

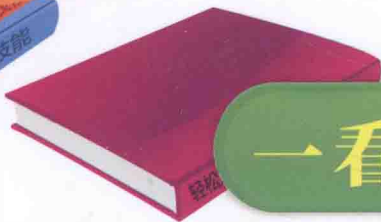


跟高手全面学会 **电工电子** 技术

轻松掌握 高压电工 技能

孙玉倩 主 编

禹雪松 孙险峰 副主编



一看就懂 一学就会



高手为你答疑解惑

零基础学会电工电子技术

先人一步轻松上岗走上成才路



化学工业出版社



跟高手全面学会 **电工电子** 技术

轻松掌握 高压电工 技能

孙玉倩 主 编
禹雪松 孙险峰 副主编



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书由浅入深,全面介绍了高压电工必须具备的基础知识和操作技能。主要包括高压电工基础知识、仪用互感器、继电保护装置及二次回路、变压器、高压电器、架空线路及电力电缆、接地、接零及防雷保护、高压电工安全作业与操作技术等。书中提供的丰富案例和实用技术指导,是作者多年的教学经验及实际工作经验的凝结,可帮助读者轻松掌握多种高压电气设备的工作原理与操作技能。

本书可供电气技术人员、电气工人、电工初学者阅读,也可供电工相关专业师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

轻松掌握高压电工技能/孙玉倩主编. —北京:化学工业出版社, 2014. 5

(跟高手全面学会电工电子技术)

ISBN 978-7-122-20163-8

I. ①轻… II. ①孙… III. ①高电压-电工技术
IV. ①TM8

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 055828 号

责任编辑:刘丽宏

责任校对:蒋 宇

文字编辑:陈 喆

装帧设计:刘丽华

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印 装:化学工业出版社印刷厂

787mm×1092mm 1/16 印张15 字数402千字 2014年10月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价: 49.00 元

版权所有 违者必究

前言

随着科学技术的日新月异，电工电子技术不断融合，电工、电子技术已成为日常生活和工业、科技不可或缺的一部分，只要涉及到用电的地方，就有电工、电子技术存在。同时大量新工艺、新技术的电子电气产品不断涌现，不仅带动了电子电气工业生产、维修等行业的发展，也为社会创造了许多就业机会。

“家有万贯，不如一技在身”。很多人非常想学好电工电子技术，但由于种种原因，常常望而却步。为了让初学者能轻松掌握电工或电子技术，快速上岗，胜任工作，让有技术基础的人员能全面学会电工电子技术，争当技术能手、高手，我们组织电工电子领域有丰富实践经验的技术高手编撰了这套《跟高手全面学会电工电子技术》丛书（以下简称《丛书》）。

《丛书》基础起点低，语言通俗易懂，力求用图、表说话，分册涵盖了从电工基础识图、高低压电工到电子技术、电气维修等相关实用技术内容，主要包括《轻松掌握家装电工技能》、《轻松掌握汽车维修电工技能》、《轻松掌握维修电工技能》、《轻松掌握高压电工技能》、《轻松掌握低压电工技能》、《轻松掌握电动机维修技能》、《轻松看懂电动机控制电路》、《轻松看懂电子电路图》、《轻松掌握电子元器件识别、检测与应用》、《轻松掌握电梯安装与维修技能》，帮助读者轻松、快速、高效掌握电工电子相关知识和技能。

本书为《轻松掌握高压电工技能》分册。

本书内容由浅入深，从基础理论开始，循序渐进地讲解了高压电工必须具备的基础知识和操作技能。主要包括高压电工基础知识、仪用互感器、继电保护装置、变压器、高压电器、架空线路及电力电缆、接地、接零及防雷保护、高压电工安全作业与操作技术等。全书图文并茂，可帮助读者轻松掌握各种高压电气设备的工作原理与操作技能。

书中提供的丰富案例和实用技术指导，是笔者多年来的教学经验及实际工作经验的凝结，实用性强，适合电工及初学者自学使用，也可供电工相关专业的院校师生参考。

本书由孙玉倩主编，禹雪松、孙险峰副主编，参加编写的人员还有侯来有、张保军、刘飞、李春风、高闯、魏青、李文忠、李岩、王颖辉，全书由张伯虎审核。

由于时间仓促，书中不足之处难免，恳请广大读者批评指正。

编者

目录

第一章 高压电工基础	1
第一节 直流电路	1
一、电路	1
二、电路的欧姆定律	2
三、电路的基尔霍夫定律	2
四、电阻的串联电路	3
五、电阻的并联电路	3
六、电阻的混联电路	4
七、电路的功率与电能	4
第二节 单相交流电路	5
一、交流电的基础知识	5
二、纯电阻电路	6
三、纯电感电路	7
四、纯电容电路	7
五、电阻、电感、电容的串联电路	10
六、并联电路与功率因数的提高	11
第三节 三相交流电路	11
一、三相交流电势	11
二、三相电源的接法	12
三、三相负载的连接	13
四、三相电路的功率	15
第四节 电磁感应和磁路	15
一、直导体中产生的感生电动势	15
二、楞次定律	16
三、法拉第电磁感应定律	17
四、自感	18
五、互感	19
六、同名端	20
第五节 电力网基础	21
一、电力供电系统	21
二、电力网	21
三、构成大型电力供电系统的优点	22

四、电力负荷的分类·····	22
第六节 用电单位的供电系统·····	23
一、用电单位常用变、配电所的类型·····	23
二、变、配电所电源引入方式·····	24
三、变、配电所的主接线·····	24
第二章 仪用互感器 ·····	29
第一节 仪用互感器的构造和工作原理·····	29
一、仪用互感器的分类和用途·····	29
二、电压互感器的构造和工作原理·····	29
三、电流互感器的构造和工作原理·····	30
第二节 仪用互感器的型号及技术数据·····	30
一、电压互感器的型号及技术数据·····	30
二、电流互感器的型号及技术数据·····	34
第三节 仪用互感器的极性与接线·····	38
一、仪用互感器极性的概念·····	38
二、仪用互感器极性测试方法·····	39
三、电压互感器的接线方式·····	39
四、电流互感器的接线方式·····	40
五、电压、电流组合式互感器接线·····	41
第四节 电压互感器的熔丝保护·····	42
一、电压互感器一次侧（高压侧）熔丝熔断的原因·····	42
二、电压互感器一、二次侧熔丝熔断后的检查与处理方法·····	42
第五节 电压互感器的绝缘监察作用·····	44
一、中性点不接地系统一相接地故障·····	44
二、绝缘监察作用·····	46
第六节 电流互感器二次开路故障·····	49
一、电流互感器二次开路的后果·····	49
二、电流互感器二次开路的现象·····	49
三、电流互感器二次开路的处理方法·····	49
第三章 继电保护与二次回路 ·····	50
第一节 继电保护装置原理及类型·····	50
一、继电保护装置的任务·····	50
二、对继电保护装置的基本要求·····	50
三、继电保护装置的基本原理及其框图·····	52
四、保护类型·····	53
第二节 变、配电所继电保护中常用的继电器·····	54
一、感应型 GL 系列有限取时限电流继电器·····	55
二、电磁型继电器·····	56
第三节 继电保护装置的操作电源及二次回路·····	57
一、交流操作电源·····	57
二、直流操作电源·····	57

三、继电保护装置的二次回路	59
第四节 电流保护回路的接线特点	61
一、三相完整星形接线	62
二、三相不完整星形接线（V形接线）	62
三、两相差接线	63
第五节 电流速断保护和过电流保护	63
一、电流速断保护	63
二、过电流保护	63
第六节 主保护、后备保护和辅助保护	65
一、主保护	65
二、后备保护	65
三、辅助保护	65
第七节 继电保护装置的运行与维护	66
一、继电保护装置的运行维护工作的主要内容	66
二、继电保护装置运行中的巡视与检查	66
三、继电保护及其二次回路的检查和校验	67
四、运行中继电保护动作的分析、判断及故障处理	67
第四章 变压器	69
第一节 变压器的作用、种类和工作原理	69
一、变压器的用途和种类	69
二、变压器的工作原理	70
第二节 电力变压器的主要结构及铭牌	70
一、电力变压器的结构	71
二、电力变压器的型号与铭牌	74
第三节 变压器的保护装置	76
一、变压器的熔断丝保护	76
二、变压器的继电保护	76
第四节 变压器的安装与接线	77
一、杆上变压器台的安装与接线	77
二、杆上变压器的安装与接线	80
三、落地变压器的安装	84
第五节 变压器的试验与检查	86
一、变压器的绝缘油	86
二、变压器取油样	87
三、变压器补油	87
四、变压器分接开关的调整与检查	87
五、变压器的绝缘检查	89
第六节 变压器的并列运行	90
一、变压器并列运行的条件	90
二、变压器并列运行条件的含义	90
三、变压器并列运行应注意的事项	91
第七节 变压器的检修与验收	91

一、变压器的检修周期	91
二、变压器的检修项目	91
三、变压器大修后的验收检查	92

第五章 电力电容器 93

第一节 电力电容器的结构与补偿原理	93
一、电力电容器的种类	93
二、低压电力电容器的结构	93
三、电力电容器的型号	93
四、并联电容器的补偿原理	94
五、补偿容量的计算	94
六、查表法确定补偿容量	94
第二节 电力电容器的安装	95
一、安装电力电容器的环境与技术要求	95
二、电力电容器搬运的注意事项	96
三、电容器的接线	96
第三节 电力电容器的安全运行	97
一、新装电容器组投运条件	97
二、电力电容器组的投入和退出运行	97
三、电容器组运行检查	98
四、电力电容器的保护	99
五、电力电容器的常见故障和排除	99

第六章 高压电器 101

第一节 高压隔离开关	101
一、高压隔离开关的结构	102
二、高压隔离开关的型号及技术数据	102
三、高压隔离开关的技术性能	102
四、高压隔离开关的用途	102
五、高压隔离开关的安装	103
六、高压隔离开关的操作与运行	103
七、高压隔离开关的检修	103
第二节 负荷开关	104
一、负荷开关的结构及工作原理	104
二、负荷开关的型号及技术数据	105
三、负荷开关的用途	105
四、负荷开关的维护	105
第三节 户内型高压熔断器	106
第四节 户外型高压熔断器	107
一、户外型高压熔断器的结构及工作原理	107
二、跌开式熔断器的型号及技术数据	108
三、跌开式熔断器的用途	109
四、跌开式熔断器的安装	109

五、跌开式熔断器的操作与运行	109
第五节 操动机构	109
一、操动机构的作用	109
二、操动机构的型号	109
三、操动机构的操作电源	110
第六节 弹簧操动机构	110
一、概述	110
二、弹簧操动机构的结构	110
三、弹簧操动机构的控制电路	111
第七节 高压开关的联锁装置	113
一、装设联锁装置的目的	113
二、联锁装置的技术要求	113
三、联锁装置的类型	113
第七章 架空线路及电力电缆	116
第一节 架空线路的分类与材料	116
一、架空线路的分类	116
二、架空线路的构成	116
三、主要材料	117
第二节 架空线路的安装要求	121
一、10kV 及以下架空线路导线截面的选择	121
二、架空线路导线的连接	123
三、导线在电杆上的排列方式	124
四、10kV 及以下架空线路导线固定的要求	124
五、10kV 及以下架空线路同杆架设时横担之间的距离及安装要求	125
六、10kV 及以下架空线路的档距、弧垂及导线的间距	125
七、架空线路的交叉跨越及对地面距离	125
八、电杆埋设深度及电杆长度的确定	126
九、10kV 及以下架空线路拉线安装的规定	127
第三节 架空线路的检修	127
一、检修周期	127
二、一般性维修项目	128
三、停电清扫检查内容	128
四、户外柱上变压器的检查与修理	128
第四节 电力电缆	129
一、概述	129
二、高压配电线路常用的电力电缆	129
第五节 电力电缆线路安装的技术要求	131
一、电缆线路安装的一般要求	131
二、直埋电缆的安装要求	132
三、电缆线路竣工后的验收	132
第六节 电力电缆的运行	132
一、电力电缆投入运行	132

二、电力电缆的日常巡视检查	133
三、电力电缆的定期检查	133
四、电力电缆试验	134
第七节 电缆线路常见故障及处理	134
一、电缆线的故障	134
二、终端头及中间接头的故障	134
第八章 接地、接零及防雷保护	135
第一节 接地	135
一、接地的概念	135
二、基本定义	136
三、接地种类	137
四、电气设备接地故障分析	137
第二节 接地方式的应用	139
一、工作接地的应用	139
二、保护接地的应用	140
三、保护接零的应用	140
四、重复接地的应用	141
五、接地电阻值的要求	143
第三节 接地装置的安装	143
一、接地体选用和安装的一般要求	143
二、接地线选用和安装的一般要求	144
三、接地线连接的一般要求	145
四、人工接地体的布置方式	145
五、土壤高电阻率地区降低接地电阻的技术措施	147
第四节 雷电对人身及设备安全的危害	147
一、雷电的基本知识	147
二、雷电的种类	148
三、雷电的危害	149
四、雷电的破坏效应	149
第五节 防雷装置	150
一、接闪器	150
二、避雷器	151
三、引下线	152
四、接地装置	153
第六节 线路及变压器的防雷措施	153
一、架空线路的防雷措施	153
二、变、配电所的防雷措施	154
第九章 高压电工操作技术	155
第一节 绝缘电阻的测试方法	155
一、变压器、电压互感器绝缘电阻的测试方法	155
二、并联电容器绝缘电阻测试	156

三、阀型避雷器绝缘电阻测试	157
四、母线系统绝缘电阻测试	158
五、电力电缆绝缘电阻测试	159
第二节 断路器导电回路电阻测试方法	160
一、准备工作	160
二、标准电阻值	160
三、使用器材	161
四、采用直流双臂电桥测试断路器接触电阻的接线方法	161
五、操作步骤	161
六、注意事项	161
七、测试后的处理	161
第三节 接地电阻和土壤电阻率的测量方法	162
一、接地电阻的测量	162
二、土壤电阻率的测量	163
第四节 变、配电所的倒闸操作	164
一、操作用术语	164
二、倒闸操作的要求、步骤及注意事项	164
三、停、送电倒闸操作	165
第五节 高压电度计量装置的故障判断和测试技术	168
一、高压电度计量装置常见故障的种类	168
二、高压电度计量装置的故障判断	169
三、用三相高压电度表测算电路测试技术	170
第六节 高压系统接地故障的处理	172
一、单相接地故障的分析判断	172
二、处理步骤及注意事项	173
第十章 电工安全作业与安全用电	174
第一节 安全生产方针与法律、法规	174
第二节 电工作业人员的基本要求和安全职责	174
一、电工作业人员的基本要求	174
二、电工作业人员的安全职责	175
三、电工作业一般规定	175
第三节 电气安全工作基本要求及相关安全措施	176
一、电气安全的基本要求	176
二、在电气设备（线路）上作业的组织措施	177
三、停电作业的安全技术措施	181
第十一章 触电急救与防触电技术	185
第一节 触电事故种类	185
一、触电事故种类	185
二、触电方式	186
第二节 电流对人体的伤害	187
一、作用机理和征象	187
二、作用影响因素	189
三、人体阻抗	193

第三节 触电事故规律	194
一、触电事故季节性明显	194
二、高压设备触电事故多	195
三、携带式设备和移动式设备触电事故多	195
四、电气连接部位触电事故多	195
五、错误操作和违章作业造成的触电事故多	195
六、不同行业触电事故不同	195
七、不同年龄段的人员触电事故不同	195
八、不同地域触电事故不同	195
第四节 触电急救	196
一、脱离电源	196
二、伤员脱离电源后的处理	196
三、心肺复苏法	197
四、抢救过程中的再判定	198
五、抢救过程中伤员的移动、转院与伤员好转后的处理	198
六、杆上或高处触电急救	199
第五节 绝缘、屏护和安全间距	199
一、绝缘	200
二、屏护	201
三、安全间距	202
第六节 IT 系统、TT 系统、TN 系统防护及接地装置	204
一、IT 系统	204
二、TT 系统	206
三、TN 系统	207
四、接地装置	212
第七节 电气火灾和爆炸的原因	218
一、电气设备过热	218
二、电火花和电弧	219
第八节 危险物质和危险环境	220
一、危险物质的性能参数	220
二、气体、蒸气爆炸危险环境的分类	221
三、粉尘、纤维爆炸危险环境的分类	221
四、火灾危险环境的分类	221
第九节 防爆电气设备和防爆电气线路	222
一、防爆电气设备	222
二、防爆电气设备的选用	223
三、防爆电气线路	224
第十节 电气防爆技术	226
一、消除或减少爆炸性混合物	226
二、隔离和间距	226
三、消除引燃源	226
四、爆炸危险环境接地	227
五、电气灭火	227

高压电工基础

第一节 直流电路

一、电路

在电的实际应用中,从最简单的手电筒的工作到复杂的电子计算机的运算,都是由电路来完成的。

1. 电路的组成及电路元件的作用

电路就是电流所流经的路径,它由电路元件组成。当合上电动机的刀闸开关时,电动机立即就转动起来,这是因为电动机通过导线经开关与电源接成了电流的通路,并将电能转换成为机械能。电动机、电源等叫做电路元件,电路元件大体可分为以下4类。

(1) 电源 即发电设备,其作用是将其他形式的能量转换为电能。如电池是将化学能转换为电能,而发电机是将机械能转换为电能。

(2) 负载 即用电设备,它的作用是把电能转换为其他形式的能。如电炉是将电能转换为热能,电动机则是把电能转换为机械能。

(3) 控制电器和保护电器 在电路中起控制和保护作用。如开关、熔断器、接触器等。

(4) 导线 由导体材料制成,其作用就是把电源、负载和控制电器连接成一个电路,并将电源的电能传输给负载。

由此可见,电路的作用是产生、分配、传输和使用电能。如图 1-1 所示就是一个最简单的电路。

2. 电路图

在实际工作中,为便于分析、研究电路,通常将电路的实际元件用图形符号表示在电路图中,称为电路原理图,也叫电路图。如图 1-2 所示就是图 1-1 的电路原理图。

在电路中,只有两个端点与电路其他部分相连的无分支电路叫做支路。在图 1-3 中共有三条支路。通常将三条支路以上的连接点称为节点。如图 1-3 中的 A 点和 B 点即为节点。在电路中由支路组成的任一闭合路径叫做回路,图 1-3 中共有三个回路。

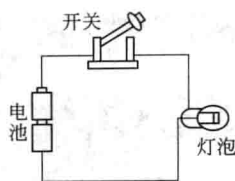


图 1-1 简单电路

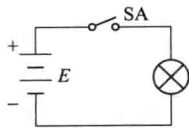


图 1-2 电路原理图

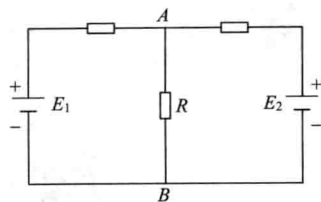


图 1-3 具有三个回路的电路

二、电路的欧姆定律

电流、电压和电阻是电路中的三个基本物理量，分析计算电路，就是研究以上各量之间的关系，确定它们的大小。欧姆定律就是反映电阻元件两端的电压与通过该元件的电流同电阻三者关系的定律，电路如图 1-4 所示，其表达式为：

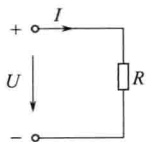


图 1-4 欧姆定律电路

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

式中 I ——电流，A；
 U ——电压，V；
 R ——电阻， Ω 。

由上式可知，通过电阻元件的电流与电阻两端的电压成正比，而与电阻成反比。

对于任一支路的电阻电路，只要知道电路中的电压、电流和电阻这三个量中的任意两个量，就可由欧姆定律求得第三个量。

三、电路的基尔霍夫定律

欧姆定律可以确定电阻元件上电压与电流的关系，但只能用于无分支的电阻电路。对于一个比较复杂的电路，如图 1-5 所示，确定各支路电流和各部分电压的关系，只用欧姆定律一般是不能解决的，必须利用基尔霍夫定律才可表明支路电流之间的关系和回路电压间的关系。

1. 基尔霍夫电流定律

基尔霍夫电流定律也叫做基尔霍夫第一定律，它确定了电路中任一节点所连的各支路电流之间的关系。

基尔霍夫电流定律指出：对于电路中的任一节点，流入节点的电流之和必等于流出该节点的电流之和。

在图 1-5 电路中，对于节点 A， I_1 、 I_2 是流入节点的，而 I_3 是由节点流出的。由基尔霍夫电流定律可将三个电流之间的关系表示为：

$$I_1 + I_2 = I_3$$

如果将上式中 I_3 移到左边可得：

$$I_1 + I_2 - I_3 = 0$$

即流入（或流出）电路任一节点各电流的代数和等于零：

$$\sum I = 0$$

式中，符号 $\sum$ 是“代数和”的意思，说明各项电流可为正或负，如果规定流入节点的电流为正，那么流出节点的电流就是负的，反之也成立。在应用时应注意各支电流的方向。

2. 基尔霍夫电压定律

基尔霍夫电压定律也叫做基尔霍夫第二定律，它确定了电路任一回路中各部分电压之间的相互关系。

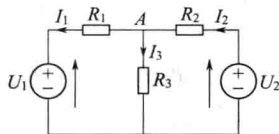


图 1-5 电路的基尔霍夫定律

基尔霍夫电压定律指出：对任一回路，沿任一方向绕行一周，各电源电势的代数和等于各电阻电压降的代数和。

即： $\sum E = \sum IR$

$\sum E = \sum U$

如图 1-6 所示，如沿顺时针方向绕行，由基尔霍夫电压定律可列出该回路的电压方程：

$$E_1 - E_2 = IR_1 + IR_2$$

在应用基尔霍夫电压定律时应注意，先选定绕行方向，回路中凡是与绕行方向相同的电势或电流取正号，反之取负，电势方向从负到正。

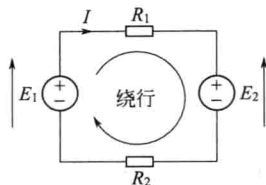


图 1-6 具有一个回路的电路

$$I = \frac{E_1 - E_2}{R_1 + R_2 + R_3 + R_4}$$

可见，利用基尔霍夫电压定律即可求解回路上的电压和电流。

基尔霍夫定律是电路理论的基本定律，在应用基尔霍夫定律时必须注意电流、电压、电势的方向及所选定的绕行方向的关系。

四、电阻的串联电路

在电路中，电阻的连接方式是多种多样的，串联电路是最简单的一种，将两个以上的电阻依次首尾相连，使各电阻通过同一电流，这种连接方式叫做电阻的串联。如图 1-7 所示为三个电阻的串联电路。

串联电路的总电压等于各电阻上电压降之和。

由欧姆定律可知：

$$U_1 = IR_1 \quad U_2 = IR_2 \quad U_3 = IR_3$$

所以总电压为：

$$U = IR_1 + IR_2 + IR_3 = I(R_1 + R_2 + R_3) = IR$$

$$R = R_1 + R_2 + R_3$$

由此可见， R 为串联电路的总电阻， R 通常叫做等效电阻。这样就可以将三个电阻的串联电路用如图 1-8 所示的等效电路来表示。

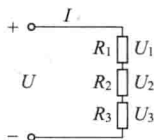


图 1-7 三个电阻串联电路

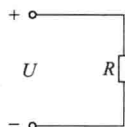


图 1-8 等效电路

由串联电路的特点可看出：如果在电路中串联一个电阻，那么电路的等效电阻就要增大。在电源电压不变的情况下，电路中的电流将要减小，所以串联电阻可起到限流作用。例如，大型电动机启动时，为了防止启动电流过大，常在启动回路中串入一个启动电阻，以减小启动电流。

串联电阻的另一个用途就是可以起到分压作用，因为电阻通过电流要产生电压降，承担了电路的一部分电压。如电阻分压器和多量电压表就是利用了这个原理。

五、电阻的并联电路

几个电阻头尾分别连在一起，即电阻都接在两个节点之间，各电阻承受同一电压，这种连接方式叫做电阻的并联，如图 1-9 所示即为三个电阻的并联电路。

并联电路的总电流为各电阻去路电流之和，由基尔霍夫电流定律可知，图 1-9 电路中的

总电流为:

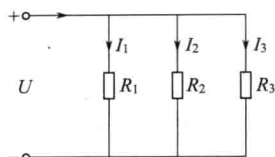


图 1-9 三个电阻并联电路

$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

并联电路等效电阻的倒数为各电阻的倒数之和，由欧姆定律可知，图 1-9 中各支路的电流为：

$$I_1 = \frac{U}{R_1} \quad I_2 = \frac{U}{R_2} \quad I_3 = \frac{U}{R_3}$$

因为总电流

$$I = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2} + \frac{U}{R_3}$$

$$U \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right) = \frac{U}{R}$$

所以

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

由并联电路的特点还可看出，当电路增加一并联电阻后，则该电阻中将通过一定的电流，使总电流增大，因此，并联电阻可以起分流作用，如电流表并联一电阻后可以扩大电流表的量程。

六、电阻的混联电路

电阻的串联与并联是电路最基本的连接形式，在一些电路中，可能既有电阻的串联，又有电阻的并联，这种电路就叫做电阻的混联电路，如图 1-10 所示。分析、计算混联电路的方法如下。

- (1) 应用电阻的串联、并联逐步简化电路，求出电路的等效电阻。
- (2) 由等效电阻和电路的总电压，根据欧姆定律求电路的总电流。
- (3) 由总电流根据基尔霍夫定律和欧姆定律求各支路的电压和电流。

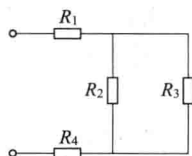


图 1-10 电阻的混联电路

七、电路的功率与电能

1. 电功率

电功率就是单位时间内电场力所做的功，如图 1-11 所示电路中 R 为一个电阻，它两端的电压是 U ，通过的电流是 I ，单位时间内电场力在电阻上做的功应为电压与电流的乘积，即

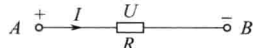


图 1-11 电路中的一个电阻

$$P = UI = I^2 R = \frac{U^2}{R} = U^2 G$$

式中 P ——电功率，W；

G ——电导，S。

电功率的换算关系为：

$$1\text{kW} = 10^3\text{W}$$

$$1\text{MW} = 10^3\text{kW} = 10^6\text{W}$$

$$1\text{mW} = 10^{-3}\text{W}$$

2. 电能

电动机、电灯的功率只表示它工作能力的大小，而它们所完成的工作量，不仅决定于其功率的大小，还与它们工作的时间长短有关，电能就是用来表示电场在一段时间内所做的功，即：

$$W = PT$$

式中 P ——功率, kW;

T ——时间, h;

W ——电能, kW·h。

实际上 1kW·h 就是平常所说的 1 度电。

3. 焦耳-楞次定律

电流通过电阻时, 电阻就会发热, 将电能转换为热能, 这种现象叫做电流的热效应。

19 世纪的科学家焦耳和楞次通过大量的实验, 几乎同时发现, 电阻通过电流后所产生的热量与电流的平方、电阻及通电的时间成正比, 这就是焦耳-楞次定律, 电能转换为热能的关系可用下式表示:

$$Q = I^2 RT$$

式中 I ——电流, A;

R ——电阻, Ω ;

T ——时间, s;

Q ——电阻上产生的热量, J。

第二节 单相交流电路

一、交流电的基础知识

大小和方向随时间做周期性变化的电压、电动势和电流称为交流电。一般用字母“AC”或符号“—”表示。它的最基本形式是正弦交流电。凡是大小和方向都随时间按照正弦规律做周期性变化的电压、电动势和电流都称为正弦交流电。含有正弦交流电源, 而且电路中各个部分所产生的流量都按照正弦规律变化的电路为正弦交流电路。正弦交流电路分为单相交流电路和三相交流电路两类。如图 1-12 所示为正弦交流电流的波形图。

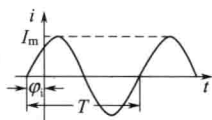


图 1-12 正弦交流电流的波形图

1. 周期、频率和角频率

周期、频率和角频率都是表示正弦交流电随时间变化快慢的物理量。

交流电每重复变化一次所需要的时间称为周期, 用字母 T 表示, 单位为秒 (s)、毫秒 (ms) 和纳秒 (ns)。其换算关系为: $1\text{s} = 10^3\text{ms} = 10^6\text{ns}$ 。我国所用的工频交流电周期是 0.02s。

交流电每秒钟变化的次数叫频率 (也叫电角速度), 用字母 f 表示。它的单位为赫兹 (Hz) 或周/秒, 对较高的频率还可用千赫 (kHz) 和兆赫 (MHz) 作为单位。其换算关系为: $1\text{Hz} = 10^{-3}\text{kHz} = 10^{-6}\text{MHz}$ 。我国所用的工频交流电的频率为 50Hz。

显然, 周期和频率互为倒数, 即 $T = 1/f$ 。交流电随时间变化越快, 其频率 f 越高; 周期 T 越短; 反之, 频率 f 越低, 周期 T 越长。

交流电变化的快慢, 除了用周期和频率表示外, 还可以用角频率表示。通常交流电变化一周也可以用 2π 弧度来计量, 交流电每秒所变化的角度 (电角度), 叫做交流电的角频率, 用字母 ω 表示, 单位是弧度/秒 (rad/s)。角频率和频率与周期的关系如下:

$$\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$$

我国工频交流电的角频率为 314rad/s。

2. 瞬时值

在交流电路中, 把随时间变化的量用小写字母表示, 如电流、电压、电动势和功率在每一时刻的数值称为瞬时值, 分别用 i 、 u 、 e 、 p 表示。正弦交流电的瞬时值表达式通常用下式表示:

$$I = I_m \sin(\omega t + \varphi_i)$$