

中国造船工程学会人才与教育学术委员会
教材建设学组推荐

船舶职工培训丛书

CHUANBO ZHIGONG PEIXUN CONGSHU

初级船舶电工操作技能

渤海船舶重工有限责任公司 编

船舶工业教材编审室 审



哈尔滨工程大学出版社

选题策划 张 奎 刘江明
责任编辑 张 奎
封面设计 桡梓文化

船舶职工培训丛书

船舶管系工艺学(初级)
高级船舶管系工艺学
高级船舶管系工艺学(技师)
船舶管系工艺学
船舶管系英语
船舶管系工中级工培训教程
初级船体装配工艺学
中级船体装配工艺学
船体装配工艺学
船体装配操作技能
船体装配英语
船舶电工操作技能
初级船舶电工操作技能
船舶电工操作技能(中级)
高级船舶电工操作技能
船舶电工技师操作技能
船舶电工识图
船舶电工英语
船舶电气设备
船舶电气设备及自动控制
船舶电站及电力拖动

船舶电气工程概论
船舶电工艺学
初级船舶钳工艺学
船舶钳工操作技能
船舶钳工英语
坞修钳工知识和技能(中级)
船舶钳工知识和技能(中级)
船舶焊接工艺学(中级)
高级船舶焊接工操作技能
埋弧自动焊工培训教材
船舶焊接工艺学
船舶焊接工培训教程
船舶焊接工英语
初级船舶除锈涂装工艺学
高级船舶除锈涂装工艺
船体火工初级工培训教程
船体火工中级工培训教程
船舶建造质量检验
现代造船工程
船舶建造安全技术
船舶建造工艺

船舶修造安全基础知识
起重工艺学(初级)
起重机械与司索指挥
船舶柴油机及安装
船舶柴油机拆装修理工艺
CO₂ 气体保护半自动焊焊工培训教程
CO₂ 气体保护半自动焊工艺基础
船体冷加工高级工艺学
船舶概论(修订版)
船体结构
船体制图
船体识图(附图册)
船舶辅机与轴系
船坞工知识与技能
船舶轴舵系装置
质量管理小组理论与方法
船舶工业典型事故案例
初级船舶气割工艺学
搭架工
造船材料
船舶建造质量检验

ISBN 978-7-81073-656-5



9 787810 736565 >

定价:11.80 元

船舶工人培训丛书

初级船舶电工操作技能

渤海船舶重工有限责任公司 编

哈尔滨工程大学出版社

内 容 简 介

本书是根据劳动部和原中国船舶工业总公司联合颁发的“中华人民共和国职业技能鉴定规范(考核大纲)”中对初级船舶电工的要求编写的,全书共分两编。第一编为理论部分,主要内容有:交直流电路、晶体管电路、变压器与电动机、常用低压电路、电工仪表与测量;第二编为技能部分,主要内容有:照明配电设备控制系统、照明灯具及其电路、启动器类控制系统、报警及呼叫控制系统、子母钟系统、声力电话系统。

本书为初级船舶电工职业技能培训教材,也可供相关工种的技术工人参考。

图书在版编目(CIP)数据

初级船舶电工操作技能/渤海船舶重工有限责任公司编. —哈尔滨:哈尔滨工程大学出版社,2005
ISBN 978-7-81073-656-5

I.初… II.杨… III.船舶-电工 IV.U665

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 007379 号

出版发行 哈尔滨工程大学出版社

社 址 哈尔滨市南岗区东大直街 124 号

邮政编码 150001

发行电话 0451-82519328

传 真 0451-82519699

经 销 新华书店

印 刷 哈尔滨工业大学印刷厂

开 本 787mm×1 092mm 1/16

印 张 6.5

字 数 148 千字

版 次 2005 年 3 月第 1 版

印 次 2008 年 9 月第 2 次印刷

定 价 11.80 元

<http://press.hrbeu.edu.cn>

E-mail: heupress@hrbeu.edu.cn

编者的话

根据培训需要,我们已编写了“高级船舶电工操作技能”和“中级船舶电工操作技能”教材。为了满足刚入厂从事船舶电工工作的工人进行初级实际操作技能训练的需要,我们又编写了“初级船舶电工操作技能”一书。

本书分为理论和技能两部分。其中理论部分主要介绍简单的交直流电路、变压器、电动机、常用电器及常用的仪表工具;技能部分主要介绍配电设备、照明灯具、启动器类、报警系统、子母钟、声力电话等通常应用较为广泛的船用电器设备及其典型线路。我们想通过这两部分内容的介绍,使新入船舶电工岗位的工人,经过一段时间的培训,达到初步掌握船舶电工的基本理论和实际操作的目的。

由于我们水平有限,编写内容难免有不当之处或不能满足读者要求,恳请读者批评指正。

本书编委会

前 言

哈尔滨工程大学出版社自成立以来就参与了船舶类各种教材、船舶工人技术等级和造船工人技术理论教育教学计划与教学大纲的编写及出版工作,填补了我国没有船舶类职工培训教材的空白。根据《船舶工业造船工人技术等级标准》的要求,先后组织编写并出版了船舶行业初、中、高级工的技术理论培训教材 80 余种,结束了我国船舶行业没有统编教材的历史,基本上满足了国内船舶行业各企业职工培训的要求,对推动职工培训工作,改变船厂职工队伍技术水平较低的状况,起到了显著的作用,成为各船舶企业培训的首选教材。

随着生产的发展、产品结构的调整及新工艺、新技术、新设备、新材料的应用,在早期的统编教材中有些技术标准、工艺方法及名词术语部分已过时,部分教材内容会略显陈旧。因此,为了使这批教材能更好地发挥它在培训中的作用,我们对上述教材分期进行修改或重编,逐步出版一套与各船舶企业培训相适应的初、中、高级工技术理论教材。

本套统编教材邀请了中国船舶工业集团公司和中国船舶重工集团公司所属有关船厂富有经验的工程技术人员、科技工作者及从事职工教育的同志作为编者,并对编写提纲作了广泛认真的调查和论证,是在对当今造船企业中实际培训的需求的基础上编写的。为了使教材在内容上具有一定的先进性,充分体现了我国当前采用的先进的造船方法、造船技术和造船工艺,并具有较好的实用性,我们在紧密联系船厂实际的同时,充分考虑到各船厂在产品和工艺上的不统一性,力求满足不同地区、不同船厂的不同培训需求。

编好和出版一套真正实用的职工培训教材不容易,虽然我们尽量做到精心组织、认真编写和出版,但难免存在某些缺点和不足,希望从事职工教育的同志及读者,在教和学的过程中,能发现问题,并及时地和我们联系,以便再版时修订使之更加完善,更好地为船舶工业服务。

船舶工业教材编审室
哈尔滨工程大学出版社

目 录

第一编 理论部分

第一章 直流电路	1
第一节 电路	1
第二节 欧姆定律	3
第二章 交流电路	5
第一节 交流电的基本概念	5
第二节 交流电的产生	6
第三节 单相交流电路	7
第四节 三相交流电路	8
第三章 晶体管电路	9
第一节 晶体二极管	9
第二节 晶体三极管	11
第三节 整流电路	13
第四章 变压器与电动机	15
第一节 变压器的用途	15
第二节 变压器的工作原理	15
第三节 变压器的结构	16
第四节 三相异步电动机的基本结构	17
第五章 常用低压控制电器	19
第一节 低压电器的分类	19
第二节 组合开关	19
第三节 熔断器	20
第四节 自动空气开关	21
第五节 接触器	22
第六节 继电器	22
第七节 主令电器	26
第六章 电工仪表与测量	29
第一节 电工仪表与测量的基本知识	29
第二节 电流与电压的测量	32
第三节 钳形电流表的用途与工作原理	36
第四节 万用表	37
第五节 兆欧表	40

第二编 技能部分

第七章 照明配电设备控制系统	44
第一节 照明配电箱系统	44
第二节 正常照明系统	46
第三节 应急照明系统	48
第四节 低压照明系统	50
第八章 照明灯具及其电路	51
第一节 荧光灯具及电路	51
第二节 白炽灯具及电路	52
第三节 防爆灯具及电路	53
第四节 一灯双控典型电路	54
第九章 启动器类控制系统	56
第一节 直接启动控制电路	56
第二节 正反转启动控制电路	58
第三节 手动/自动启动控制电路	60
第四节 自耦变压器降压启动控制电路	62
第五节 星形/三角形启动控制电路	65
第六节 故障排除	68
第十章 报警及呼叫控制系统	70
第一节 轮机员安全报警系统	70
第二节 机舱延伸报警系统	72
第三节 冷库呼叫系统	78
第四节 病员呼叫系统	79
第十一章 子母钟系统	81
第一节 概述	81
第二节 典型线路介绍	81
第三节 子母钟在全船的分布	85
第十二章 声力电话系统	87
第一节 概述	87
第二节 声力电话机	87
第三节 声力电话机的操作	90
第四节 故障排除	95

第一编 理论部分

第一章 直流电路

第一节 电 路

一、电路的组成

简单地说,电路就是电流所流过的路径。它一般由电源、负载和连接部分等组成,图 1-1 是简单的直流电路。

电路分为外电路和内电路。从电源一端经过负载再回到电源另一端的电路称为外电路。电源内部的通路称为内电路,如电池两极之间的电路就是内电路。

1. 电源 电源是一种将非电能转换成电能的装置。常用的电源有蓄电池和发电机等,图中的 E 即表示电源。

2. 负载 负载是取用电能的装置,也就是用电设备。它将电能转换为其他形式的能量,例如电灯、加热器和电动机分别将电能转换为光能、热能和机械能。图 1-1 中的 R 即表示负载。

3. 连接部分 是用来连接电源和负载,构成电流通路的中间环节,它除了必不可少的连接导线外,通常还包括开关和熔断器等。连接部分是用来输送、分配和控制电能的。

电路通常有三种状态,我们通过图 1-1 所示的电路来说明。

通路 即开关 S 闭合回路,电路中有电流流过。

开路 开关 S 断开或电路一处断开,被切断的电路中没有电流流过。开路也称为断路。

短路 在图 1-1 中,若 a 、 b 两点用导线直接接通,则称为负载全部被短路。

若 a 、 c 两点用导线直接接通,则称为电源被短路,此时电源提供的电流将比通路时大很多倍,因而一般不允许短路。

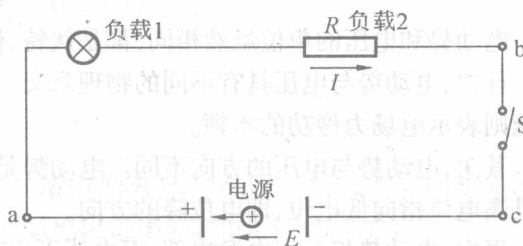


图 1-1 简单的直流电路

二、电路的几个物理量

(一) 电流

在电路中,如果两处的电位不等,如直流电源的正极和负极,正电荷就会在电场力的作用下从高电位向低电位移动;负电荷则是由低电位向高电位移动,这样电荷有规律的定向移

动就形成了电流。衡量电流大小的量叫做电流强度,简称电流,用字母 I 表示。其定义是:通过导体横截面的电量与通过此电量所需时间之比

$$I = \frac{Q}{t}$$

电流的单位是安培(库仑/秒),用 A 表示,若在一秒钟内通过导体横截面的电量为 1 库仑,则电流强度就是 1 安培。较小的单位有毫安,用 mA 表示, $1 A = 10^3 mA$;较大的单位有千安, $1 kA = 10^3 A$ 。

电流的方向规定为正电荷流动的方向。如果电流的大小及方向随时间变化,这种电流叫做交流电流;电流的大小随时间变化而方向不变叫做脉动直流电流;电流的大小和方向都不随时间变化的叫做恒定直流电流。

(二) 电位

电场力把单位正电荷从电场中的某点移至参考点所做的功,称为该点的电位。以 0 点为参考点,则 A 点的电位为 φ_A , B 点的电位为 φ_B 。参考点的电位一般定为零,因而低于参考点的电位是负电位,高于参考点的电位是正电位。电位的单位是伏,用字母 V 表示。

(三) 电压

两点电位之差叫做电压,也叫电位差(电势差)。电压和电位具有相同的单位伏特(简称伏),除了伏以外还有较大的单位千伏(用 kV 表示)和较小的单位毫伏(用 mV 表示):

$$1 kV = 10^3 V \quad 1 V = 10^3 mV$$

通常,电压用 U 来表示。 U_{AB} 表示 A 、 B 两点间的电位差,即

$$U_{AB} = \varphi_A - \varphi_B$$

(四) 电动势

电源的电动势是电源力将单位正电荷从电源的负极经电源内部移动到电源的正极所做的功,常用 E 表示。如果电源力移动电荷 q 所做的功为 W_E ,则

$$E = \frac{W_E}{q}$$

电动势和电压的单位虽然相同,都是伏特,但是两者是有区别的。

首先,电动势与电压具有不同的物理意义。电动势表示非电场力(外力)做功的本领,而电压则表示电场力做功的本领。

其次,电动势与电压的方向不同。电动势是低电位指向高电位,即电位升的方向,而电压是高电位指向低电位,即电位降的方向。

再次,电动势仅存于电源内部,而电压不仅存在于电源端,而且也存在于电源外部。

(五) 电阻

用电器如灯泡的电阻大小是由它本身电阻丝的长短、粗细和材料来决定的。根据测定,它们之间的关系如下:

当材料一定时,导体的电阻跟它的长度成正比,跟它的横截面积成反比,写成数学公式为

$$R = \rho \frac{l}{S}$$

式中 l ——导体的长度,单位是 m ;

S ——导体的横截面积,单位是 mm^2 ;

ρ ——电阻率,单位为 $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ 。电阻率的倒数 $1/\rho = \gamma$, γ 称作电导率。

如铜的电阻率为 $0.0175 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ 、镍的电阻率为 $0.073 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ 。

导体电阻大小还与温度有关。金属导体的电阻随着温度的升高而增加,镍铬合金的电阻率高,并有长期耐高温的能力,常用来制造电热器的热丝。

第二节 欧姆定律

一、部分电路的欧姆定律

图 1-2 中 R 是部分电路的电阻。实践证明,对一段通电电路,流过其中的电流与这段电路两端的电压成正比,而与这段电路的电阻成反比,这个关系叫做欧姆定律。用公式表示为

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

式中 I ——电流, A;

U ——电压, V;

R ——电阻, Ω 。

应用上式,当已知电压和电阻时,可求出电流。如将上式加以适当变化还可得: $U = IR$ 。它表示电流流过电阻时所产生的电位降低称为电阻压降。应用该式,已知电流和电阻时可求出电压;而当已知电压和电流时,又可以从 $R = U/I$ 求出电阻。

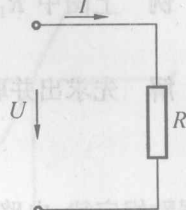


图 1-2 部分电路

例 有一电阻,其阻值 R 为 100Ω ,接到 20 V 电源上,试求电阻中的电流。

解 根据部分电路的欧姆定律

$$I = \frac{U}{R} = \frac{20}{100} = 0.2 (\text{A})$$

二、电阻的连接

1. 电阻的串联

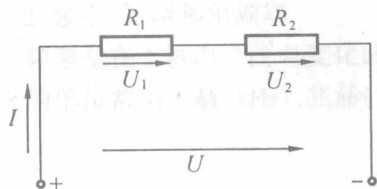


图 1-3 电阻的串联

在电路中如有几个电阻首尾连接,中间没有分岔,就叫做电阻的串联,如图 1-3 所示。

图 1-3 是电阻串联电路,在串联电路中,各段电阻中通过同一电流,串联电路的等值电阻为各段电阻之和,各段电路上的电压降与各段电阻成正比,线路上总电压为各分电压之和,即

$$R = R_1 + R_2$$

$$U = U_1 + U_2$$

例 上图中 $R_1 = 20 \Omega$, $R_2 = 20 \Omega$,求该串联电路的总电阻?

解 R_1 、 R_2 的串联电阻 R_{12} 为

$$R_{12} = R_1 + R_2 = 20 + 20 = 40 (\Omega)$$

2. 电阻的并联

在电路中,若几个电阻的首端和尾端分别连接在两个接点之间,使每个电阻承受同一电压,这种连接的方法叫做电阻的并联。

图 1-4 是由两个电阻组成的并联电路,如图中 A、B 两点,两点间的任一电路为支路。在并联电路中,各电阻两端都具有同一电压,其总电阻的倒数是各支路电阻倒数之和

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

并联电路总电流是各支路中电流之和

$$I = I_1 + I_2$$

设 A、B 两点间的电压不变,如果某一支路的电阻改变时,只改变该支路本身的电流和线路中的总电流,对其他支路并无影响。正是由于这个原因,所以通常负载总是并联后接于供电电源两端。如果电路中既有串联又有并联,则为混联电路。

例 上图中 $R_1 = R_2 = 100 \Omega$, 加在并联电路两端的电压为 50 V, 求并联电路的总电流 I ?

解 先求出并联电路的总电阻 R_{12}

$$R_{12} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = \frac{10\,000}{200} = 50 (\Omega)$$

根据欧姆定律,电路总电流为

$$I = \frac{U}{R} = \frac{50}{50} = 1 (\text{A})$$

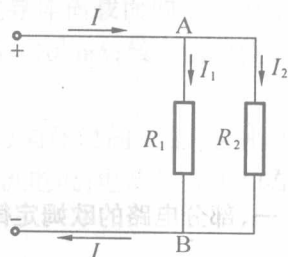


图 1-4 电阻的并联

$$(A) \quad 0.5 = \frac{0.5}{1} = \frac{1}{2} = 1$$

在并联电路中,若几个电阻的首端和尾端分别连接在两个接点之间,使每个电阻承受同一电压,这种连接的方法叫做电阻的并联。

图 1-4 是由两个电阻组成的并联电路,如图中 A、B 两点,两点间的任一电路为支路。在并联电路中,各电阻两端都具有同一电压,其总电阻的倒数是各支路电阻倒数之和

$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$

并联电路总电流是各支路中电流之和

$I = I_1 + I_2$

设 A、B 两点间的电压不变,如果某一支路的电阻改变时,只改变该支路本身的电流和线路中的总电流,对其他支路并无影响。正是由于这个原因,所以通常负载总是并联后接于供电电源两端。如果电路中既有串联又有并联,则为混联电路。

例 上图中 $R_1 = R_2 = 100 \Omega$, 加在并联电路两端的电压为 50 V, 求并联电路的总电流 I ?

解 先求出并联电路的总电阻 R_{12}

$$R_{12} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = \frac{10\,000}{200} = 50 (\Omega)$$

根据欧姆定律,电路总电流为

$$I = \frac{U}{R} = \frac{50}{50} = 1 (\text{A})$$

第二章 交流电路

第一节 交流电的基本概念

在工农业生产和日常生活中,我们所用的电大部分都是交流电。什么是交流电呢?它和直流电有什么区别呢?我们已经知道,直流电一般是指电流(电压、电动势)的大小和方向都不随时间的变化而变化的,如果电流(电压、电动势)的大小和方向都是随时间变化而变化的,这样的电叫做交流电。

交流电又可分为正弦交流电和非正弦交流电两类。如果交流电变化的规律是按正弦函数的规律进行,这种交流电就叫做正弦交流电,如图 2-1 所示。这里只讨论正弦交流电。因为实际的发电机、振荡器等所产生的电动势和电压,基本上都是按正弦规律变化的,所以我们在工农业生产和日常生活中,使用的电大都是正弦交流电。

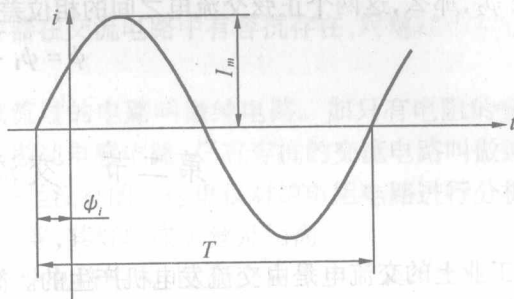


图 2-1 正弦电流波形

图 2-1 所示的正弦交流电的数学表达式是

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

1. 瞬时值和最大值

由于正弦交流电的电动势(或电压、电流)随时间按正弦规律不断变化的,所以每一时刻的值都是不同的。我们把某一时刻的值叫做交流电的瞬时值。正弦电动势、正弦电压及正弦电流的瞬时值分别用 e 、 u 和 i 表示。瞬时值的最大者叫做交流电的最大值(或峰值、振幅),用 E_m 、 U_m 及 I_m 表示。

2. 频率、周期和角频率

频率是在 1 秒内交流电变化的次数,用 f 表示,其单位是赫兹(简称赫),用 Hz 表示。比较大的单位常用千赫(kHz)、兆赫(MHz):

$$1 \text{ kHz} = 10^3 \text{ Hz}$$

$$1 \text{ MHz} = 10^6 \text{ Hz}$$

ω 表示正弦交流电变化的快慢,称为角频率。因正弦交流电完成一次循环相应的角度变化为 2π 弧度,如每秒完成 f 次循环,则相应的角度变化为 $2\pi f$ 弧度,即

$$\omega = 2\pi f$$

周期是指交流电变化一周所需的时间,用 T 表示,单位是秒,用 s 表示。比较小的单位常用毫秒(ms),微妙(μs):

$$1 \text{ ms} = 10^{-3} \text{ s}$$

$$1 \mu\text{s} = 10^{-6} \text{ s}$$

周期和频率互为倒数,即

$$f = \frac{1}{T}$$

目前,我国的供电系统中,交流电的频率是 50 Hz,周期为 0.02 s。

3. 相位和相位差

在式 $i = I_m \sin(\omega t + \phi_i)$ 正弦交流电的数学表达式中, $(\omega t + \phi_i)$ 称为相位或相位角。因为它随时间而变化,所以在变化过程中能反应出正弦量的瞬时值的大小。 $t = 0$ 时的相位角称为初相位角或初相位,它确定正弦量的初始值。

最大值、周期(或频率)以及初相位是正弦交流电的三要素,因为只要知道这三个基本物理量后,一个正弦量就完全可以确定。

我们把两个相同频率的正弦交流电的相位或初相位之差叫做相位差。如某一正弦交流电 $i = I_m \sin(\omega t + \phi_1)$ 的初相位是 ϕ_1 , 另一个同频率的正弦交流电 $i = I_m \sin(\omega t + \phi_2)$ 的初相位是 ϕ_2 , 那么,这两个正弦交流电之间的相位差是

$$\phi = \phi_1 - \phi_2$$

第二节 交流电的产生

工业上的交流电是由交流发电机产生的。简单的交流发电机的构造是这样的:在静止的磁极 N 和 S 间,放一能转动的圆柱形铁芯,在铁芯上绕有线圈,线圈的两端分别接到两只彼此绝缘的铜制滑环上,通过电刷和外电路相通。

当电枢(铁芯和线圈)逆时针旋转时,电枢线圈的两边便切割磁极 N 和 S 间的磁力线产生感应电动势,其方向由“右手定则”确定。转过 180° 后,电枢线圈中的电流方向是相反的,由此可见电流的方向是变化的,电流的大小决定于感应电动势的大小。当电枢旋转一周(360°),电枢上导体中的感应电动势变化一次。电枢每秒转动 n 周,电动势则变化 n 次,其频率 $f = n$ 。如果是每分钟转动 n 周,发电机发出的电流频率为 $f = n/60$ 。

在二极(一对磁极)的发电机中,电枢转动一周,电枢上的导体经过一个 N 极一个 S 极,电流变化一次。在四极(两对磁极)的发电机中,电枢转过 180° ,电枢上的导体就经过了一个 N 极一个 S 极,导体中的感应电动势就完成了一次变化,每转一周则变化两次,每秒转 n 周其频率为 $2n$,每分钟转动 n 周其频率 $f = 2n/60$,依次类推,六极和八极发电机的电流频率为: $f = 3n/60$ 和 $f = 4n/60$ 。写成一般表达式有

$$f = \frac{nP}{60} \quad (P \text{ 为磁极对数})$$

第三节 单相交流电路

将用电器接到交流电源上所组成的电路叫做交流电路。接在交流电路中的用电器可以分为电阻(如电烤炉、电阻器等)、电感(如电感线圈)、电容(各种电容器)三种基本情况。

电阻器的电阻与在直流电路中的情况一样,对交流电也起阻碍作用,在工频交流电路中电阻的阻碍作用,可以认为与在直流电路中一样。电感线圈的电阻一般很小,主要是电感,在直流电路中由于电流不变,电感线圈不会产生感应电动势,因此电感在直流电路中不起作用;但在交流电路中,因电流不断变化而产生感应电动势,感应电动势对电流的变化起阻碍作用,这种阻碍作用通常叫做感抗,因此在交流电路中电感对交流电产生阻碍作用。电容器在直流电路中起隔断直流的作用,但在交流电路中,由于电压不断交变对电容器不断进行充、放电,所以在电路中就有不断充、放电电流,在充、放电过程中也表现出对交流电流的阻碍作用,这种阻碍作用叫做容抗,因此,电容器在交流电路中有容抗存在,对电流产生阻碍作用。

在电路中,如果只有一种因素阻碍电流流过的电路叫做纯电路。如只有电阻的交流电路叫做纯电阻电路;只有感抗的交流电路叫做纯电感电路;只有容抗的交流电路叫做纯电容电路。严格地讲,在交流电路中,纯电路几乎是没有的。这里仅对纯电阻电路进行分析。

我们经常见到的白炽灯、电烙铁、电阻炉等,其灯丝或炉丝是用高电阻材料,如钨、康铜、锰铜等制成的。在这种电路中,电阻起主导作用,而电感和电容的影响很小,可以忽略不计,因此,它是既没有电感,又没有电容而只有电阻的电路,这种电路称为纯电阻电路,如图2-2所示。在纯电阻电路中,加在负载 R 两端的电压 u , 流过电阻 R 的电流 i 和电阻 R 这三者之间的关系是怎样的呢? 设加在电阻负载 R 的两端的正弦交流电压为

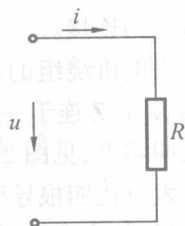


图2-2 纯电阻电路

$$u = U_m \sin \omega t$$

式中 u ——电阻上的电压降的瞬时值, V;

U_m ——电阻上的电压降的最大值, V。

电压和电流是同方向, 这样, 在任一瞬间, 流过负载的电流 i 仍可用欧姆定律计算, 即

$$i = \frac{u}{R} = \frac{U_m}{R} \sin \omega t$$
$$i = I_m \sin \omega t$$

式中 $I_m = U_m / R$ 。

这说明电流 i 也是按正弦函数规律变化的, 并且和电压 u 同相, 即电阻两端电压的瞬时值为零时, 电流的瞬时值也为零, 电压到达最大值时, 电流也达到了最大值。

电压、电流有效值之间的关系式为

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

第四节 三相交流电路

前面讲的交流电是单相交流电,电源和负载都是用两根导线连接起来的,而且电源只有一个交变电动势,它可以由单相交流发电机产生。但是,目前普遍应用的交流电是三相交流电,它是由三相发电机发出并用三相输电线输送的,而且常用的单相交流电,一般也是从三相交流电源中获得的。因此,三相交流电的应用极为广泛,这是因为它具有许多优点。如三相发电机比同样尺寸的单相发电机输出的功率大;在同样条件下输送同样大的功率时,三相输电线比单相输电线节省材料;三相发电机结构简单、坚固耐用,维护和使用也都比较方便,启动性能好、效率高;运转时三相发电机比单相发电机振动小等优点。因此,三相交流电得到广泛应用。

我们把三相电动势、电压和电流统称为三相交流电路。这三个电动势的最大值相等、频率相同、彼此有 120° 的相位差,叫做三相对称电动势,简称三相电动势。三相对称电动势是由三相交流发电机产生的。三相交流发电机的每相绕组,原则上都可以作为一个独立的电源,我们把三相绕组按适当的方式连接起来,它的连接方式有两种;即星形(Y形)连接和三角形(Δ 形)连接。

发电机绕组的星形连接是把发电机三相绕组的末端 X、Y、Z 连于一点,此点称为发电机的中心点,通常又叫零点,见图 2-3。

发电机四根导线与负载连接,从负载的三个起端 A、B、C 引出的三根导线叫做端线,俗称火线;从中心点引出的那根导线叫做中心线或叫零线,中心点常常通过地线接地。

每相绕组起端与末端间的电压或者说端线与中心线间的电压,称为相电压,一般用 $U_{\text{相}}$ 表示。各绕组起端间的电压,也就是端线间的电压,叫做线电压,一般用 $U_{\text{线}}$ 表示。当发电机三相绕组作星形连接,而且相电压对称时,则各线电压的有效值是各相电压的有效值的 $\sqrt{3}$ 倍。星形连接的三相电源,除三根相线外,还可以有一根中线,共有四根线向外供电,这就是平常所说的三相四线制。

在三相电路中有三相负载,如三相电动机、三相电阻炉等,也可以连接成星形和三角形两种形式。

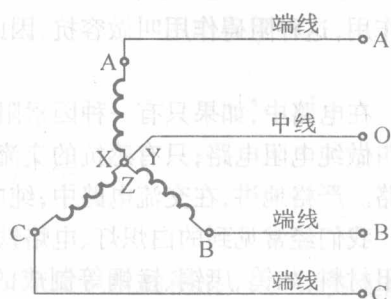


图 2-3 发电机绕组接线图

第三章 晶体管电路

电子技术的内容十分广泛,它主要包括“管”和“路”两个方面。“管”就是各种半导体器件,如二极管、三极管、稳压管等;“路”就是由半导体管和电阻、电感、电容等元件组成的放大、整流、振荡和开关电路等。本章主要讲述晶体二极管的主要性能和基本电路,它的工作原理及三极管的一般知识。

第一节 晶体二极管

一、二极管的结构

晶体二极管简称二极管,它是由一个 PN 结加上电极引线和管壳做成,常见的外形及符号见图 3-1。它有二个电极,一个是正极(即 P 型半导体的引出线),另一个是负极(即 N 型半导体的引出线)。二极管符号的箭头表示正电流的方向。

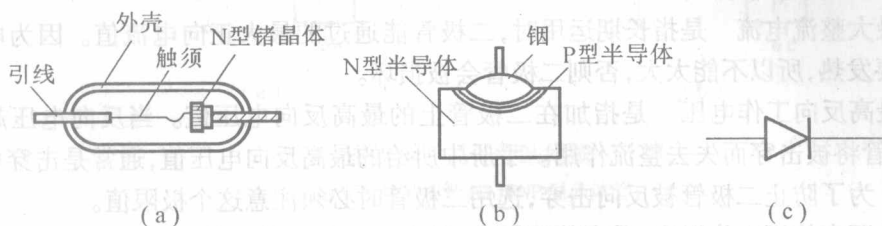


图 3-1 二极管的构造及符号

(a)点接触型;(b)面接触型;(c)二极管的符号

根据结构的不同,二极管可分为点接触型和面接触型两种,见图 3-1。点接触型二极管的 PN 结面积很小,不能通过大电流,但极间电容小,适用于高频信号的检波、脉冲技术和微小电流的整流。面接触型二极管的 PN 结面积较大,可以通过较大电流,适用于整流,但极间电容大,不宜用在高频电路中。

二、二极管的伏安特性

在电子技术中,常用伏安特性来说明二极管的性能。所谓伏安特性,是指加在二极管两端的电压与流过二极管的电流间的关系曲线。图 3-2 为二极管伏安特性曲线,从曲线可知:

(1)二极管正向连接时,电流随着端电压的增加而增加,但从零开始的一段电流很小,表明电流随电压的增加而缓慢增加,这是由于外加电压很低时,还不足以削弱 PN 结内电场对扩散的阻挡作用,因此基本上没有电流流过 PN 结,故称这一段为死区。硅管的死区电压为