

# 低压 电器

和

# 低压 开关柜

曹金根 金佩琪 编著

实用电工丛书



人民邮电出版社  
[www.pptph.com.cn](http://www.pptph.com.cn)

实用电工丛书

# 低压电器和低压开关柜

曹金根 金佩琪 编著

人民邮电出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

低压电器和低压开关柜/曹金根,金佩琪编著. - 北京:人民邮电出版社,2001.2

(实用电工丛书)

ISBN 7-115-08968-X

I·低… II.①曹…②金… III.①低压电器-基本知识②开关柜,低压-基本知识 IV.TM52

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 76322 号

实用电工丛书

## 低压电器和低压开关柜

◆ 编 著 曹金根 金佩琪  
责任编辑 唐素荣

◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号  
邮编 100061 电子函件 315@pptph.com.cn  
网址 <http://www.pptph.com.cn>  
读者热线 010-67129212 010-67129211(传真)  
北京朝阳隆昌印刷厂印刷  
新华书店总店北京发行所经销

◆ 开本:787×1092 1/32  
印张:14.5 插页:2  
字数:331千字 2001年2月第1版  
印数:4 001-6 000册 2001年7月北京第2次印刷

ISBN 7-115-08968-X/TN·1673

定价:20.00元

本书如有印装质量问题,请与本社联系 电话:(010)67129223

## 《实用电工丛书》编委会

主 任：杜肤生

副 主 任：徐修存 李树岭

编 委： 王晓丹 王亚明 王如桂  
王英杰 王锡江 王霁宗  
赵桂珍 张国峰 任致程  
宋东生 陈有卿 郑凤翼  
贾安坤 唐素荣 姚予疆

## 《实用电工丛书》前言

电广泛应用在社会生活的各个领域。在广大城乡、在各行各业,形成了庞大的电工人员队伍。

为了普及电工知识,帮助广大电工人员,特别是初级电工人员学习电工的基本理论知识,掌握科学、规范的电气操作技术,提高操作技能水平,我们组织编写了这套《实用电工丛书》。参加编写工作的都是长期从事电气技术工作和培训工作的专业人员,实践经验丰富。这套书有的针对某一行业、某一项电气操作技术,有的针对某一种常用电气设备,详细介绍了有关的电工知识,电气操作技能和要求,以及大量实际经验和线路等。内容力求切合实际,突出实用性,并采用深入浅出、图文并茂的叙述方法,做到篇幅适中,文字精练,通俗易懂,让读者学习以后,可以迅速应用到实际工作中去,达到立竿见影的效果。本丛书适合初中以上文化程度的工矿企业和农村电工阅读,也可作各类电工培训班的教材使用。

衷心希望广大从事电气工作的专家、学者、工作人员对丛书提出宝贵意见,以便于我们改进出版工作,更好地为读者服务。

《实用电工丛书》编委会

## 内 容 提 要

本书是一本电工实用技术的普及读物。主要包括:电工与电子技术基础知识概要;电力系统的基本知识;低压电器和电子电器;低压开关柜的主电路和辅助电路;无功功率补偿装置和低压开关柜;低压开关柜的检验、使用和维护等。

全书内容紧密联系实际,取材新颖、插图丰富,文字通俗易懂。适合工矿企业的广大电器工人阅读,也可作为电工培训的专业教材。

# 前 言

我国的电力工业,经过 50 年的建设,有了很大的发展。目前,我国发电厂的装机容量和年发电量,均居世界第二位。但是,我国人均年用电量还不到发达国家人均年用电量的十分之一;各类电器元件和成套开关设备,也和国外先进水平有很大的差距。就是现有的发电能力,也因输电设施、配电网的落后等原因,形成“发得出,输不出,用不上”的局面,使现有发电能力得不到充分利用。为此,国家决定在最近几年,投巨资改造城乡电网。这就需要新增和改造大量输电线路,新建和改建大批变电所、配电站,新增大量变压器和开关柜,其中各类低压开关柜用量最大。这对整个电器行业是一个进一步发展的极好机遇。

低压开关柜是将很多电器元件按一定的电路方案组合装配在一个个金属柜中的成套开关设备。利用它控制电源的通断,当电路发生过载、短路、缺相、欠压及接地等故障时,能自动进行保护。

由于低压开关柜中应用了多种电器元件和电子电器,本书用了约四分之一的篇幅介绍有关电工和电子技术基础知识。在第四章中,用了约占全书三分之一的篇幅,详细介绍低压开关柜中所用的各种电器元件和电子电器、测量仪表,并着重介绍了智能化电器,这是本书的主要特色之一。第三章和第五至第七章,介绍电力系统和低压开关柜。其中第三章介绍电网的基本知识。第五章分析低压开关柜的主电路和辅助电路。第六章介绍比较复杂的无功功率补偿原理及常见的几种开关柜。第七章介

绍了低压开关柜的调试、使用和维护,其中有较多篇幅分析无功功率补偿装置的故障。有关无功功率补偿的介绍,也是本书的主要特色。

笔者曾长期在高校从事电子技术、通信技术的教学工作,到电器厂工作时间还不长,知识和经验都还比较缺乏,所以书中错误在所难免,敬请读者批评、指教。本书文字内容由曹金根高工编写,全部插图由金佩琪高工绘制。编写本书时,参考了有关书籍、科技杂志和产品样本,特向有关作者致谢。

**编 者**



# 目 录

<b>第一章 电工基础知识概要</b> .....	1
第一节 电路与电路的基本物理量 .....	1
第二节 欧姆定律 .....	7
第三节 电阻的串联与并联 .....	11
第四节 电功和电功率 .....	14
第五节 电磁与电磁感应 .....	16
第六节 单相交流电路 .....	23
第七节 三相交流电路 .....	43
第八节 变压器 .....	50
<b>第二章 电子技术基础知识概要</b> .....	57
第一节 半导体的导电机构 .....	57
第二节 半导体二极管 .....	64
第三节 半导体三极管 .....	69
第四节 场效应管 .....	73
第五节 放大电路 .....	79
第六节 整流电路与稳压电路 .....	85
第七节 晶闸管及其应用 .....	97
第八节 数字集成电路 .....	105
第九节 微处理器 .....	129
<b>第三章 电力系统的基本知识</b> .....	137
第一节 电力系统概述 .....	137
第二节 工厂供电的有关知识 .....	143

第三节	高层建筑供电	149
第四节	安全用电常识	151
<b>第四章</b>	<b>低压电器和电子电器</b>	<b>158</b>
第一节	概述	158
第二节	刀开关、熔断器组合电器和组合开关	164
第三节	熔断器	170
第四节	按钮和信号灯	177
第五节	继电器	184
第六节	接触器	205
第七节	断路器	216
第八节	断路器中的智能型控制器	233
第九节	互感器	273
第十节	并联电容器	284
第十一节	测量仪表	287
第十二节	电量变送器	319
<b>第五章</b>	<b>低压开关柜中的主电路和辅助电路</b>	<b>322</b>
第一节	主电路	323
第二节	辅助电路	336
第三节	操作电源简介	352
<b>第六章</b>	<b>无功功率补偿装置和低压开关柜</b>	<b>354</b>
第一节	无功功率补偿装置	354
第二节	低压开关柜综述	384
第三节	几种低压开关柜介绍	391
第四节	动力配电箱、照明箱	410
第五节	预装式变电站简介	419
<b>第七章</b>	<b>低压开关柜的检验、使用和维护</b>	<b>426</b>
第一节	工序检验	426

第二节	出厂试验 .....	430
第三节	低压开关柜的使用 .....	434
第四节	低压开关柜的维护和故障简析 .....	441
参考文献	.....	452

# 第一章 电工基础知识概要

## 第一节 电路与电路的基本物理量

### 一、电路的组成与电路图

电气工作者经常要和各种各样的电路打交道。什么是电路呢？广义地说，电路就是电流流通的路径，也是电能传输的路径。大家熟悉的手电筒电路(图 1-1-1)就是一个最简单的电路，它是由干电池、开关、导线和小灯泡组成的。当开关闭合后，就形成了电流的通路，小灯泡就会发光。

尽管电路的形式和功能多种多样，任何一个电路都离不开以下几个基本组成部分：

#### 1. 电源

电源是电路中的能源。干电池、蓄电池、发电机和硅光电池等，都是最常用的

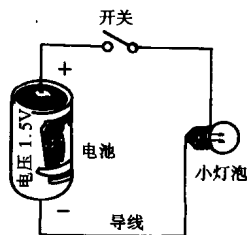


图 1-1-1 手电筒的电路

电源,它们把其他各种形式的能量(如化学能、机械能、光能等)转换成电能。

## 2. 负载

负载是消耗电能或把电能转换成其他能量的设备。图1-1-1中的灯泡就是负载,它把电能转换成光能或热能。常用的负载还有电动机(电能转换成机械能)、电炉(电能转换成热能)等。

## 3. 连接导线

导线用来把电源和负载连接成一个闭合回路,用以传导电流输送电能。

图1-1-1所示的实物电路图虽然直观易懂,但画起来太麻烦,又没有突出电路的本质,因此,在工程上都采用通用的图形符号代替实物图中的各种电路元件绘制电路图。这样,图1-1-1就可画成图1-1-2的形式。常用的电路符号列举于图1-1-3中。

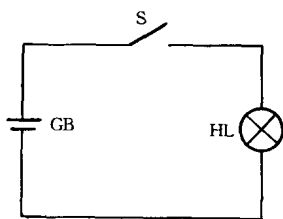


图1-1-2 最简单的电路

## 二、电流

大家知道,要在电路中产生电流,需要具备两个条件:一是要有电源供电,二是电路必须是一个闭合回路。由于金属导体中含有大量的自由电子,当金属导体和电源接成闭合回路时,导体中的自由电子(负电荷)就会受到电源负极的排斥和正极的吸引,驱使它们作有规则的运动,这种电荷有规则的运动就称为电流。习惯上人们把正电荷移动的方向定为电流的方向,它与电子移动的方向相反。电流用字母  $I$  表示。显然,在图1-1-2所示的电路中,电流是从电源的正极经过外电路流向电源的负

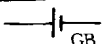

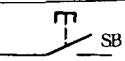


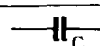

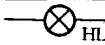
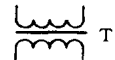


元件名称	符号	说明
直流电源		长线表示正极 短线表示负极
开关		
按钮开关 (不闭锁)		
电阻		
电位器		
电容器		
电感器		
灯泡		
变压器		
保险丝		
检流计		

图 1-1-3 常用的电路符号

极。

电流的大小是根据每单位时间里导体横截面上有多少电荷量来衡量的,称为电流强度,简称电流。电流的单位是安培,它是这样规定的:在 1 秒钟内通过导体任一横截面上的电荷量为 1 库仑(注:1 库仑相当于  $6.24 \times 10^{18}$  个电子所带的电量),电流强度就是 1 安培,即

$$1 \text{ 安} = \frac{1 \text{ 库}}{1 \text{ 秒}}$$

安培用符号“A”表示,库仑用“C”表示,秒用“s”表示,则上式可写成

$$1\text{A} = \frac{1\text{C}}{1\text{s}}$$

在实际工作中,还常使用较大的单位千安(kA)及较小的单位毫安(mA)、微安( $\mu\text{A}$ ),它们的换算关系是

$$1\text{千安(kA)} = 10^3\text{安(A)}$$

$$1\text{毫安(mA)} = 10^{-3}\text{安(A)}$$

$$1\text{微安}(\mu\text{A}) = 10^{-3}\text{毫安(mA)} = 10^{-6}\text{安(A)}$$

大小和方向都不随时间变化的电流称为直流,如图1-1-4(a)所示;方向始终不变,而大小随时间作周期性变化的电流叫脉动电流,如图1-1-4(b)所示;大小和方向均随时间作周期性变化的电流称为交流,如图1-1-4(c)所示。

### 三、电动势和电压

在一个闭合电路中,电流总是从电源的正极经过负载流向电源的负极。于是,人们就认为,电源的正极对负极具有高电位,而负极对正极具有低电位。电源正极与负极之间的电位差,就是电源两端的电压。

电源是如何建立并维持正极与负极之间的电位差呢?实际上任何一种电源都是一个能量转换装置。在电源内部能量转换过程中,产生一种非静电力(又称局外力或电源力),它能把正电荷从负极不断地移动到正极,建立并维持电源两极间的电位差,使电流在电路里持续地流通。电源内部这种能把正电荷从低电位推动到高压位的本领,我们称之为电动势,用符号  $E$  表示。电源的电动势在数值上等于非静电力把单位正电荷从电源的负极经电源内部移动到正极所做的功,用公式表达为

$$E = \frac{W}{Q}$$

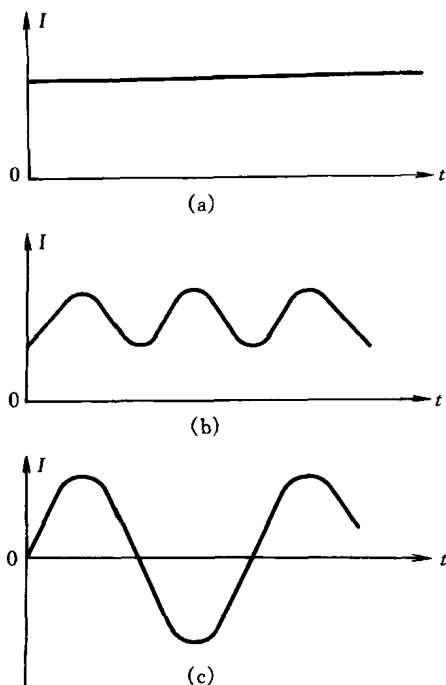


图 1-1-4 电流的波形

式中  $E$ ——电动势(V)  
 $W$ ——非静电力所做的功(J)  
 $Q$ ——被移动的正电荷量(C)

在国际单位制中,电动势的单位是伏特(用符号 V 表示)。当非静电力把 1C(库仑)的电荷量从电源的负极移动到正极所做的功为 1J(焦耳)时,电动势定为 1V(伏特)。

电压  $U$  的单位和电动势的单位一样,也是伏特。但电压却是指在任一段电路上,把电荷从电路的一端推向另一端时,电场力所做的功。所以电动势的方向是从负极到正极,即电位升高



的方向;电压的方向却是从正极到负极,即电位降低的方向。电动势与电压在概念上不可混淆。

电动势和电压的基本单位都是伏特(V),在实际工作中也常使用较大和较小的单位,它们分别是

$$1 \text{ 千伏(kV)} = 10^3 \text{ 伏(V)}$$

$$1 \text{ 毫伏(mV)} = 10^{-3} \text{ 伏(V)}$$

$$1 \text{ 微伏}(\mu\text{V}) = 10^{-3} \text{ 毫伏(mV)} = 10^{-6} \text{ 伏(V)}$$

#### 四、电阻

##### 1. 电阻的概念

自由电子在金属导体中作有规则的运动时,不可避免地会遇到阻力,这种阻力是自由电子与导体中的原子发生碰撞而形成的,我们称之为导体的电阻,用字母  $R$  或  $r$  表示。

各种材料的电阻是不同的。按照导电性能的好坏,可以把物质划分为导体、绝缘体和半导体三大类。导体是能够顺利传导电流的物质,例如银、铜、铝、铁等各种金属都是导体;绝缘体是能够可靠隔绝电流的物质,例如橡皮、塑料、陶瓷、玻璃、木材等都是绝缘体;导电性能介于导体和绝缘体之间的物质称为半导体,如硅、锗、氧化铜等都是常用的半导体材料。

电阻的单位是欧姆,用符号  $\Omega$  表示。如果导体两端的电压是 1V,通过的电流是 1A,则该导体的电阻就是  $1\Omega$ 。常用的电阻单位还有千欧(k $\Omega$ )和兆欧(M $\Omega$ ),它们的关系是

$$1 \text{ 千欧(k}\Omega\text{)} = 10^3 \text{ 欧}(\Omega)$$

$$1 \text{ 兆欧(M}\Omega\text{)} = 10^3 \text{ 千欧(k}\Omega\text{)} = 10^6 \text{ 欧}(\Omega)$$

##### 2. 导体电阻的计算

导体电阻的大小主要取决于导体的尺寸和导体的材料。对均匀截面积的导体(图1-1-5),电阻值可由下式算出