

船舶电工操作技能

(中级)

渤海船舶重工有限责任公司 编



哈尔滨工程大学出版社

船舶电工操作技能

中 级

渤海船舶重工有限责任公司 编

哈尔滨工程大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

船舶电工操作技能(中级)/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,2003.5

ISBN 7-81073-462-8

I. 船… II. 渤… III. 船舶-电工 IV. U665

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 033818 号

哈尔滨工程大学出版社出版发行
哈尔滨市南通大街145号 哈工程大学11号楼
发行部电话:(0451)2519328 邮编:150001
新华书店经销
地矿部黑龙江测绘印制中心印刷厂印刷

*

开本 787mm×1 092mm 1/16 印张 12.75 字数 300 千字

2003年6月第1版 2003年6月第1次印刷

印数:1—3 000册

定价:16.50元

本书编委会名单

主任委员:贺荣光

副主任委员:高文峰

主 编:杨石林

副 主 编:高永强 李 晶 吴家贵

编 写 组:于丽娜 于新国 王少刚 付红艳

史洪屿 史衍强 李宏伟 李金程

李福杰 刘爱国 宋一平 杜继党

张步太 张宝余 张爱国 张德培

邹鹏程 杨宝忠 杨毅国 罗 寰

武心明 武长杰 苗聚才 赵志家

赵海龙 郭延波 徐廷立 钱迎胜

顾海滨 曹 东 曹天安 董春萍

编者的话

改革开放以来,我国国民经济持续快速发展,创造了人类社会前所未有的奇迹,综合国力大大提高,加入WTO后,各行各业的竞争更加激烈。同样,造船工业也面临着机遇和挑战,因此,降低成本,提高工人素质,成为目前造船业市场经济的焦点。

根据劳动和社会保障部公布的最新报告表明,目前中国城镇企业共有1.4亿名职工,其中技术工人7000万人。而在技术工人的队伍中,高级工仅占3.5%,与发达国家高级工占40%的水平相差甚远。因此,要想在市场中具有竞争力,必须加大力度培训技工队伍。基于这一点,造船系统多次召开研讨会,探索如何高质量地培训出技术工人,为造船事业提供人力资源。

为了更全面地给企业教育工作者提供职工培训教材,我们在编写了《高级船舶电工操作技能》一书后,受上级领导委托,根据原中国船舶工业总公司和国家劳动部颁发的《中华人民共和国工人技术等级标准》、(船舶工业)《中级船舶电工标准》和《中国船舶工业总公司职业技能鉴定站评估标准》编写了《船舶电工操作技能》中级。

本书由二十章组成,前八章为理论部分,后十二章为实际操作部分。本书在内容安排上,力求和《高级船舶电工操作技能》衔接,做到理论和实际相结合,将理论知识和技能训练融会在一起,并着重从实际出发,按各系统的难易程度,由简到繁,由浅入深地进行了编写。本书也可作为初级工培训时参考。

我们在总结《高级船舶电工操作技能》一书基础上编写这本书,期望能为培训工人起到一点帮助作用。限于我们的水平,书中不妥或错误之处在所难免,恳请读者批评指正。

本书编委会

2003年3月

目 录

第一编 理论部分

第 1 章 直流电路	1
第一节 电场	1
第二节 直流电路	3
第三节 电功、电功率及焦耳 - 楞次定律	8
第四节 电容与电容器	10
第 2 章 电与磁	13
第一节 磁场	13
第二节 磁介质 磁化	14
第三节 磁路	16
第四节 磁场对电流的作用	17
第五节 电磁感应	18
第六节 自感、互感及涡流	18
第 3 章 交流电路	21
第一节 单相交流电	21
第二节 单相交流电路	25
第三节 提高功率因数的意义及方法	29
第四节 三相交流电	30
第五节 三相负载	31
第 4 章 晶体管电路	34
第一节 放大电路的组成和基本原理	34
第二节 集成运算放大电路知识介绍	42
第三节 晶体管正弦波振荡电路	43
第四节 直流电源	46
第五节 集成稳压器	47
第六节 门电路	49
第七节 触发器	51
第八节 晶闸管	53
第 5 章 常用电器及控制电路	55
第一节 电器的基本知识	55
第二节 手动控制电器与熔断器	58
第三节 自动控制电器	64

第 6 章 船用自动检测传感器	75
第一节 压力检测传感器	75
第二节 转速检测传感器	77
第三节 流量检测传感器	78
第四节 液位检测传感器	80
第五节 温度传感器	81
第 7 章 蓄电池	84
第一节 酸性蓄电池的构造和工作原理	84
第二节 蓄电池充电和放电过程	85
第三节 蓄电池的容量	86
第四节 蓄电池的充电和保养	87
第 8 章 变压器与电机	91
第一节 变压器的工作原理	91
第二节 变压器的基本结构	93
第三节 直流电机的工作原理	96
第四节 直流发电机的工作原理	97
第五节 直流电动机的工作原理	97
第六节 异步电动机的工作原理	98
第七节 同步发电机的工作原理	102
第八节 电机的主要结构	103

第二编 技能部分

第 9 章 锚机和系统设备调试	105
第一节 用途	105
第二节 应用线路举例	106
第三节 调试方法	108
第 10 章 航行信号灯系统调试	110
第一节 用途	110
第二节 应用线路举例	110
第三节 调试方法	119
第 11 章 克令吊调试	121
第一节 用途	121
第二节 应用线路举例	121
第三节 调试方法	125
第 12 章 空压机调试	127
第一节 用途	127
第二节 应用线路举例	127
第三节 调试方法	132

第 13 章 主备泵切换调试	135
第一节 用途	135
第二节 应用线路举例	135
第三节 调试方法	141
第 14 章 充放电板调试	143
第一节 用途	143
第二节 应用线路举例	144
第三节 调试方法	149
第 15 章 救生救助艇调试	151
第一节 用途	151
第二节 应用线路举例	151
第三节 调试方法	152
第 16 章 空调系统调试	154
第一节 用途	154
第二节 应用线路举例	155
第三节 调试方法	159
第 17 章 油水分离器调试	161
第一节 用途	161
第二节 应用线路举例	161
第三节 调试方法	163
第 18 章 分油机系统调试	167
第一节 用途	167
第二节 应用线路举例	167
第三节 调试方法	170
第 19 章 伙食冷藏系统的调试	172
第一节 用途	172
第二节 应用线路举例	173
第三节 调试方法	180
第 20 章 船舶电站调试	183
第一节 用途	183
第二节 应用电路举例	183
第三节 调试方法	191

第一编 理论部分

第 1 章 直流电路

随着科学技术的高速发展,电工技术在现代农业、现代工业、现代国防和现代科学技术方面的应用越来越广泛,特别是电子技术在自动控制、精密测量和电子计算机等部门的应用。因此,从事工程技术的人员必须具有一定的电工知识和必要的电工理论,以便能正确的选择和使用生产上常见的电器设备。

第一节 电 场

一、电场强度

我们知道,自然界中一般物质都是由自由电子、质子和中子等基本粒子所组成。质子带正电,中子不带电,质子和中子结合成原子核。电子带负电,在原子核周围按一定的轨道不停地绕原子核运动,犹如行星绕太阳运动一样。

在通常情况下,物体内部的正电荷和负电荷数量相等,物体呈中性即不带电。如果用某种方法如摩擦等,使物体获得电子,物体带负电,使物体失去电子,物体带正电。

实验证明,同种电荷相互排斥,异种电荷相互吸引。这种电荷之间的相互作用力既不是电荷本身相互接触,也不是通过中间物体间接地进行,而是通过一种特殊的物质来传递的。这种传递电荷相互作用的特殊物质叫电场。这种特殊的物质,具有物质的属性,而又不是由分子和原子所组成。因电荷的相互作用可以在没有分子和原子的真空中进行。

电场是由电荷产生的,它和电荷同时存在同时消失。只要物体带电,在它的周围空间中就会有电场产生,处在电场中别的电荷就会受到电场力的作用;正像处在地球引力场中的物体一定要受到地球的引力作用一样。凡是引力作用的范围都是引力场;同样凡是电力作用的范围(空间)都是电场。

在地球引力场内不同点上受到地球的吸引力是不同的,在同一点上物体所受到的引力和它的质量成正比。同样道理在电场中某一点上带电体受到电场力的作用和它所带电量成正比。但所带电量不能太大,否则它产生的电场会影响原电场。在不影响原电场的前提下,该电荷在电场中某一点受到的电场力和它所带电量比是一常数。写成数学表达式有:

$$F = EQ \quad E = F/Q$$

E 叫做某点的电场强度,在数值上等于单位电量所受到的电场力,它的方向与该点正电荷受力的方向相同。在式 $E = F/Q$ 中如果 F 的单位用 N , Q 的单位用 C ,那么电场强度的单位就是 N/C 。

为了形象化,通常用电力线来描绘电场。在绘制电力线时,应使电力线上任意一点的切

线方向与该点的电场强度的方向相同,并使穿过与电力线垂直的单位面积上的电力线数等于或正比于该点的电场强度值。这样就可根据电力线的密度和指向直接看出电场的强弱和方向。

如果电场中各点的电场强度相等,即各点上 E 的强度相等,方向也相同,这样的电场叫做均匀电场。均匀电场可以用疏密均匀的电力线来表示。如图 1-1 所示。

从图可知电力线的密度和方向在各处都是一样的。

如果电力线的密度和方向在不同位置上是不同的,这样的电场就是非均匀电场。

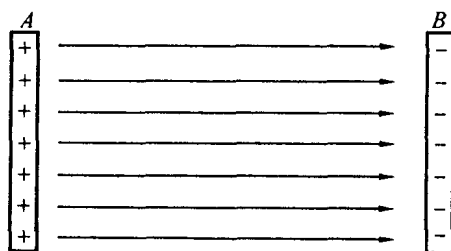


图 1-1 平行板间的电场

二、电位

物体在地球的引力场中,所处的位置不同具有的重力位能就不同,与此相似,电荷在电场中不同的位置上具有不同的电位能。在地球引力场中物体在地面上的位能为零;在电场中通常也认为和大地相联处电荷的电位能为零。因此,电荷在某点处具有的电位能的大小,就可以用电荷从该点移到电位能为零处电场力所做的功来量度。

于是在均匀电场中,电荷在 A 点具有的电位能为:

$$W_A = Fl_{AO} = EQl_{AO}$$

电荷在 B 点具有的电位能为: $W_B = Fl_{BO} = EQl_{BO}$,如图 1-2 所示。

由此可见电荷在电场中,不同点上具有的电位能是不同的;在同一点上具有的电位能和所带电量成正比,其比值为一常数。写成数学表达式有:

$$W_A = U_A Q \quad U_A = W_A / Q$$

U_A 叫做 A 点的电位。在数值上等于单位电量在该点具有的电位差。在式中如果 W 的单位取 J , Q 的单位取 C ,那么电位 U 的单位就是 J/C ,称做伏特,简称伏,用 V 表示。

电位有高低正负之分。若某点电位比零电位高,该点电位为正,否则为负。值得指出的是:两点电位同时为正或同时为负时也有高低之分。如图 1-3。

如果规定 A 板的电位为零, a 、 b 、 c 各点电位均为负,但 a 点电位比 b 点电位高。零电位的点原则上是可以任意指定的。在电子电路中,为了便于比较电位高低视接地点为零,一般情况下视大地的电位为零。在同一

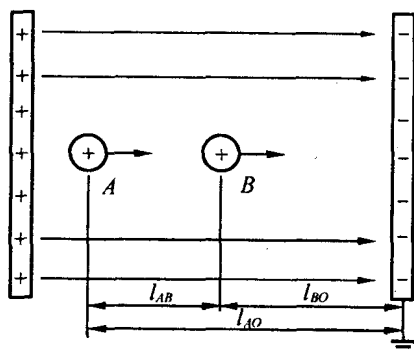


图 1-2 电荷在均匀场中的电位能

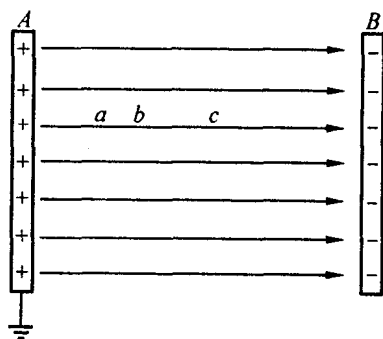


图 1-3 均匀电场中的电位

电位上的电荷是不会定向移动的。只有两点电位不同时,正电荷才有可能在电场力作用下由高电位向低电位移动;负电荷则由低电位向高电位移动。

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。

$$1\text{kV}=10^3\text{V} \quad 1\text{V}=10^3\text{mV}$$

通常,电压用 U 来表示。 U_{AB} 表示 A、B 两点间的电位差。即

$$U_{AB}=U_A-U_B$$

第二节 直流电路

一、电流

电路是由电源、负载(用电器)和连接导线所组成。如图 1-4 所示,电源内部的电路叫做内电路,导线和负载组成的是外电路。

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。

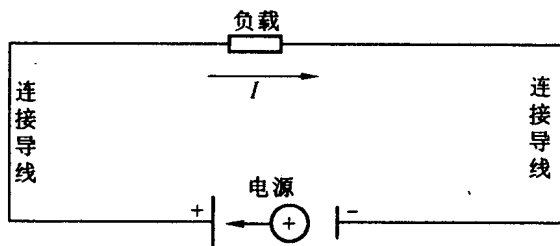


图 1-4 电路的组成

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

电流的单位是安培(C/s)用 A 表示,较小的单位有毫安用 mA 表示, $1\text{A}=10^3\text{mA}$,较大的单位有千安, $1\text{kA}=10^3\text{A}$ 。

电流的方向规定为正电荷流动的方向。如果电流的大小方向随时间变化,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的叫做脉动直流电;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、电动势

图 1-4 所示,在外电路闭合时,正电荷在电场力作用下,从电源的正极经负载向负极定向移动。这样经一段时间后两极的电位就会相等。为了保持两极原有的电位差,在电源内部就必须有外力(电源力)来克服电场力对电荷的作用,将正电荷从负极送往正极,即将正电荷从低电位移向高电位,是电荷的电位能增加,增加的数值等于外力移送电荷所作的功。外力移送电荷所作的功 W 和被送电量之比叫做电源的电动势。用 E 表示

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

电源电动势在数值上等于外力移送单位电量所做的功。对不同电源来说,外力移送单位电量所做的功是不同的,所以电动势是衡量电源做功能力的一个物理量。他的单位也是伏特。

电动势和电压的单位虽然相同,但二者的意义不同:前者是外力移送电荷做功,后者是电场力移送电荷做功;前者做功的结果将其他形式的能转变为电能,后者做功的结果使电能转变为其他形式的能:前者的方向规定为由低电位转向高电位,后者则规定由高电位指向低电位。

三、电阻

用电器如电灯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,写成数学公式有:

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

式中 l 是导体的长度,单位是 m。 S 是导体的横截面积,单位是 mm^2 。 ρ 是电阻率,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。

常用材料的电阻率见表 1-1。

1-1 常用材料的电阻率

材料名称	银	铜	铝	钨	铁	镍铬丝	铁铬铝	碳
电阻率 $\Omega \text{mm}^2/\text{m}$	0.016	0.0175	0.028	0.055	0.1	1.1	1.2	20

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;液体的电阻随着温度的升高而下降;康铜等几乎不受温度的影响。电阻和温度的关系可用下式表示:

$$R_2 = R_1 [1 + \alpha(t_2 - t_1)]$$

式中 R_1 、 R_2 分别是温度为 t_1 、 t_2 时导体的电阻。 α 叫做电阻的温度系数。

四、欧姆定律

(一)部分电路的欧姆定律

图 1-5 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 。

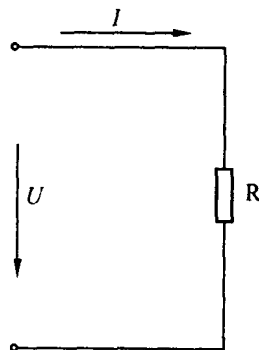


图 1-5

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。

例 1 有一电灯,其电阻 R 为 848Ω ,接到 220V 电源上,试求电灯中的电流。

解 根据部分电路的欧姆定律:

$$I = \frac{U}{R} = \frac{220}{848} \approx 0.26\text{A}$$

(二)全电路的欧姆定律

对含有电源的全电路,如图 1-6。

由欧姆定律得: $I = E/(r_0 + R)$

式中 E 是电源的电动势, r_0 是电源的内电阻, R 是外路电阻。电阻的单位是 Ω 。

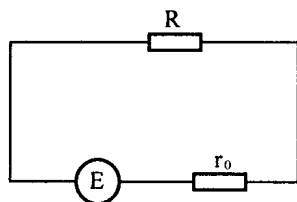


图 1-6

上式是全电路欧姆定律的表达式。因此全电路欧姆定律的定义是:在闭合电路中,电流的量值等于该电路中的电动势除以整个电路的总电阻。也就是说,在闭合电路中,电流的大小与电源的电动势成正比,而与整个电路的电阻成反比。

式 $I = E/(r_0 + R)$ 还可改写为: $E = Ir_0 + IR = Ir_0 + U$

式中 U 是 R 两端电压, Ir_0 是电源内电阻的电压降。

式 $E = Ir_0 + IR = Ir_0 + U$ 是电路的电压平衡方式,从式中可知电源电动势等于 R 两端电压加内电阻电压降。由于通常内电阻很小,故 R 两端电压略小于电动势。当外电阻减小,电流增大,内电压增大,端电压即减小;电流减小时(外电阻增大),内电压降减小, R 两端电压便增大;外电路断路(外电阻无穷大),电流为零。

例 2 已知 $E = 12\text{V}$, $r_0 = 0.1\Omega$, $R = 3.9\Omega$ 。求:电路中的电流及 R 两端电压?

解 $I = E/(r_0 + R) = 12/(0.1 + 3.9) = 3\text{A}$

$$Ir_0 = 0.1 \times 3 = 0.3\text{V}$$

$$U = E - R_0 I = 12 - 0.3 = 11.7\text{V}$$

五、电阻的联接

1. 电阻的串联

图 1-7 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:

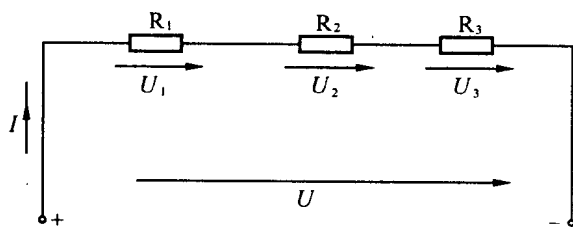


图 1-7 电阻串联电路

$$R = R_1 + R_2 + R_3$$

$$U = U_1 + U_2 + U_3$$

2. 电阻的并联

如图 1-8 是电阻并联电路,电阻并联有三个或三个以上导线的点称作节点,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。

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

并联电路总电流是各支路中电流之和。

$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

设两节点间的电压不变,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,此种电路的计算步骤一般如下:

1. 利用电阻的串并联法则,将电路转化为无分支电路,求出总的等值电阻;
2. 用欧姆定律求电路的总电流;
3. 求各段电路两端的电压;
4. 求各支路中的电流。

例3 如图1-9,一个分压器,它的滑动触点C把电阻分成 R_1 和 R_2 两部分,已知滑动触点恰在 $R_1 = R_2 = 100\Omega$ 处, $R_3 = 100\Omega$, $U = 150V$,求负载电阻 R_3 上的电流和电压。

解 R_2 、 R_3 的并联电阻 R_{23} 为:

$$R_{23} = R_2 // R_3 = \frac{100}{2} = 50\Omega$$

电路总电阻为:

$$R = R_1 + R_{23} = 100 + 50 = 150\Omega$$

电路总电流为:

$$I = \frac{U}{R} = \frac{150}{150} = 1A$$

负载 R_3 的电流为:

$$I_2 = \frac{R_2}{R_2 + R_3} I = \frac{100}{100 + 100} \times 1 = 0.5A$$

负载 R_3 两端的电压为:

$$U_2 = I_2 R_3 = 0.5 \times 100 = 50V$$

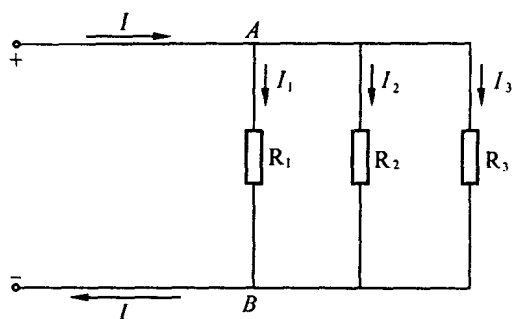


图 1-8 电阻的并联电路

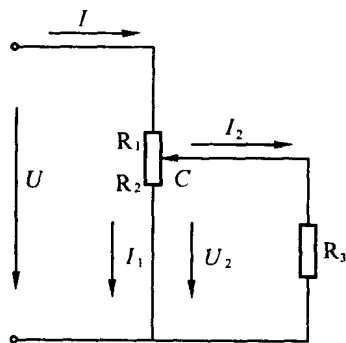


图 1-9

六、基尔霍夫定律

前面我们所列举的电路,可以用欧姆定律来进行计算,有的电路却不能直接用欧姆定律来计算,如图1-10 电源系统电路图。当发动机高速运转时,发电机对蓄电池充电,此时蓄电池是在吸收电能,并把它转换成电能,起着—个负载的作用。这时欲计算发电机的供电电流、对蓄电池的充电电流和用电器中的电流就得用基尔霍夫定律。

(一)基尔霍夫第一定律

基尔霍夫第一定律是说明电路中各支路电流之间的关系的。

在电路内任何一节点,单位时间内流入该节点的电量等于流出的电量,而不能堆积电

荷,也就是说流入某节点的电流之和等于流出该节点的电流之和。如图 1-11 节点上的电流图中, I_1 、 I_2 、 I_3 流入节点 A, I_4 、 I_5 从节点 A 流出,于是有:

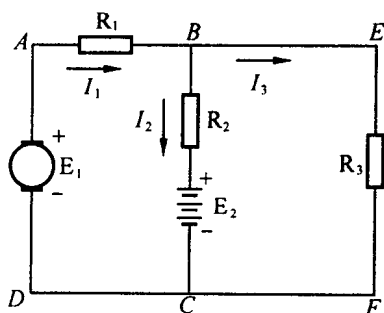


图 1-10 电源系统电路

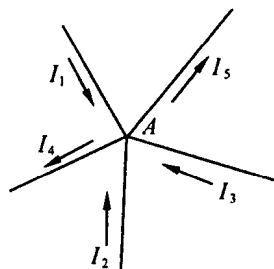


图 1-11 节点上的电流

$$I_1 + I_2 + I_3 = I_4 + I_5$$

$$I_1 + I_2 + I_3 - I_4 - I_5 = 0$$

$$\sum I = 0$$

这就是基尔霍夫第一定律的数学表达式,即流入任一节点电流的代数和等于零。流入该节点的电流为正,流出节点的电流为负。

(二)基尔霍夫第二定律

基尔霍夫第二定律是说明任何一闭合回路中电动势与各部分电压之间的关系。

从电路中任一点出发,按任一方向沿某些支路环形一周后回到原来的位置,所形成的闭合路线叫做回路。环行的方向叫做回路的方向,如节点上电流图的箭头所示,对回路 ABCDA 来说,其电位差有下列关系:

$$\text{由 A 到 B: } E_A - E_B = I_1 R_1$$

$$\text{由 B 到 C: } E_B - E_C = I_2 R_2 + E_2$$

$$\text{由 C 到 D: } E_C - E_D = 0$$

$$\text{由 D 到 A: } E_D - E_A = -E_1$$

$$\text{将上列各式相加得: } 0 = -E_1 + I_2 R_2 + E_2 + I_1 R_1$$

$$\text{整理后得: } E_1 - E_2 = I_2 R_2 + I_1 R_1$$

$$\text{其一般形式为: } \sum E = \sum IR$$

这就是基尔霍夫第二定律的数学表达式,即在电路的任一回路中电动势的代数和等于电阻电压降的代数和。

用基尔霍夫第二定律列方程时,重要的问题是确定各电动势和电压降的正负。电动势和电压降的正负根据下述原则确定:选任意选定回路的方向,如果电动势的方向(在电源内部由负极到正极)与回路方向相同为正,反之为负。通过电阻的电流方向与回路方向一致其电压降为正,相反为负。

例 4 在电源系统电路中,如果发电机的电动势 $E_1 = 14\text{V}$, 蓄电池的电动势 $E_2 = 12\text{V}$, $R_1 = 0.2\Omega$ (导线电阻和发电机内阻之和), $R_2 = 0.2\Omega$ (导线电阻和蓄电池内阻之和), $R_3 =$

2.4Ω(负载电阻),求这时的充电电流、负载电流和发电机的供电电流各等于多少?

解 为了求出三个未知电流,必须列出三个方程式。电路中有两个节点,利用基尔霍夫第一定律只能写出一个方程(如果写两个方程,第二个方程与第一个方程相同没有意义)。有 n 个节点的电路利用第一定律只能列出 $n-1$ 个方程。其余的方程可用第二定律写出。我们规定以顺时针方向为回路方向,各支路中的电流方向如图 1-10 所示。

$$\text{对节点 } B \text{ 由第一定律可知: } I_1 = I_2 + I_3 \quad (1)$$

$$\text{对于 } ABCDA \text{ 回路有: } E_1 - E_2 = I_1 R_1 + I_2 R_2 \quad (2)$$

$$\text{对于 } BEFCB \text{ 回路有: } E_2 = I_3 R_3 - I_2 R_2 \quad (3)$$

把已知值代入方程(2)和(3)中得:

$$14 - 12 = 0.2 I_1 + 0.2 I_2 \quad (4)$$

$$I_2 = 2.4 I_3 - 0.2 I_2 \quad (5)$$

解方程(1)、(4)、(5)得:

$$I_1 = 7.6 \text{ A} \quad I_2 = 2.4 \text{ A} \quad I_3 = 5.2 \text{ A}$$

第三节 电功、电功率及焦耳-楞次定律

对于工程实际中的一些器件及设备,它们在单位时间内有多少能量发生转换(如单位时间内消耗多少电能,单位时间内产生多少电能等)。这个问题在电工技术中是必须要考虑的。

本节将重点讲述电功、电功率及电流的热效应及其计算公式,以便提供处理这类问题的基本依据。

一、电功

灯泡通过电流会发光,电热器通过电流会发热,电动机通过电流会转动等。总之,电流通过负载时,会把电能转化成其它形式的能。电能转化其它形式能的过程,也就是电流做功的过程。电流做的功称为电功。实质上,电流的功也就是正电荷移动时,电场力所做的功。

若负载两端的电压为 U ,通过负载的电量为 Q ,则电场力所做的功,即电功为

$$W = UQ$$

因为通过负载的电量为电流与时间的乘积,即 $Q = It$

$$W = UIt$$

这就是电流通过负载时,电功的计算公式。由此可见,负载的端电压越高,负载中的电流越大,通电时间越长,则电流通过负载时,所做的功越多。

因为电流所做的功就是电能转换为其它形式能的数量。故电流通过负载时做的功越多,则表明负载将电能转化为其它形式的能越多。

在国际单位制中,电功与机械功的单位一样,皆为 J。

二、电功率

电功率是描述电流做功快慢的物理量。我们把单位时间内电流所做的功,称为电功率,

用符号 P 表示。

$$P = W/t$$

因为单位时间内做功的数值也就是单位时间内能量转换的数值。相对而言,电功率也是一个反应负载能量转换快慢的物理量,因为 $W = UIt$, 所以

$$P = UI$$

$$P = I^2 R$$

$$P = U^2/R$$

上述公式都可以用于电阻元件的功率计算。但是 $P = UI$ 这个功率计算公式对任何电路或某一段电路都适用。而 $P = I^2 R$ 和 $P = U^2/R$ 只适用于电阻元件,是电阻元件所特有的功率计算公式。

电功率可简称为功率。在国际单位制中,功率的单位是瓦特,简称为瓦(W)。另外,还有千瓦(kW)、毫瓦(mW)

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

在实际工作中,电功的单位常用千瓦·小时(kW·h),也叫“度”。我们经常所说的1度电就是等于1kW·h。负载消耗电功多少,可以用电表来测量。

例5 有一台直流电动机,端电压为550V,通过电动机线圈的电流为2.73A,试求电动机运行3h消耗多少度电?

解

$$\begin{aligned} W &= UIt = 550 \times 2.73 \times 3 \approx 4500\text{W} \cdot \text{h} \\ &= 4.5 \text{ 千瓦} \cdot \text{小时} = 4.5 \text{ 度} \end{aligned}$$

三、焦耳—楞次定律

1. 电流的热效应

电流通过导体时,导体发热的现象称为电流的热效应。

物理学家焦耳与楞次通过大量的实验,揭示了这一效应中电与热之间的数量关系,总结出焦耳定律,也称焦耳—楞次定律。内容是电流通过金属导体产生的热量,与电流的平方、导体的电阻及通电的时间成正比。其定律表示为:

$$Q = I^2 R t$$

还可以写为下列形式:

$$Q = UIt$$

$$Q = (U^2/R)t$$

Q 的单位是 J。

我们知道在各种器件及设备中,或多或少的都具有电阻的性能。所以,电流的热效应表现在实际当中是极为普遍的。如电热器(电烙铁、各种电炉等)及电路中熔断器就是利用电流的热效应的一些例子。与此相反,在不少情况下,电流的热效应往往也给我们带来一些不利的方面。因此,在电气工程中应力求免除热效应带来的危害。如给设备进行风冷、水冷、或在设备上辅加散热片等。

2. 设备及器件的额定值

在使用设备及器件时,为了保证设备的可靠运行或保证器件的正常工作,则必须明确设备或器件的使用要求。设备及器件的制造厂为了满足用户要求,总是在出厂产品中附以铭牌或产品说明书,交代设备或器件的性能及各项使用要求,而在这些要求中最基本的是电压、电流、功率的额定值。这些额定值指的是在一定条件下,设备或器件得以安全运行或正