

目 录

项目一 直流电路的安装、测试与分析	1
任务一 建立电路模型	2
任务二 识别检测电路元件	8
任务三 直流电路分析	12
项目一 小结	25
项目一 习题	33
项目二 正弦交流电路的安装、测试与分析	35
任务一 白炽灯、日光灯的安装与维护	36
任务二 照明电路装接	38
项目二 小结	39
项目二 习题	66
项目三 变压器使用与维护	71
任务一 电磁铁分析	72
任务二 变压器测试与分析	91
项目三 小结	100
项目三 习题	101
项目四 低压电器的认识和电动机的测试与装配	102
任务一 认识常用低压电器	103
任务二 认识并拆装三相异步电动机	134
项目四 小结	157
项目四 习题	158

项目五 基本电气控制线路的装接	160
任务一 三相异步电动机基本控制电路的装接	161
任务二 三相异步电动机其他典型控制电路的装接	191
项目五 小结	209
项目五 习题	210
项目六 直流稳压电源的安装与调试	212
任务一 元器件的识别与检测	213
任务二 简单直流稳压电源的制作	226
项目六 小结	240
项目六 习题	241
项目七 模拟电子线路的安装与调试	243
任务一 共射放大器的制作与测试	244
任务二 共集放大器的制作与测试	255
任务三 负反馈放大器的制作与测试	261
任务四 集成运放的识读与测试	277
项目七 小结	295
项目七 习题	296
项目八 数字电子线路的安装与调试	299
任务一 常用集成门电路的测试	300
任务二 简易组合逻辑电路的安装	314
任务三 BCD 编码器的逻辑电路应用	323
任务四 译码器的逻辑电路设计与制作	330
任务五 显示驱动电路的设计与制作	334
任务六 集成触发器的测试	340
项目八 小结	351
项目八 习题	352

项目一 直流电路的安装、测试与分析

直流电路在电气设备中被广泛应用,其安装、测试与分析是电工职业岗位的一项重要技能。本项目主要介绍如何建立电路模型、如何识别与检测电路元件,并能对实际直流电路进行测试、分析与改装。

一、学习目标

知识目标:

1. 了解电路的基本组成及各部分的作用,建立简单电路模型;
2. 理解电路的基本物理量意义,掌握其计算方法;
3. 了解电阻、电容、电感等电路元器件的外观、分类、特性;
4. 掌握欧姆定律、基尔霍夫定律等电路基本定律;
5. 熟练掌握简单电阻电路的计算。

技能目标:

1. 会正确使用万用表,能对电路元件进行分类和简单测量;
2. 会分析复杂直流电路,具有一定的实验操作技能;
3. 会进行电流表、电压表量程扩大改装并进行校验;
4. 会查阅有关技术资料 and 工具书。

二、工作任务单

序号	任务名称
1	建立电路模型
2	识别检测电路元件
3	直流电路分析

任务一 建立电路模型

知识链接一 电路的组成和作用

一、电路的基本组成及各部分的作用

先从一个实际的例子说起,图 1-1(a)是大家都熟悉的手电筒电路的结构示意图,图中,电池是产生电能的元件,它将化学能转变成电能,称为电源;电珠是消耗电能的电路元件,它将电能转变成光能,称为负载;开关是控制元件,控制电路的接通与断开;导线起传输电能的作用。

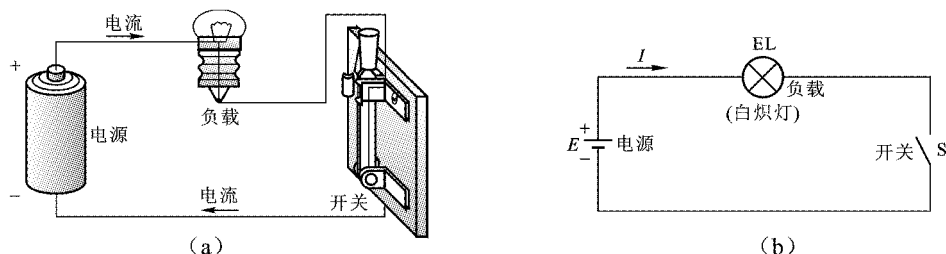


图 1-1 电路的基本结构

电路就是各种电路元件和设备按一定方式连接起来的整体,可以实现某种功能,是电流通过的路径。任何实际电路必须包含电源、负载和中间环节。

电路按其功能可分为两大类:第一类是能量的产生、传输、分配电路,其典型例子是电力系统的输电线路。第二类是信息的传递与处理电路。在这类电路中,传递的是各种信息,而不特别强调传输系统中的能量大小,信息的传递与处理电路的输出信号又称响应,它的能量只要能够满足负载设备的正常工作即可,这一类电路的中间环节由电子设备组成,是相当复杂的,主要起信号的处理、放大、传输和控制等作用。

二、电路模型和电路图

图 1-1 所示电路在分析器件的接法和原理时是很有用的,但要用它对电路进行定量分析和计算时,则非常困难。所以通常用一些简单但却能够表征电路主要电磁性能的理想元件来代替实际部件。这样一个实际电路就可以由多个理想元件的组合来代替,这样的电路称为电路模型。

实际电气设备和器件的种类繁多,但理想电路元件只有有限的几种,分别是理想电源、理想电阻、理想电感、理想电容。因此建立电路模型可以使电路的分析大大简化。同时值得注意的是电路模型反映了电路的主要性能,而忽略了它的次要性能,因而电路模型只是实际电路的近似,两者不能等同。

将实际电路中各个部件用其模型符号来表示,这样画出的图称为实际电路的电路模型图,也称作电路原理图。如图 1-2 所示就是图 1-1 所示实际电路的电路原理图。各种

电气元件都可以用图形符号或文字符号来表示,根据国标规定部分常用的电气元件符号见表 1-1。

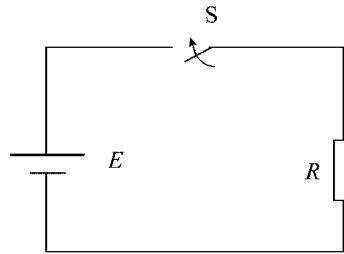


图 1-2 手电筒电路原理

表 1-1 常用电气原件符号

元件名称	符号	元件名称	符号
固定电阻		电容	
可调电阻		可调电容	
电池		无铁芯电感	
开关		有铁芯电感	
电流表		相连接的交叉导线	
电压表		不连接的交叉导线	
电压源		接地	
电流源		保险丝	

知识链接二 电路的基本物理量

在电路问题中需要分析和研究的物理量很多,但主要是电流、电压和电功率等,其中电流、电压是电路中的基本物理量。关于单位制,我国于1984年2月规定使用统一国际单位制(简称SI)。在国际单位制中,电磁学采用四个基本单位,即长度单位米(m),质量单位千克(kg),时间单位秒(s),电流单位安培(A)。

除了SI单位之外,根据实际情况,需要使用较大单位和较小单位时,则在SI单位上加词头,例如大的长度单位用千米(km)表示,小的长度单位用毫米(mm)表示等。常用的词头见表1-2。以后讨论电路物理量的单位时,均按SI单位制执行,若需要采用较小单位,可在SI单位前加上词头。

表 1-2 SI 常用词头

词头	代号		因数	词头	代号		因数
	中文	英文			中文	英文	
兆(mega)	兆	M	10^6	厘(centi)	厘	c	10^{-2}
千(kilo)	千	k	10^3	毫(milli)	毫	m	10^{-3}
百(hecto)	百	h	10^2	微(micro)	微	μ	10^{-6}
十(deca)	十	da	10^1	皮(pico)	皮	p	10^{-12}

一、电流

电荷或带电质点有规则的定向运动形成电流。我们知道,在金属导体中有大量的带负电荷的自由电子,在常态下,这些自由电子在金属内部作无规则的热运动,不能形成电流。若给导体两端加上电源,即施加电场力,如图1-3所示,在电场力的作用下自由电子逆电场力方向运动而形成电流。

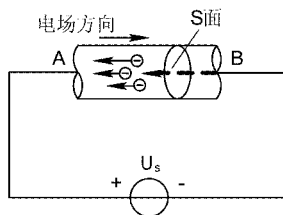


图 1-3 电流示意图

表示电流强弱的物理量称电流强度,用字母*i*或*i(t)*表示,单位是安培,简称安(A)。在电路分析和工程实际中常把电流强度简称为电流。

电流强度在数值上等于单位时间内通过导体横截面的电荷量。设在*dt*时间内通过导体横截面的电荷为*dq*,则通过该截面的电流为:

$$i = \frac{dq}{dt} \quad (1-1)$$

在一般情况下电流是随时间而变的,称为交流电流。如果电流不随时间而变,即 $dq/dt = \text{常量}$,则这种电流就称为直流电流,用大写字母*I*表示,它所通过的路径就是直

流电路。在直流电路中,式(1-1)可写成:

$$I = \frac{Q}{t} \quad (1-2)$$

式中, Q 是在时间 t 内通过导体截面的电荷量。

电流的单位是 A(安培)。 $1\text{A} = \frac{1\text{C}}{1\text{S}} = \frac{1\text{库}}{1\text{秒}}$ 。除安培外,常用的电流单位还有 KA(千安)、mA(毫安)和 μA (微安)。 $1\text{KA} = 10^3\text{A}$, $1\text{A} = 10^3\text{mA}$, $1\text{A} = 10^6\mu\text{A}$ 。

对于简单电路,电流实际方向根据电源极性很容易判断,可以直接标出,但在电路分析中,实际电路往往比较复杂,某一段电路中电流实际流动方向在分析计算前很难判断出来,因此很难在电路中标明电流的实际方向。由于这些原因,引入了电流“参考方向”的概念。

在计算前先任意选定某一个方向作为电流的参考方向,根据参考方向进行电路的相关计算,如计算结果电流为正值($I > 0$),则电流的参考方向与它的实际方向一致;如电流为负值($I < 0$),则电流的参考方向与它的实际方向相反,如图 1-4 所示。

因此,在指定的电流参考方向下,电流值的正和负,就可以反映出电流的实际方向。

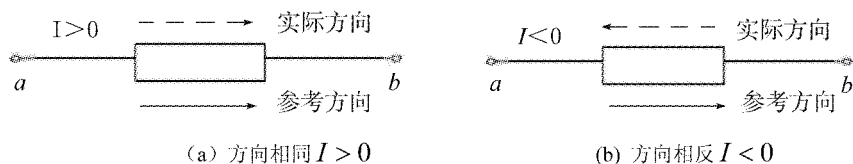


图 1-4 电流参考方向与它的实际方向间的关系

电流的参考方向是任意指定的,在电路中一般用箭头表示。也有用双下标表示的,如 I_{ab} ,其参考方向是由 a 指向 b 。

二、电压

在电源的外部电路中要使电荷运动形成电流,电荷上必须有电场力的作用。如图 1-5 所示,电源的 A 极板带正电荷, B 极板带负电荷,因而两极板间形成电场,其方向由 A 指向 B。当用导线将负载与电源的正、负极板连接成一个闭合电路时,正电荷将在电场力作用下由正极板 A 经导线和负载向负极板 B(实际上是自由电子由负极板 B 经导线和负载向正极板 A)运动而形成电流,这时电场力对正电荷做功,我们把电场力做功的这种本领用电压来衡量。

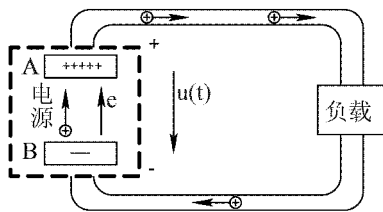


图 1-5

A、B 两点的电压用 U_{AB} 表示,在数值上等于单位正电荷在电场力的作用下,由 A 点

经外电路移动到 B 点电场力所做的功。电压表征静电力在电源外部搬运电荷所做的功 (W) 与被移送电荷量 (Q) 的比值。即

$$U = \frac{W}{Q} \quad (1-3)$$

在国际单位制 (SI) 中, 电压的单位为伏特, 简称伏 (V)。

电压的实际方向定义为正电荷在电场中受电场力作用 (电场力作正功时) 移动的方向。与电流一样, 电压也有自己的参考方向, 如下图用实线箭头或双下标表示。电压的参考方向也是任意指定的。在电路中, 电压的参考方向可以用一个箭头来表示, 也可以用正 (+)、负 (-) 极性来表示, 正极指向负极的方向就是电压的参考方向; 还可以用双下标表示, 如 U_{AB} 表示 A 和 B 之间的电压的参考方向由 A 指向 B (见图 1-6)。同样, 在指定的电压参考方向下计算出的电压值的正和负, 就可以反映出电压的实际方向。

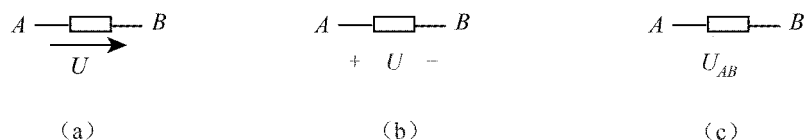


图 1-6 电压的参考方向表示法

三、电位

在电气设备的调试和检修中, 经常要测量各点的电位, 看其是否符合设计要求。

电位是衡量电路中各点所具有的电位能大小的物理量。电位在数值上被定义为电场力将单位正电荷从给定点移动到参考点 (又称零电位点或接地点) 所做的功。在电路分析中用小写字母 v 或 $v(t)$ 表示变化的电位, 用大写字母 V 表示恒定电位。

电位的数值与参考点有关, 但是, 任一确定的电路, 无论参考点如何变化, 任意两点间的电压数值均不变化。两点间的电压等于两点间的电位之差, 即电压的数值与参考点无关。因此, 电压也称电位差, 因为电压与电位都是以电场力移动正电荷做功来定义的, 所以, 电位的单位与电压的单位相同, 也为伏特 (V)。

四、电动势

电动势是对电源而言的。在图 1-5 所示的电路中, 正电荷在电场力的作用下不断从 A 极板流向 B 极板, 如果没有外力的作用, A 极板因正电荷的减小会使电位逐渐降低, 而 B 极板则因正电荷的增多会使电位逐渐升高, 故 A、B 两点之间的电位差就会减小, 最后为零。为了维持导线中的电流, 必须使 A、B 两极板间保持一定的电压, 这就要借助外力使移动到 B 极板的正电荷经过另一路径回到 A 极板, 在这个过程中, 外力克服电场力做功, 这种外力是非电场力, 我们称其为电源力。为了衡量电源力对正电荷做功的能力, 我们引入电动势这个物理量。电动势定义为: 电源力将单位正电荷从电源负极 (B 极板) 移动到正极 (A 极板) 所做的功。对于变化的电动势用小写字母 e 或 $e(t)$ 表示, 恒定电动势用大写字母 E 表示, 即

$$E = \frac{W_s}{Q} \quad (1-4)$$

式(1-4)与式(1-3)在表示形式上相同,但一定要区分清楚 E 是对电源内部而言的, U 是对电源以外的电路而言的。

电动势的真实方向规定为在电源内部正电荷运动的方向。若用箭头表示其方向,则由电源负极指向正极,如图 1-5 所示。电动势的单位与电压相同,也为伏特(V)。

五、电能

1. 电能:若导体两端电压为 U ,通过导体横截面积的电荷量为 Q ,电场力所做的功就是电路所消耗的电能:

$$W = QU = UI t$$

2. 电能的单位为焦[耳](J)。在实际应用中常以千瓦时($\text{kW} \cdot \text{h}$)(曾称度)作为电能的单位。

1 $\text{kW} \cdot \text{h}$ 时在数值上等于功率为 1 kW 的用电器工作 1 h 所消耗的电能。

$$1 \text{度} = 1 \text{kW} \cdot \text{h} = 1000 \text{W} \times 3600 \text{s} = 3.6 \times 10^6 \text{W} \cdot \text{s} = 3.6 \times 10^6 \text{J}$$

3. 电能的测量是利用电能表(俗称电度表),如图 1-7 所示。

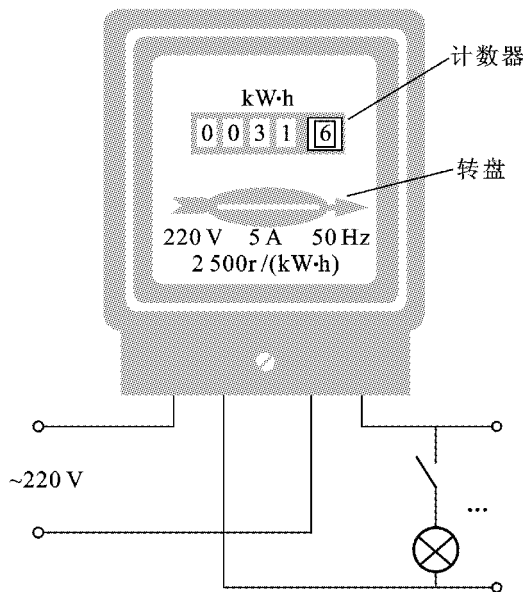


图 1-7 电度表及接线

例 1-1 一空调器正常工作时的功率为 1214W,设其每天工作 4 小时,若每月按 30 天计算,试问一个月该空调器耗电多少度?若每度电费 0.80 元,那么使用该空调器一个月应缴电费多少元?

解 空调器正常工作时的功率为

$$1214 \text{W} = 1.214 \text{kW}$$

一个月该空调器耗电

$$W = Pt = 1.214 \text{kW} \times 4 \text{h} \times 30 = 145.68 \text{kW} \cdot \text{h}$$

使用该空调器一个月应缴电费

$$145.68 \times 0.80 \approx 116.54 (\text{元})$$

六、电功率

1. 电功率:用电设备单位时间(t)里所消耗的电能(W)叫做电功率:

$$P = \frac{W}{t} = UI$$

若是纯电阻电路:

$$P = UI = I^2 R = \frac{U^2}{R}$$

2. 电功率是利用功率表进行测量的,其测量线路如图 1-8 所示。

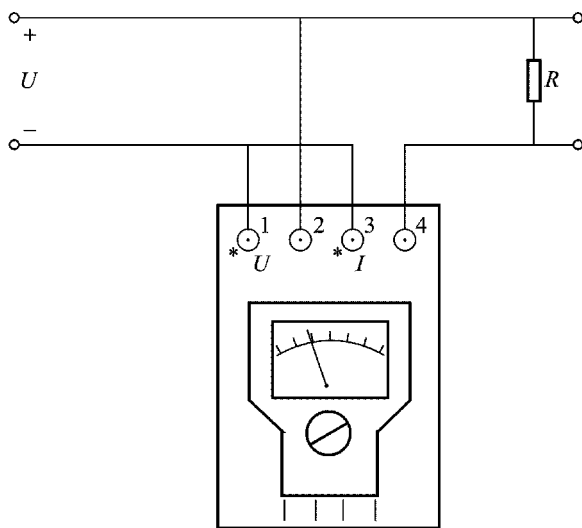


图 1-8 功率表测功率

功率表测电压的线圈(1、2)并联在电路上,测量电流的线圈(3、4)串联在电路上。

例 1-2 一台电炉的额定电压为 220 V,额定电流为 5 A,该电炉电功率为多大?

解 $P=UI=220 \times 5=1\ 100\ \text{W}=1.1\ \text{kW}$

知识链接三 电路的三种状态和电气设备的额定值

一、电路的工作状态

灯泡是否发光显示了所处电路的工作状态,电炉是否发热也显示了电路的状态,还有一些电路没有明显的标志显示其状态,但是我们可以通过对电路有关电学量的测量分析判断电路的状态,我们还经常可以在很多用电器上看到诸如“警告”、“WARNING”等标志,禁止电路处于某些状态,这又是什么原因呢?

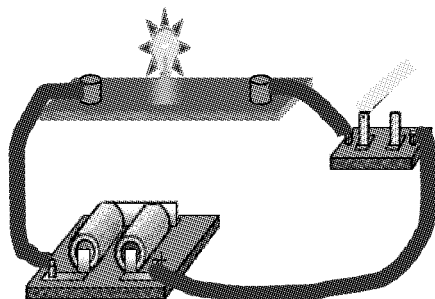


图 1-9 灯泡为什么会发光?

如图 1-9 所示,当开关接通时,灯泡发光,表明电路处于导通状态;当开关断开或电线断裂、接头松脱时,灯泡不发光,表明电路处于断开状态。

电路的工作状态一般有三种:有载状态、短路状态和开路状态,分别如图 1-10 所示。

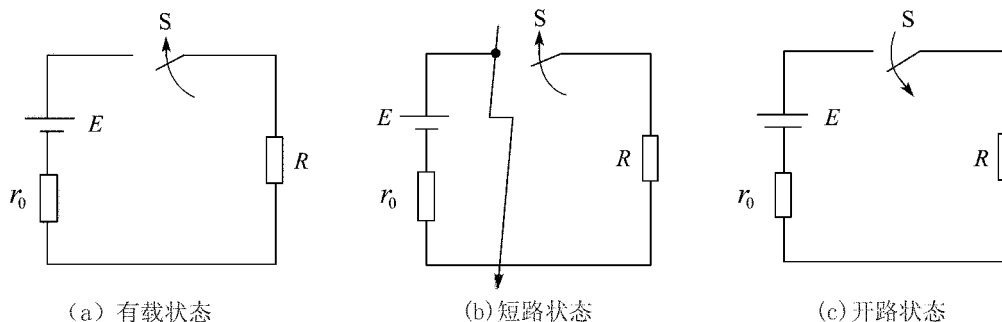


图 1-10 电路的工作状态

1. 有载状态

在图 1-10(a)所示电路中,当开关 S 闭合后电源与负载接成闭合回路,电源处于有载工作状态,电路中有电流流过。

2. 短路状态

在图 1-10(b)所示电路中,当 a、b 两点接通,电源被短路,此时电源的两个极性端直接相连。电源被短路往往会造成严重后果,如导致电源因发热过甚而损坏,或因电流过大而引起电气设备的机械损伤,因而要绝对避免电源被短路。所以在实际工作中,应经常检查电气设备和线路的绝缘情况,以防止发生电压源短路事故。此外,还应在电路中接入熔断器等保护装置,以便在发生短路事故时能及时切断电路,达到保护电源及电路元器件的目的。

3. 开路(断路)状态

在图 1-10(c)所示电路中,开关 S 断开或电路中某处断开,被切断的电路中没有电流流过,开路又叫断路。

二、电气设备的额定值

1. 额定工作状态

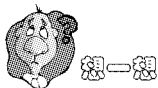
任何电气设备在使用时,若电流过大,温升过高就会导致绝缘的损坏,甚至烧坏设备或元器件。为了保证正常工作,制造厂对产品的电压、电流和功率都规定其使用限额,称为额定值,通常标在产品的铭牌或说明书上,以此作为使用依据。

电源设备的额定值一般包括额定电压 U_N 、额定电流 I_N 和额定容量 S_N 。其中 U_N 和 I_N 是指电源设备安全运行所规定的电压和电流限额;额定容量 $S_N = U_N I_N$,表征了电源最大允许的输出功率,但电源设备工作时不一定总是输出规定的最大允许电流和功率,究竟输出多大还取决于所连接的负载。

负载的额定值一般包括额定电压 U_N 、额定电流 I_N 和额定功率 P_N 。对于电阻性负载,由于这三者与电阻 R 之间具有一定的关系式,所以它的额定值不一定全部标出。

2. 超载、满载、轻载

电气设备工作在额定值情况下的状态称为额定工作状态(又称“满载”)。这时电气设备的使用是最经济合理和安全可靠的,不仅能充分发挥设备的作用,而且能够保证电气设备的设计寿命。若电气设备超过额定值工作,则称为“过载”。由于温度升高需要一定时间,因此电气设备短时过载不会立即损坏。但过载时间较长,就会大大缩短电气设备的使用寿命,甚至会使电气设备损坏。若电气设备低于额定值工作,则称为“欠载”。在严重的欠载下,电气设备就不能正常合理地工作或者不能充分发挥其工作能力。过载和严重欠载都是在实际工作中应避免的。



短路会产生什么后果?实际生产和生活中是如何防止短路的?

任务实施一 电路基本参数的测量

一、使用的主要工具、仪表及器材

1. 主要元器件如表 1-3 所示。

表 1-3 元件明细表

序号	名称	推荐型号	推荐规格	数量
1	电珠	3.8V	0.3A	1
2	电池组	4.5V	AAA	1
3	滑动变阻器	50Ω		1

2. 仪表

电压表(0~3V~15V)、电流表(0~0.6A~3A)

3. 器材

按键一只,导线若干。

二、项目实施步骤

1. 按照图 1-11 所示电路图连接实验电路。

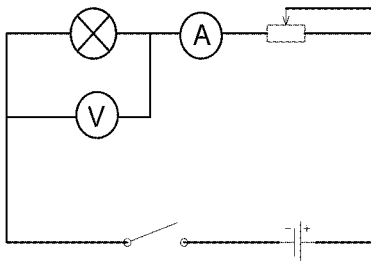


图 1-11

2. 闭合按键前,滑动变阻器的滑片位于最右端。闭合按键,调节滑片,使电压表的读数显示为 3.8V,读出此时的电流表示数。

3. 根据 $P=UI$,计算出此时小灯泡的功率。



思考与练习

1. 电流表为什么要采用外接法?
2. 闭合按键前,滑动变阻器的滑动片为什么要位于最右端?
3. 谈谈电压和电动势的区别和联系。
4. 电池组“4.5V”指的是电池组的电压还是电池组的电动势?

任务二 识别检测电路元件

知识链接一 万用表的使用方法

一、指针式万用表

1. 万用表的结构(MF500 型)

万用表由表头、测量电路及转换开关等三个主要部分组成。如图 1-12 所示。

(1) 表头

它是一只高灵敏度的磁电式直流电流表,万用表的主要性能指标基本上取决于表头的性能。表头的灵敏度是指表头指针满刻度偏转时流过表头的直流电流值,这个值越小,表头的灵敏度愈高。测电压时的内阻越大,其性能就越好。表头上有四条刻度线,它们的功能如下:第一条(从上到下)标有 R 或 Ω ,指示的是电阻值,转换开关在欧姆挡时,即读此条刻度线。第二条标有 \sim 和 VA,指示的是交、直流电压和直流电流值,当转换开关在交、直流电压或直流电流挡,量程在除交流 10V 以外的其他位置时,即读此条刻度线。第三条标有 10V,指示的是 10V 的交流电压值,当转换开关在交、直流电压挡,量程在交流 10V 时,即读此条刻度线。第四条标有 dB,指示的是音频电平。

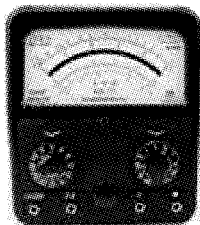


图 1-12 MF500 型外形图

(2) 测量线路

测量线路是用来把各种被测量转换到适合表头测量的微小直流电流的电路,它由电阻、半导体元件及电池组成。

它能将各种不同的被测量(如电流、电压、电阻等)、不同的量程,经过一系列的处理(如整流、分流、分压等)统一变成一定量限的微小直流电流送入表头进行测量。

(3) 转换开关

其作用是用来选择各种不同的测量线路,以满足不同种类和不同量程的测量要求。转换开关一般有两个,分别标有不同的档位和量程。

2. 符号含义

(1) \sim 表示交直流。

(2) V—2.5kV4000 Ω /V 表示对于交流电压及 2.5KV 的直流电压挡,其灵敏度为 4000 Ω /V。

(3) A—V— Ω 表示可测量电流、电压及电阻。

(4) 45—65—1000Hz 表示使用频率范围为 1000Hz 以下,标准工频范围为 45—65Hz。

(5) 2000 Ω /VDC 表示直流挡的灵敏度为 2000 Ω /V。

3. 万用表的使用

(1) 熟悉表盘上各符号的意义及各个旋钮和选择开关的主要作用。

(2) 进行机械调零。

(3) 根据被测量的种类及大小,选择转换开关的挡位及量程,找出对应的刻度线。

(4) 选择表笔插孔的位置。

(5) 测量电压测量电压(或电流)时要选择好量程,如果用小量程去测量大电压,则会有烧表的危险;如果用大量程去测量小电压,那么指针偏转太小,无法读数。量程的选择应尽量使指针偏转到满刻度的 2/3 左右。如果事先不清楚被测电压的大小时,应先选择最高量程挡,然后逐渐减小到合适的量程。

a. 交流电压的测量:将万用表的一个转换开关置于交、直流电压挡,另一个转换开关置于交流电压的合适量程上,万用表两表笔和被测电路或负载并联即可。

b. 直流电压的测量:将万用表的一个转换开关置于交、直流电压挡,另一个转换开关置于直流电压的合适量程上,且“+”表笔(红表笔)接到高电位处,“-”表笔(黑表笔)接到低电位处,即让电流从“+”表笔流入,从“-”表笔流出。若表笔接反,表头指针会反方向偏转,容易撞弯指针。

(6) 测电流测量直流电流时,将万用表的一个转换开关置于直流电流挡,另一个转换开关置于 50mA 到 500mA 的合适量程上,电流的量程选择和读数方法与电压一样。测量时必须先断开电路,然后按照电流从“+”到“-”的方向,将万用表串联到被测电路中,即电流从红表笔流入,从黑表笔流出。如果误将万用表与负载并联,则因表头的内阻很小,会造成短路烧毁仪表。其读数方法如下:

实际值 = 指示值 \times 量程 / 满偏

(7) 测电阻:用万用表测量电阻时,测量方法如下:

a. 选择合适的倍率挡。万用表欧姆挡的刻度线是不均匀的,所以倍率挡的选择应使指针停留在刻度线较稀的部分为宜,且指针越接近刻度尺的中间,读数越准确。一般情况下,应使指针指在刻度尺的 1/3~2/3 间。

b. 欧姆调零。测量电阻之前,应将 2 个表笔短接,同时调节“欧姆调零旋钮”,使指针刚好指在欧姆刻度线右边的零位。如果指针不能调到零位,说明电池电压不足或仪表内部有问题。并且每换一次倍率挡,都要再次进行欧姆调零,以保证测量准确。

c. 读数:表头的读数乘以倍率,就是所测电阻的电阻值。

(8) 注意事项

a. 在测电流、电压时,不能带电换量程

b. 选择量程时,要先选大的,后选小的,尽量使被测值接近于量程

c. 测电阻时,不能带电测量。因为测量电阻时,万用表由内部电池供电,如果带电测量则相当于接入一个额外的电源,可能损坏表头。

d. 用毕,应使转换开关在交流电压最大挡位或空挡上。

二、数字万用表

现在,数字式测量仪表已成为主流,有取代模拟式仪表的趋势。与模拟式仪表相比,数字式仪表灵敏度高,准确度高,显示清晰,过载能力强,便于携带,使用更简单。下面以 VC9802 型数字万用表为例,简单介绍其使用方法和注意事项,如图 1-13 所示。

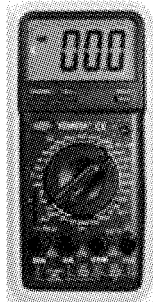


图 1-13 VC9802 型数字万用表外形

1. 使用方法

(1)使用前,应认真阅读有关的使用说明书,熟悉电源开关、量程开关、插孔、特殊插口的作用。

(2)将电源开关置于 ON 位置。

(3)交直流电压的测量:根据需要将量程开关拨至 DCV(直流)或 ACV(交流)的合适量程,红表笔插入 V/ Ω 孔,黑表笔插入 COM 孔,并将表笔与被测线路并联,读数即显示。

(4)交直流电流的测量:将量程开关拨至 DCA(直流)或 ACA(交流)的合适量程,红表笔插入 mA 孔($<200\text{mA}$ 时)或 10A 孔($>200\text{mA}$ 时),黑表笔插入 COM 孔,并将万用表串联在被测电路中即可。测量直流量时,数字万用表能自动显示极性。

(5)电阻的测量:将量程开关拨至 Ω 的合适量程,红表笔插入 V/ Ω 孔,黑表笔插入 COM 孔。如果被测电阻值超出所选择量程的最大值,万用表将显示“1”,这时应选择更高的量程。测量电阻时,红表笔为正极,黑表笔为负极,这与指针式万用表正好相反。因此,测量晶体管、电解电容器等有极性的元器件时,必须注意表笔的极性。

2. 使用注意事项

(1)如果无法预先估计被测电压或电流的大小,则应先拨至最高量程挡测量一次,再视情况逐渐把量程减小到合适位置。测量完毕,应将量程开关拨到最高电压挡,并关闭电源。

(2)满量程时,仪表仅在最高位显示数字“1”,其他位均消失,这时应选择更高的量程。

(3)测量电压时,应将数字万用表与被测电路并联。测电流时应与被测电路串联,测直流量时不必考虑正、负极性。

(4)当误用交流电压挡去测量直流电压,或者误用直流电压挡去测量交流电压时,显示屏将显示“000”,或低位上的数字出现跳动。

(5)禁止在测量高电压(220V 以上)或大电流(0.5A 以上)时换量程,以防止产生电弧,烧毁开关触点。

(6)当显示“BATT”或“LOBAT”时,表示电池电压低于工作电压。

知识链接二 电阻、电容、电感等电路元器件的特性

一、电阻元件

1. 导体对电流所呈现出的阻碍作用。不仅金属导体有电阻,其他物体也有电阻。常用电阻器如图 1-14 所示。

2. 导体电阻是由它本身的物理条件决定的。

例:金属导体,它的电阻由它的长短、粗细、材料的性质和温度决定。

3. 电阻定律:在保持温度不变的条件下,导体的电阻跟导体的长度成正比,跟导体的横截面积成反比,并与导体的材料性质有关。

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

式中: ρ ——导体的电阻率。它与导体的几何形状无关,而与导体材料的性质和导体所处的条件有关(如温度)。

单位: R ——欧姆(Ω); l ——米(m); S ——平方米(m^2); ρ ——欧米($\Omega \cdot m$)。

4. 结论:电阻率的大小反映材料导电性能的好坏,电阻率愈大,导电性能愈差。

导体: $\rho < 10^{-6} \Omega \cdot m$

绝缘体: $\rho > 10^7 \Omega \cdot m$

半导体: $10^{-6} \Omega \cdot m < \rho < 10^7 \Omega \cdot m$

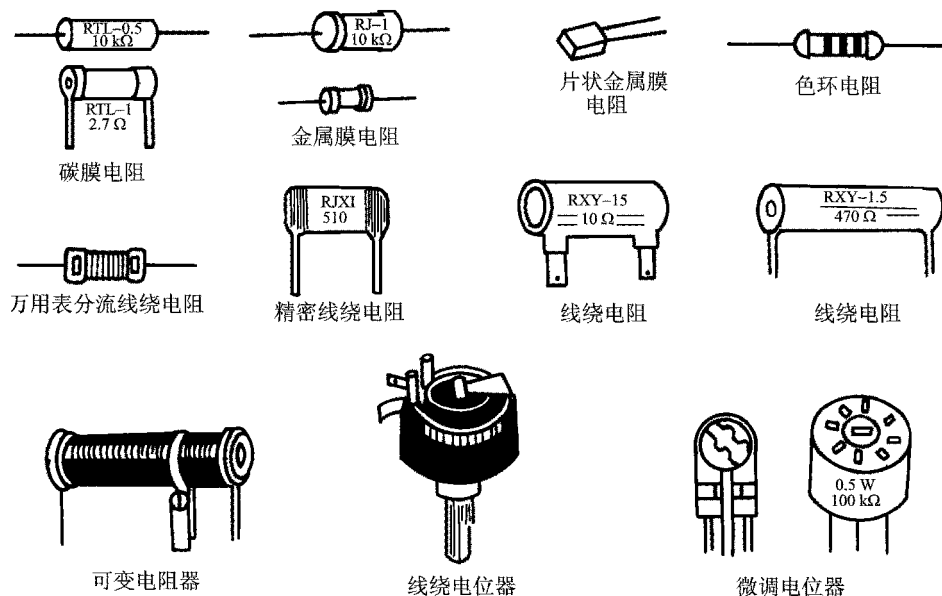


图 1-14 常用电阻器

二、电容元件

工程中,电容器应用极为广泛。电容器虽然品种和规格很多,但就其构成原理来说,都是由两块金属极板间隔以不同的介质(如云母、绝缘纸、电解质等)所组成。加上电源后,极板上分别聚集起等量异号的电荷,在介质中建立起电场,并储存有电场能量。电源移去后,电荷可以继续聚集在极板上,电场继续存在。所以电容器是一种能够储存电场能量的实际电路元件,这样就可以用一个只储存电场能量的理想元件——电容元件作为它的模型。

线性电容元件是一个理想无源二端元件,它在电路中的图形符号如图 1-15 所示, C 称为电容元件的电容,单位是法拉(F); u 为两端变化的电压, i 为两端变化的电流,即交流电压电流的瞬时值。

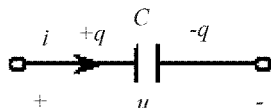


图 1-15 线性电容元件的图形符号

电容极板上的电荷量 q 与其两端的电压 u 有以下关系:

$$q = Cu \quad (1-12)$$

当 $q = 1$ 库仑、 $u = 1$ 伏特时, $C = 1$ 法拉。法拉简称法,用 F 表示。实际电容器的电容往往比 1 法拉小得多,因此通常采用微法(μF)和皮法(pF)作为电容的单位,它们之间的关系是:

$$1F = 10^6(\mu F) = 10^{12}(pF)$$

当电容极板间电压 u 变化时,极板上电荷 q 也随着改变,于是电容器电路中出现电流 i 。如指定电流参考方向为流进正极板,也即与电压 u 的参考方向一致,如图 1-15 所示,则电流

$$i = \frac{dq}{dt} = C \frac{du}{dt} \quad (1-13)$$

式(1-13)指出:任何时刻,线性电容元件中的电流与该时刻电压的变化率成正比。当元件上电压发生剧变(即 $\frac{du}{dt}$ 很大)时,电流很大;当电压不随时间变化时,则电流为零,这时电容元件相当于开路。在直流电路中,电容上即使有电压,但 $i = 0$,相当于开路,故电容元件有隔断直流(简称隔直)的作用。

在电压和电流的关联参考方向下,线性电容元件吸收的功率为

$$p = ui = Cu \frac{du}{dt} \quad (1-14)$$

从 t_0 到 t 时间内,电容元件吸收的电能为:

$$W_C = \int_{t_0}^t p dt = \int_{t_0}^t u i dt = \int_{t_0}^t C \frac{du}{dt} u dt = \int_{u(t_0)}^{u(t)} C u du = \frac{1}{2} C u(t)^2 - \frac{1}{2} C u(t_0)^2 \quad (1-15)$$

如果我们选取 t_0 为电压等于零的时刻, 即有 $u(t_0) = 0$ 电容处于未充电状态电场能量为零, 则从 t_0 到 t 时间内, 电容元件储存的电场能量为:

$$W_C = \frac{1}{2}Cu^2 \quad (1-16)$$

它等于元件在任意时刻 t_2 和起始时刻 t_1 的电场能量之差。

电容元件充电时, $|u(t_2)| > |u(t_1)|$, $W_C(t_2) > W_C(t_1)$, $W_C > 0$, 元件吸收能量, 并全部转换成电场能量; 元件放电时, $|u(t_2)| < |u(t_1)|$, $W_C(t_2) < W_C(t_1)$, $W_C < 0$, 电容元件释放电场能量。由上可知, 若电容元件原先没有充电, 那么它在充电时吸取并储存起来的能量一定又在放电完毕时全部释放, 它并不消耗能量。所以, 电容元件是一种储能元件。同时, 电容元件也不会释放出多于它所吸收或储存的能量, 因此它又是一种无源元件。

今后, 为了叙述方便, 把线性电容元件简称为电容。所以, “电容”这个术语以及它的相应符号 C , 一方面表示一个电容元件, 另一方面亦表示这个元件的参数。

电容器是为了获得一定大小的电容特意制成了元件。但是, 电容的效应在许多别的场合也存在。如一对架空输电线之间就有电容, 因为一对输电线可视做电容的两个极板, 输电线之间的空气则为电容极板间的介质, 这就相当于电容器的作用。又如晶体三极管的发射极、基极和集电极之间也都存在着电容。就是一只电感线圈, 各线匝之间也都有电容, 不过像这种所谓的匝间电容是很小的, 若线圈中电流和电压随时间变化不快时, 其电容效应可略去不计。

三、电感元件

由导线绕制而成的线圈或把导线绕在铁芯或磁芯上就构成一个常用的电感器。线圈中通以电流 i_L 后, 就会在线圈内部产生磁场, 产生磁通 ϕ_L , 若磁通 ϕ_L 与线圈 N 匝都交链, 则 $\Phi_L = N\phi_L$, 见图 1-16(该图中同时画出了线性电感元件在电路中的图形符号)。

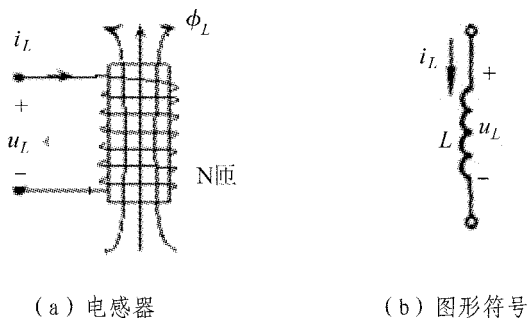


图 1-16 线性电感元件的图形符号

ϕ_L 和 Φ_L 都是由线圈本身的电流产生的, 叫做自感磁通和自感磁通链。我们规定磁通 ϕ_L 和磁通链 Φ_L 的参考方向与电流 i_L 参考方向之间满足右手螺旋定则。在这种关联的参考方向下, 在任何时刻线性电感元件的自感磁通链 Φ_L 与元件中电流 i_L 有以下关系:

$$\Phi_L = Li_L \quad (1-17)$$

式中, L 称为该元件的自感或电感。

在 SI 单位制中,磁通和磁通链的单位是韦伯 (Wb),自感的单位是亨利 (H),简称亨。有时还采用毫亨 (mH)和微亨 (μH)作为自感的单位。

换算关系为: $1H = 10^3 mH = 10^6 \mu H$

在电感元件中电流 i 随时间变化时,磁通链 Φ_L 也随之改变,元件两端感应有电压,此感应电压等于磁通链的变化率;在电压和电流的关联参考方向下,则电压的参考方向与磁通链的参考方向间为右手螺旋定则(见图 1-16a),根据楞次定律,感应电压

$$u_L = \frac{d\Phi_L}{dt} = L \frac{di_L}{dt} \quad (1-18)$$

由式(1-18)可知:任何时刻,线性电感元件上的电压与该时刻电流的变化率成正比。电流变化快,感应电压高;电流变化慢,感应电压低。当电流不随时间变化时,则感应电压为零,这时电感元件相当于短接线,所以对于直流电电感相当于导线。

在电压和电流的关联参考方向下,线性电感元件吸收的功率为

$$p = u_L i_L = Li_L \frac{di_L}{dt} \quad (1-19)$$

从 t_0 到 t 时间内,电感元件吸收的磁场能量为

$$W_L = \int_{t_0}^t p dt = \int_{t_0}^t u_L i_L dt = L \int_{i_L(t_0)}^{i_L(t)} i_L d(i_L) = \frac{1}{2} Li_L^2(t) - \frac{1}{2} Li_L^2(t_0) \quad (1-20)$$

它等于元件在任意时刻 t_2 和起始时刻 t_1 的磁场能量之差。

如果我们选取 t_0 为电流等于零的时刻,即有 $i_L(t_0) = 0$,此时电感元件没有磁通链,其磁场能量为零,因此在上述条件下,电感元件在任何时刻 t 所储存的磁场能量 $W_L(t)$ 将等于它所吸收的能量而可写为:

$$W_L(t) = \frac{1}{2} Li_L^2(t) \quad (1-21)$$

当电流 $|i|$ 增加时, $W_L(t_2) > W_L(t_1)$, $W_L > 0$,电感元件吸收能量,并全部转换成磁场能量;电流 $|i|$ 减少时, $W_L(t_2) < W_L(t_1)$, $W_L < 0$,电感元件释放磁场能量。可见,电感元件并不把吸取的能量消耗掉,而是以磁场能量的形式储存在磁场中。所以,电感元件也是一种储能元件。同时,电感元件也不会释放出多于它所吸收或储存的能量,因此它又是一种无源元件。