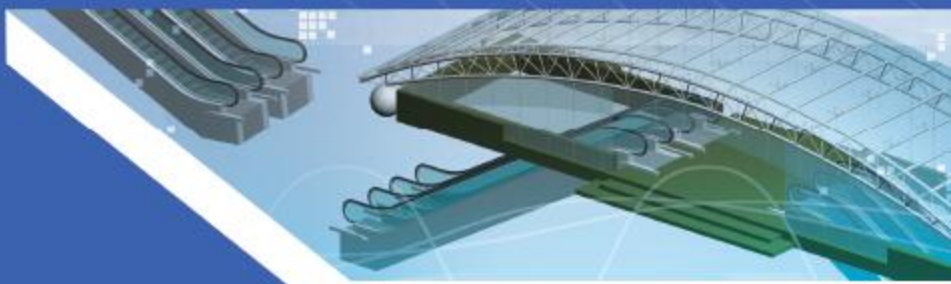




21世纪职业教育立体化精品教材  
工学结合教学改革与创新成果

# 建筑设备

徐国强 赵家敏 王 轶 主 编



## 教学资源包

**电子课件:** 包含8章PPT课件

**教学参考:** 包含课时规划和课程说明

**课后习题:** 课后习题答案

**案例库:** 补充教学案例

**资源拓展:** 包含学习网站和拓展阅读等

**教学检测:** 2份期末考试卷



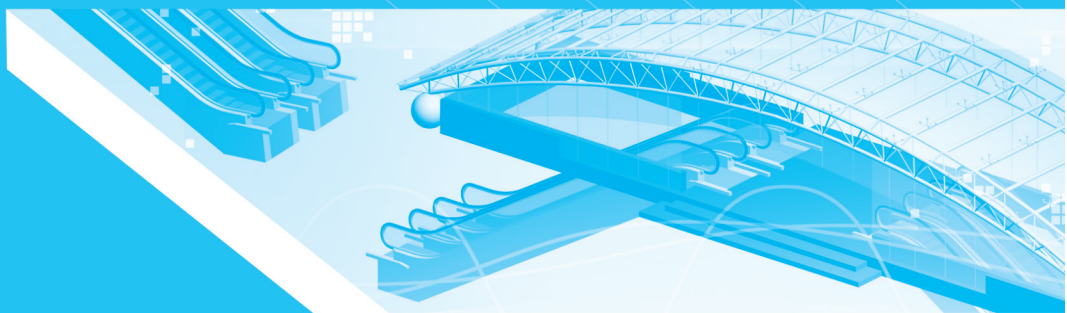
华南理工大学出版社  
SOUTH CHINA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS



21世纪职业教育立体化精品教材  
工学结合教学改革与创新成果

# 建筑设备

徐国强 赵家敏 王 韡 主 编  
张 涵 王柯入 余玢妍 副主编



华南理工大学出版社  
SOUTH CHINA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS

· 广州 ·

## 图书在版编目 (CIP) 数据

建筑设备/徐国强, 赵家敏, 王韡主编. —广州: 华南理工大学出版社, 2015. 7  
(2021. 3 重印)

21 世纪高职高专土建类立体化精品教材· 土建施工系列  
ISBN 978 - 7 - 5623 - 4576 - 3

I. ①建… II. ①徐… ②赵… ③王… III. ①房屋建筑设备—高等职业教  
育—教材 IV. ①TU8

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 048315 号

## 建筑设备

徐国强 赵家敏 王 韡 主编

---

出 版 人: 韩中伟

出版发行: 华南理工大学出版社

(广州五山华南理工大学 17 号楼, 邮编 510640)

<http://www.scutpress.com.cn> E-mail: [scute13@scut.edu.cn](mailto:scute13@scut.edu.cn)

营销部电话: 020 - 87113487 87111048 (传真)

项目策划: 王 磊

责任编辑: 于 洋 张启敏

印 刷 者: 天津市蓟县宏图印务有限公司

开 本: 787mm × 1092mm 1/16 印张: 18 字数: 432 千

版 次: 2015 年 7 月第 1 版 2021 年 3 月第 2 次印刷

定 价: 43.00 元

---

版权所有 盗版必究 印装差错 负责调换

本书根据高职高专人才培养目标以及专业教学改革的需要，依据最新政策法规、标准规范编写。全书主要内容包括建筑给水排水工程、建筑供暖系统、通风空调工程、电工基本知识、供配电系统、电气照明系统、建筑防雷接地系统与安全用电、建筑智能化系统。

本书在编排上，注重理论与实践相结合，采用案例式教学模式，突出实践环节。书中将各个学习情境分为若干个学习单元，每个单元由知识目标、技能目标和基础知识三部分组成。正文中设置了情境引入、案例导航、小技巧、课堂案例、学习案例、知识拓展等特色模块，意在提高学生的学习兴趣，促进学生的全面发展。每个学习情境最后设置了情境小结和学习检测。

本书既可作为高职高专院校建筑工程技术、工程造价、工程监理、建筑装饰等专业的教材，又可作为建筑工程施工现场相关技术和管理人员的参考用书。



建筑设备是现代建筑必要的组成部分，是为建筑物的使用者提供生活和工作服务的各种设施和设备系统的总称。建筑设备不仅关系到建筑物的使用功能，而且影响到建筑物的经济性。如果我们把建筑比作一个人，那么建筑结构就好比人的骨架，而建筑设备则是人的神经、血管和内脏。它源源不断地给建筑物提供所需的物质和能量，使之具有生命力。由此可见，建筑设备在建筑中具有十分重要的作用。

建筑设备课程是为帮助高职高专院校建筑学、建筑装饰、土木工程、工程管理等专业的学生认识并掌握建筑设备设计与施工安装方面的相关知识而设置的重要专业技术课程，是一门综合性较强的工程学科，也是一门理论与实践紧密结合的专业课程。学生通过对本课程的学习，可以掌握建筑设备工程的基础知识、基本设计原理与施工安装方法，具备对建筑设备施工安装过程中常见问题进行分析与解决的能力。

本书根据高职高专人才培养目标以及专业教学改革的需要，依据最新政策法规、标准规范编写。全书主要内容包括建筑给水排水工程、建筑供暖系统、通风空调工程、电工基本知识、供配电系统、电气照明系统、建筑防雷接地系统与安全用电、建筑智能化系统。

本书在编排上，注重理论与实践相结合，采用案例式教学模式，突出实践环节。书中将各个学习情境分为若干个学习单元，每个单元由知识目标、技能目标和基础知识三部分组成。正文中设置了情境引入、案例导航、小技巧、课堂案例、学习案例、知识拓展等特色模块，意在提高学生的学习兴趣，促进学生的全面发展。每个学习情境最后设置了情境小结和学习检测。

本书由徐国强、赵家敏、王韡担任主编，由张涵、王柯入、余玢妍担任副主编。其中河北联合大学的徐国强编写了学习情境一和学习情境二，云南开放大学的赵家敏编写了学习情境三和学习情境四，云南工商院的王韡编写了学习情境五和学习情境六，云南城市建设职业学院的张涵、王柯入、余玢妍编写了学习情境七和学习情境八。

本书既可作为高职高专院校建筑工程技术、工程造价、工程监理、建筑装饰等专业的教材，又可作为建筑工程施工现场相关技术和管理人员的参考用书。

本书编写过程中，参阅了国内同行多部著作，部分高等院校教师也提出了很多宝贵意见，在此，对他们表示衷心感谢！

本书编写过程中，虽经推敲核证，但限于编者的专业水平和实践经验，仍难免有疏漏或不妥之处，恳请广大读者指正。



# CONTENTS

# 目 录

## 学习情境一 建筑给水排水工程

情境引入 .....	1
案例导航 .....	1
学习单元1 了解建筑给水系统 .....	2
一、给水系统的分类 .....	2
二、给水系统的组成 .....	3
三、给水系统的给水方式 .....	4
四、给水管道的布置和敷设 .....	7
五、给水管网计算 .....	9
六、给水管材、附件及设备 .....	15
学习单元2 建筑排水系统 .....	28
一、排水系统的分类 .....	28
二、排水系统的组成 .....	28
三、排水系统的排水方式 .....	31
四、排水管道的布置和敷设 .....	31
五、排水管材、管件和排水器具 .....	33
六、排水管道的水力计算 .....	42
学习单元3 热水及饮水供应系统 .....	44
一、热水用水量定额 .....	45
二、热水供应系统的分类 .....	48
三、热水系统的组成 .....	49
四、加热方式及供水方式 .....	50
五、热水管道的布置与敷设 .....	50

六、饮水供应系统类型 .....	51
七、饮水供应方式 .....	51

学习单元4 建筑中水系统 .....	53
一、中水系统的分类 .....	53
二、中水系统组成 .....	54
三、中水系统水源 .....	55
四、中水原水量计算 .....	56
五、中水水质标准 .....	56
六、中水处理方法 .....	57
学习案例 .....	58
知识拓展 .....	59
情境小结 .....	61
学习检测 .....	61

## 学习情境二 建筑供暖系统

情境引入 .....	63
案例导航 .....	63
学习单元1 供暖系统概述 .....	64
一、供暖系统的分类 .....	64
二、供暖系统的组成与原理 .....	65
学习单元2 热水供暖系统 .....	66
一、自然循环热水供暖系统 .....	66
二、机械循环热水供暖系统 .....	67



<b>学习单元3 蒸汽供暖系统</b> .....	72
一、蒸汽供暖系统的工作原理与分类 .....	72
二、高压蒸汽供暖系统 .....	74
<b>学习单元4 辐射供暖系统</b> .....	76
一、辐射供暖分类 .....	76
二、辐射供暖的热媒 .....	76
三、低温辐射供暖 .....	76
四、中温辐射供暖系统 .....	78
五、高温辐射供暖系统 .....	78
<b>学习单元5 供暖系统散热器与辅助设备</b> .....	79
一、散热器 .....	79
二、散热器的选择 .....	82
三、散热器的计算 .....	82
四、散热器的布置 .....	83
五、供暖系统的辅助设备 .....	83
六、供暖系统管网的布置与敷设 .....	87
七、供暖热负荷 .....	88
<b>学习单元6 燃气系统</b> .....	91
一、燃气工程概述 .....	92
二、燃气设备 .....	93
<b>学习单元7 供热锅炉与锅炉房</b> .....	95
一、供热锅炉 .....	95
二、锅炉房 .....	96
<b>学习案例</b> .....	98
<b>知识拓展</b> .....	99
<b>情境小结</b> .....	99
<b>学习检测</b> .....	100

### 学习情境三 通风空调工程

<b>情境引入</b> .....	102
<b>案例导航</b> .....	102

<b>学习单元1 通风系统</b> .....	102
一、建筑通风的概述 .....	103
二、通风量的确定 .....	108
三、建筑防排烟 .....	111
四、通风系统的主要设备及构件 .....	116
<b>学习单元2 制冷系统</b> .....	121
一、空调冷源 .....	122
二、空调制冷系统的组成及原理 .....	122
三、制冷剂与载冷剂 .....	124
四、制冷机组 .....	128
<b>学习单元3 空气调节系统</b> .....	130
一、空气调节概述 .....	130
二、空调负荷和房间气流分布 .....	135
三、空气处理方式 .....	140
<b>学习案例</b> .....	145
<b>知识拓展</b> .....	146
<b>情境小结</b> .....	146
<b>学习检测</b> .....	146

### 学习情境四 电工基本知识

<b>情境引入</b> .....	149
<b>案例导航</b> .....	149
<b>学习单元1 直流电路</b> .....	150
一、电路组成、作用及工作状态 .....	150
二、电阻的连接 .....	151
<b>学习单元2 交流电路</b> .....	153
一、正弦交流电的基本概念 .....	153
二、三相交流电路 .....	154
<b>学习单元3 变压器</b> .....	157
一、变压器的基本结构 .....	158

二、变压器的基本工作原理 ..... 158

三、变压器的铭牌与额定值 ..... 159

四、变压器的用途和分类 ..... 160

**学习单元4 异步电动机** ..... 161

    一、异步电动机的结构和工作原理 ..... 162

    二、异步电动机的铭牌 ..... 163

**学习案例** ..... 165

**知识拓展** ..... 166

**情境小结** ..... 166

**学习检测** ..... 166

**学习情境五 供配电系统**

**情境引入** ..... 169

**案例导航** ..... 169

**学习单元1 建筑供配电系统的概述** ..... 170

    一、电力系统简介 ..... 170

    二、建筑供配电系统 ..... 171

**学习单元2 变配电所设备和自备应急电源** ..... 173

    一、变配电所位置的选择 ..... 173

    二、变配电室(所)的形式 ..... 173

    三、变配电所主要设备 ..... 175

    四、自备应急电源 ..... 176

    五、负荷计算 ..... 178

**学习单元3 低压配电线路** ..... 183

    一、常用电线 ..... 183

    二、常用电缆 ..... 187

**学习案例** ..... 191

**知识拓展** ..... 192

**情境小结** ..... 192

**学习检测** ..... 193

**学习情境六 电气照明系统**

**情境引入** ..... 195

**案例导航** ..... 195

**学习单元1 电气照明基本概念** ..... 196

    一、光度单位 ..... 196

    二、照明方式和种类 ..... 199

    三、照明质量评价 ..... 201

**学习单元2 常用电光源、灯具及其选用** ..... 204

    一、电光源 ..... 204

    二、灯具 ..... 209

**学习单元3 室内照明线路安装与调试** ..... 214

    一、电源进线 ..... 215

    二、照明配电箱 ..... 215

    三、室内照明线路 ..... 216

    四、用户设备 ..... 217

**学习案例** ..... 218

**知识拓展** ..... 219

**情境小结** ..... 219

**学习检测** ..... 220

**学习情境七 建筑防雷接地系统与安全用电**

**情境引入** ..... 222

**案例导航** ..... 222

**学习单元1 建筑防雷系统** ..... 222

    一、雷电与雷电过电压 ..... 223

    二、建筑物防雷的分类 ..... 225

    三、建筑物防雷装置的组成 ..... 226

    四、建筑物的防雷措施 ..... 228

**学习单元2 建筑物电气装置的接地** ..... 231

    一、接地装置 ..... 232

二、接地的连接方式 .....	234	四、综合布线系统的技术要求 .....	253
<b>学习单元3 安全用电</b> .....	236	<b>学习单元3 电话通信系统</b> .....	254
一、电气安全的相关概念 .....	236	一、电话通信系统概述 .....	254
二、防止触电事故的方法 .....	239	二、电话通信的设备和安装 .....	257
三、触电急救 .....	240	三、电话通信系统的技术要求 .....	257
<b>学习案例</b> .....	242	<b>学习单元4 火灾自动报警与消防联动控制系统</b> .....	258
<b>知识拓展</b> .....	243	一、火灾自动报警系统 .....	258
<b>情境小结</b> .....	243	二、消防联动控制系统 .....	262
<b>学习检测</b> .....	243	<b>学习单元5 安全技术防范系统</b> .....	265
<b>学习情境八 建筑智能化系统</b>		一、防盗报警系统 .....	266
<b>情境引入</b> .....	246	二、视频安防监控系统 .....	267
<b>案例导航</b> .....	246	三、出、入口控制系统 .....	269
<b>学习单元1 有线电视系统</b> .....	247	四、电子巡更系统 .....	271
一、有线电视的系统概述 .....	247	五、停车场自动管理系统 .....	272
二、有线电视的设备 .....	248	六、安全技术防范系统的技术要求 .....	273
三、有线电视系统的技术要求 .....	250	<b>学习案例</b> .....	273
<b>学习单元2 综合布线系统</b> .....	251	<b>知识拓展</b> .....	274
一、综合布线系统的特点 .....	251	<b>情境小结</b> .....	274
二、综合布线系统的组成 .....	252	<b>学习检测</b> .....	274
三、综合布线系统的传输导线和电缆 .....	253	<b>参考文献</b>	

# 学习情境四

## 电工基本知识



### 情境引入

某机电工程公司承接了一座 110kV 变电站建设项目,工期一年,时间紧、任务重。对此,该公司首先在内部组织了施工进度计划、施工生产资源、工程质量、施工安全、卫生与环境管理等协调工作,以便工程顺利展开;其次明确各级各类人员的安全生产责任制,以加强项目的安全管理;其三,施工过程中公司组织了与工程对应的季节、专业和综合等安全检查,以保障施工过程安全。

该变电站地处偏僻地区,施工时暂无电源供给,为了加快施工进度,该公司自行采用自备电源组织了施工。

变压器经开箱检查和本体密封检验后就位,紧接着进行箱体检查、附件安装、注油和整体密封性试验,但在通电过程中烧毁。



### 案例导航

本案例中,该工程安装公司不应擅自采用备用电源施工,总承包单位要告知供电部门并征得同意。同时,要妥善采取安全技术措施,防止自备电源误入市政电网。变压器烧毁是因为未进行检查及交接试验;未进行送电前的检查;未进行绝缘判定和器身检查。

要了解变压器的基本结构,需要掌握的相关知识有:

- (1) 了解电路的组成、作用及工作状态,熟悉电阻的连接方式;
- (2) 了解正弦交流电的基本概念,了解三相交流电路的功能;
- (3) 掌握变压器的基本工作原理,熟悉变压器的铭牌与额定值,了解变压器的用途和分类;
- (4) 了解异步电动机的结构和工作原理,熟悉异步电动机的铭牌。

# 1 学习单元1 直流电路

## 知识目标

- (1) 了解电路的组成、作用及工作状态。
- (2) 熟悉电阻的连接方式。

## 技能目标

- (1) 通过本单元的学习,了解电路的相关概念。
- (2) 能够清楚电路的工作状态。

## 基础知识

### 一、电路组成、作用及工作状态

#### (一) 电路组成

简单地说,电路就是电流的通路。实际电路组成方式多种多样,但通常由电源、负载和中间环节三部分组成。

电源是将其他形式的能量转换为电能的装置,如干电池、蓄电池和发电机等均为电源。建筑工程电气使用的电源由各城市电网、自备柴油发电机组或蓄电池供给。电源分直流电源(用字母 DC 表示)和交流电源(用字母 AC 表示)两大类。

负载是指用电设备,它将电能转换为其他形式的能量,如日光灯将电能转换成光能,电动机将电能转换成机械能,电炉将电能转换成热能。在电路原理图和建筑电气的施工图中,应用国家标准规定的图例符号表示各类不同的负载。

中间环节是指连接电源和负载的部分,将电源的能量输送给负载,根据需要控制电路的接通和断开,如导线、开关、变压器、熔断器等。配电箱(柜)是中间环节中的重要设备,它将开关、熔断器等设备集中安装在箱(柜)体内,便于线路控制、维护和管理。

图 4-1 所示为手电筒电路,图中  $E$  是电池的电动势, $R_0$  是电池内阻, $K$  是开关, $R$  是小电珠电阻。

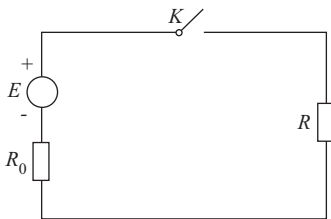


图 4-1 手电筒电路

#### (二) 电路的作用

建筑电气工程线路的作用主要有两大类:

一是实现能量的传输、分配和转换。如在电力系统中,发电机将势能、水能、风能、太阳能、原子能等转换成电能,通过变压器、输电线路将电能转换传输和分配给各用

户,用户又会将电能转换成机械能、热能和光能等。

二是实现信号的传递和处理。现代建筑中一般有电话、电视、网络和对讲系统,这些线路主要是对含有某些信息的电信号进行传递和处理,还原为声音和图像信息,满足人们的需要。

### (三)电路的工作状态

电路有开路、通路和短路三种工作状态。

开路即断路,就是将电路断开,电路中没有电流流过。开关断开形成的开路属于控制性开路;因保险丝熔断而开路属于保护性开路;导线断线,接触不良而造成的电路开路则属于故障性开路。开路时电路的工作状态称为空载。

通路就是接通电路,电路中有电流流过,电路接通后的电流用  $I$  表示,其大小可用欧姆定律计算,即  $I = E / (R_0 + R)$ 。接在电路中的电气设备在正常工作时的电压和电流都有一个规定的数值,这个数值称为额定值。按照额定值使用,电气设备可以保证安全可靠,充分发挥设备的效能,并且可保证正常的使用寿命。

短路是一种电路事故。如图 4-2 所示,电路的  $a$ 、 $b$  间用一根导线接通时,称为  $ab$  处被短路。由于导线上电阻很小,负载  $R$  上电压、电流均为零。短路后电源回路由于电源内阻  $R_0$  很小,所以短路电流  $I_s$  很大,将导致电源或导线绝缘的损坏。在电力系统供电线路中,由于绝缘损坏、设备故障或操作不当等原因造成短路的现象是难以避免的,所以要采取保护措施。简单常用的方法是在线路中装设熔断器。若负载发生短路,熔断器内的熔丝(又称熔体、保险丝)熔断,就能保护电源和线路。

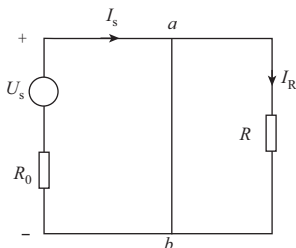


图 4-2 短路示意图

## 二、电阻的连接

### (一)电阻串联

将几个电阻顺序相接,其中没有分岔,即为串联,如图 4-3 所示。电阻串联的特征是每个电阻上流过的电流大小相同。

串联等效电阻(图 4-4):

$$R = R_1 + R_2 \quad (4-1)$$

$$U_1 = R_1 I = R_1 \frac{U}{R} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} U \quad (4-2)$$

$$U_2 = R_2 I = R_2 \frac{U}{R} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} U \quad (4-3)$$

由式(4-2)、式(4-3)可知,串联电阻上电压的分配和电阻的数值成正比。

chapter 01

chapter 02

chapter 03

chapter 04

chapter 05

chapter 06

chapter 07

chapter 08

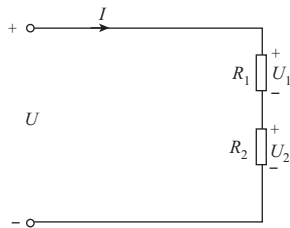


图 4-3 电阻串联电路

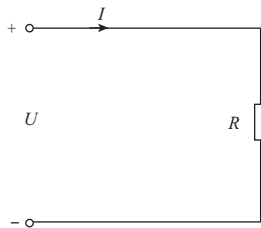


图 4-4 电阻串联等效电路

## (二)电阻并联

将电阻并排连接,并承受相同的电压,称为电阻的并联,如图 4-5 所示。电阻并联后总电流为各支路电流之和。

并联等效电阻(图 4-6):

$$R = \frac{U}{I} = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \quad (4-4)$$

$$I_1 = \frac{U}{R_1} = \frac{RI}{R_1} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} I \quad (4-5)$$

$$I_2 = \frac{U}{R_2} = \frac{RI}{R_2} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} I \quad (4-6)$$

由式(4-5)、式(4-6)可知,支路中的电阻越大,从总电流中分到的电流越小,即并联电路电流的分配和电阻的数值成反比。

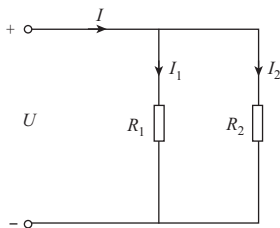


图 4-5 电阻并联电路

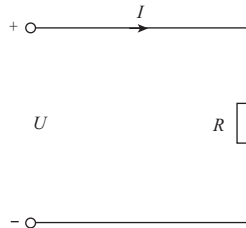


图 4-6 电阻并联等效电路

## (三)电阻混联

既有串联又有并联的电路称为混联电路。掌握了电阻串、并联的规律,即可对电阻的混联进行分析计算。



### 小技巧

按照串联和并联电路的特点和性质,进行电路的等效变换,使其电阻之间的关系一目了然。

## 2

## 学习单元2 交流电路



## 知识目标

- (1) 了解正弦交流电的三要素。
- (2) 熟悉单相及三相交流电路。



## 技能目标

- (1) 通过本单元的学习,对正弦交流电的基本概念进行简单的概括。
- (2) 能够清楚正弦电流的三要素。
- (3) 能够掌握三相交流电源和三相负载的连接方法。



## 基础知识



## 一、正弦交流电的基本概念

## (一) 交流电概述

在生产和日常生活中所使用的交流电,一般指正弦交流电。交流电与直流电相比,具有更广泛的应用。其主要原因是:从发电、输电和用电几个方面来看,交流电都比直流电优越。交流发电机与直流发电机相比,结构简单、造价低、维护方便。现在电能几乎都以交流的形式生产出来,之后又利用变压器对交流电升压或降压。交流电具有控制方便、输送经济和使用安全的特点。

## (二) 正弦交流电的三要素

电压、电流和电动势的大小和方向都随时间按正弦规律变化的电源,称为正弦交流电,简称交流电。交流电的正弦特性表现在三个方面:角频率、幅值和初相位,即为正弦函数的三要素。

## 1. 周期、频率、角频率

正弦交流电变化一周所需要的时间称为周期,用符号  $T$  表示,单位为秒(s)。我国交流电的周期为 0.02 s。

正弦交流电在每秒内变化的次数,称为频率,用符号  $f$  表示,单位为赫兹(Hz)。我国采用 50 Hz 作为电力标准频率,又称工频。

周期和频率互为倒数关系,即

$$f = \frac{1}{T} \quad (4-7)$$

正弦交流电每秒内变化的电角度称为角频率,用符号  $\omega$  表示,单位是弧度每秒,rad/s。

周期、频率、角频率都可用来表示正弦交流电变化的快慢,三者之间的关系为

$$\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T} \quad (4-8)$$

## 2. 瞬时值、幅值和有效值

正弦交流电在变化过程中任一瞬间所对应的数值,称为瞬时值,用小写字母  $i$ 、 $u$ 、 $e$

chapter  
01chapter  
02chapter  
03chapter  
04chapter  
05chapter  
06chapter  
07chapter  
08



表示。

瞬时值中最大的数值称为正弦交流电的幅值或最大值,用大写字母加下标“m”表示,即  $I_m$ 、 $U_m$  或  $E_m$ 。

交流电的瞬时值使用不方便,常用它的有效值来表示。交流电的有效值是用电流的热效应来定义的。对同一电阻  $R$ ,在相同时间内,某交流电通过它所产生的热量与另一直流电通过它所产生的热量相等时,则将这一直流电的数值称为交流电的有效值。有效值用  $I$ 、 $U$  或  $E$  表示。

幅值和有效值的关系为

$$\left. \begin{aligned} I_m &= \sqrt{2}I = 1.414I \\ E_m &= \sqrt{2}E = 1.414E \\ U_m &= \sqrt{2}U = 1.414U \end{aligned} \right\} \quad (4-9)$$

### 🔊 小提示

在交流电路中,用电压表、电流表测量出来的电压、电流均为有效值。通常,工作在交流电路中的电气设备的额定电压、额定电流也是有效值。元器件在交流电路中工作时,其耐压值应按交流电压的最大值进行考虑。

### 3. 相位、初相位、相位差

正弦电流的表达式为

$$i_{(t)} = I_m \sin(\omega t + \varphi_i) \quad (4-10)$$

式中,  $(\omega t + \varphi_i)$  称为正弦量的相位,也称相位角,它反映了正弦量随时间变化的进程。相位角  $(\omega t + \varphi_i)$  中的  $\varphi_i$  是  $t=0$  时的相位,称为初相位,简称初相。

假设两个同频率的正弦量  $u, i$  分别为

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

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

它们的相位差为

$$\varphi = (\omega t + \varphi_u) - (\omega t + \varphi_i) = \varphi_u - \varphi_i \quad (4-11)$$

可见相位差即为初相位之差(图 4-7)。若知道两个正弦量的相位差,就可以清楚了解这两个正弦量的变化关系。

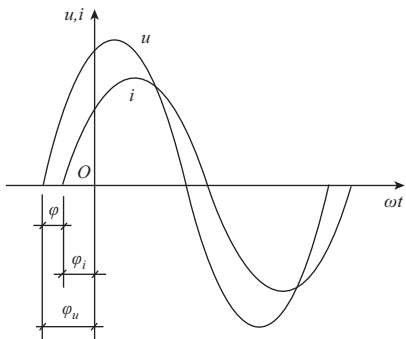


图 4-7 相位与相位差

## 🍎 二、三相交流电路

### (一) 三相交流电源的连接

三相交流电源是由三相交流发电机产生的,建筑物内的三相交流电源都取自城市电网。对供电可靠性要求较高的建筑,通常自备三相柴油发电机组作为备用电源。

三相电源的三相绕组分别用 A、B、C 表示其首端, X、Y、Z 表示其尾端,三相绕组上产生的感生电压分别用  $u_A$ 、 $u_B$ 、 $u_C$  表示,这三相电压具有以下特点:三相电压的幅值(最大值)相等;角速度相同,即三相电压频率相等;三相电压的初相位互差  $120^\circ$ ,其瞬时值表达式为

$$\left. \begin{aligned} u_A &= U_m \sin \omega t \\ u_B &= U_m \sin(\omega t - 120^\circ) \\ u_C &= U_m \sin(\omega t - 240^\circ) = U_m \sin(\omega t + 120^\circ) \end{aligned} \right\} \quad (4-12)$$

波形图如图 4-8 所示。

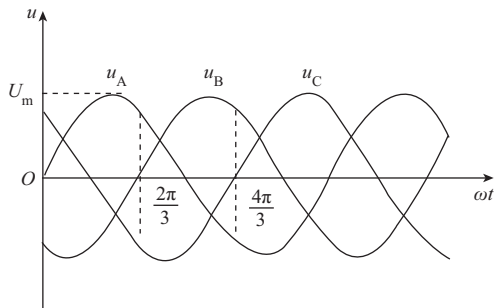


图 4-8 波形图

显然对称三相电压满足：

$$u_A + u_B + u_C = 0 \quad (4-13)$$

三相交流电出现正最大值的顺序称为相序。如图 4-8 所示的三相电压的相序为 A→B→C→A, 称为正序或顺序。若三相电压的相序是 C→B→A→C, 则称为反序或逆序。目前电力系统普遍采用的是正序。工程中, 普遍用黄、绿、红三种颜色标志 A、B、C 三相。

在三相电力系统中, 发电机或变压器的三相绕组不是各自独立供电的, 而是按照一定的方式连接起来构成三相电源来为系统供电。对称三相交流电源的连接方式有星形连接和三角形连接两种, 简称星接和角接, 分别用符号 Y 和 Δ 表示。

### 1. 三相交流电源星形连接

将三相绕组的尾端连成一点, 三相绕组的首端与负载相连接, 如图 4-9 所示, 称为星形连接。

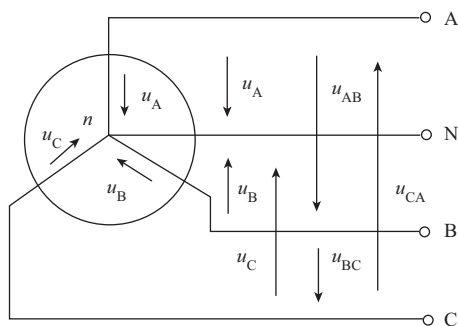


图 4-9 三相交流电源的星形连接

从三相首端引出 3 条导线称作相线(又称端线或火线), 用 A、B、C 表示(新的国际统一符号为  $L_1$ 、 $L_2$ 、 $L_3$ )。

A、B、C 三点的连接点称中性点(用  $n$  表示), 从 N 引出的导线称中性线, 简称中线(在中性点接地系统中又叫零线)。

星形连接的三相电源可以输出两种电压, 即相电压和线电压, 相电压是相线和中

- chapter 01
- chapter 02
- chapter 03
- chapter 04
- chapter 05
- chapter 06
- chapter 07
- chapter 08

性线间的电压,即每相绕组两端的电压,用  $u_p$  表示,如图 4-9 中所示的  $u_A$ 、 $u_B$ 、 $u_C$ 。线电压指相线与相线间的电压,用  $u_L$  表示。如图 4-9 中所示的  $u_{AB}$ 、 $u_{BC}$ 、 $u_{CA}$  相电压和线电压间的大小和相位关系可表示为

$$\left. \begin{aligned} u_L &= \sqrt{3}u_p \\ \varphi_{AB} &= \varphi_A + 30^\circ \\ \varphi_{BC} &= \varphi_B + 30^\circ \\ \varphi_{CA} &= \varphi_C + 30^\circ \end{aligned} \right\} \quad (4-14)$$

在我国的低压供配电系统中,相电压的有效值为 220 V,线电压的有效值为 380 V,用 380/220 V 表示;照明用电为 220 V,动力用电为 380 V。

### 2. 三相交流电源三角形连接

将三相绕组依次首尾相接,形成闭合三角形,从三相绕组的首端引出三根相线与负载相连,即为三相交流电源的三角形连接。注意三角形连接的电源无中线。

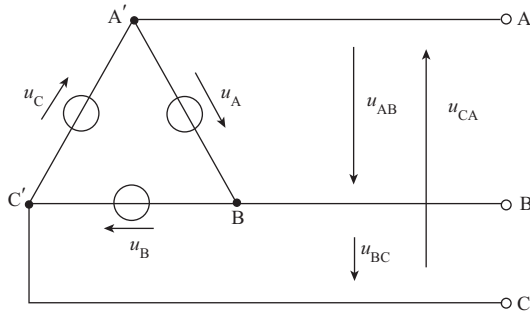


图 4-10 三相交流电源的三角形连接

从图 4-10 中可以得到,三相电源三角形连接时线电压等于对应的相电压。即

$$\left. \begin{aligned} u_{AB} &= u_A \\ u_{BC} &= u_B \\ u_{CA} &= u_C \end{aligned} \right\} \quad (4-15)$$

## (二) 三相负载的连接

三相负载是由 3 个阻抗相连接构成的,每个阻抗称为一相负载。三相负载可以是一个整体,如三相电动机;也可以是独立的三个单相负载,如日常照明电路中的日光灯。三相负载的连接方式有两种,即星形连接和三角形连接。

### 1. 三相负载的星形连接

三相负载的星形连接是将负载的一端连接在一起,另一端与三相电源的 3 根相线连接,如图 4-10 所示,图中有 3 根相线和 1 根中性线共 4 根导线,称为三相四线制供电方式。图 4-11 中,相线中流过的电流  $i_A$ 、 $i_B$ 、 $i_C$  称为线电流;负载中流过的电流  $i_a$ 、 $i_b$ 、 $i_c$  称为相电流;中性线中流过的电流称为中线电流,用  $i_N$  表示。

当三相负载对称时,中线中无电流流过。当三相负载不对称时,中线中的电流便不为零。

### 小提示

供用电规范规定,在三相四线制供电系统中,中性线上不得安装开关和熔断器。以免在开关断开和熔断器熔断时,造成各相负载电压的升高或降低,从而导致负载不能正常工作甚至损坏。

## 2. 三相负载的三角形连接

三相负载的三角形连接是将3个负载顺次首尾连接,3个连接点分别接电源的3根相线上,如图4-12所示。

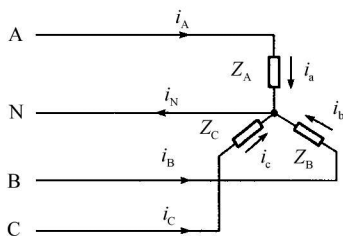


图 4-11 三相负载的星形接法

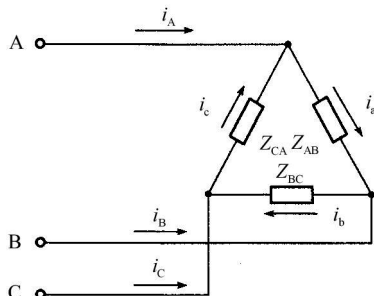


图 4-12 三相负载的三角形接法

图中三相负载只需要三根电源线与之相连,所以该电路称三相三线制供电方式。 $i_A、i_B、i_C$ 称为线电流,用  $i_L$ 表示。 $i_a、i_b、i_c$ 称为相电流,用  $i_p$ 表示。当负载对称时,线电流的大小等于相电流的 $\sqrt{3}$ 倍,线电流滞后对应的相电流  $30^\circ$ ,即  $i_L = \sqrt{3}i_p$ 。

# 3 学习单元3 变压器

## 知识目标

- (1) 熟悉变压器的基本结构。
- (2) 掌握变压器的结构原理及铭牌技术数据。

## 技能目标

- (1) 通过本单元的学习,能够了解变压器的组成。
- (2) 能够清楚变压器的用途和分类。

## 基础知识

变压器是电力系统用来输送电能的重要设备,当输送功率( $P = \sqrt{3}U_1I_1\cos\varphi$ )及功率因数  $\cos\varphi$  一定时,电压  $U_1$  越高线路电流  $I_1$  越小。这样,既可减小导线截面面积、节省材料投资,又可减少线路上的功率损耗。因此,发电厂向远方用电地区输送电能时,先用变压器将电压升高,进行高压输电(如 220 kV、330 kV、500 kV 等),到了用电地区,再用变压器将电压降低(如 10 kV、380 V、220 V 等),供用电设备使用。

变压器利用电磁感应的原理工作,不仅能输送电能、变换电压,还可以变换电流、

chapter 01

chapter 02

chapter 03

chapter 04

chapter 05

chapter 06

chapter 07

chapter 08

变换阻抗和传递信号。



## 一、变压器的基本结构

变压器由铁芯和绕组两个基本部分组成。

### (一) 铁芯

铁芯构成变压器的磁路部分。变压器的铁芯大多用 0.35 ~ 0.50 mm 厚的硅钢片交错叠装而成,叠装前,硅钢片上还需涂一层绝缘漆,这样可以减小铁芯中的磁滞和涡流损耗。常用的变压器铁芯又分壳式和心式。

### (二) 绕组

绕组是变压器的电路部分,用导线绕制而成。小容量变压器的绕组多用高强度漆包线绕制,大容量变压器的绕组可用绝缘铜线或铝线绕制。接电源的称为原绕组或一次绕组,匝数为  $N_1$ ;接负载的称为副绕组或二次绕组,匝数为  $N_2$ 。

由于变压器在工作时铁芯和线圈都要发热,故需考虑散热问题。小容量的变压器采用空气自冷式;大容量的变压器采用油冷式,即把铁芯和绕组装入有散热管的油箱中。



## 二、变压器的基本工作原理

变压器是基于电磁感应原理工作的。

### (一) 变换电压

当一次绕组接入交流电源  $u_1$  时,其中便有  $i_1$  通过,从而在闭合的铁芯中产生交变磁通  $\varphi$ 。根据电磁感应定律,当穿过一次绕组和二次绕组的磁通发生变化时,在各线圈绕组内就有感生电动势产生,并且线圈绕组中感生电动势的大小和线圈匝数成正比。这一交变磁通  $\varphi$  不仅交链着一次绕组,而且也交链着二次绕组,因此它会在一次绕组中产生出感应电动势  $e_1$ ,在二次绕组产生感应电动势  $e_2$ ,且两者感应电动势的大小与两者的匝数成正比,即

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{N_1}{N_2} \quad (4-16)$$

若略去各绕组中的内阻和漏磁通(通过气隙而闭合的磁通)的影响,我们可以近似地认为  $U_1 \approx E_1, U_2 \approx E_2$ ,故得到

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2} = K \quad (4-17)$$

式(4-17)说明变压器原副绕组电压与其匝数成正比,这就是变压器能够改变电压的原因。

如果副绕组的匝数  $N_2$  少于原绕组的匝数  $N_1$ ,就能够降低电压,这种变压器叫降压变压器;反之,如果副绕组的匝数  $N_2$  多于原绕组的匝数  $N_1$  即为升压变压器。实际中,可以根据需要,制成各种变比的变压器。

### (二) 变换电流

变压器还可以改变电流,所以变压器又是变流器。变压器只是一个控制和传递能量的器件,本身消耗的能量很小,效率很高,高达 95% 甚至 98% 以上。在二次绕组接通负载后,可近似认为原边输入的视在功率  $S_1$  与副边输出的视在功率  $S_2$  近似相等,即

$S_1 \approx S_2$ , 或可写成  $U_1 I_1 \approx U_2 I_2$ , 可得到:

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{U_2}{U_1}$$

因为

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

所以

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{N_2}{N_1} \quad (4-18)$$

式(4-18)说明变压器原副边电流与其匝数成反比。

### 提示

当负载电流即变压器二次绕组电流  $I_2$  增大时, 变压器的一次绕组电流  $I_1$  也按比例增大。为防止电流过大而烧坏变压器, 在变压器的铭牌上标有额定值, 使用时应注意。

### (三) 变换阻抗

变压器不但能变换电压和电流, 还能变换阻抗。我们可以采用不同匝数比的变压器, 将负载阻抗变换为电源  $U_1$  所需要的合适的数值, 这种做法通常称为阻抗匹配。变换公式为

$$|Z_L'| = |Z_L| K^2 \quad (4-19)$$

式(4-19)说明, 接在变压器副边的负载阻抗  $|Z_L|$  反映到变压器原边的等效阻抗是  $|Z_L'| = K^2 |Z_L|$ , 即扩大  $K^2$  倍, 这就是变压器的阻抗变换作用。

### 三、变压器的铭牌与额定值

为了正确选择和使用变压器, 必须了解和掌握其额定值。额定值指根据国家标准, 对变压器长期正常可靠运行所制定的限制参数。变压器的额定值主要包括额定电压、额定电流、额定容量、阻抗电压和额定频率。额定值通常标注在变压器的铭牌上, 故又称铭牌值(图4-13)。

产品型号	S9-500/10	标准号	
额定容量	500 kV·A	使用条件	户外式
额定电压	10 000/400 V	冷却条件	ONAN
额定电流	28.9/721.7 A	短路电压	4.05%
额定频率	50 Hz	器身吊重	1 015 kg
相数	三相	油重	302 kg
联结组别	Yyn0	总重	1 753 kg
制造厂		生产日期	

图4-13 电力变压器的铭牌

#### (一) 额定电压 $U_{1N}$ 、 $U_{2N}$

$U_{1N}$  为一次绕组的额定电压, 它是根据变压器的绝缘强度和允许发热条件而规定

chapter 01

chapter 02

chapter 03

chapter 04

chapter 05

chapter 06

chapter 07

chapter 08

的一次绕组正常工作的电压值。 $U_{2N}$ 为二次绕组的额定电压,它是当一次绕组加上额定电压,而变压器分接开关置于额定分接头处时,二次绕组的空载电压值。对于三相变压器,额定电压值是指线电压。如配电变压器较多采用10/0.4 kV, $U_{1N}$ 为10 kV, $U_{2N}$ 为0.4 kV。

### (二) 额定电流 $I_{1N}$ 、 $I_{2N}$

额定电流是根据允许发热条件所规定的绕组长期允许通过的最大电流值,以 $I_{1N}/I_{2N}$ 表示,单位为A或kA。对于三相变压器,额定电流是指线电流。

### (三) 额定容量 $S_N$

额定工作状态下变压器的视在功率称为变压器的额定容量 $S_N$ ,单位为V·A或kV·A。额定容量与额定电压、电流的关系为:

$$\text{单项变压器:} \quad S_N = U_{1N} I_{1N} = U_{2N} I_{2N} \quad (4-20)$$

$$\text{三相变压器:} \quad S_N = \sqrt{3} U_{1N} I_{1N} = \sqrt{3} U_{2N} I_{2N} \quad (4-21)$$

### (四) 联结组别

连接组别是指变压器原、副绕组的连接方法,常见的有“Yyn0”、“Dyn0”等。

### (五) 阻抗电压(短路电压) $U_d\%$

阻抗电压是指将变压器副绕组短路,在原绕组通入额定电流时加到原绕组上的电压值。常用该绕组额定电压的百分数表示阻抗电压 $U_d\%$ 。电力变压器的阻抗电压一般为5%左右。 $U_d\%$ 越小,变压器输出电压 $U_2$ 随负载变化的波动就越小。

### (六) 额定频率 $f_N$

额定频率是指变压器应接入的电源频率。我国电力系统的标准频率为50 Hz。



## 四、变压器的用途和分类

### (一) 变压器的用途

变压器在电力系统、通信、广播、冶金、建筑、焊接、自动控制和电器测量等领域都有着极为广泛的应用。

为了减少远距离输电电能损失,所以在电力系统中使用变压器先将电压升高,到了用户端,再用降压变压器将电压降低,以满足用户的用电需求和安全使用的目的;测量系统中使用的电压互感器可以将高电压转换成低电压,电流互感器可以将大电流转换为小电流,以隔离高电压、大电流,便于安全测量;实验室使用的自耦调压器可以针对负载对电压的要求,随意调节输出电压的大小;建筑物装配式结构、桥梁钢结构、给排水管线的连接、煤气及热力管线的连接以电弧焊为主,这需用到电焊变压器。

### (二) 变压器的分类

根据变压器的使用目的和工作条件,可以分成以下几类:

- 1) 按用途分,有电力变压器和特种变压器两大类。
- 2) 按绕组构成分,有双绕组、三绕组、多绕组和自耦变压器。
- 3) 按铁芯结构分,有心式和壳式变压器。
- 4) 按相数分,有单相、三相和多相变压器。
- 5) 按冷却方式分,有干式和油浸式变压器。



### 小提示

自耦变压器是指原绕组和副绕组间除了有磁的联系外,还有电联系的变压器。自耦变压器与普通变压器的工作原理基本相同。

### 课堂案例

某电力建设工程超大和超重设备多,制造分布地域广,运输环节多,建设场地小,安装均衡协调难度大,业主将该工程的设备管理工作通过招投标方式分包给一专业设备管理公司(以下简称设备公司),设备安装由一家安装公司承担。

该工程变压器(运输尺寸 $11.1\text{ m}\times 4.14\text{ m}\times 4.9\text{ m}$ )在西部地区采购,需经长江水道运抵东部某市后,再经由 $50\text{ km}$ 国道(含多座桥梁)方可运至施工现场。对此,设备公司做了两项工作,首先经与设备制造商、沿途各单位联系妥当后,根据行驶线路中的桥梁状况等因素,进行检测、计算和采取了相关措施;其次变压器采用充气方式运输。

在主变压器运输过程中,安装公司经二次搬运、吊装、就位、吊芯检查、干燥等工作后,对其绕组连同套管一起的直流电阻测量、极性和组别测量等进行了多项试验,并顺利完成安装任务。

#### 问题:

1. 主变压器运输中设备公司需要与哪些单位沟通协调?
2. 主变压器安装中需要哪些特种作业人员?
3. 补充主变压器安装试验的内容。

#### 分析:

1. 本案例中,主变压器运输中设备公司需要与港口(码头)、航道、公路、桥梁管理部门进行沟通协调。
2. 主变电器安装中需要电工、焊工、起重工和架子工。
3. 主变压器安装试验的内容为:变压器变比测量、绕组连同套管一起的绝缘电阻测量、绝缘油的试验、交流耐压试验。

chapter  
01chapter  
02chapter  
03chapter  
04chapter  
05chapter  
06chapter  
07chapter  
08

## 4

## 学习单元4 异步电动机

### 知识目标

- (1) 熟悉异步电动机的结构和工作原理。
- (2) 掌握异步电动机的铭牌技术数据。

### 技能目标

- (1) 通过本单元的学习,了解异步电动机的组成。
- (2) 能够清楚异步电动机的工作原理和铭牌的功能。





## 基础知识

电动机是一种将电能转换成机械能的动力设备,按所需电源不同分为直流电动机和交流电动机。交流电动机按工作原理不同分为同步电动机和异步电动机。三相异步电动机是最常用的一种电动机。它具有结构简单、价格便宜和使用方便等优点,广泛用于驱动各种金属切削机床、轻工机械、建筑机械、交通运输机械、传送带以及功率不大的通风机和水泵等。家用电器如电冰箱、洗衣机、电风扇等则使用单相异步电动机。

从基本作用原理来看,各种电动机都是以“载流导体在磁场中承受电磁力的作用”为其物理基础。因此,在结构上各种电动机都有产生磁场的部分和获得电磁力的部分。



### 一、异步电动机的结构和工作原理

#### (一)异步电动机的结构

三相交流异步电动机的结构如图 4-14 所示。

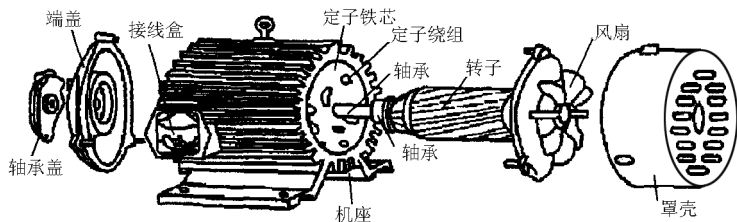


图 4-14 三相交流异步电动机结构

#### 1. 定子

定子由基座内圆筒形的铁芯组成,铁芯内放置对称的三相绕组 A-X、B-Y 和 C-Z(组成定子绕组)。三相绕组可接成星形或三角形。当三相绕组通入对称的三相电流时,便可在定子铁芯内膛空间产生旋转的磁场。

#### 2. 转子

转子有鼠笼式的,也有绕线式的。

**鼠笼式转子:**转子铁芯是圆柱状的,在转子铁芯的槽内放置铜质导条,其两端用端环相接,呈鼠笼状,所以称为鼠笼型转子。也可以在转子铁芯的槽内浇注铝液,铸成一个鼠笼型转子。这样便可以用铝代替铜,既经济又便于生产。目前,中小型鼠笼型异步电动机几乎都采用铸铝转子。

**绕线式转子:**这种转子的特点是在转子铁芯的槽内放置对称的三相绕组,接成星形,转子绕组的三个出线头连接在三个铜质的滑环上,滑环固定在转轴上。环与环、环与转轴都互相绝缘。在环上用弹簧压着碳制电刷,电刷上又连接着三根外接线。

#### (二)异步电动机的工作原理

三相异步电动机的工作原理是定子绕组通入三相交流电源后,在电动机定子中产生空间的旋转磁场,转子绕组切割旋转磁场的磁力线,并在闭合的转子回路中产生感生电动势和感生电流,产生了感生电流的转子在旋转磁场中受到作用力,产生电磁转矩,带动转子旋转。转子的转向取决于旋转磁场的方向,旋转磁场的方向受制于电源

的相序。图 4-15 为三相异步电动机工作原理示意图。

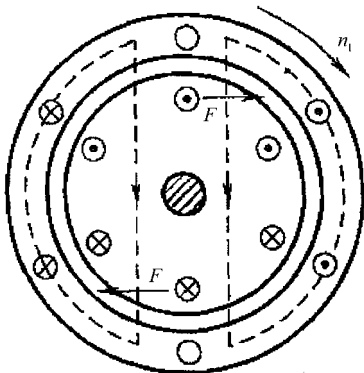


图 4-15 三相异步电动机工作原理示意图

## 二、异步电动机的铭牌

异步电动机的铭牌就是指机座外壳上钉的一块金属牌,上面注明了这台电动机的额定值,它是电动机选用、安装和维修时的依据。如图 4-16 所示为某一台异步电动机的铭牌数据。Y100L1-4 型三相异步电动机是全封闭自扇冷式鼠笼型三相异步电动机。

三相异步电动机			
型号	Y100L1-4	接法	$\Delta/Y$
功率	2.2 kW	工作方式	S <sub>1</sub>
电压	220/380 V	绝缘等级	B
电流	5 A	温升	70℃
转速	1430 r/min	重量	34 kg
频率	50 Hz	编号	
× × × 电机厂			

图 4-16 异步电动机的铭牌

### (一) 型号

型号表示电动机的结构形式、机座号和级数。如 Y100L1-4 中,Y 表示是一般用途的全封闭自扇冷鼠笼型三相异步电动机(YR 则表示绕线式异步电动机);100 表示机座中心高 100 mm;L 表示长机座(M 表示中机座,S 表示短机座);1 为短铁芯代号(2 为长铁芯代号);4 为电动机的极数。

### (二) 额定电压 $U_N$ 和接法

电动机铭牌上的电压值是指电动机运行于额定情况时定子绕组应加的额定线电压。Y 系列额定线电压都是 380 V。额定功率为 3 kW 及以下的电动机,其定子绕组都是星形接法,4 kW 及以上的电动机,定子绕组都是三角形接法。有些旧型号(如 J、JO 系列)电动机,额定电压有 380/220 V 两个数值,表示该电动机定子绕组有两种接法:若电源线电压为 380 V,电动机定子绕组接成星形;若电源线电压为 220 V,电动机

chapter  
01chapter  
02chapter  
03chapter  
04chapter  
05chapter  
06chapter  
07chapter  
08

定子绕组接成三角形。这样,加在每相绕组上的电压都是 220 V。于是,两种情况下电动机的额定功率和额定转速均相同。

### (三) 电流 $I_N$

铭牌上的电流值是指电动机在额定状态下运行定子绕组的线电流。对于前边提到的 Y100L1-4 型电动机,额定工作状态下,定子绕组额定的线电流为 5 A。

### (四) 功率 $P_N$ 、效率 $\eta_N$ 和功率因数 $\cos\varphi$

功率  $P_N$  是指电动机在额定情况下运行时轴上输出的机械功率。

效率  $\eta_N$  是指电动机在额定情况下运行,轴上输出的机械功率  $P_N$  与定子绕组从电源输入的电功率  $P_{1N}$  之比。

功率因数  $\cos\varphi$  是指电动机在额定负载状态下的  $\cos\varphi$ ,因为电动机是感性负载,定子相电流比相电压要滞后一个  $\varphi$  角,所以  $\cos\varphi$  值要小于 1。

### 🔊 小提示

电动机的效率和功率因数都是随着轴上输出功率的大小而变化的,在空载和半载时其效率和功率因数很低,所以应尽量使异步电动机工作在满载状态。

### (五) 转速 $n_N$

转速  $n_N$  即额定转速,是指异步电动机满载时转子每分钟的转速。

### (六) 绝缘等级

绝缘等级是指电动机绕组所用的材料的绝缘等级,它决定了电动机绕组的允许温升。按耐热程度不同,将电动机的绝缘等级分为 A、E、B、F、H 等几个等级。绝缘耐热等级、绝缘材料的允许温升和电动机的允许温升的关系见表 4-1。

表 4-1 电动机的允许温升与绝缘等级的关系

绝缘耐热等级	A	E	B	F	H
绝缘材料的允许温升/°C	105	120	130	155	180
电动机的允许温升/°C	60	75	80	100	125

### (七) 工作方式

工作方式是指电动机的运行状态。根据发热条件可分为三种方式: $S_1$  表示连续工作方式,允许电动机在额定负载下连续长期运行; $S_2$  表示短时工作方式,在额定负载下只能在规定时间内短时运行; $S_3$  表示断续工作方式,可在额定负载下按规定周期性重复短时运行。

### (八) 温升

温升是指在规定的环境温度下,电动机各部分允许超出的最高温度。通常规定的环境温度是 40°C,如果电动机铭牌上的温升为 70°C,则允许电动机的最高温度可达到 110°C。显然,电动机的温升取决于电动机绝缘材料的等级。电动机工作时,所有损耗都会使电动机发热,温度上升。在正常的额定负载范围内,电动机的温度是不会超出允许温升的。但若是超载或故障运行时,电动机的温升超过允许值,则电动机的寿命将受到很大影响。

## 学习案例

2013年11月24日17时40分南方某市某人力资源大厦杂工班领班杨某触及变压器一次侧的高压电,当即被击倒,经抢救无效死亡。

南方某市某人力资源市场工程已接近完工,甲方向供电部门申请停电,以便项目改接正常供电线路。2013年11月24日16时20分,供电部门工作人员将变压器的跌落式开关断开后即离开,施工场地随即断电,现场电工改装电缆。此时变压器的二次侧断电,但是一次侧仍然带电。17时30分,杂工班领班杨某误认为变压器整体已经停电,为赶工期擅自带领另外两名杂工准备拆除变压器的防护竹架。杨某首先爬至防护架顶部触及变压器一次侧的高压电,当即被击倒,经抢救无效死亡。



### 想一想

1. 导致事故发生的原因是什么?
2. 为防止事故的发生,应采取哪些措施?



### 案例分析

#### 1. 导致事故发生的直接原因:

- (1) 工人安全意识淡薄,在未确认变压器整体断电的情况下,为赶工期冒险蛮干。
- (2) 供电部门未按要求切断工地的整个高压送电线路。

#### 间接原因:

- (1) 甲方、监理单位、施工单位与供电部门缺乏有效沟通。
- (2) 变压器周围无明显安全警示标志。
- (3) 现场用电安全管理不到位。

#### 2. 为防止事故的发生,应采取以下措施:

(1) 加强工人的安全教育,提高安全意识,杜绝冒险蛮干行为。没有经过专业培训、教育或经教育、培训不合格及未领到操作证的电工及各类主要用电人员不准上岗作业。同时施工现场必须定期组织电工及用电人员进行工艺技能或操作技能的训练,坚持干什么,学什么,练什么。采用新技术或使用新设备之前,必须对有关人员进行知识、技能及注意事项的教育。

(2) 加强现场劳动组织管理,加强工人劳动纪律教育。

(3) 变压器等供电设施应有明显警示标志。

(4) 甲方、监理、施工单位应加强与供电部门的沟通协调。

(5) 监理单位应加强现场监理工作,对重要工序、重要部位实施旁站监理,制止施工违章违规行为。

针对以上事故,我们给相关单位提供以下预防措施:

(1) 拆除临时用电工程必须定人员、定时间、定监护人、定方案。拆除前必须向作业人员进行交底。

(2) 拉闸断电操作程序必须符合安全规程要求,即先拉负荷侧,后拉电源侧,先拉断路器,后拉刀闸等停电作业要求。

chapter  
01chapter  
02chapter  
03chapter  
04chapter  
05chapter  
06chapter  
07chapter  
08

(3)使用基本安全用具、辅助安全用具、登高工具等作业,必须执行安全规程。操作时必须设监护人。

(4)拆除的顺序是:先拆负荷侧,后拆电源侧;先拆精密贵重电器,后拆一般电器。不准留下经合闸(或接通电源)就带电的导线端头。

(5)必须根据所拆设备情况,佩戴相应的劳动保护用品,采取相应的技术措施。

## 知识拓展

电工知识在当今的建筑工程中应用越来越广泛,如电气照明装置,不但满足人们对光照条件的要求,同时也满足了以人们心理需求为主的气氛照明。为使室内空气环境不受自然条件影响,人们通过采用空调、通风设备达到适宜的温度、一定的湿度和洁净度,补充新鲜空气,排除室内有害气体。电气照明,空调、通风设备的冷源制造,气体的输送和分配等多是靠电动机转动完成的。另外,水是工农业生产、民用生活的基本保障,水的增压和输送设备等都依赖于电动机,以电子技术、计算机技术与自动化控制技术为基础的新型、智能建筑物也在不断发展和更新。

## 情境小结

电路都是由电源、负载和中间环节组成。电路的作用是实现能量的传输、分配和转换以及信号的传递和处理。电路有开路、通路和短路三种工作状态。元件的连接方式有串联、并联和混联。

在工业生产及日常生活中,广泛使用的是交流电路。正弦交流电来自各发电厂的发电机。正弦交流电有三要素:幅值(最大值)或有效值;周期、频率或角频率;初相位。三相电源和三相负载均有星接和角接两种连接方式。

变压器是基于电磁感应原理工作的,由铁芯和绕组构成。变压器使用中均有其额定值,广泛应用于冶金、建筑、广播、通信等领域。

电动机是将电能转换成机械能的旋转机械。异步电动机由定子和转子构成。三相异步电动机按其结构可分为鼠笼式异步电动机和绕线式异步电动机两种类型。

## 学习检测



### 填空题

1. 建筑电气工程线路的作用\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_。
2. 电路有\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_三种工作状态。
3. 正弦交流电有三要素:\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_。
4. 三相电源和三相负载均有\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_两种连接方式。
5. 变压器由\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_组成。
6. 变压器按绕组构成分,有\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_。



### 选择题

1. 如图 4-17 所示电路, $a$ 、 $b$  间的等效电阻为( ) $\Omega$ 。  
A. 0.5      B. 1      C. 2      D. 5

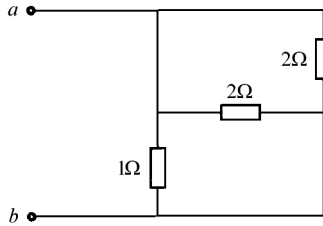


图 4-17

2. 一只额定功率是 1 W 的电阻,电阻值为  $100\Omega$ ,则允许通过的最大电流值是( )。
 

A. 0.1 A      B. 0.01 A      C. 1 A      D. 100 A
3. 建筑电气工程线路的作用主要有( )。
 

A. 电能的传输和分配      B. 信息的传递和处理  
C. 电压的变换      D. 电流的变换
4. 如图 4-18 所示,电路的工作状态为( )。
 

A. 开路      B. 通路      C. 短路      D. 都不对

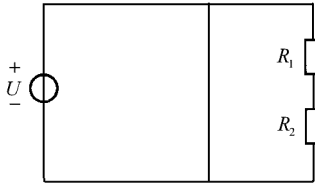


图 4-18

5. 一交流电压的表达式为:  $u_{(t)} = 380\sqrt{2} \sin(314t + 30^\circ)$ ,则此交流电的周期为( )。
 

A. 0.01 s      B. 0.02 s      C. 0.03 s      D. 0.04 s
6. 变压器的一次、二次绕组之间没有电的联系,它是靠( )原理传递能量的。
 

A. 电场      B. 磁场      C. 电磁感应      D. 磁通
7. 变压器的铁芯大多用 0.35 ~ 0.5 mm 厚的硅钢片交错叠装而成,叠装前,硅钢片上还需涂一层绝缘漆,这是为了减少( )损耗。
 

A. 磁滞和涡流      B. 铜损和铁损      C. 磁滞和铜损      D. 涡流和铁损
8. 一台电动机的铭牌上标注:电压 220/380 V、接法  $\Delta/Y$ ,表示该电动机在  $\Delta$  接和 Y 接时的定子绕组的额定电压分别是( )
 

A.  $\Delta$  接和 Y 接时均为 220 V  
B.  $\Delta$  接和 Y 接时均为 380 V  
C.  $\Delta$  接时为 380 V 和 Y 接时为 220 V  
D.  $\Delta$  接时为 220 V 和 Y 接时为 380 V
9. 电力系统中的电能来源于( )
 

A. 变压器      B. 发电机      C. 电动机      D. 蓄电池
10. 若负载发生短路,( )内的熔丝(又称熔体、保险丝)熔断,保护电源和线路。
 

A. 熔断器      B. 开关      C. 空气开关      D. 热继电器

- chapter 01
- chapter 02
- chapter 03
- chapter 04
- chapter 05
- chapter 06
- chapter 07
- chapter 08



### 名词解释

1. 负载
2. 交流电路
3. 瞬时值
4. 角频率
5. 变压器
6. 电动机



### 简答题

1. 试说明电路的组成及各部分的作用。
2. 电路的工作状态有几种？简述电路的作用。
3. 正弦交流电的三要素分别是什么？
4. 变压器有何用途？
5. 异步电动机由哪两大部分构成？它们各起什么作用？
6. 试简述异步电动机的工作原理。电动机的转向由什么决定？