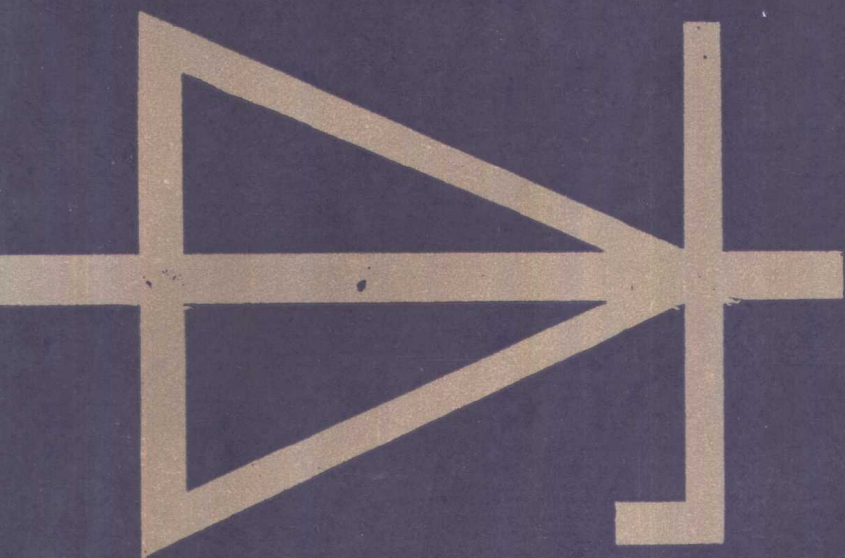


GAOJI
DIANGONG
JIANMING
DUBEN



高级电工
简明读本

高级工简明读本编写组编

上海科学技术出版社

78191

TM-43
3832

高级电工简明读本

高级工简明读本编写组 编

上海科学技术出版社

高级电工简明读本

高级工简明读本编写组 编

上海科学技术出版社出版、发行

(上海瑞金二路450号)

新华书店上海发行所经销 常熟第七印刷厂印刷

开本 787×1032 1/16 印张 22.75 字数 585,000

1992年7月第1版 1992年7月第1次印刷

印数 1-6,000

ISBN 7-5323-2732-9/TM·64

定价:7.60元

(沪)新登字 108 号

前 言

科技的进步,产品质量的提高,新品种的开发,企业效益的增加,其关键在于劳动者素质的提高。企业职工中技术熟练的中老年工人是生产中的骨干,技术革新、技术改造的主将,提高这一部分职工的政治和技术业务素质尤为迫切。迅速提高中老年工人的技术理论水平,总结他们熟练的技能、精湛的技巧、先进的操作方法,发挥他们的传、帮、带的作用,以适应改革开放和经济发展的需要,乃是当务之急。为了适合中老年工人学习技术理论的需要和解决培训教材缺乏的困难,我们在总结以往编写高级工教材的经验教训基础上,组织编写了《高级电工简明读本》、《高级机工简明读本》,供本专业工龄 10 年以上的工人培训使用。

在教材编写过程中,参照了机械工业部颁发的高级工等级标准,同时注意到中老年工人的生产经验丰富、操作技能强和技术理论基础弱的特点,强调技术理论为生产实际服务的原则,基础理论不强调系统的理论推导,而是紧密联系工厂的实际深入浅出地加以概括,以求学以致用。对“四新”(新技术、新工艺、新材料、新设备)知识内容也作一定程度的介绍,对必掌握的知识,则反复、重点地讲述。教材每一章后面都附有实用性较强的复习题,以帮助学员巩固复习,启发思考,增强指导和解决实际工作的能力。

在讲授教材时,应注意中老年工人的特点,采用“联系实际,少讲多讨论交流”的方法。在规定的课时中(不少于 250 课时)完成教学大纲规定的任务。

组织编写这两本地区性使用的教材是我们初次实践,书中一定存在不少的缺点和错误,恳请读者和专家们批评指正。

《高级电工简明读本》由许宝发主编,徐坤泉、仇启棠协编,张义荣主审,吴德孚、沈汝保协审。

上海市劳动局技工培训处

1991 年 7 月

目 录

第一章 电路	1
§1-1 电路的组成及基本物理量.....	1
一、电路的组成.....	1
二、电路元件.....	1
三、电路的基本物理量及其参考方向.....	3
§1-2 电路的基本定律.....	4
一、欧姆定律.....	4
二、基尔霍夫定律.....	5
§1-3 电路的基本定理.....	7
一、叠加定理.....	7
二、戴维南定理.....	8
§1-4 直流电路.....	11
一、电阻元件直流电路.....	11
二、电功率和电能.....	12
三、RC 串联的直流电路.....	12
四、RL 串联的直流电路.....	15
五、直流电路中电位的计算.....	17
六、直流电路计算举例.....	17
§1-5 正弦交流电路.....	20
一、正弦交流电的基本概念.....	20
二、理想元件的交流电路.....	25
三、RLC 串联的交流电路.....	29
四、RLC 并联的交流电路.....	31
五、三相交流电路.....	33
六、正弦交流电路计算举例.....	37
习题与思考题.....	40
第二章 电子技术基础	45
§2-1 半导体二极管和整流滤波电路.....	45
一、半导体二极管.....	45
二、整流电路.....	47
三、滤波电路.....	50
四、稳压管稳压电路.....	51
§2-2 半导体三极管和基本放大电路.....	51
一、半导体三极管.....	51

二、电压信号放大电路	55
三、射极输出器	61
四、阻容耦合放大电路	62
五、差动放大电路	63
六、互补对称功率放大电路	63
§2-3 集成运算放大器及其应用	64
一、集成运放结构组成和主要性能	64
二、集成运放的应用电路	65
三、集成运放的应用举例	67
四、集成运放的应用技术	71
§2-4 数字电路	73
一、概述	73
二、逻辑门电路	75
三、集成电路触发器	81
四、寄存器	86
五、计数器	88
六、译码器和数码显示电路	90
§2-5 脉冲波形的产生和整形	95
一、集成电路单稳态触发器	95
二、施密特触发器	96
三、多谐振荡器	96
§2-6 电子线路应用实例	97
一、串联型晶体管稳压电源	97
二、塑料注塑机电气控制线路	99
习题与思考题	102
第三章 电机及其维修	107
§3-1 变压器	107
一、变压器的用途和分类	107
二、变压器的结构	107
三、变压器的工作原理和性能	109
四、三相变压器	112
五、特种变压器	114
六、变压器的故障和检修	116
§3-2 直流电机	117
一、直流电机的用途及分类	117
二、直流电机的结构和铭牌	118
三、直流电机的工作原理	119
四、直流电机的电枢反应	121
五、直流电机的换向	122
六、直流发电机的运行特性	123

七、直流电动机的机械特性	126
八、直流电动机的起动和调速	128
九、他励直流电动机的制动	129
十、直流电动机的维修	132
§3-3 交流异步电动机	133
一、交流异步电动机的分类和铭牌	134
二、三相异步电动机的结构及工作原理	135
三、三相异步电动机的定子绕组	138
四、三相异步电动机的电磁转矩和机械特性	143
五、三相异步电动机的起动	144
六、三相异步电动机的制动	145
七、三相异步电动机的调速	146
八、单相异步电动机	147
九、异步电动机的维修	149
§3-4 同步电机和特种电机	150
一、同步电机的工作原理	150
二、电磁调速电动机的工作原理	152
三、交磁电机放大机工作原理	153
四、步进电机的工作原理	154
五、直流力矩电动机的工作原理	154
习题与思考题	155
第四章 电工测量	157
§4-1 概述	157
一、常用电工仪表的分类	157
二、指示仪表的分类	157
三、指示仪表的工作原理	157
四、常用电工测量方法	158
§4-2 电流与电压的测量	158
一、电流表、电压表的使用和要求	158
二、磁电系仪表	159
三、直流电流表、电压表	161
四、电磁系仪表	162
五、交流电流表、电压表和钳形表	164
§4-3 电功率的测量	166
一、电动系仪表	166
二、电动系功率表	167
三、三相交流电路有功功率的测量	168
§4-4 电能的测量	169
一、感应系电度表	169
二、三相交流电路的电能量测量	171

§4-5 电阻的测量	171
一、用电压表、电流表测量电阻(伏安表法)	172
二、电桥法	172
三、兆欧表	174
§4-6 万用表	176
一、万用表的结构和工作原理	176
二、万用表的使用	178
§4-7 常用电子仪器的使用	178
一、示波器	178
二、数字电压表	183
§4-8 非电量测量	185
一、非电量测量的基本原理和组成	185
二、温度测量	186
三、流量测量	187
四、转速测量	189
五、位移测量	189
§4-9 测量误差及其减小方法	190
一、误差的分类	190
二、仪表、仪器的选择	191
习题与思考题	191

第五章 晶闸管及其应用 193

§5-1 晶闸管	193
一、晶闸管的结构和工作原理	193
二、晶闸管的伏安特性、参数及使用	194
三、双向晶闸管	196
§5-2 晶闸管的主电路	197
一、单相半波晶闸管整流电路	197
二、单相桥式及全波晶闸管整流电路	198
三、三相半波晶闸管整流电路	199
四、三相桥式晶闸管整流电路	201
五、感性负载时的晶闸管整流电路	203
六、常用晶闸管整流电路性能比较	204
§5-3 晶闸管元件的选择和保护	205
一、晶闸管元件的选择	205
二、晶闸管元件的保护	206
§5-4 晶闸管触发电路	209
一、阻容触发电路	209
二、单结晶体管触发电路	211
三、晶体管触发电路	214
四、集成块触发电路	216

§5-5 晶闸管应用举例	218
一、开环调节	218
二、闭环调节	221
§5-6 晶闸管电路维修、调试	228
一、故障分析要领	228
二、调试步骤	228
三、常见故障	229
习题与思考题	230
第六章 工厂供电	232
§6-1 工厂供电系统	232
一、工厂变配电所	232
二、车间电气线路平面布置	238
三、工厂供电网的运行管理	238
§6-2 负荷电流与短路电流计算	243
一、负荷电流与尖峰电流计算	243
二、短路电流计算	248
§6-3 保护设备的选择	255
一、保护装置的要求	255
二、选择电气设备的一般原则	255
三、导线和电缆截面的选择	256
四、隔离开关和负荷开关的选择	258
五、熔断器保护和选择	258
六、自动空气断路器保护和选择	261
七、高压断路器的选择	263
八、互感器的选择	263
九、电力变压器的选择和继电保护	265
十、高压总控制保护	269
§6-4 接地和接零保护	272
一、工厂电力系统的中性点运行方式	272
二、接地的分类	273
三、保护接地、保护接零	274
四、接地装置	276
§6-5 工厂常用的电光源和灯具	276
一、电光源及其选择	276
二、灯具的选择和布置	277
习题与思考题	279
第七章 工厂电气控制系统	280
§7-1 电气控制线路图	280
一 电气控制原理图	280

二、电器布置图.....	282
三、电气安装接线图.....	282
§7-2 电气控制系统的基本环节.....	282
一、电动机的起动、停止控制线路.....	282
二、电气控制系统中的保护环节.....	289
三、三相异步电动机可逆运行控制线路.....	290
四、三相异步电动机制动控制环节.....	291
五、电动机调速控制环节.....	293
六、电气控制系统中非电量控制环节.....	294
§7-3 程序控制系统分析.....	299
一、固定式程序控制线路.....	299
二、通用式程序控制线路.....	300
§7-4 可编程序控制器及其应用.....	302
一、PC的结构和工作原理.....	303
二、PC的指令系统.....	305
三、PC的应用举例.....	312
§7-5 典型机床电气控制系统分析.....	316
一、组合机床电气控制线路.....	317
二、B2012A龙门刨床电气控制线路.....	321
§7-6 继电电气控制线路设计.....	331
一、继电控制线路的基本规律.....	331
二、继电控制线路的设计.....	333
三、继电控制线路的逻辑设计.....	334
四、电动机节能选择及常用低压电器元件选择.....	338
习题与思考题.....	341
附录 I 电工系统常用文字代号.....	344
附录 II 电工系统常用图形符号.....	347

第一章 电 路

本章主要介绍电路的组成、基本物理量和基本定理,以及对直流电路和正弦交流电路的分析。

§ 1-1 电路的组成及基本物理量

一、电路的组成

电路是由电气部件(通常称为电路元件)按一定规律联接成电流流通的路径。图 1-1 是一般家庭用电电气线路图。一个简单的电路是由三部分组成的,即电源、负载、中间环节。电源是电路中产生电流,供应电能的设备。负载是电路中消耗电能,将电能转换成其他形式能量的设备,中间环节包括联接导线、开关、保护设备以及测量设备等,它在电路中传送电能,并控制传送及安全可靠地将电源的电能传送给负载。根据需要,在电路中要装一些测量电路中基本物理量(如电压、电流、功、功率)的仪表。

在分析研究电路结构及功能时,一般都画出由电路元件符号构成的电路图,如图 1-2 所示。今后我们都画由电路元件符号构成的电路图。

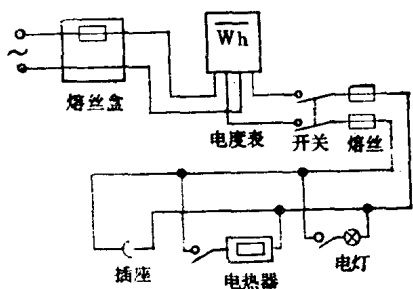


图 1-1

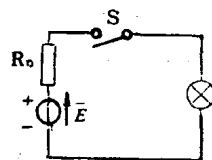


图 1-2

二、电路元件

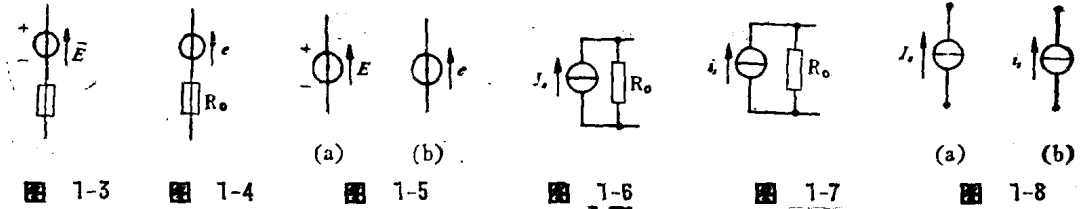
电路是由电路元件相互联接所组成的,因此电路就是电路元件的组合。电路元件分为两大类,即有源元件和无源元件。

1. 有源元件 有源元件在电路中提供电能,例如电源。实际的电源按其特性来看,可分为电压源和电流源。

(1) 电压源 用电动势 E 和内电阻 R_0 。串联电路表示的电源,电源两端电压即为端电压 U 。如果电动势相对地不随时间变化,如干电池、蓄电池、直流发电机等,称为直流电压源,如图 1-3 所示。如果电动势随时间变化,称交流电压源,如图 1-4 所示。如果内电阻 R_0 的阻值很小或等于零,即端电压等于电动势的电压源称为恒压源,如图 1-5 所示。

(2) 电流源 用电激流 I_s 和内电阻 R_0 并联电路所表示的电源电路。如果电激流不随

时间变化,称直流电流源,如图 1-6 所示。如果电激流随时间变化,称交流电流源,如图 1-7 所示。如果内电阻 R_0 趋于无穷大,即电激流等于输出电流的电流源称为恒流源,如图 1-8 所示。



2. 无源无体 无源元件指的是耗能或储能元件,如电阻、电感、电容等。实际的电气设备,往往是这三种元件的性能同时存在,但在工程上常将起主要作用的元件性能作为电路的组成。

(1) 电阻元件 电阻元件是对电流呈现阻力的元件。当电流通过电阻,要消耗电能,所以电阻元件是耗能元件。图 1-9 所示的是电阻元件的符号及文字代号。

电阻元件分为线性电阻元件和非线性电阻元件。如果通过电阻的电流和加在电阻两端电压成正比,这样的电阻元件称为线性电阻元件。如通过电阻元件的电流和电压的关系不是成正比,这种电阻元件称为非线性电阻元件。如半导体二极管、三极管是属于非线性电阻元件。

电阻的单位是 Ω (欧姆,简称欧),也用 $k\Omega$ (千欧) $= 10^3\Omega$ 、 $M\Omega$ (兆欧) $= 10^6\Omega$ 等。

(2) 电感元件 一个电气元件,当电流通过它时,能将电能转换成磁能贮存在磁场中,又能将磁场中的磁能转换成电能供给电路,这样的电气元件称为电感元件,所以电感元件是储能元件。

电感元件通常是用导线绕成的多匝线圈,有的在多匝线圈内放有磁性材料,以加强其电感量。图 1-10 是电感元件的符号及其文字代号。

电感的单位是 H (亨利,简称亨),也用 mH (毫亨) $= 10^{-3}H$ 。

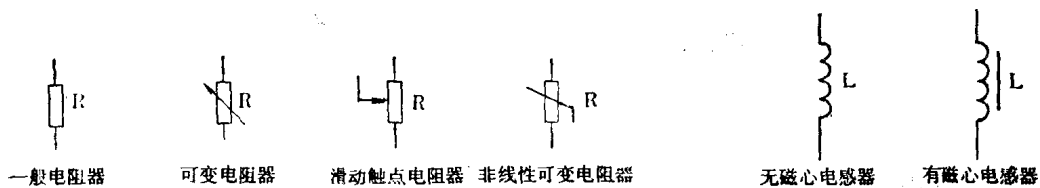


图 1-9

图 1-10

(3) 电容元件 一个电气元件,能够将电源的电能转换成电场能储存在电场中,又能将电场能转换成电能供给电路,这样的电气元件称为电容元件。所以电容元件也是储能元件。

图 1-11 是电容元件的符号及其文字代号。



图 1-11

最简单的电容元件是由两块互相绝缘的平行金属片构成的电容器。

电容的单位是 F (法拉,简称法),也用 μF (微法) $= 10^{-6}F$ 、 pF (皮法) $= 10^{-12}F$ 等。

本书所讲的电感元件、电容元件都是线性元件,电感量 L 和电容量 C 都是常数。

三、电路的基本物理量及其参考方向

1. 电流 电流是电荷(带电粒子)有规则的定向移动,在数值上等于单位时间内通过导体横截面的电荷量。如果在相同的时间间隔 t 内,单方向通过导体的电量都相等,且等于 Q ,这样形成的电流称为恒定电流简称直流,即直流电流的大小和方向都不随时间变化而变化。直流电流用大写的字母 I 表示,则

$$I = \frac{Q}{t} = \text{常数} \quad (1-1)$$

如果电流大小和方向都随时间变化而变化,这样的电流称为交变电流,又叫交流电流,可用下式表示:

$$i = \frac{\Delta q}{\Delta t} \quad (1-2)$$

小写字母 i 表示交变电流, $\Delta q = q_1 - q_2$ 表示在 $\Delta t = t_1 - t_2$ 时间通过导体横截面的电荷量, $\frac{\Delta q}{\Delta t}$ 不是常数。

电流的方向规定为正电荷运动的方向。

电流的单位是A(安培,简称安)、mA(毫安) = 10^{-3} A、 μA (微安) = 10^{-6} A、kA(千安) = 10^3 A 等。

2. 电压和电位 在图 1-12 中,用导线将电源的两个电极和一个小灯泡(负载)联接起来。由于电极 a 带正电,电极 b 带负电,在导体内产生电场,在电场力作用下,正电荷从电极 a 经过导线、灯泡移到电极 b,电流使灯泡发光,说明电场力做了功。电压就是用来衡量电场力对电荷做功的能力。电压都是指电场中两点的,如图 1-12 中 a、b 两点间的电压 U_{ab} 在数值上等于电场力把单位正电荷从 a 点移到 b 点所做的功,即单位正电荷从 a 点移到 b 点所失去的电能,转换成光能、热能等其他能量。如图 1-12,可用下式表示 a、b 间电压

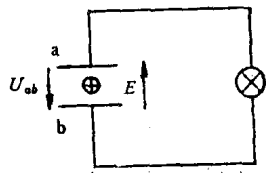


图 1-12

$$U_{ab} = \frac{A_{ab}}{Q} \quad (1-3)$$

式中 A_{ab} 是电场力移动电荷量为 Q 的正电荷从电场中 a 点到 b 点所做的功。图 1-12 中的电源是直流电源,故 a、b 间电压用大写字母 U_{ab} 表示,如果电源是交变电源,电压用小写字母 u_{ab} 表示。

电位是指电荷在电路中某点所具有的能量 W 与电荷电量 Q 的比值,即

$$V = \frac{W}{Q} \quad (1-4)$$

电位在数值上等于电场力将单位正电荷从该点沿任意路径移到参考点所做的功(参考点可取地球表面,也可取电路中任意点,参考点电位为零)。

在电场内(或电路内)两点间的电压也常称为两点间的电位差,即

$$U_{ab} = V_a - V_b \quad (1-5)$$

电压的极性(方向)规定由高电位端指向低电位端。用“+”“-”表示,“+”是指高电位,“-”是指低电位。或用箭头表示电压的方向,从高电位指向低电位。

电压和电位的单位都是 V(伏特,简称伏)、kV(千伏) = 10^3 V。

3. 电动势 由图 1-12 可见, 正电荷从电极 a 移到电极 b, 这样, 电极 a 因正电荷的减少而使电位逐渐减低, 电极 b 因正电荷的增多而使电位升高, 其结果使 a 和 b 两电极的电位差逐渐减少。为了维持电流不断地在联接导体中流通, 并保持恒定, 则必须使 a、b 间电压 U_a 保持恒定。也就是说要有一种非静电力使电极 b 上所增加的正电荷搬到电极 a, 使电极 a 电位增高, 电极 b 电位降低。在电源内这种非静电力称为电源力, 如电池内部的化学反应产生的电源力。发电机中, 当导体在磁场中运动所产生的电磁力。为了衡量这些非静电力转换成电源力对电荷作功的能力, 引入了电动势这个物理量。电动势在数值上等于电源力把单位正电荷从电源的低电位极移到高电位极所做的功。如果是直流电源, 电动势是恒定的, 用大写字母 E 表示, 如果是交流电源, 电动势是变化的, 用小写字母 e 表示。电动势的方向规定为在电源内部由低电位极指向高电位极, 如图 1-12 所示。

上面我们介绍了电路中基本的物理量, 都谈到了它们的方向。但这里所指的不是空间方向, 而是指物理量由大到小的变化趋势。对简单的直流电路来讲, 它们的方向是很容易看出的。但对复杂的直流电路或交流电路来讲, 往往很难确定电压、电流、电动势的方向, 为了便于分析电路, 我们可以假设一个方向, 作为分析电路的参考标准, 这个任意假设的方向叫做参考方向。经过分析计算, 如果电流或电压的值是正值, 说明参考方向和实际的方向一致, 如果是负值, 说明方向相反。今后在电路中所标的电压和电流的方向都是参考方向, 在分析电路时, 都以参考方向列方程。参考方向可以用箭头表示, 也用“+”、“-”符号表示, “+”表示高电位, “-”表示低电位, 也可用字母表示, 如 U_{AB} , 表示电压的方向由 A→B。

§ 1-2 电路的基本定律

一、欧姆定律

欧姆定律是电路的基本定律之一, 它表明流过电阻的电流与该电阻两端的电压成正比。如图 1-13 所示的电路, 欧姆定律可用下式表示:

$$I = \frac{U}{R} \quad (1-6)$$

式(1-6)是欧姆定律表示式, 在写表示式时, 要注意电压和电流的参考方向, 如果电压和电流方向一致, 就可写成式(1-6)形式, 如果电压和电流方向不一致时, 在表示式中要加负号, 如图 1-14, 可写成下式:

$$I = -\frac{U}{R} \quad (1-7)$$

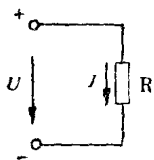
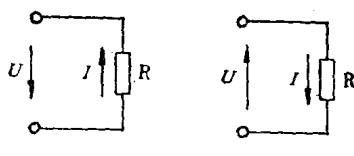


图 1-13



(a)

(b)

图 1-14

在列好欧姆定律表示式后, 代具体数据时, 要注意电压和电流值的正负, 其正负号要同

数据一起代入。如图 1-15 中,根据参考方向可写出下式:

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

将数据代入:

$$I = -\frac{-10\text{V}}{10\Omega} = 1\text{A}$$

欧姆定律的另一形式:

$$U = IR$$

由欧姆定律可得出电流、电压、电阻的单位换算关系:

$$[\text{A}] = \frac{[\text{V}]}{[\Omega]}, \quad [\text{V}] = [\text{A}] \cdot [\Omega], \quad [\Omega] = \frac{[\text{V}]}{[\text{A}]}$$

欧姆定律只适用于阻值不变的线性电阻。

[例1-1] 已知人体的电阻最小为 800Ω, 通过人体的电流超过 50mA 就会造成死亡, 试求安全工作电压?

解: 当人体电阻固定某值后, 人体通过的电流与人体加的电压成正比, 即

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

流过人体的电流最大限值为 50mA, 则加在人体的电压最大限值(安全工作电压)为:

$$U = IR = 50 \times 10^{-3} \times 800 = 40(\text{V})$$

[例1-2] 要测量直流电机的励磁线圈的电阻 R, 可采用“伏安法”, 即用电压表和电流表, 分别读出电压值和电流值, 再用欧姆定律可求得电阻 R 的数值 R。测量方法采用图 1-16 所示的电路图。如果电压表读数为 100V, 电流表读数为 0.4A。则励磁线圈的电阻

$$R = \frac{100}{0.4} = 250(\Omega)$$

二、基尔霍夫定律

基尔霍夫定律是电路分析中的基本的定律, 有基尔霍夫电流定律和电压定律。为了说清这两个定律, 我们先介绍几个术语。

支路: 电路中每个分支叫做支路, 一条支路流过一个电流, 如图 1-17 中有三条支路 ($E_1 R_1 R_2, R_3$ 及 $E_2 R_4 R_5$ 三条支路)。

节点: 三条或三条以上支路的联接点, 称为节点。如图 1-17 中有 a 和 b 两个节点。

回路: 由支路组成的闭合路径叫回路。如图 1-17 中有三个回路 (abda、abcd、adbca 三个回路)。

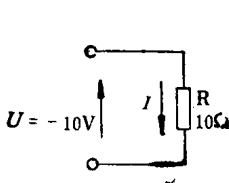


图 1-15

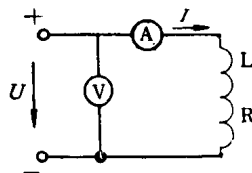


图 1-16

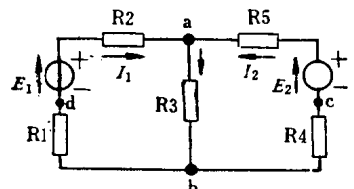


图 1-17

1. 基尔霍夫电流定律 基尔霍夫电流定律是确定节点上各支路电流间关系的定律。在任一瞬间, 流向节点的电流之和等于流出节点的电流之和。如图 1-17 中节点 A, I_1 和 I_2 流入节点, I_3 流出节点, 由电流定律可得:

$$I_1 + I_2 = I_3 \quad (1-8)$$

将式(1-8)进行变换可得:

$$I_1 + I_2 - I_3 = 0$$

因此电流定律的内容也可以说: 在任一瞬间, 在节点上电流的代数和为零, 用数学式表示为

$$\Sigma I = 0 \quad (1-9)$$

在列式(1-9)方程时, 规定流入节点的电流为正, 流出节点的电流为负。

基尔霍夫电流定律可以推广应用到电路的某一闭合面, 如图 1-18 所示的虚线包围的部分电路, 这一闭合面可作为一个节点, 这一节点称为广义节点, 也可应用 $\Sigma I = 0$ 。如图 1-18 中, $I_1 + I_2 - I_3 = 0$ 。

在应用基尔霍夫电流定律时, 要根据电流参考方向列电流定律方程, 所以必须事先标出各支路中电流的参考方向。

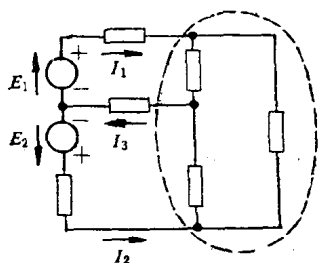


图 1-18

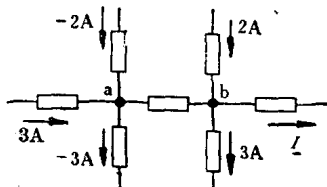


图 1-19

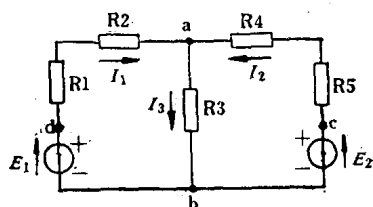


图 1-20

[例 1-3] 求图 1-19 中电流 I 的值。

解: 对节点 a:

$$\Sigma I = 3A + (-2A) - (-3A) - I_{ab} = 0$$

$$I_{ab} = 4A$$

对节点 b:

$$\Sigma I = I_{ab} + 2A - 3A - I = 0$$

$$I = 4A + 2A - 3A = 3A$$

2. 基尔霍夫电压定律 基尔霍夫电压定律是确定回路中各部分电压之间的关系 的定律。在任一瞬间, 环绕任一回路一周, 在绕行方向上, 各段电压的代数和恒等于零, 则:

$$\Sigma U = 0 \quad (1-10)$$

在列式(1-10)方程时, 规定电位升为正, 电位降为负。

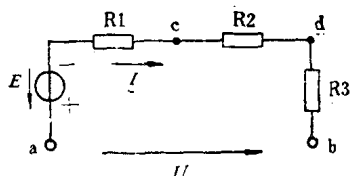


图 1-21

例如图 1-20 中, 可以列出三个回路:

$$E_1 - I_1 R_1 - I_1 R_2 - I_3 R_3 = 0$$

$$E_1 - I_1 R_1 - I_1 R_2 + I_2 R_4 + I_2 R_5 - E_2 = 0 \quad (1-11)$$

$$I_3 R_3 + I_2 R_4 + I_2 R_5 - E_2 = 0$$

基尔霍夫电压定律也可推广应用到回路的部分电路。如图 1-21 所示的电路, 是复杂电路中的一部分, 将断开部分用电压表示, 取回路绕行方向 $a \rightarrow c \rightarrow d \rightarrow b \rightarrow a$, 列 $\Sigma U = 0$ 方程:

$$-E - I R_1 - I R_2 - I R_3 + U = 0$$

由以上分析可知, 在应用基尔霍夫电压定律时, 必须事先标出各电路元件两端电压或流

过元件的电流的参考方向以及确定回路绕行方向,这样才能列出 $\Sigma U = 0$ 方程。

[例 1-4] 试求图 1-22 中电阻 R 的数值 R 。

解: 5Ω 电阻两端电压为 $5V$, 5Ω 上电流 $I_2 = \frac{5V}{5\Omega} = 1A$, 由节点 a 列方程得; $2A - 1A - I_1 = 0, I_1 = 1A$

节点 C 列方程:

$$I_1 - I_3 - 0.5A = 0$$

$$I_3 = 1 - 0.5 = 0.5A$$

取回路 $a c b a$, 回路绕行方向就是字母次序。用电压定律列方程:

$$-10I_1 - I_3R + 15V + 5V = 0$$

$$-10 \times 1 - 0.5R + 20 = 0$$

$$R = \frac{10}{0.5} = 20\Omega$$

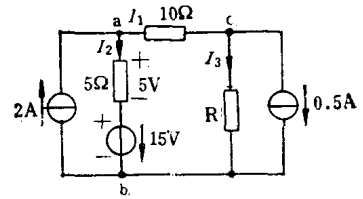


图 1-22

§ 1-3 电路的基本定理

一、叠加定理

叠加定理是线性电路的重要定理,可以把复杂电路化为若干简单的电路来计算。

叠加定理内容如下:由多个电源组成的线性电路中,任何一个支路的电流(或电压),等于各个电源单独作用在此支路中所产生的电流(或电压)的代数和。在分析计算复杂电路时,以一个电源为作用电源,其余为不作用电源,对不作用的电压源,将其电动势除去并用导线短接,对不作用的电流源将其电激流除去并开路,保留它们的内电阻,求出这个电源作用下的各支路电流(或电压)。然后再逐一求出其他电源作用时的支路电流,最后运用叠加定理求出各支路电流(电压)。

图 1-23 所示的电路,有两个电压源,用叠加定理求各支路的电流。具体步骤如下:

(1) 标出各支路电流的参考方向。

(2) 假设 E_1 作用, E_2 不作用,将图 1-23 画成图 1-24,并标出电流参考方向,由图可求得 I_1', I_2', I_3' 。

$$I_1' = \frac{E_1}{R_1 + R_2'' R_3}$$

$$I_2' = I_1' \cdot \frac{R_3}{R_2 + R_3}$$

$$I_3' = I_1' \cdot \frac{R_2}{R_2 + R_3}$$

(3) 假设 E_2 作用, E_1 不作用,将图 1-23 画成图 1-25。并标出电流的参考方向。由图可求得 I_1'', I_2'', I_3'' 。

$$I_2'' = \frac{E_2}{R_2 + R_1'' R_3}$$

$$I_1'' = I_2'' \cdot \frac{R_3}{R_1 + R_3}$$