电场力的作用下有规律地定向移动，即形成电流，如图 1-6 所示。

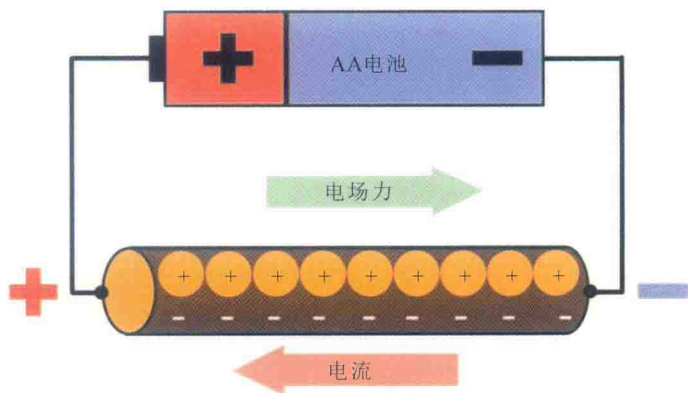


图 1-6 电流

电流用  $I$  表示,其单位是安培,用 A 表示。除了安培,常用的电流单位有毫安(mA)及微安( $\mu\text{A}$ ):它们之间的换算关系为

$$1 \text{ A} = 1000 \text{ mA}, 1 \text{ mA} = 1000 \mu\text{A}$$

### 3. 直流电与交流电

直流电(DC)是指电压方向不随时间的变化而变化的电流。我们平常所使用的电筒、手机、平板电脑等的电池都属于直流电,如图 1-7(a)所示。

交流电(AC)电压是指大小与方向是随时间的变化而变化的电流。日常的照明用电就是交流电,如图 1-7(b)所示。交流电是有频率的,通常电网接入供电为 50 Hz、220 V。

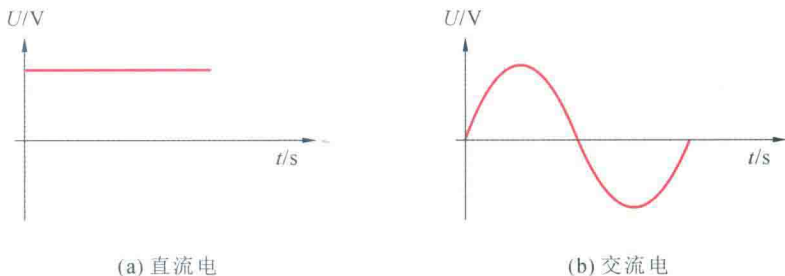


图 1-7 直流电与交流电

### 4. 电压与电流的关系

电压与电流的关系如图 1-8 所示。

$$I = \frac{U}{R} \quad \text{-----} \rightarrow \quad \text{电流(A)} = \frac{\text{电压(V)}}{\text{电阻(\Omega)}}$$

图 1-8 电压与电流的关系

电阻一定时,电压越大,电流就越大。电压一定时,电阻越大,电流就越小。

著名的欧姆定律就是用来表述电压、电流与电阻三者之间关系的。欧姆定律表明:流过

电阻的电流与其两端电压成正比，而与本身的阻值成反比。

### 1.1.3 电气图形符号

电气图是电气工程中进行沟通、交流信息的载体。由于电气图所表达的对象不同，提供信息的类型及表达方式也不同，这样就使电气图具有多样性。电气图的图形符号是识图的基础，相关人员应熟练掌握。电气图的图形符号很多，这里介绍一些常见的电气图的图形符号，如图 1-9 所示。

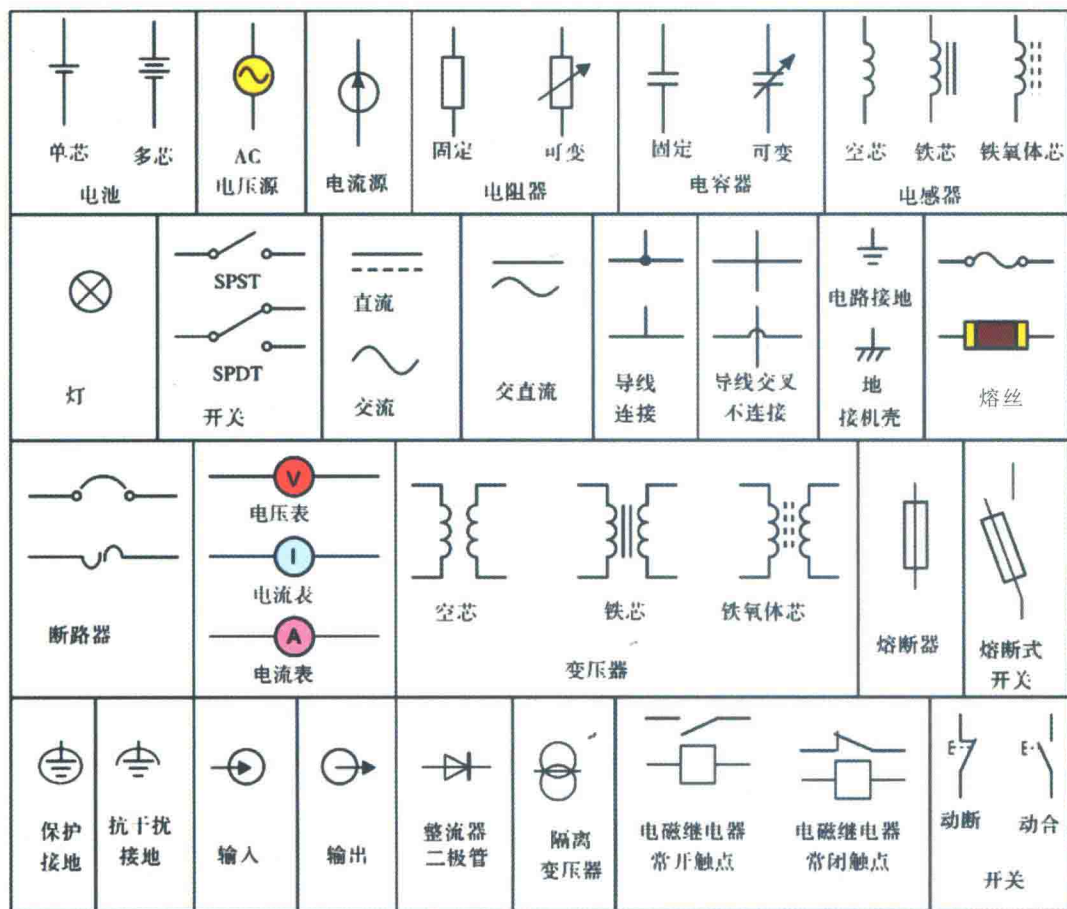


图 1-9 电气图的图形符号

### 1.1.4 交流电的基本知识

交流电的大小与方向随时间的变化而做周期性的变化。工程上用的一般都是正弦交流电，即交流电的变化规律按正弦函数变化，如图 1-10 所示。

交流电完成一次周期性变化所需要的时间被称为周期。



频率  $f$ ,是指单位时间(1 s)内信号发生周期性变化的次效。频率的国际单位是赫兹(Hz)。若信号在单位时间(1 s)内只周期性变化一次,则信号的频率为 1 Hz,如图 1-11(a)所示。若信号在单位时间内只周期性变化两次,则信号的频率为 2 Hz,如图 1-11(b)所示。

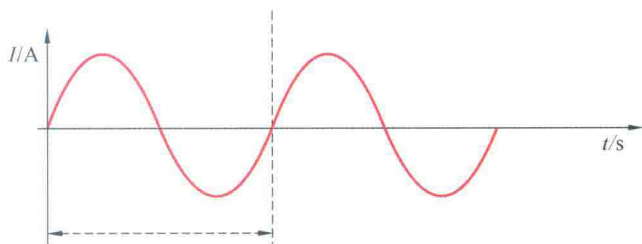


图 1-10 正弦交流电

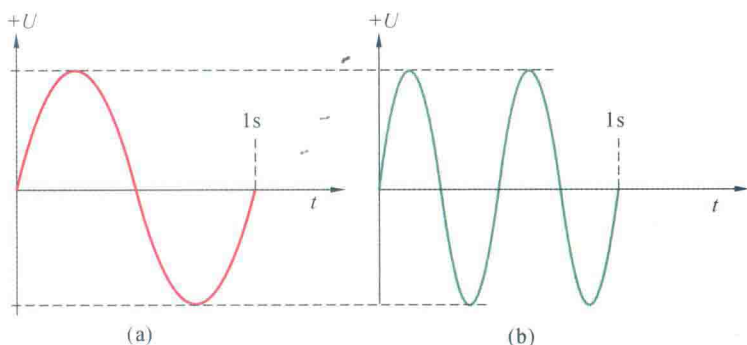


图 1-11 频率变化周期

频率  $f$  与周期是互为倒数的关系,即

$$f=1/T$$

频率越高,周期越短;频率越低,周期越长。

我国电力系统提供的交流电的频率是 50 Hz,即它在 1 s 内会变化 50 次。由于流过灯泡的电流的变化速度快,因此我们感觉不到它闪烁。

### 1. 有效值

交流电电压的有效值是根据电流的热效应来规定的。

让交流电与直流电通过同样阻值的电阻,如果它们在同一时间内产生的热量相等,就把这一直流电的数值称为这一交流电电压的有效值。

交流电电压的有效值是其最大值的  $1/\sqrt{2}$ (或 0.707 倍)。一般的交流电压表、电流表与万用表的读数都是有效值。通常说照明电路的电压是 220 V,就是指有效值为 220 V。

### 2. 三相交流电

三相交流电是由三相交流发电机产生的。目前,我国生产、配送的都是三相交流电。三相交流电是由三个频率相同、最大值相等、相位差互差  $120^\circ$  角的单相交流电按一定方式进行



的组合,如图 1-12 所示。

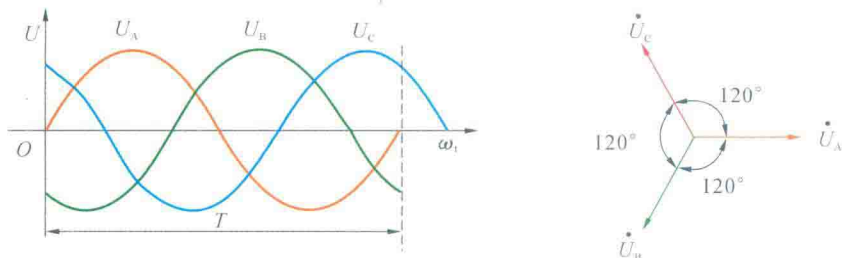


图 1-12 三相交流电变化规律

三相交流电有两种供电方式:即三相三线制供电、三相四线制供电。

三相发电机的每一个绕组部是独立的电源,均可单独给负载供电。实际上,三相电源是按照一定的方式连接后,再向负载供电的。

发电机三相绕组的末端连接在一起,绕组的始端分别与负载相连,这种连接方法就称为星形连接。三相电源通常采用星形连接方式。

以三条相线向负载供电的方式即为三相三线制供电。这种供电方式的配电变压器低压侧有三条相线(相线即通常所说的火线)引出,但没有中性线(零线)。三相三线制适用于高压配电系统,如变电所、高压三相电动机等。

通常在野外看到的输电线路通常为三根线(即三相),没有中性线,故称三相三线制。

电力系统高压架空线路一般采用三相三线制,三条线路分别代表 U、V、W 三相。任意两根相线之间的电压被称为线电压,为 380 V,如图 1-13 所示。

图 1-14 中三个末端相连接的点称为中点或零点,用字母“N”表示。从中点引出的一根线称为中线或零线。从始端引出的三根线称为端线或相线。

相线俗称火线,与零线之间有 220 V 的电压。

由三根相线、一根零线所组成的输电方式称为三相四线制。三相四线制供电是常用的低压电路供电方式。

### 3. 三相电源的电压

三相四线制可提供两种电压:一种是相线与零线之间的电压,称为相电压,为 $\sim 220\text{ V}$ 。一种是相线与相线之间的电压,称为线电压,为 $\sim 380\text{ V}$ 。

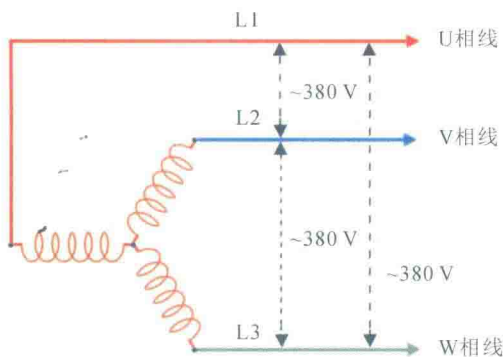


图 1-13 三相三线制供电