

920834

电 工 学

【苏】A·C·卡萨特金 M·B·涅姆佐夫 著

黄正中 译

高 等 教 育 出 版 社

电 工 学

【苏】A.C.卡萨特金 M.B.涅姆佐夫 著

高等教育出版社

本书俄文原书(第四版)是1983年苏联莫斯科原子能出版社出版的,经苏联高等及中等专业教育部批准的高等学校非电类专业学生用教材。我社截止到1960年止,曾经翻译出版过该书的1952、1953、1955、1958年各版次的中译本,对我国电工学课程的教学有过较大的影响。

本书主要内容有:电路基本原理、工业电子学基础、电工量计、电机结构及运行特性、电力拖动及电器的基本概念等。同1974年发行的第三版相比,修改比较大的是重写了工业电子学(约占全书内容的十分之一)、电工量计及电机部分。

本书可作为高等工科院校电工学课程的参考教材,也可供自学及工程技术人员参考。

本书责任编辑 胡淑华

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

А·С·Касаткин

М·В·Немцов

Москва Энергоатомиздат 1983

*

电 工 学

[苏]А·С·卡萨特金 М·В·涅姆佐夫 著

黄正中 译

*

高等教育出版社出版

新华书店北京发行所发行

人民教育出版社印刷厂印装

*

开本 787×1092 1/16 印张 20.75 字数 470 000

1990 年 8 月第 1 版 1990 年 8 月第 1 次印刷

印数 0001— 2 940

ISBN7-04-000778-9/TM·18

定价 4.95 元

四 版 前 言

本书系高等工科院校非电专业学生学习“电工学”用的现行教材。其内容与苏联高等教育部教学业务管理处 1975 年制订的现行统一教学大纲相符合。各高等院校可根据自己专业教学计划及教学时数对本书题材的叙述及详细说明的程度加以改变。

“电工学”既是一门公共基础课，也是为学习工艺过程自动化、电气设备等后续专业课创造条件。

本书是在 A·C·卡萨特金 1974 年修订的《电工学》第三版基础上编写的。撰写工作是在 A·C·卡萨特金最后完成的新版教材基础上，在原子能出版社的倡议下以及在电工学科学教学法委员会的支持下开始的。

书中基本保留了各个课题的原来叙述顺序，但对那些不属于统一大纲推荐的部分进行了压缩[如高压断路器(第十七章)]，改编[例如用鼓形电枢代替了环形电枢(第十二章)]或删减(主要是那些与物理课重复的部分)；其中包括主要是对第二、五、七、十五章的改写及第九、十一章这些新的章节。

在编写第四版时也考虑到了批评意见及书报评论者的意见。例如伊万诺夫动力学院电工基础及电工量计教研室、莫斯科工程物理学院电工学教研室 B. B. 拉高尔茨基教授，以及由科学技术功勋活动家 B. Г. 格拉西莫夫教授领导的莫斯科动力学院电工学教研室、以 M. B. 罗蒙索索夫命名的 МИТХТ 电工学教研室的领导 A. B. 聂图什尔教授和其他电工学科学教学法委员会成员们的意见。

本书的出版在很大程度上是在 Б. Я. 茹霍维茨考讲师及 B. H. 高拉谢维奇讲师的协助下进行的，前者对一~十二章提出了许多宝贵意见，后者对十三~十七章提出了许多宝贵意见。

批评和建议请寄：莫斯科 113114, M-114, 石柳槽街 10 号原子能出版社

M. B. 涅姆佐夫

译 者 的 话

本书在翻译过程中承蒙哈尔滨工业大学秦曾煌同志、高等教育出版社胡淑华及农植伟同志对译稿进行了认真的校阅并提出了许多宝贵的意见,对提高译文质量起了决定性的作用,在此特别致以衷心的感谢。

本书译稿承蒙 黄百流、李贵、张平、李宏、杜方、季小尹、魏廷存、赵世廉等同志协助抄写,张志强同志对部分章节的非规范汉字进行了校对,在此也表示衷心的感谢。

译 者

1987年11月

目 录

绪论	1
第一章 直流电路	3
1.1 直流电工技术装置	3
1.2 直流电路元件	3
1.3 电流和电压的正方向	5
1.4 电阻元件	6
1.5 直流电源	8
1.6 电动势源和电流源	9
1.7 不分支电路的欧姆定律·电位图	10
1.8 克希荷夫第一第二定律	12
1.9 电流的功和功率·能量平衡	12
1.10 欧姆定律和克希荷夫定律在电路计算中的应用	14
1.11 电阻元件的混联	15
1.12 电路变换法	16
1.13 两节点法	18
1.14 回路电流法	18
1.15 叠加原理和叠加法	21
1.16 补偿原理	22
1.17 等效发电机法(有源二端网络法)	23
1.18 向负载传输最大功率的条件	25
1.19 四臂电桥	26
1.20 非线性直流电路	27
1.21 非线性电路的分析方法	28
第二章 正弦交流电路	32
2.1 正弦交流电气装置	32
2.2 正弦交流电路元件	32
2.3 电感元件	33
2.4 电容元件	35
2.5 正弦交流电源	38
2.6 正弦电动势·电压和电流的最大值·平均值和有效值	40
2.7 正弦量的各种表示法	41
2.8 欧姆定律在电阻·电感及电容元件中的复数形式	44
2.9 正弦交流电路中的克希荷夫定律	47
2.10 分析正弦电流电路的复数方法	49
2.11 不分支正弦电流电路	51

2.12 无源二端网络的电阻、电抗和阻抗	54
2.13 电阻·电感和电容元件的动力过程	55
2.14 无源二端网络的有功功率·无功功率和视在功率	57
2.15 具有并联支路的电路	59
2.16 无源二端网络的电导·电纳和导纳	61
2.17 元件的串联变为并联	62
2.18 元件混联电路	63
2.19 正弦交流电路中的功率平衡	64
2.20 功率因数的改善	65
2.21 正弦交流电路中的谐振现象	66
2.22 电路的电感耦合元件	70
2.23 电路的电位图	73
2.24 圆图·移相电路	74
2.25 无源线性四端网络	75
第三章 三相电路	77
3.1 三相电工装置	77
3.2 电源和负载按星形接线图联接	78
3.3 电源和负载按三角形接线图联接	80
3.4 对称三相制的有功功率·无功功率和视在功率	82
3.5 负载各相不同联接时三相电路工作条件的比较	83
3.6 三相制有功功率的测量	83
3.7 具有几个负载的三相对称电路	86
3.8 三相电路中的不对称状态	87
第四章 电路中的周期非正弦电流	90
4.1 概述	90
4.2 周期非正弦电流的有效值	91
4.3 周期非正弦电流的功率	92
4.4 电气滤波器	93
第五章 线性电路中的过渡过程	96
5.1 计算过渡过程的经典法	96
5.2 两条换路定律	96
5.3 具有电感元件的直流电路中的过渡过程	97
5.4 具有一个电容元件的直流电路中的过渡过程	100
5.5 电容元件在具有电阻元件及电感元件的电路中放电	101
5.6 电感·电阻及电容元件的串联电路接入直流电势源	104
5.7 电感元件及电阻元件串联接入正弦电势源	104
5.8 锯齿波电压发生器	105
第六章 具有恒定磁动势的磁路	106
6.1 磁路元件	106
6.2 计算恒定磁动势磁路的全电流定律	106
6.3 铁磁材料的特性	107

6.4	不分支磁路	110
6.5	具有永久磁铁的不分支磁路	112
6.6	直流电磁装置	113
第七章	交流电路中的带铁芯线圈	115
7.1	带铁芯线圈中的交变磁通	115
7.2	铁芯的磁化过程	116
7.3	理想铁芯线圈的概念	116
7.4	铁芯线圈的等效电路图和矢量图	117
7.5	铁芯中的损失功率	119
7.6	非线性铁芯线圈的伏-安特性	121
7.7	铁磁谐振现象	122
第八章	变压器	124
8.1	概述	124
8.2	单相变压器的工作原理	125
8.3	理想单相变压器的方程式	126
8.4	理想单相变压器的等效电路图和矢量图	128
8.5	实际单相变压器的方程式·等效电路图及矢量图	129
8.6	变压器的空载状态	130
8.7	变压器的短路状态	131
8.8	变压器的外特性曲线	133
8.9	变压器中的损失功率	134
8.10	三相变压器的特殊性	135
8.11	变压器绕组的联接组	137
8.12	变压器的并联运行	138
8.13	单相及三相自耦变压器	139
8.14	多绕组变压器	141
8.15	绕组和铁芯的结构	141
8.16	变压器的发热和冷却	142
8.17	电流互感器和电压互感器	143
第九章	恒定磁动势及交变磁动势磁路·磁放大器	148
9.1	饱和电抗器	148
9.2	磁放大器	149
9.3	自激磁放大器	152
9.4	可逆磁放大器	154
第十章	半导体器件和设备	155
10.1	半导体器件概述	155
10.2	半导体二极管	157
10.3	三极管	158
10.4	晶闸管	160
10.5	半导体装置概述	161
10.6	整流器	161

10.7	放大器	164
10.8	单级三极管放大器	166
10.9	放大器中的反馈	167
10.10	多级放大器	168
10.11	射极跟随器	169
10.12	功率放大器	170
10.13	直流放大器	171
10.14	脉冲发生器	172
10.15	触发器·稳态脉冲发生器	173
10.16	具有暂稳态的脉冲发生器	175
10.17	逻辑装置	178
第十一章	真空管电子管及其装置	181
11.1	电子管概述	181
11.2	真空二极管	181
11.3	真空三极管	182
11.4	四极管和五极管	183
11.5	真空三极管放大器	184
11.6	五极管放大器	185
11.7	充气管的基本概念	185
11.8	电弧放电管·闸流管	186
11.9	辉光放电管·气体放电稳压管	186
11.10	真空光电管及其装置	187
第十二章	电气测量	189
12.1	电气测量的意义	189
12.2	度量计器·测量仪表和测量方法	189
12.3	测量误差和准确度的等级	190
12.4	电气测量仪表的能量损耗	192
12.5	指示式仪表的机械部件	193
12.6	阻尼器	195
12.7	指示仪表系列	196
12.8	电流比率计	205
12.9	电度表	206
12.10	电阻的测量	211
12.11	频率的测量	213
12.12	电桥测量法	213
12.13	补偿测量法	215
12.14	电子测量仪器·电子伏特计	215
12.15	数字测量仪表·数字伏特表	216
12.16	光线示波器	217
12.17	电子射线示波器	218
第十三章	直流电机	221

13.1 概述	221
13.2 直流电机的构造	221
13.3 电刷导电性能的分析	224
13.4 鼓形电枢绕组	225
13.5 直流电机的电动势及电磁转矩	226
13.6 电枢反应	227
13.7 直流电机中的换向	230
13.8 他激发电机	232
13.9 自激发电机	234
13.10 并激、串激和复激发电机	235
13.11 并激发电机的并联运行	236
13.12 电动机状态	238
13.13 并激电动机	239
13.14 串激电动机	243
13.15 复激电动机	245
13.16 换向器式交流电机	246
第十四章 异步电机	248
14.1 概述	248
14.2 三相异步电机的构造	248
14.3 旋转磁场及其特殊性	250
14.4 三相异步电机的工作状态	253
14.5 定子绕组中的感应电动势	253
14.6 定子一相的电状态方程式	255
14.7 电力和转子绕组中的电流	255
14.8 转子转速	257
14.9 异步电动机的一相矢量图	258
14.10 异步电动机的一相等效电路图	261
14.11 异步电动机的能量平衡	262
14.12 异步电动机的转矩	263
14.13 异步电动机的机械特性曲线	264
14.14 异步电动机的起动	267
14.15 异步电动机的工作特性曲线	270
14.16 异步电动机的通用特性曲线	271
14.17 异步电动机转速的调速方法	272
14.18 两相和单相异步电动机	274
14.19 感应式调压器和移相器	277
14.20 异步测速发电机	278
第十五章 同步电机	279
15.1 概述	279
15.2 同步电机的构造	279
15.3 同步电机的工作状态	280

15.4	同步发电机中正弦电动势的产生	281
15.5	同步发电机一相的电状态方程式	281
15.6	同步发电机一相的等效电路和简化矢量图	282
15.7	同步发电机的额定功率和效率	283
15.8	在大功率电力系统中同步发电机的运行	284
15.9	同步发电机的电磁转矩和角特性曲线	285
15.10	同步发电机的 U 形特性曲线	286
15.11	同步发电机的有功功率和无功功率的调整	287
15.12	同步发电机接入电网并联运行	288
15.13	同步电动机一相的电状态方程式、等效电路图及矢量图	289
15.14	同步电动机的电磁转矩和角特性曲线	289
15.15	同步电动机的 U 形特性曲线	290
15.16	同步电动机的有功功率及无功功率的调整	291
15.17	同步电动机的启动	291
15.18	小功率同步电动机	292
第十六章	电力拖动	293
16.1	概述	293
16.2	电力拖动的运动方程式	294
16.3	电力拖动的基本运行状态	296
16.4	电力拖动电动机容量的选择	297
16.5	电动机类型和种类的选择	300
16.6	电力拖动的晶闸管控制	302
第十七章	控制和保护电器	305
17.1	概述	305
17.2	电气装置的热保护	306
17.3	自动空气断路器	307
17.4	高压开关	309
17.5	继电器和继电保护	310
17.6	接触器、磁力起动器及控制器	312
17.7	供电系统概述	315
附录一	本书部分俄文缩写含意	317
附录二	本书部分俄文下标含意	319

绪 论

电工学是一门关于电磁效应实际应用的科学;人们常常把相关的技术领域称为电工技术。就现代工业及生活来说,电工学的重要意义在于提供了一些电工技术方法,从而人们可以有效而比较简单地获得和传输电能,并将它变为其它形式的能量,如机械能(机械操作电气化),热能,化学能,光能(工艺过程电气化),以及解决许多信号与信息的传递和转换问题(无线电工学)。

马克思主义奠基人早在这一新技术还处于摇篮时代就对其特殊的发展远景作出了评价。K. 马克思在 1850 年给 B. 李卜克内西写信时就指出:“在上世纪振撼世界的蒸汽统治时代已经结束了,代之而起的不可估量的巨大革命力量是电气火花。…政治革命是经济革命的必然结果。因为前者只是后者的表现”。B. И. 列宁早在伟大的十月社会主义革命之前,就多次提到在社会主义制度下实现电气化问题。

电气化通常是指电能工业及生活中广泛地利用。在苏共纲领中指出:“电气化是共产主义事业建设的枢纽,它在整个国民经济中,在实现所有现代化技术过程中起着主导作用”。国家电气动力的发展是电气化的基础。

由于实现了第 9 个和第 10 个五年计划(1971~1980)的结果,苏联电气动力成为建设共产主义社会的雄厚的物质基础。到 1981 年初,各发电站的容量达 267 兆千瓦,电能生产在 1980 年达 18250 亿度。

第 11 个五年计划(1981~1985)预计电能生产到 1985 年将达 15500 亿度,其中原子能电站的电能生产达 2200~2250 亿度,水电站的电能生产达 2350 亿度。

在现阶段,电气动力发展的特征是,各个火力发电站的容量增加到 4~6 兆千瓦(这些电站采用了功率为 1~1.5 兆千瓦的汽轮机),以及提前发展原子能电站,特别是苏联欧洲部分采用了单个容量为 1~1.5 兆千瓦的反应堆。

水电站作用相对减少的原因是:每一千瓦的装机容量的造价比同容量的火力发电站要贵;此外,建造水电站需要的时间也比较长。

为了对国民经济统一供应电能,将发电站联合为一个包括广大区域的动力系统。现在高压输电线将苏联许多电站联合成为一个动力系统。电的联合“和约”将波兰、捷克、民主德国、匈牙利、罗马尼亚、保加利亚及乌克兰共和国的里沃夫电站联合了起来,这种联合提供了最合理分配各电站之间负荷的可能性。

电能问题的顺利解决,是实现国民经济成套电气化的保证。到第 11 个五年计划初,在工业中电气设备的容量约为总设备容量的 85%。1980 年用在农业经济中的电能约为 1000 亿度。广大铁路战线实行铁路运输电气化。目前利用电气机车牵引的铁路线长度超过总长度的三分之一。

工艺过程广泛地实现电气化的问题,已经提到议事日程上来了,其中直接列入议事日程的电能课题有:电选,电混合,用电的方法由矿石提炼金属等。工艺过程电气化,可以在许多情况下简化工艺过程的各种非电气化操作,并对生产自动化创造有利条件;不过在工艺过程电气化的道路上,它们的动力容量是一个抑制因素,因此为了推行日益增长的工艺过程电气化,就需要发展电气动力技术。

电能不仅是改革工艺过程的需要,也是获得与变换有关过程信息的需要,而后者又是各种工艺过程自动化系统的基础。由于仪表制造业的进步,在现代自动化系统中,广泛地采用自动操纵的电子计算机来变换信息。

由于生活及服务行业的电气化,电能消耗在不断地增长着。

为了解决国民经济中需要廉价电能与用传统方法在火力发电站及水力发电站供电能力之间的矛盾,必须彻底改变生产电能的原理,在这个方面,建立原子能发电站是众所周知的办法。可以预期,将来在磁流体动力发电机及被控制的热核合成基础上产生电能,必有良好的结果。

由上简述可知,我国在实现电气化思想上已经走过了多么长远的路程,而电气化进一步发展的远景又向我们提出了多么宏伟的任务。

第一章 直流电路

1.1 直流电工技术装置

系统地研究电气现象及其实际运用,从历史上讲是在18世纪末到19世纪初从研究不随时间变化的电流(直流)的特性开始的。直流电源的应用和普及促进了这一发展。起初是加尼伐电池(伏特,1745~1827),随后是蓄电池(П. H. 亚布洛奇可夫,1847~1894)以及电解与电铸(Б. C. 亚可比,1801~1874)。

安培(1775~1836)、欧姆(1787~1854)、库仑(1736~1806)等人通过实验对直流电特性进行了研究,弄清楚并阐明了许多概念和规律性。法拉第(1791~1867)、楞次(1804~1865)、亨利(1797~1878)、西门子(1816~1892)、焦耳(1818~1889)、韦伯(1804~1891)、麦克斯韦(1831~1874)、赫兹(1857~1894)等人的进一步研究,证明了许多首先在分析直流电路中得到的电工技术的基本定律。

电工技术装置一词通常指的是在解决电能的生产、分配、控制、变换以及使用的问题中,供执行某一职能的工业产品。直流电工技术装置是多种多样的,例如,蓄电池,传输线,电流表,变阻器等都是。直流电适用于化学炼铝,城市及铁路的电气运输,医学及其他科学技术部门。

由于国民经济对电能不断增长的需要,不能不在远离工业区建设新的火力发电站及水力发电站,于是用经济的方法进行远距离输电就成为一个特别突出的问题。看来远距离输电的最合理的方法是采用高压直流输电线及其相应的电工技术装置。

各种形式的直流电源,正在高速发展,并且日臻完善。比如利用光电元件将太阳的放射能变为直流电能,作为宇航器具在持续航行中的主要电源。新的直流电源——磁流体动力发电机正在研究中,掌握它以后将使提高发电站效率的远景成为现实。

1.2 直流电路元件

直流电路在一般情况下包含电源、用电设备、测量仪表、配电设备、输电线及联接导线等。

在电源中将其他形式的能量变换为电能。例如在干电池和蓄电池中将化学能变换为电能。基于热电偶原理,利用热变换器将热能变换为电能。

在用电设备中将电能变换为其他形式的能量,例如机械能(直流电动机)、热能(电炉)、化学能(电解槽)等。

配电设备、输电线及测量仪表为了是由电源传输电能,分配给负载,并监视所有电气设备的工作状态用的。

表示电路的图称为电路图。描绘电路的方法有好几种,作为例子,在图1.1中画出了一个在

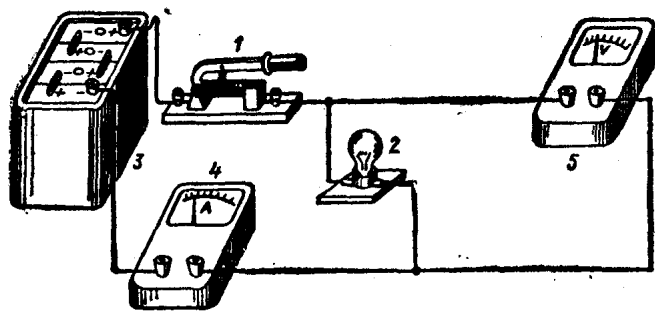


图 1.1

简单直流电路中电气设备及其联接方法的草图。当开关 1 闭合时白炽灯 2 (耗电器) 和直流电源 (蓄电池) 接通。为了监视耗电器的状态接有安培计 4 及伏特计 5。

由此例看出,在电路图中,用电气设备及其联接的实物图,将使图形变得非常繁难。如果每个电气设备用其规定符号(按苏联国家标准 ГОСТ),则电路图可以大大简化(图 1.2)。电气设备的规定符号确定了它们的主要职能。由电气设备的规定符号构成的电路图叫做原理电路图。原理电路图虽然展示了所有电气设备的功能及其相互作用,但如果仅仅画出这种电路图,并不能计算电路中电气设备的工作状态。为了完成计算任务,每一个电气设备必须用其等效图来表示。

电路的等效图是它的数量模型。等效电路图由不同的理想元件组成,这些元件这样来选定,要使它们能够相当逼近地描述电路中的物理过程。当电路原理图中所有元件都用其相应的理想元件的联接形式表示以后,便得到由各个设备的等效图组成的等效电路图。

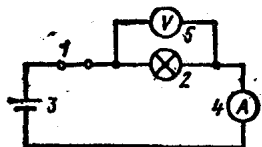


图 1.2

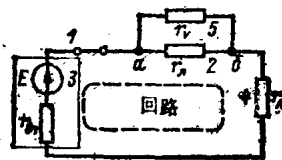


图 1.3

各种直流电气设备的等效图将在以后各章详细讨论,这里仅画出了在图 1.1 中所示的简单电路的等效电路图(图 1.3)。

等效电路图的轮廓由下面的几何(拓扑)概念来确定:支路,节点,回路。电路图的支路由一个或几个理想元件组成,每条支路有两个端点(始端和末端),并且上一个元件的末端就是下一个元件的始端;在电路的节点上联接有三条或三条以上的支路。回路就是闭合电路,该回路途经这样一些支路,即其中每条支路和节点仅通过一次。

图 1.3 所示的电路图包含有三条支路,其中有两支路各由一个元件组成,而第三支路由三个元件组成。在该图中标出了元件参数: r_L 为灯泡电路电阻, r_V 为伏特计电路电阻, r_A 为安培计电路电阻, E 为蓄电池电动势, r_E 为蓄电池内阻。三条支路接于 a, b 两点之间。

如果电路图中所有元件的参数均已知,则根据电路定律就可以算出所有元件的工作状态,即确定所有电气设备的电状态。因此,等效电路图也称为等值电路图。

在以后的电路图中,凡用等效(等值)电路图这一术语的地方,一律简称为电路图或图。

1.3 电流和电压的正方向

如果在图 1.1 所示电路中,将开关 1 闭合,则所有电气装置的导电部分(即图 1.3 中所有等效电路的元件)将有直流电流。

让我们简略地看一下这时在电路的导体中(例如在灯泡、联接导线、测量仪表的线圈中)所产生的现象,为此,让我们在电路中取一长为 l 的均匀圆柱形导体的一部分(图 1.4)。

根据电子导电理论,金属的价电子极易离开原子而使原子变为正离子,离子在固体中形成晶格,晶格具有空间周期性。自由电子在原子晶格之间的空间作不规则地运动(热骚动),彼此发生碰撞。

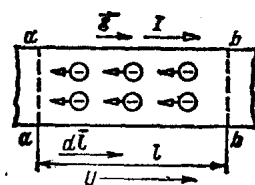


图 1.4

在导体中由电源所产生的场强为 $\mathcal{E}$ 的纵向电场的作用下,自由电子将获得附加速度,并额外地向一个方向移动(在图 1.4 中沿导体移动)。这样以来,在金属中直流电流本身就是自由电子的缓慢的漂移运动,无秩序的热骚动将导致电子本身产生比较大的速度。在一般情况下,在导电介质中直流电流本身就是在电场作用下正电荷和负电荷的有秩序运动。例如在电解液及气体中带有正电荷及负电荷的离子的运动方向彼此相反。

由于正电荷和负电荷运动的方向相反,所以必须规定出哪样电荷的运动方向是电流的方向。现在都规定正电荷运动的方向为电流的方向。

直流电流 $I = Q/t$, 此处 t 为总的正电荷 Q 均匀穿过被观察的电路导体横截面的时间。

在国际单位制(SI 制)中,电流的主单位为安培(A)。在两根处于真空中的彼此距离为 1 m, 平行的无限长的细导线中,通入 1 A 的直流电流,它们相互的作用力等于 $2 \times 10^{-7} \text{ N/m}$ (每米牛顿)。

实际上常常使用的是电流的十进倍数测量单位:微安(μA), $1 \mu\text{A} = 1 \times 10^{-6} \text{ A}$;毫安(mA), $1 \text{ mA} = 1 \times 10^{-3} \text{ A}$;千安(kA), $1 \text{ kA} = 1 \times 10^3 \text{ A}$;兆安(MA), $1 \text{ MA} = 1 \times 10^6 \text{ A}$ 。

电荷(电量)的主单位为库仑(C),即当电流为 1 A 时经过 1 s 穿过横截面的电量。

电压为标量,等于电场强度的线积分。在无旋电场中,电位差就是电压。在无旋场(直流电路的电场就是无旋场)中,电压与积分路径无关。

对图 1.4 所示的部分导体来说,直流电压

$$U = \int_a^b \mathcal{E} dl = \varphi_a - \varphi_b$$

或者

$$U = \int_a^b \mathcal{E} dl = \frac{1}{q} \int_a^b F dl = \frac{A}{q},$$

式中 $F = q\mathcal{E}$ 为在场强为 $\mathcal{E}$ 的均匀恒定电场中,作用于正电荷上的力; $A = \int_a^b F dl$ 为当正电荷沿着

部分导体移动时电场作的功; φ_a 及 φ_b 为在导体横截面 a 、 b 中均匀恒定电场的电位。

在SI制中,电压的主单位为伏特(V)。当1C电荷由导体的一端移动到另一端所作的功为1J时,则该导体两端之间的电压就是1V。在测量电压时也用十进倍数单位:微伏(μV), $1\mu\text{V}=1\times 10^{-6}\text{V}$;毫伏(mV), $1\text{mV}=1\times 10^{-3}\text{V}$;千伏(kV), $1\text{kV}=1\times 10^3\text{V}$;兆伏(MV), $1\text{MV}=1\times 10^6\text{V}$ 。

在计算电路时,在电路元件中电流的实际方向在一般情况下事先是不知道的,因此,必须预先选定在所有电路元件中电流的规定正方向。

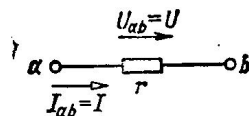


图 1.5

在元件(图1.5中具有电阻的元件)中或者在支路中,电流的规定正方向是任意选定的,并且用箭头标出。如果在选定电流正方向的情况下,在给定元件中计算结果电流为正,即具有正值,那么电流的实际方向与选定的正方向一致;如果得负值,则电流的实际方向和选定的方向相反。

在电路的等效电路图(图1.5)中,元件上电压的规定正方向也是任意选定的,并用箭头指出。

如果电路的端部已经标明(例如图1.5中的 a 、 b)而且箭头是由端钮 a 指向端钮 b ,那么电压的规定正方向意味着电压

$$U=U_{ab}$$

对电流也可采用类似的方法,例如标记 I_{ab} 指明在元件中电流的正方向是从 a 端到 b 端。在用电设备中照例选定电压和电流的正方向一致(图1.5)。

1.4 电阻元件

在导体中自由电子和晶格原子的碰撞,阻滞了自由电子的前进(漂移)运动。这种碰撞的频率和材料的结构及性质有关。这对自由电子的运动是一个反作用,这也就是导体对直流电流有电阻的物理实质。类似地可以解释在电解液及气体中对直流电流产生电阻的机理。

具有电阻并为了限制电流的电气设备叫做电阻器。可调节的电阻器叫做变阻器。图1.6中所示的就是一个具有滑动触头的滑线电阻器。不同类型的电阻器如表1.1所示。

电阻器的理想化模型叫做电阻元件。电阻元件的规定符号如图1.5所示。当画电路的等效电路图并对其进行计算时应该使用规定符号。

在理想情况下,流经电阻器的绝缘层、绕线骨架的电流可以不计。

电阻元件不但是电阻器的电路模型,也是任何其他对直流电流呈现电阻的电气设备或其他部件的电路模型,它和这些电气元件或其他部件呈现电阻现象的物理特性无关。

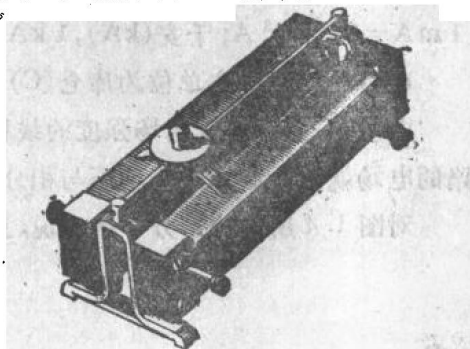


图 1.6

电阻 r 为电阻元件的参数。在SI制中,电阻的主单位为欧姆(Ω)。如果某导体两端的电压为1V,其中流过的电流为1A,则其电阻为1 Ω 。常用的度量电阻的单位为欧姆的十进倍数。如