

一招鲜·就业技术速成丛书

电 工 入 门

(修订版)

叶文荪 编著



安徽科学技术出版社

前 言

《电工入门》一书,是面向具有初中以上文化程度的工人、农民、青年学生以及下岗再就业人员而编写的培训教材和自学用书。本书是根据国家职业技能鉴定部门对初级电工的知识要求和技能要求编写的,主要内容有:电路和磁路的基本知识和基本定律;单相、三相交流电路;常用电工仪表、电工工具及使用;常用低压电器、变压器、电动机的结构、原理、使用及常见故障的检查与排除;电力拖动的继电接触控制电路及常见故障的检查与排除;低压配电与安全用电;常用照明设备的应用及维修;应用电工基本操作技能等。

为便于读者自学,能够理解、掌握教材内容,本书将专业基础知识和专业应用技能融于一体,力求将技能建立在知识的基础上,知识为技能服务。

本书可作为初级电工的培训教材和自学用书,也可供中等职业学校、技工学校师生作教学用书。

由于作者水平有限、经验不足,教材中存在不足和错误之处在所难免,敬请读者批评指正。

编者

目 录

第 1 章 电的基本知识.....	1
1.1 物质的基本结构和电性能	1
1.1.1 正电荷和负电荷、电量	1
1.1.2 导体、绝缘体、半导体	2
1.2 电路的基本物理量	3
1.2.1 电路的作用与组成	3
1.2.2 电流	3
1.2.3 电压与电动势	4
1.2.4 电阻	6
1.3 电路模型	6
1.4 电路的欧姆定律	8
1.4.1 一段电路的欧姆定律	8
1.4.2 闭合电路的欧姆定律	9
1.5 电能和电功率 , 电流的热效应.....	9
1.5.1 电能和电功率	9
1.5.2 电流的热效应	10
1.6 负载电阻的串联与并联.....	12
1.6.1 负载电阻的串联	12
1.6.2 负载电阻的并联	13
1.7 电路的几种状态.....	15
1.7.1 有载工作状态	15

1.7.2 开路状态	16
1.7.3 短路及其保护	17
复习思考题 1	17
第 2 章 电流与磁场	19
2.1 磁场和它的基本物理量.....	19
2.1.1 基本磁现象	19
2.1.2 磁场和它的基本物理量	20
2.2 几种常见的通电导线所产生的磁场.....	22
2.2.1 通电直导线的磁场	22
2.2.2 通电螺管线圈的磁场.....	22
2.3 磁场对电流的作用.....	23
2.3.1 磁场对通电直导线的作用	23
2.3.2 磁场对通电线圈的作用	24
2.4 电磁感应.....	25
2.4.1 电磁感应基本定律	25
2.4.2 导线切割磁力线时的感应电动势和右手定则	27
2.4.3 直流发电机原理	28
2.5 自感与互感.....	29
2.5.1 自感.....	29
2.5.2 互感.....	31
复习思考题 2	32
第 3 章 正弦交流电路	34
3.1 正弦电压和正弦电流.....	34
3.1.1 频率与周期	35
3.1.2 幅值与有效值	36

3.1.3	相位与初相位	36
3.2	正弦量的旋转矢量表示法	37
3.3	正弦交流电阻电路	38
3.3.1	电压与电流的关系	38
3.3.2	瞬时功率和平均功率	39
3.4	正弦交流电感电路	40
3.4.1	电压与电流的关系	40
3.4.2	瞬时功率、平均功率和感性无功功率	42
3.5	正弦交流电容电路	43
3.5.1	电压与电流的关系	43
3.5.2	瞬时功率、平均功率和容性无功功率	44
3.6	电阻、电感串联的正弦交流电路	45
3.6.1	电压与电流的关系	45
3.6.2	有功功率、无功功率和视在功率	48
3.7	电感性电路功率因数的提高	49
3.7.1	提高功率因数的重大意义	49
3.7.2	提高功率因数的原理及方法	50
复习思考题 3	52
第 4 章	三相交流电路	53
4.1	三相交流电源	53
4.1.1	三相交流电动势的产生	53
4.1.2	三相交流电的相序	55
4.1.3	三相四线制电源	55
4.2	负载星形连接的三相电路	56
4.2.1	单相负载和三相负载	56
4.2.2	负载星形连接的三相四线制电路	56

4.2.3	相电流、线电流及中线电流	57
4.2.4	三相四线制供电电路的特性	58
4.3	负载三角形连接的三相电路.....	60
4.4	三相电路的功率.....	61
复习思考题 4	62
第 5 章	常用电工仪表及使用	63
5.1	电工仪表基本知识.....	63
5.1.1	指示仪表的分类	63
5.1.2	电工仪表常用面板符号	64
5.1.3	指示仪表的基本结构、原理	65
5.2	电流表及其使用.....	68
5.2.1	直流电流表及其使用.....	68
5.2.2	交流电流表及其使用.....	69
5.3	电压表及其使用.....	72
5.3.1	直流电压表及其使用.....	72
5.3.2	交流电压表及其使用.....	72
5.4	万用电表及其使用.....	73
5.4.1	指针式万用电表及其使用	73
5.4.2	数字式万用表及使用.....	78
5.5	钳形表及使用.....	80
5.5.1	外形结构	81
5.5.2	测量方法	81
5.5.3	注意事项	82
5.6	兆欧表及使用.....	82
5.6.1	结构原理	82
5.6.2	使用方法及注意事项.....	84

复习思考题 5	86
---------------	----

第 6 章 变压器和电磁铁	87
---------------------	----

6.1 磁性材料的磁性能和分类.....	87
----------------------	----

6.1.1 磁性材料的磁性能	87
----------------------	----

6.1.2 磁性材料的分类	88
---------------------	----

6.2 磁路及磁路的欧姆定律.....	89
---------------------	----

6.3 变压器的用途与分类.....	91
--------------------	----

6.3.1 变压器的用途	91
--------------------	----

6.3.2 变压器的分类	91
--------------------	----

6.4 变压器的基本结构和工作原理.....	92
------------------------	----

6.4.1 变压器的基本结构	92
----------------------	----

6.4.2 变压器的工作原理	93
----------------------	----

6.5 三相变压器.....	97
----------------	----

6.5.1 三相变压器的基本结构	97
------------------------	----

6.5.2 三相变压器三相绕组的连接方式	98
----------------------------	----

6.6 变压器的额定值.....	99
------------------	----

6.7 特殊用途的变压器.....	99
-------------------	----

6.7.1 弧焊变压器	99
-------------------	----

6.7.2 互感器	101
-----------------	-----

6.7.3 自耦变压器	104
-------------------	-----

6.8 变压器绕组的极性及其测定	105
------------------------	-----

6.8.1 绕组的极性与正确连接	105
------------------------	-----

6.8.2 绕组极性的测定方法	107
-----------------------	-----

6.9 小型变压器的故障分析与检查	107
-------------------------	-----

6.10 电磁铁.....	109
---------------	-----

6.10.1 电磁铁的基本结构和工作原理	109
----------------------------	-----

6.10.2 常用电磁铁的类型及选用	111
复习思考题 6	112
第 7 章 交流电动机	114
7.1 三相异步电动机的基本结构	114
7.1.1 转子	115
7.1.2 定子	116
7.2 三相异步电动机的工作原理	118
7.2.1 转动原理	118
7.2.2 三相异步电动机的旋转磁场	119
7.2.3 三相异步电动机的电磁转矩和机械特性	123
7.3 三相异步电动机的铭牌数据	126
7.4 三相异步电动机的检查、测试和监护.....	130
7.4.1 电动机的检查与测试	130
7.4.2 电动机在正常运行时的监护	135
7.5 三相异步电动机的常见故障分析与排除	137
7.6 三相笼型异步电动机的拆卸与装配	140
7.6.1 拆卸的步骤及方法	140
7.6.2 装配的步骤及方法	142
7.7 单相交流异步电动机	143
7.7.1 单相电动机的结构、原理和分类	143
7.7.2 单相异步电动机主副绕组的判定及正反转控制.....	146
7.7.3 单相异步电动机的调速	147
7.7.4 电容运转式单相电动机常见故障分析与处理	149
复习思考题 7	150
第 8 章 低压电器	151
8.1 低压电器产品的分类与型号	151

8.1.1	低压电器的分类	151
8.1.2	低压电器的型号	153
8.2	熔断器	153
8.2.1	熔断器的用途、结构和主要技术参数	153
8.2.2	常用熔断器	154
8.2.3	熔断器的选用和安装维护	157
8.3	低压开关类电器	158
8.3.1	刀开关	158
8.3.2	转换开关	160
8.4	低压断路器	163
8.4.1	低压断路器的用途与分类	163
8.4.2	低压断路器的结构和工作原理	163
8.4.3	低压断路器的选用和安装注意事项	165
8.5	接触器	166
8.5.1	接触器的用途、基本结构和工作原理	166
8.5.2	接触器的主要技术参数和选用	168
8.6	主令电器	170
8.6.1	按钮	170
8.6.2	行程开关	172
8.7	继电器	173
8.7.1	电磁式继电器	173
8.7.2	时间继电器	175
8.7.3	热继电器	178
8.7.4	速度继电器	183
8.8	低压电器常见故障的分析及处理	184
8.8.1	触头的故障分析及处理	184
8.8.2	电磁机构的故障分析及处理	185

8.8.3 线圈过热或烧毁的故障分析及处理	186
复习思考题 8	187
第 9 章 电力拖动的电气控制	188
9.1 继电器接触控制电路图的画法规则	188
9.1.1 电气原理图的绘制原则与读识	189
9.1.2 电气控制接线图的绘制原则与读识	195
9.2 三相笼型异步电动机的单向启动控制电路	196
9.2.1 全压启动控制电路	196
9.2.2 降压启动控制电路	200
9.3 三相笼型电动机的正反转控制电路	210
9.3.1 倒顺开关正反转控制电路	210
9.3.2 接触器联锁的正反转控制电路	210
9.3.3 按钮、接触器双重联锁的正反转控制电路	212
9.4 三相笼型电动机的位置控制电路	214
9.4.1 电动机限位控制电路	214
9.4.2 电动机自动往返循环运动控制电路	214
9.5 三相笼型电动机的制动控制电路	217
9.5.1 机械制动控制电路	218
9.5.2 电气制动控制电路	219
9.6 三相笼型电动机的其他控制电路	225
9.6.1 顺序控制电路	225
9.6.2 多地控制电路	227
9.6.3 调速控制电路	227
9.7 三相绕线型异步电动机的基本控制电路	231
9.7.1 绕线型三相异步电动机的启动控制电路	231
9.7.2 绕线型三相异步电动机的正反转及调速控制电路	234

9.8	普通车床控制电路	235
9.8.1	C620-1 型普通车床控制电路	236
9.8.2	C650 型普通车床控制电路	238
9.9	继电器接触控制电路的故障检查方法	242
9.9.1	继电器接触控制电路故障检查的一般方法	242
9.9.2	三相笼型电动机用接触器直接启动控制电路的 故障检查	247
复习思考题 9		249
第 10 章 低压配电与安全用电		251
10.1	低压配电装置	251
10.1.1	小容量低压配电装置的组成	251
10.1.2	较大容量低压配电装置的组成	253
10.1.3	交流电度表及其接线	256
10.1.4	动力配电板的明配线安装图	260
10.2	低压配电线路	260
10.2.1	低压配电线路的接线方式	260
10.2.2	室外配电线路	264
10.2.3	室内配电线路	264
10.2.4	低压配电线路导线截面积的选择和计算方法	265
10.3	接地与接零	267
10.3.1	接地和接地装置	267
10.3.2	接地和接零的类型和作用	268
10.4	低压配电系统的接地型式和适用范围	270
10.4.1	低压配电系统的接地型式	270
10.4.2	各种接地型式配电系统的适用范围	272
10.5	单相三线制低压配电线路	273

10.6	漏电保护断路器	276
10.6.1	漏电保护断路器的基本工作原理	276
10.6.2	漏电保护开关的接线和注意事项	277
10.7	安全用电措施和操作规程	278
复习思考题 10		279
第 11 章 常用照明设备的应用及维修		281
11.1	照明开关及插座	281
11.1.1	照明开关及安装接线	281
11.1.2	插座及安装接线	283
11.2	常用电光源	284
11.2.1	白炽灯与卤钨灯	284
11.2.2	荧光灯	285
11.2.3	高压汞灯	288
11.2.4	高压钠灯	289
11.3	照明器的安装	290
11.3.1	灯具安装的基本要求	290
11.3.2	白炽灯的安装	291
11.3.3	荧光灯的安装	295
11.4	照明线路的故障检查与排除	297
11.4.1	短路、断路、漏电故障的检查方法	297
11.4.2	白炽灯和荧光灯常见故障的检查与排除方法	300
第 12 章 应用电工基本操作技能		305
12.1	常用电工工具及使用	305
12.1.1	验电笔	305
12.1.2	螺钉旋具	306

12.1.3	活动扳手	307
12.1.4	钢丝钳、尖嘴钳、断线钳	308
12.1.5	电工刀	310
12.1.6	剥线钳和手动压接钳	310
12.2	绝缘导线绝缘层的剥离	312
12.2.1	塑料硬导线线头绝缘层的剥离	312
12.2.2	塑料多芯软导线线头绝缘层的剥离	313
12.2.3	橡胶线线头保护层和绝缘层的剥离	314
12.2.4	花线线头绝缘层的剥离	314
12.2.5	塑料护套线线头绝缘层的剥离	315
12.2.6	铅包线绝缘层的剥离	315
12.2.7	橡套软线(橡套电缆)绝缘层的剥离	316
12.2.8	漆包线绝缘层的去除	316
12.3	导线芯线的连接	316
12.3.1	铜芯导线的连接	316
12.3.2	铝芯导线的连接	319
12.3.3	铜芯导线与铝芯导线之间的连接	320
12.3.4	线头与接线端子(接线桩)的连接	321
12.4	导线绝缘层的恢复	325
12.5	室内布线	327
12.5.1	室内布线的技术要求和配线步骤	327
12.5.2	护套线布线	328
12.5.3	瓷瓶布线	330
12.5.4	线管布线	334
12.6	电气设备紧固件的埋设	339

第 1 章 电的基本知识

本章主要介绍电路的基本物理量,基本定律,电路的组成及状态,电阻的串、并联以及电气设备的额定值等基本知识,这些内容是分析与计算简单电路的基础,应注意结合实际应用和扩展这些内容。

1.1 物质的基本结构和电性能

1.1.1 正电荷和负电荷、电量

自然界中存在着两种性质不同的电荷,即正电荷(以“ $+$ ”表示)和负电荷(以“ $-$ ”表示)。要了解电的本质,必须从物质的内部结构来说明。

任何物质是由分子组成,分子是由原子组成,原子是由一个带正电荷的原子核和在一定轨道上围绕着原子核旋转的一些带负电荷的电子组成,这些电子所带负电荷的总和与原子核所带正电荷相等,因此整个原子便显示为中性,物体通常不显出电性来。

图 1-1 是铝原子的原子结构示意图。当原子失去电子,就显示出带正电,反之,当原子获得额外的电子,就显示出带负电。正、负电荷是物体所固有的,我们只能在一定的条件下使物体内部原子中的正负电荷分离,使电子转移到另一物体上而成为带电体。

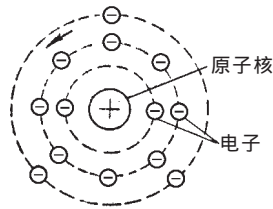


图 1-1 铝原子结构

带电体所带电荷的多少,叫做电量,用符号 Q 表示,在国际单位制中,电量的单位是库仑,1 库仑的电量等于 6.25×10^{18} 个电子电量。

电荷与电荷之间有相互作用力,且具有同性电荷相斥,异性电荷相吸的性质。物体所带的电荷越多,它们之间的相互作用力就越大。

导体、绝缘体、半导体

物体根据导电性能的不同,可区分为导体、绝缘体、半导体三大类。导体又分为第一类导体和第二类导体:银、铜、铝、锌、铁等金属以及炭、人体、大地等为第一类导体;各种酸、碱、盐的水溶液,属第二类导体。导体又常称为导电材料。

橡胶、塑料、云母、陶瓷、胶木、纸、油类、绝缘漆、干燥的木材等,它们在一般情况下是不能导电的,称为绝缘体或绝缘材料。

电气设备皆是由导电材料和绝缘材料构成,用导电材料构成电流通路,用绝缘材料来隔开不同的导电部分,阻止电流在不允许的地方流通。

导电性能介于导体和绝缘体之间的物体称为半导体,如硅、锗、硒以及氧化铜等。半导体常用来制作各种半导体器件,在电子技术中得到极其广泛的应用。

物体的导电性能和它们内部的原子结构密切相关。各种金属材料中,原子内的最外层电子很容易摆脱原子核的吸引而成为自由电子,它可以在金属内的原子之间自由地运动,由于金属中存在大量自由电子,金属就很容易导电。对于第二类导体,则由于其内部存在着正、负离子,它们在导电时可以自由移动,因而成为导体。绝缘体由于它们原子中的电子都被原子核紧紧地束缚住,几乎没有自由电子存在,所以一般情况下是不能导电的。

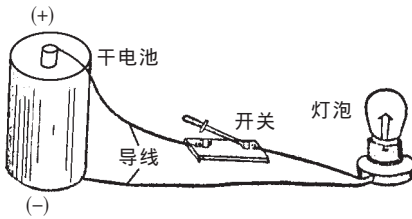
导体和绝缘体的区分是相对的、有条件的,绝对不导电的物体是没有的,绝缘体只不过是导电能力非常微弱而已。绝缘材料随着使用时间的增长会发生老化,使绝缘性能下降,绝缘体受潮、污秽、温度过高或在强电场作用下可使绝缘性能下降,当超过一定的限度时,绝缘体可能完全失去绝缘性能而导电。所以要防止电气设备受潮、污秽,要监视电气设备的温度不要过高,电源电压不要超过设备的额定

工作电压。

员猿猿电路的基本物理量

员猿猿电路的作用与组成

电路是电流所经过的路径,它主要由电源、负载、开关和连接导线组成,如图员猿猿所示。



图员猿猿简单的电路

员猿源电源

电源的作用是将非电能转换成电能,例如在常用的电源中,蓄电池、干电池把化学能转换成电能,发电机把机械能转换成电能。

员猿缘负载

负载的作用是将电能转换成其他形式的能量,例如在常用的负载中,灯泡、电炉将电能转换成光能、热能,电动机将电能转换成机械能。

员猿陆连接导线和开关

导线用来连接电源与负载,开关用来控制电路的接通或分断,组成电流通路的中间环节。

员猿陆电流

电流是由电荷的定向移动而形成的。电流的大小是用单位时间内通过某一导体横截面的电量来表示,常用符号 I 表示。

如果在时间 t 内,通过某一导线横截面的电流的方向不变,并且电量 q 相等,这种电流称为恒定电流或直流电流,简称直流,则其电流:

$$I = \frac{q}{t} \quad (1.1.1)$$

如果在极短的一段时间 Δt 内,通过某一导线横截面的微量电量为 Δq ,则电流:

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t} \quad (1.1.2)$$

电流一般是随时间而变化的。在生产、生活中常用的电路中,其电流(亦简称为电流)的大小和方向是随时间变化的,这种电流称为交变电流,简称交流。

在国际单位制中,电流的单位叫做安培,简称安,用符号 A 表示。有时也用毫安(mA),微安(μA)作单位。它们之间的换算关系是:

$$1A = 10^3 mA, 1A = 10^6 \mu A$$

1安培的电流相当于每秒钟在导线的横截面通过 1库仑的电量。电流的方向规定为从高电位端流向低电位端的方向。

电压与电动势

在图 1.1.1 的电路中,将开关闭合,灯泡就会发光,这是由于电路中有电流流动的缘故。电路中连续不断的电流是怎样产生的呢?这是由于干电池有两个电极,一个电极积聚大量的正电荷,称为正极(极);另一个电极积聚大量的负电荷,称为负极(极)。因此在此(极)、(极)之间产生电场,当开关闭合后,干电池(极)、(极)之间就用导体连接起来了(如图 1.1.1 所示),于是在此电场作用下,正电荷就要从(极)经

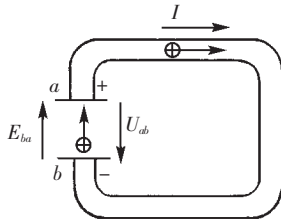


图 1.1.1 电荷的流动回路

源