

高等职业技术教育土建类专业“十三五”规划教材

建筑应用电工

(第3版)

主 编 喻建华



武汉理工大学出版社

教育部职业教育与成人教育司推荐教材
高等职业技术教育土建类专业“十三五”规划教材

建筑应用电工

(第3版)

主 编 喻建华
副主编 张海仕 姚世昌

武汉理工大学出版社

· 武 汉 ·

内 容 提 要

本书为职业技术教育建设类专业系列教材之一,内容包括电磁学基本知识、交流电路、建筑常用低压电气设备、低压配电系统、建筑电气照明技术、安全用电与建筑防雷、建筑弱电系统、智能建筑简介、建筑电气施工图的识读。

本书可作为高等职业技术教育土建类专业课程教材,也可供相关专业及从事建筑电气工程技术人员参考,并与施工组织管理、建筑工程水电安装工程概预算等教材配套。

图书在版编目(CIP)数据

建筑应用电工/喻建华主编. —3 版. —武汉:武汉理工大学出版社, 2017. 4
ISBN 978-7-5629-5515-3

I. ①建… II. ①喻… III. ①建筑工程-电工技术 IV. ①TU85

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 058660 号

项目负责人:杨学忠 张淑芳

责任编辑:余晓亮

责任校对:余士龙 梁雪姣

装帧设计:芳华时代

出版发行:武汉理工大学出版社

武汉市洪山区珞狮路 122 号 邮编:430070

<http://www.wutp.com.cn>

E-mail:1029102381@qq.com

印刷者:湖北恒泰印务有限公司

经 销 者:各地新华书店

开 本:787×1092 1/16

印 张:17

字 数:424 千字

版 次:2017 年 4 月第 3 版

印 次:2017 年 4 月第 1 次印刷

印 数:3000 册

定 价:34.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请向出版社发行部调换。

本社购书热线电话:027-87785758 87384729 87165708(传真)

版权所有,盗版必究。

第3版前言

本书在第2版基础上做了很大的改动,紧密结合工程实际,极大地拓宽了知识的涵盖面,力求反映出新的技术及设备的应用。在尽可能满足新的规范和标准的基础上,根据职业教育的特点,对第2版内容再次进行了很大的改动,删去了许多难以看懂的插图及已过时的内容。这次修订补充了许多新技术和新工艺,范围宽、内容丰富,力求深入浅出,理论联系实际,文字简练,图文并茂。保持原版的风格,在思想性、科学性、实用性和先进性上下功夫。

本书重点介绍工程中常用的照明设备、控制设备、供配电技术、施工现场供电、建筑弱电基本知识、防雷及安全用电等,并对智能建筑自动化系统进行了简述,对建筑电气施工的识读列举了大量的实例。本书可作为高职院校有关专业的教材或参考书,也可作为从事建筑电气工程技术人员的参考书。本书可与施工管理、电气工程概预算等课程的教材配套。

本书全部采用最新国家标准、新设备符号和新技术规程。

全书分九章:第1章、第2章由张海仕编写,第6章、第7章由姚世昌编写,其余部分由喻建华编写。全书由喻建华统稿。

在第2版使用过程中,广大读者特别是使用本书的教师提出了许多非常宝贵的修改意见,在此我们表示衷心的感谢。限于水平和时间,书中难免会有疏漏、不妥之处,恳请广大读者批评指正。

编 者

2017年1月

目 录

1 电磁学基本知识	1
1.1 电路的基本概念	1
1.1.1 电路和电路模型	1
1.1.2 电路的基本物理量及电路参数	2
1.1.3 电路的三种状态	5
1.2 电路的基本定律	7
1.2.1 欧姆定律	7
1.2.2 基尔霍夫定律	7
1.3 磁和磁场	10
1.3.1 磁介质的磁化和磁导率	10
1.3.2 磁场的几个基本物理量	11
1.3.3 电流与其周围磁场的关系	13
1.4 磁路基本概念	14
1.5 电磁感应	15
1.5.1 两个电磁基本定律	15
1.5.2 自感电动势	16
1.5.3 互感电动势	17
2 交流电路	24
2.1 交流电的基本概念	24
2.1.1 正弦交流电三要素	24
2.1.2 正弦量的有效值	26
2.2 交流电的相量表示	27
2.2.1 复数的基础知识	28
2.2.2 正弦量的相量表示	28
2.3 单一参数的交流电路	30
2.3.1 纯电阻电路	31
2.3.2 纯电感电路	32
2.3.3 纯电容电路	34
2.4 提高功率因数的意义和方法	37
2.4.1 电阻与电感的串联电路	37
2.4.2 提高功率因数的意义	39
2.4.3 提高功率因数的方法	39
2.5 三相交流电路	41
2.5.1 三相交流电源	41

2.5.2	三相负载的连接	43
2.6	三相交流电路功率的计算	46
2.6.1	不对称三相电路功率的计算	46
2.6.2	对称三相电路功率的计算	46
3	建筑常用低压电气设备	54
3.1	常用低压控制电器	54
3.1.1	刀开关	54
3.1.2	熔断器	55
3.1.3	按钮	55
3.1.4	交流接触器	56
3.1.5	热继电器	56
3.1.6	电气设备外壳防护等级	56
3.1.7	电气设备的防触电保护类别	57
3.2	低压断路器	58
3.2.1	低压断路器的分类	58
3.2.2	低压断路器的工作原理	59
3.2.3	低压断路器的附件	61
3.2.4	低压断路器的主要技术参数	63
3.3	变压器	64
3.3.1	变压器的用途和工作原理	64
3.3.2	特殊变压器	69
3.4	三相异步电动机	71
3.4.1	三相异步电动机的基本结构	71
3.4.2	三相异步电动机的工作原理	72
3.4.3	三相异步电动机的型号与铭牌数据	73
3.4.4	三相异步电动机的电磁转矩	74
3.4.5	三相异步电动机的启动	74
3.4.6	三相异步电动机的调速	75
3.4.7	三相异步电动机的制动	75
3.4.8	电动机的使用与维护保养	76
4	低压配电系统	80
4.1	电力负荷的计算	80
4.1.1	负荷的分类与供电要求	80
4.1.2	负荷计算	81
4.1.3	用需要系数法确定计算负荷	83
4.2	配电线路与保护装置的选择	85
4.2.1	低压配电线路接线方式	85
4.2.2	配电导线的选择	85
4.2.3	保护装置的选择	88

4.3 建筑施工现场临时用电	91
4.3.1 施工现场临时用电组织设计应包括的内容	91
4.3.2 施工现场临时用电负荷计算	92
5 建筑电气照明技术	98
5.1 基本知识	98
5.1.1 照明技术的基本概念	98
5.1.2 照明方式及种类	101
5.1.3 电气照明的基本要求	102
5.1.4 照明配电系统及布线方式	103
5.2 建筑电气照明装置	104
5.2.1 电光源	104
5.2.2 常用电光源	106
5.2.3 灯具	115
5.3 建筑电气照明设计基础	118
5.3.1 照明节能	118
5.3.2 灯具的布置	119
5.3.3 照度计算	121
5.4 常用照明装置的安装	127
5.4.1 照明灯具安装	127
5.4.2 照明配电箱安装	128
5.4.3 开关、插座安装	129
5.5 应急照明的设置	131
5.5.1 应急照明内容	131
5.5.2 应急照明设置场所	131
5.5.3 照度水平	132
5.5.4 应急照明的供电	132
5.5.5 应急照明与消防联动控制	133
5.5.6 正常、应急两用照明装置	134
5.5.7 消防智能应急疏散指示系统	134
6 安全用电与建筑防雷	137
6.1 安全用电	137
6.1.1 触电、急救与防护	137
6.1.2 低压配电系统的接地形式	139
6.1.3 保护接地与保护接零	140
6.2 接地电阻的测量	141
6.2.1 接地电阻测量方法	141
6.2.2 降低接地电阻的措施	142
6.2.3 工程实际中接地电阻测试具体步骤	143
6.3 施工现场安全用电的措施	145

6.3.1	安全用电技术措施	145
6.3.2	安全用电组织措施	147
6.3.3	电气防火措施	147
6.4	建筑防雷	148
6.4.1	雷电的基本知识	148
6.4.2	建筑物的防雷	150
6.4.3	半导体少长针消雷装置	154
6.4.4	电涌开关的运用	155
6.4.5	施工现场防雷保护措施	156
6.5	等电位联结	156
6.5.1	等电位联结的作用	156
6.5.2	等电位联结时的注意事项	157
6.6	漏电开关	159
6.6.1	安装漏电开关的目的与要求	159
6.6.2	漏电开关的功能	159
6.6.3	漏电开关的分类与工作原理	159
6.6.4	漏电开关的技术指标与型号	160
6.6.5	漏电开关的安装与选择	161
6.6.6	漏电开关的接线	163
6.6.7	漏电开关安装过程的注意事项	164
6.6.8	导致漏电开关误动作的原因	165
6.6.9	漏电开关的检测	165
7	建筑弱电系统	168
7.1	有线电视系统	168
7.1.1	概述	168
7.1.2	有线电视系统的组成和分类	169
7.1.3	技术术语	170
7.1.4	有线电视系统中主要器件的功能和电气特性	174
7.1.5	有线电视系统的施工与安装	179
7.1.6	分配系统计算	180
7.2	建筑电话通信系统	180
7.2.1	系统概述	180
7.2.2	电话交换技术	181
7.2.3	电话传输线路	183
7.3	建筑电气消防系统	186
7.3.1	系统概述	186
7.3.2	火灾探测器	188
7.3.3	火灾报警控制器	190
7.3.4	其他消防控制设备	191

7.3.5	自动灭火系统	192
7.3.6	防排烟及诱导疏散系统	194
7.4	保安系统	196
7.4.1	建筑物对保安系统的要求	196
7.4.2	保安系统的组成内容	197
7.4.3	防盗报警系统	197
8	智能建筑简介	203
8.1	智能建筑概述	203
8.1.1	智能建筑的概念	203
8.1.2	智能化建筑的组成和功能	204
8.1.3	智能化建筑的特点	205
8.2	综合布线系统	205
8.2.1	综合布线系统的组成	206
8.2.2	综合布线的特点	208
8.2.3	综合布线工程常用线缆	209
8.2.4	吹光纤技术	212
8.3	智能建筑的 3A 系统	213
8.3.1	建筑设备自动化系统(BA)	213
8.3.2	通信自动化系统(CA)	215
8.3.3	办公自动化系统(OA)	217
9	建筑电气施工图的识读	220
9.1	概述	220
9.1.1	建筑相关基础知识	220
9.1.2	建筑电气施工图的特点	221
9.1.3	建筑电气施工图的组成	222
9.1.4	电气线路在平面图上的表示方法	223
9.1.5	照明及动力设备在平面图上的标注方法	224
9.2	照明工程施工图	226
9.2.1	识图步骤	226
9.2.2	读图实例	226
9.3	防雷接地平面图读图示例	230
9.3.1	防雷工程平面图	230
9.3.2	接地平面图	231
9.4	建筑电气控制电路读图示例	233
9.4.1	电动机控制	233
9.4.2	单台水泵直接启动控制线路	233
9.4.3	电接点压力表控制线路	235
9.5	建筑弱电电气施工图	235
9.5.1	有线电视、电话系统	235

9.5.2 对讲防护门系统	237
9.6 住宅智能化系统	237
9.6.1 三表自动抄收系统	237
9.6.2 家庭智能化系统	238
附录	242
附录 1 500V 铜芯绝缘导线长期边续负荷允许载流量表	242
附录 2 耐热型聚氯乙烯绝缘铜芯导线长期连续负荷允许载流量表 BV-105 型耐热聚氯乙烯绝缘铜芯电线的截流量(A)	243
附录 3 聚氯乙烯绝缘聚氯乙烯护套电力电缆及裸导线长期连续负荷允许载流量表	244
附录 4 商店建筑照明的照度标准值	245
附录 5 中小学校建筑照明的照度标准值	245
附录 6 常用照明电光源的主要特性比较表	245
附录 7 6~10kV 级 S9 系列电力变压器技术数据	246
附录 8 建筑电气新旧符号对照表	247
部分习题参考答案	258
参考文献	261

1 电磁学基本知识

本章主要介绍电路和磁路的一些基本概念,说明电路的本质含义以及电路模型的运用,介绍了电路的几个基本物理量和电路参数,比较完善地介绍了电路的关联参考方向的概念,最后简单介绍了电路的基本定律及磁路的基本定律。通过本章的学习,使同学们学会电路的一般分析方法,学会利用电路定律和定理分析电气元件的工作状况,为以后的学习和工作打下一个良好的基础。

1.1 电路的基本概念

1.1.1 电路和电路模型

(1) 电路的组成

随着人类科技水平的提高,电气应用已经成了生活中必不可少的一部分,所以正确认识和分析电路成了生活中重要的一环。电路是由若干个电气元件按一定方式连接而构成的;通俗地说,电路就是电流的路径。一个完整的电路由电源、负载和中间环节三部分组成。

电源是提供电能的装置,即将其他形式的能量(非电能)转化为电能的装置。一般非电能有机械能、化学能、热能、太阳能和原子能等;而常见电源有电池、发电机、整流电源和 UPS 不间断电源等。

负载也称用电设备,是消耗电能的装置。它将电能转化为其他形式的能量。例如,电灯将电能转化为光能和热能,电动机将电能转化为机械能,电炉将电能转化为热能等。

中间环节是连接电源和负载的部分。它起传输、分配、保护和控制的作用,主要有导线、保护和计量装置等。

(2) 电路的作用

其一,在电力系统中,电路起传输、分配和转换电能的作用。发电厂的发电机把机械能、热能和原子能等非电能转化成电能,通过变压器、输电线输送到用电单位,在那里通过用电设备将电能转化为光能、机械能、热能等。

其二,电路有信号处理的作用。通过电路把施加的信号转换成所需要的输出,比如电视机、收音机通过调谐电路接收到无线电信号,由于信号很微弱,所以必须通过放大电路进行放大,通过各个不同的环节转换成我们所需的视觉和听觉信号。

(3) 电路模型

实际电路是一些实际电气元件根据需要按一定的方式连接而成。因为电磁的不可分割性,电气元件的电磁性质较为复杂,为了方便分析和计算,我们只突出电气元件主要的电磁性质,而忽略其次要性质,用理想电气元件来代替,也就是电路的理想化分析。如电阻,突出它的消耗电能的性质,而忽略电阻的其他电磁性质。将用一些理想电气元件组成的电路称为电路模型。理想电气元件主要有电阻元件、电感元件、电容元件和理想电源等。图 1.1 所示为一简单手电筒电路

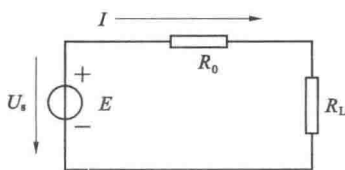


图 1.1

模型,其中 E 表示电池的电动势, R_0 表示电池的内阻, R_L 表示小灯泡的等效电阻。

1.1.2 电路的基本物理量及电路参数

(1) 电流

在电场力作用下带电粒子定向移动形成电流。电流的强弱用电流强度来表示,符号为 I , 电流强度在数值上等于单位时间内通过导体某一横截面的电荷电量的代数和。根据定义有

$$i = \frac{dq}{dt} \quad (1.1)$$

常见的电流有两种,把大小和方向不随时间变化的电流,称为恒定电流,简称直流,用大写字母 I 表示,其数学表达式为:

$$I = \frac{Q}{t} \quad (1.2)$$

式中 Q ——在 t 时间内通过导体横截面的电量(C);

I ——电路的电流强度(A)。

国际单位制中,电流强度的单位为安培,在表示较大或较小的电流时,也用千安(kA)、毫安(mA)、微安(μA)。它们的数学换算关系为:

$$1\text{kA} = 10^3\text{A} = 10^6\text{mA} = 10^9\mu\text{A}$$

把大小和方向随时间做正弦规律变化的电流,称为正弦交流电流,用 i 表示,其数学表达式为:

$$i = I_m \sin(\omega t + \varphi) \quad (1.3)$$

一般规定正电荷流动方向就是电流的实际方向。在外电路中,电流从电源的高电位端流向低电位端;而在电源内部,电流从电源的低电位端流向高电位端。但在复杂电路或交流电路中,电流方向就很难直观准确地表示出来,由于这些原因,人们引入电流参考方向。选取任意一个方向作为电流的方向,称之为电流的参考方向。电流的参考方向在电路图中用箭头表示;也可以用双下标 I_{AB} 表示,其参考方向是由 A 指向 B。假设电路中某一电流的参考方向已经选定,如果求得电流为正值,就说明电流的实际方向与参考方向一致;若求得此电流为负值,就说明电流的实际方向与参考方向相反。一般用实线表示电流的参考方向,用虚线表示电流的实际方向,如图 1.2 所示。

(2) 电压

在图 1.3 所示电路中,正电荷从高电位端流向低电位端必然要受到电场力的作用,也就是说电场力对正电荷做了功。电压就是反映电场力做功能力的物理量。电压的大小反映电场力做功能力的强弱,用 U_{AB} 表示。

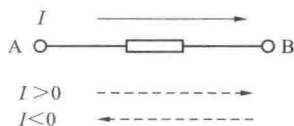


图 1.2

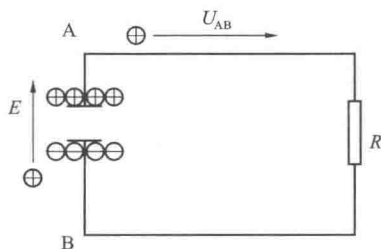


图 1.3

那么有

$$U_{AB} = \frac{W}{Q} \quad (1.4)$$

式中 U_{AB} ——A、B 两点之间的电压(V);

W ——电场力所做的功(J);

Q ——电荷的电量(C)。

在国际单位制中,电压的单位为伏特(V),当计量较大或较小电压时,可以用千伏(kV)、毫伏(mV)、微伏(μ V)。它们的数学换算关系是:

$$1\text{kV} = 10^3\text{V} = 10^6\text{mV} = 10^9\mu\text{V}$$

在复杂电路或交流电路中,电压的方向也很难确定,我们也必须假设一个方向,称为电压参考方向,这样当计算结果为正值时,说明实际方向与参考方向相同;反之,实际方向与参考方向相反。电压的参考方向一般在电路中用箭头或正负极符号表示,也可以用双下标表示,比如 U_{AB} ,其参考方向是由 A 指向 B。一般用实线表示电压的参考方向,用虚线表示电压的实际方向,如图 1.4 所示。

一个元件或一段电路上既有电压的参考方向,也有电流的参考方向,如果这两个参考方向一致,称之为关联参考方向;反之,称之为非关联参考方向。在以后的电路计算中,在没有特别强调的情况下,一般默认电流和电压参考方向是在关联参考方向下,如图 1.5 所示。

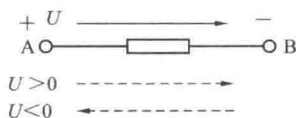


图 1.4

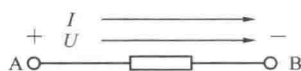


图 1.5

(3) 电动势

在图 1.3 所示电路中,在电场力的作用下,正电荷源源不断地从电源的高电位端移动到低电位端,必然会使电源电场逐步减弱,从而使电流慢慢减小,最后完全消失。所以要维持恒定电流,必须保持恒定的电场,这就要求电源内部的非电场力源源不断地把正电荷从电源的低电位端移动到高电位端。电动势就是反映电源内部电源力(即非电场力)做功能力的物理量,它的大小反映电源力做功能力的大小,用 E 表示。如果为直流电源,那么有

$$E = \frac{W}{Q} \quad (1.5)$$

式中 W ——电源力所做的功(J);

Q ——电源力移动的电荷的电量(C)。

显然,电动势的单位也为伏特(V)。根据电动势的定义,可以知道电动势的方向是从低电位端指向高电位端,这同时也反映了电源力移动正电荷的方向;而电压的方向是从高电位端指向低电位端,反映了电场力移动电荷的方向。所以虽然它们的单位相同,但是它们的本质却是完全不同的。根据做功类型的不同,把电源外部的电路称为外电路,而把电源内部的电路称为内电路,合称为全电路。

(4) 电位

在电子电路中,为了便于分析,一般取电路中某一点作为参考点,认为这个点的电位为零,那么其他点到参考点的电压就是该点的电位,某一点的电位在数值上等于电场力将单位正电

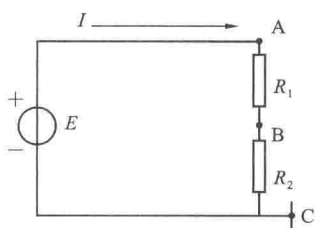


图 1.6

荷从该点移动到参考点所做的功。

【例 1.1】 如图 1.6 所示电路, 已知电动势 $E=10\text{V}$; 电阻 $R_1=4\Omega, R_2=6\Omega$ 。试求:

① 以 C 为参考点, 试求 A、B、C 点电位及 AB、BC 两点间的电压;

② 以 B 为参考点, 试求 A、B、C 点电位及 AB、BC 两点间的电压。

【解】 ①

$$I = \frac{E}{R_1 + R_2} = \frac{10}{4 + 6} = 1\text{A}$$

所以

$$V_C = 0$$

$$V_B = U_{BC} = IR_2 = 1 \times 6 = 6\text{V}$$

$$V_A = U_{AC} = 1 \times (4 + 6) = 10\text{V}$$

$$U_{AB} = IR_1 = 1 \times 4 = 4\text{V}$$

$$U_{BC} = IR_2 = 1 \times 6 = 6\text{V}$$

② 如果以 B 点为参考点, 显然电路的电流不变, 即 $I=1\text{A}$,

所以

$$V_C = U_{CB} = -IR_2 = -6\text{V}$$

$$V_B = 0$$

$$V_A = U_{AB} = IR_1 = 4\text{V}$$

$$U_{AB} = 4\text{V}$$

$$U_{BC} = 6\text{V}$$

从例题中可以看出, 在同一个电路中只可以选一个参考点, 参考点的改变不会改变两点之间的电压, 而只会改变电路中各点的电位。

(5) 电功率与电能

电场力利用电能对电荷做功, 把在单位时间内电气元件吸收或释放的电能称为电功率。在直流电路中, 电功率为常数, 即:

$$P = \frac{W}{t} \quad (1.6)$$

式中 W ——电气元件在 t 时间内吸收或释放的电能(J);

P ——电气元件的电功率(W)。

由式(1.4)可知

$$W = U_{AB}Q$$

由式(1.2)可知

$$Q = It$$

所以有

$$P = \frac{U_{AB}Q}{t} = \frac{U_{AB}It}{t} = U_{AB}I \quad (1.7)$$

【例 1.2】 求例 1.1 中电源电动势和两电阻的功率,并求所有功率之和。图中 U_s 表示电源的电压。

【解】 在电气元件的关联参考方向下,电阻吸收的功率

$$P_1 = I^2 R_1 = 1^2 \times 4 = 4 \text{ W}$$

$$P_2 = I^2 R_2 = 1^2 \times 6 = 6 \text{ W}$$

电源的功率

$$P_s = -U_s I = -10 \times 1 = -10 \text{ W}$$

所有功率之和

$$P_1 + P_2 + P_s = 4 + 6 - 10 = 0 \text{ W}$$

显然,在电流和电压参考方向相同情况下,即关联参考方向下,如果 $P > 0$,那么说明在这段电路中电压和电流的实际方向相同,电荷在电场力作用下移动,电气元件吸收或存储电能;如果 $P < 0$,那么说明在这段电路中电压和电流的实际方向相反,电荷在电源力作用下移动,电气元件在提供或释放电能。

而且从例 1.2 可以看出,在同一个电路中电源提供的功率和负载消耗的功率是平衡的。

如已知负载功率为 P ,那么负载在 t 时间内消耗电能为

$$W = Pt \quad (1.8)$$

在我国,电能的单位为千瓦时($\text{kW} \cdot \text{h}$),也称“度”。

(6) 电阻

电阻是反映导体对电流起阻碍作用的电路元件参数。为了方便分析,一般认为电阻是一个常量。欧姆经过实验得出:“对于横截面均匀的金属导体,导体的电阻与导体的长度成正比,与导体的截面面积成反比,而且与材料的导电性能有关。”其计算式为

$$R = \rho \frac{l}{S} \quad (1.9)$$

式中 ρ ——导体的电阻率($\Omega \cdot \text{m}$);

l ——导体的长度(m);

S ——导体的横截面面积(m^2)。

实际上电阻受温度影响很大,如白炽灯的冷态电阻比热态电阻小得多。根据电阻的伏安特性曲线,电阻分为线性电阻和非线性电阻。

1.1.3 电路的三种状态

(1) 开路状态

电路的开关打开或者电路的某个地方因事故断开时,称为开路,也称断路。开路分为正常开路和事故断路两种。如图 1.7 所示,其特点是:

电路中的电流 $I = 0$;

负载消耗功率 $P = 0$;

开路端的电压 $U = E$ 。

(2) 短路状态

在电路中,电源两端由于某种原因没有经过任何负载而直接相连,被称为短路,如图 1.8 所示。

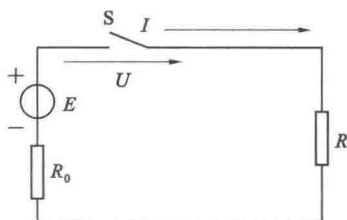


图 1.7

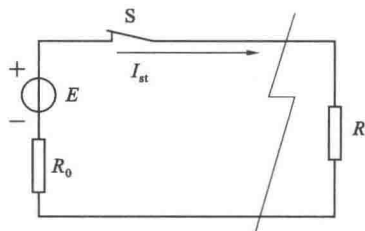


图 1.8

由于电源的内阻 R_0 很小,所以短路电流很大,根据电流的热效应,在短时间内产生大量的热量,则会损坏电气设备。所以应经常检查用电设备和线路的绝缘情况,以防短路事故的发生。一般采用在电路中接入熔断器或低压断路器的方式进行保护。有时也利用短路电流产生的高温进行金属焊接等。这种电路的特点为:

短路电流

$$I_s = \frac{E}{R_0}$$

负载上电压

$$U=0$$

负载消耗功率

$$P=0$$

电源内阻消耗功率

$$P_S = I_s^2 R_0$$

(3) 额定工作状态

用电设备都有额定电流、额定电压以及额定功率,它是生产厂家为了产品正常工作而给定的允许工作限额。用电设备在其额定值状态下工作称为电路的额定工作状态。额定电流是指用电设备长期工作所容许通过的最大电流,用 I_N 表示,主要考虑电气设备的耐热性能。如电流过大,则会使绝缘老化,减小设备的使用寿命,严重时损坏设备。额定电压是指电气元件长期工作其两端所能承受的电压,用 U_N 表示,主要考虑电器设备的绝缘性能。如电压太低,用电设备不能正常工作,对电动机来说,如果长时间欠压运行会影响电动机的寿命,严重时损坏电动机;而电压过高,则可能损坏电气设备。

所以应合理地选用用电设备,尽可能让所选用电设备工作在额定状态。如果电气设备长时间超载(即超过用电设备的额定功率)运行,必然会影响设备的寿命,严重时损坏设备;如果轻载运行,会降低用电设备的利用率,对电动机或变压器来说,还会降低功率因数。如图 1.9 所示,其中 R_1 、 R_2 表示两负载, R_0 表示内阻。如用 R 表示 R_1 与 R_2 的等效负载,则有

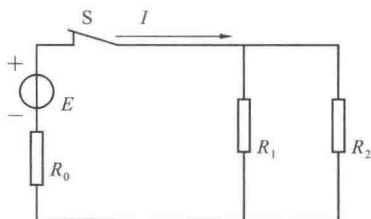


图 1.9

$$I = \frac{E}{R_0 + R}$$

1.2 电路的基本定律

1.2.1 欧姆定律

欧姆定律指出:通过导体的电流 I 与加在导体两端的电压 U 成正比,与导体的电阻 R 成反比。它是一个实验定律,主要反映电阻元件的电压与电流的约束关系。

欧姆定律表达式为

$$I = \frac{U}{R} \quad (1.10)$$

注意:使用上式时,必须是线性电阻(即电阻的大小是恒定的),而且是在电阻的电压与电流的关联参考方向下。

如在非关联参考方向下,欧姆定律表达式应为

$$I = -\frac{U}{R} \quad (1.11)$$

【例 1.3】 现有 220V、40W 和 220V、100W 的白炽灯两只,将它们并联接于 220V 电源上,哪个灯亮,为什么? 如果两只灯串联接到 220V 电源上,结果如何?

【解】 两只白炽灯并联时它们都在额定状态下工作,因为 220V、100W 的灯功率大,所以 220V、100W 的灯亮。

40W 灯的电阻

$$R_1 = \frac{U^2}{P_1} = \frac{220^2}{40} = 1210\Omega$$

100W 灯的电阻

$$R_2 = \frac{U^2}{P_2} = \frac{220^2}{100} = 484\Omega$$

当两只白炽灯串联时,电流相等,所以加在 40W 灯上的电压

$$U_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} U = \frac{1210}{1210 + 484} \times 220 = 157\text{V}$$

加在 100W 灯上的电压

$$U_2 = U - U_1 = 220 - 157 = 63\text{V}$$

显然串联时,220V、40W 的灯功率大,所以 220V、40W 的灯亮。

1.2.2 基尔霍夫定律

一般分析简单电路或者单电源的电路时,完全可以通过电阻的等效和欧姆定律来解决,但在多电源或者复杂电路中,必须运用新的方法来解决。基尔霍夫定律为我们提供了很好的工具。为此,必须先掌握几个相关的专业术语。

支路:电路中的一个分支称为一条支路,它的特点是每一条支路流过同一电流。如图 1.10 有 BDA、BD、BCD 三条支路。

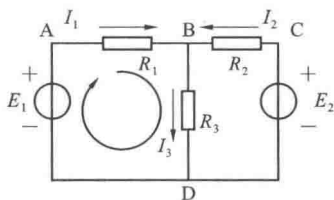


图 1.10