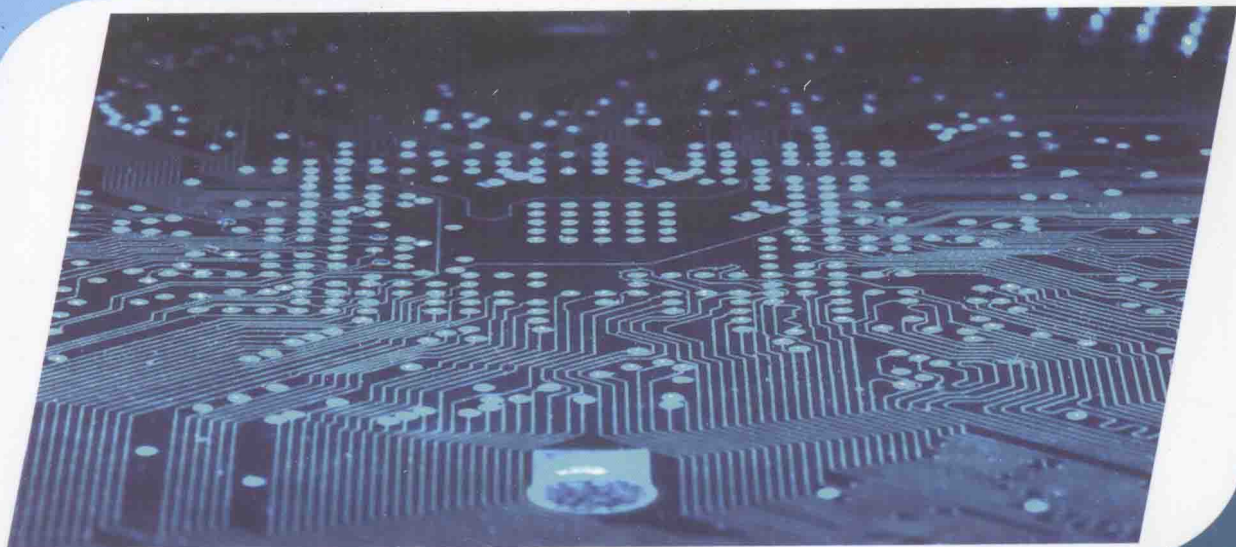




高职高专“十二五”规划教材——机械电子系列



电工技术

李军 李一龙◎主编

DIAN GONG JI SHU



西苑出版社

高职高专“十二五”规划教材——机械电子系列

电工技术

主 编 李 军 李一龙

副主编 李金霞 张 虹

王玲维 郭振芳 张忠山



西苑出版社
XI YUAN PUBLISHING HOUSE

内 容 提 要

本书讲述的主要内容有直流电路的基本原理、基本知识,电路的分析方法,单相交流电路的分析与计算、三相交流电路的分析与计算、磁路和变压器的基本知识、交流异步电动机的结构、工作原理、运行特性,低压电器及电动机的基本控制线路等。

为了拓展学生的知识面,本书设置了知识链接环节,主要讲述了照明器具、三相交流电源相序指示器、功率的测量、兆欧表的使用以及电气控制线路的安装与故障检修等。并配有相应的实训练习,增强学生的实践动手能力。

图书在版编目(CIP)数据

电工技术/李主编. —北京:西苑出版社, 2011.8

高职高专“十二五”规划教材

ISBN 978-7-5151-0065-4

I. ①电… II. ①李… ②李… III. ①电工技术—高等职业教育—教材 IV. ①TM②TN

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第168377号

电工技术

主 编	李 军 李一龙
出版发行	西苑出版社
通讯地址	北京市海淀区阜石路15号 邮政编码:100143
	电 话:010-88624971 传 真:010-88637120
网 址	www.xycbs.com E-mail: xycbs8@126.com
印 刷	北京上元柏昌印刷有限公司
经 销	全国新华书店
开 本	787mm×1092mm 1/16
字 数	230千字
印 张	12
版 次	2011年8月第1版
印 次	2011年8月第1次印刷
书 号	ISBN 978-7-5151-0065-4
定 价	27.00元

(凡西苑版图书如有缺漏页、残破等质量问题,本社邮购部负责调换)

版权所有

翻印必究

前 言

本书根据教育部下发的《关于全面提高高等职业教育教育教学质量的若干意见》教高[2006]6号文件的精神,更好贯彻“以服务为宗旨,以就业为导向,以能力为本位”的职业教育办学指导思想,按照高等职业教育培养高素质的高级技能型人才的培养目标要求,参照教育部颁布的高职高专工科专业电工技术教学大纲和中高级电工职业技能鉴定标准,本书采用基本理论学习和实践技能训练相结合的模式进行编写而成。在编写中体现以能力为本位的指导思想,强调知识的实用性,以“必须”和“够用”为尺度,以基础能力作为教材主线,降低了理论分析的难度和深度,同时增加了知识链接内容,拓展学生的知识面。

在基本理论和知识链接内容之后,配有相应的实训练习,增强学生的实践动手能力,从而将知识讲授和技能训练有机地结合在一起。

内容编排上注意由浅入深、循序渐进,使学生逐步掌握一定的专业知识和技能。

本书由山东商业职业技术学院李军、渝州科技职业学院李一龙任主编,李金霞、张虹、王玲维、郭振芳、张忠山任副主编。本书第1章由王涛、李军编写,第2章由李金霞、王玲维编写,第3章由李金霞、李一龙编写,第4章由张虹、李军编写,第5章由郭振芳、李军编写,第6章由张忠山编写,第7章由王涛、李军编写,附录由朱金峰编写。全书由李军统编全稿。

由于编者水平有限,书中错漏和不妥之处,恳请广大读者批评指正。

编 者

2011年7月

目 录

第1章 电路基础	1	3.1.2 相位差	41
1.1 直流电路	1	3.1.3 有效值	42
1.1.1 电路组成	1	3.2 正弦量的相量表示法	43
1.1.2 电路的基本物理量	2	3.2.1 正弦函数与有向线段	43
1.2 电路的工作状态	7	3.2.2 正弦量的相量表示法	44
1.2.1 有载工作状态	7	3.2.3 相量图	46
1.2.2 空载状态	8	3.3 单一元件参数交流电路分析	47
1.2.3 短路状态	8	3.3.1 电阻元件的交流电路	48
1.3 电路元件	8	3.3.2 电感元件的交流电路	49
1.3.1 电阻	8	3.3.3 电容元件的交流电路	51
1.3.2 电感	10	3.4 交流电路分析	53
1.3.3 电容	11	3.4.1 RLC 串联电路中电压 电流之间的关系分析	53
1.3.4 电压源与电流源及其 等效变换	12	3.4.2 电路性质分析	56
1.4 万用表的使用	15	3.4.3 电路功率分析	57
1.4.1 MF47 型万用表的基本功能	16	3.5 提高电路功率因数	58
1.4.2 刻度盘与档位盘	16	3.5.1 提高功率因数的意义	58
1.4.3 使用方法	16	3.5.2 提高功率因数的方法	58
1.4.4 注意事项	16	习题	61
习题	23	第4章 三相交流电路的分析与计算	66
第2章 电路的分析方法	28	4.1 三相电源	66
2.1 基尔霍夫定律	28	4.1.1 对称三相电源	66
2.1.1 基尔霍夫电流定律(KCL)	28	4.1.2 三相电源的星形连接(Y 接)	68
2.1.2 基尔霍夫电压定律(KVL)	29	4.1.3 三相电源的三角形连接 (Δ 接)	69
2.2 支路电流法	30	4.2 三相负载的连接	70
2.3 叠加定理	31	4.2.1 三相负载的星形连接	70
2.4 戴维南定理	33	4.2.2 三相负载的三角形连接	72
习题	37	4.3 三相电路的功率	74
第3章 单相交流电路的分析与计算	39	习题	77
3.1 正弦交流电路	39	第5章 磁路和变压器	80
3.1.1 正弦交流电的三要素	40	5.1 磁路的基本知识	80

5.1.1 磁路的基本物理量	80	6.4.7 绝缘等级	110
5.1.2 磁路欧姆定律	81	6.4.8 温升	110
5.1.3 铁磁材料的磁性能	82	6.4.9 接法	111
5.2 变压器	83	6.4.10 工作方式	111
5.2.1 交流铁心线圈电路	83	6.4.11 防护等级	111
5.2.2 变压器的工作原理	84	6.5 单相异步电动机	113
5.3 特殊变压器	88	6.5.1 单相异步电动机的工作原理	113
5.3.1 自耦变压器	88	6.5.2 单相异步电动机的起动	114
5.3.2 仪用互感器	89	习题	117
5.4 电磁铁	90	第7章 继电-接触器控制	119
习题	93	7.1 常用低压电器	119
第6章 交流电动机	94	7.1.1 刀开关	119
6.1 三相异步电动机的结构与工作 原理	95	7.1.2 组合开关	121
6.1.1 三相异步电动机的结构	95	7.1.3 按钮	121
6.1.2 旋转磁场	97	7.1.4 熔断器	122
6.1.3 三相异步电动机的转动 原理	99	7.1.5 交流接触器	123
6.2 三相异步电动机的机械特性	100	7.1.6 中间继电器	124
6.2.1 电磁转矩	100	7.1.7 热继电器	125
6.2.2 机械特性曲线	101	7.1.8 行程开关	126
6.2.3 电动机的运行特性分析	102	7.1.9 时间继电器	126
6.2.4 电动机的负载能力自 适应分析	103	7.1.10 空气断路器	128
6.3 三相异步电动机的起动、调速 与制动	104	7.2 电气控制线路原理图的绘制	128
6.3.1 三相异步电动机的起动	104	7.2.1 电气原理图绘制原则	129
6.3.2 三相异步电动机的调速	107	7.2.2 电气原理图的分析方法	129
6.3.3 三相异步电动机的制动	107	7.3 三相异步电动机的基本控制线路	130
6.4 三相异步电动机的铭牌	109	7.3.1 直接起动控制电路	130
6.4.1 型号	109	7.3.2 异地控制	132
6.4.2 额定功率	109	7.3.3 正反转控制线路	132
6.4.3 额定电压	110	7.3.4 行程控制线路	135
6.4.4 额定电流	110	7.3.5 顺序控制	137
6.4.5 额定频率	110	7.3.6 时间控制线路	137
6.4.6 额定转速	110	习题	140
		附录 安全用电	148
		参考文献	154

第1章 电路基础

知识目标

- 认识电路概念、电路模型与电路的基本物理量
- 理解关联参考方向
- 了解电路的三种工作状态
- 熟悉电源的两种等效电路及其等效变换

技能目标

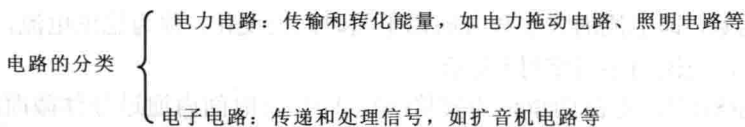
- 了解万用表的原理并会使用万用表
- 学会导线线头绝缘层的剖削，掌握导线线头的连接和线头绝缘层的恢复

本章主要讨论电路的组成及其基本物理量，单一参数元件的基本特性，电压源与电流源电路模型及两种电源之间的等效变换。

1.1 直流电路

1.1.1 电路组成

电路是由电气设备和器件按照某种方式连接在一起组成的。电路是指电流所流经的路径。



本书所介绍的是第一类电路。实际电路的组成方式多种多样，但通常由电源(或信号源)、负载和中间环节三个基本部分组成。

电路中各部分的作用如下：

电源是电路中提供电能的设备，作用是将其他形式的能量转换为电能，如蓄电池将化学能转换为电能，发电机将机械能转换为电能等。电子线路中将输出电信号的装置称为信号源，它相当于电源。

负载是指在电路中，取用电能的各种用电设备，如白炽灯、电炉、电动机等，作用是将电能转换为其他形式的能量。如白炽灯将电能转换为光能，电炉将电能转换为热能，电动机将电能转换为机械能等。

中间环节是指连接电源和负载的设备，最简单的中间环节是连接导线和开关。

电路可分为内电路和外电路。对于电源来说，电源内部的电路称为内电路，负载和中间环节称为外电路。

在研究电路时,为了便于对电路进行分析和计算,通常把实际的元件进行理想化处理,即在一定条件下突出元件的主要电磁性质,忽略其次要性质,并用规定的图形符号表示出来,从而构成与实际电路相对应的电路模型。如图 1-1 所示。

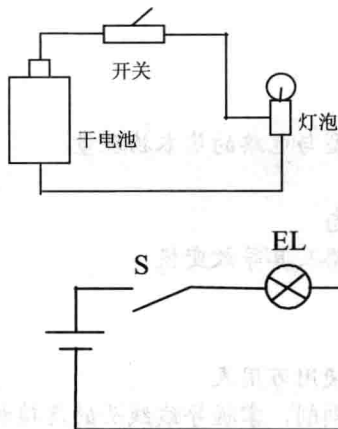


图 1-1 手电筒实际电路及其电路模型

1.1.2 电路的基本物理量

1.1.2.1 电流

电荷的定向移动形成电流。表示电流强弱的物理量称为电流强度,简称电流。电流的大小是指单位时间内通过导体某一横截面的电荷量,一般定义式为:

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

若 dq/dt 为常数,即电流的大小和方向都不随时间而变化,称为稳恒电流,简称直流,用大写字母 I 表示,交流用小写字母 i 表示。

在国际单位制(SI)中,电流的单位为安培(A),即单位时间内通过导体截面的电量为 1 库仑(C)时,则电流为 1 安培。对大电流以千安(kA)为单位,在计量较小的电流时,常用单位是毫安(mA)和微安(μA)。它们的关系为

$$1\text{kA} = 10^3 \text{ A}$$

$$1\text{mA} = 10^{-3} \text{ A}$$

$$1\mu\text{A} = 10^{-6} \text{ A}$$

通常规定正电荷的移动方向为电流的实际方向。在金属导体中移动的是自由电子,不是正电荷,自由电子在电场中的移动方向与正电荷的移动方向相反。

电流的方向可用箭头表示,也可用双下标表示,如 i_{ab} 表示电流方向由 a 指向 b。

1.1.2.2 电位

若要确定正电荷在电路中某一点具有的能量大小,就必须选择一个参考点作为基准点。如图 1-2 所示,选择 C 点作为参考点(用符号 $\perp$ 表示),则正电荷在 A 点所具有的电位能就等于电场力把正电荷从 A 点移动到参考点 C 点所作的功。

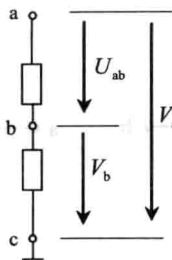


图 1-2 电位与电压

电路中 A 点的电位指的是将正电荷从 A 点沿任意路径移动到参考点所做的功 W_A 与被移动电量 Q 的比值。

$$V_A = \frac{W_A}{Q} \quad (1-2)$$

参考点的电位规定为零, 故参考点又称为零电位点。参考点可以任意选择, 参考点一经选定, 电路中各点的电位值就是唯一的。改变参考点, 各点电位数值随之改变, 即电路中各点电位的高低是相对于参考点而言的。因此, 在电路分析中不确定参考点而讨论电位是没有任何意义的。

1.1.2.3 电压

电路中某两点间的电位差称为这两点间的电压, 用字母 U 表示。在图 1-2 中, A、B 两点间的电压为:

$$U_{AB} = V_A - V_B \quad (1-3)$$

U_{AB} 就是将正电荷从 A 点沿任意路径移到 B 点所做的功 W_{AB} 与被移动电量 Q 的比值。

$$U_{AB} = \frac{W_{AB}}{Q} \quad (1-4)$$

电压的实际方向规定为从高电位点指向低电位点, 即在电压的方向上电位是逐点降低的, 所以电压又称为电压降。电压的方向可以用双下标表示, 也可以用箭头表示, 箭头的方向为电位逐点降低的方向。

在国际单位制(SI)中, 电位、电压的单位是伏特, 简称伏(V)。常用单位还有 μV 、 mV 和 kV 。它们的关系为:

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

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

$$1\mu\text{V} = 10^{-6} \text{V}$$

1.1.2.4 电压与电流的参考方向

在简单电路中, 电压、电流的实际方向可由电源的极性确定, 但在一些复杂电路的分析中, 电压、电流的方向不容易事先确定, 因此, 为了便于分析电路, 引入了电压、电流参考方向的概念。

任意假定某一方向为电流或电压的参考方向, 通常用箭头或极性标注在电路上, 如

图 1-3 所示。

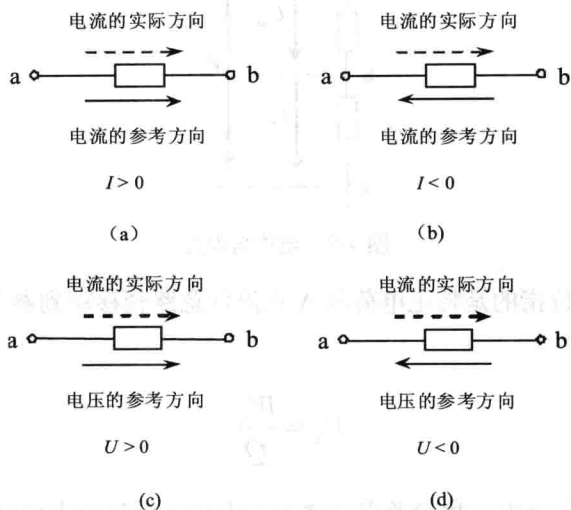


图 1-3 电流、电压的实际方向与参考方向

在选定参考方向的前提下，经过电路的分析与计算，若求得的电流或电压为正值，说明参考方向与实际方向一致；若为负值，说明参考方向与实际方向相反。

电流参考方向的选定与电压参考方向的选定是没有关系的，但为方便分析，通常将电流参考方向选择的与电压参考方向一致，称为关联参考方向，如图 1-4(a)所示。如果选定电流参考方向与电压参考方向相反，称为非关联参考方向，简称非关联方向，如图 1-4(b)所示。

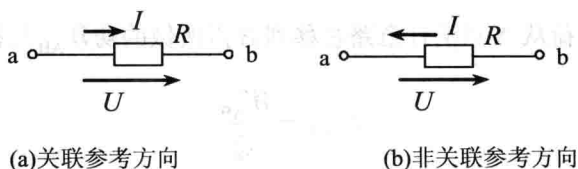


图 1-4 关联参考方向与非关联参考方向

关联参考方向情况下的欧姆定律可表示为

$$U = IR \quad (1-5)$$

非关联参考方向情况下的欧姆定律可表示为

$$U = -IR \quad (1-6)$$

式中“-”为电压、电流选取非关联参考方向的体现，与电压、电流数值的正负无关。

【例题 1-1】如图 1-5(a)所示，分别选择 b 点和 d 点作为参考点，求电路中其它各点电位及电压 U_{cd} 的大小。

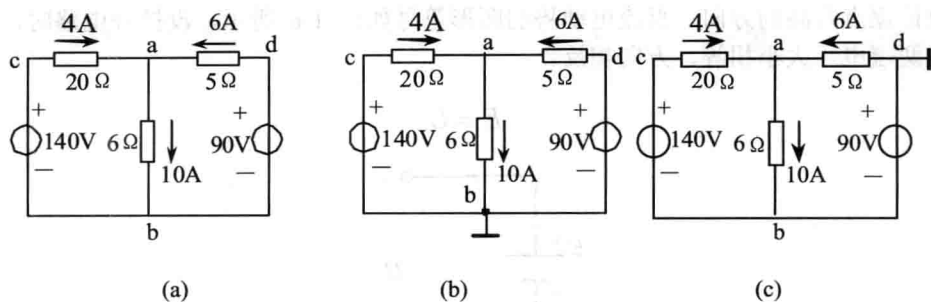


图 1-5 电位与电压的计算

解：选择 b 点作为参考点，如图 1-5(b)所示，则

$$V_b = 0V$$

$$V_a = U_{ab} = 10 \times 6 = 60V$$

$$V_c = U_{cb} = 140V$$

$$V_d = U_{db} = 90V$$

$$U_{cd} = V_c - V_d = 140 - 90 = 50V$$

选择 d 点作为参考点，如图 1-5(c)所示，则

$$V_d = 0V$$

$$V_a = U_{ad} = -6 \times 5 = -30V$$

$$V_b = U_{bd} = -90V$$

$$V_c = U_{cb} + U_{bd} = 140 - 90 = 50V$$

$$U_{cd} = V_c - V_d = 50 - 0 = 50V$$

综上所述，选用不同的参考点，各点电位的数值不同，但任意两点之间的电压不随参考点的改变而变化，即各点的电位是相对的，而两点间的电压值是绝对的。

1.1.2.5 电动势

电源的作用和水泵相似，水泵不断地把低处的水抽到高处，使供水系统始终保持一定的水压。从电源的外电路看，正电荷在电场力的作用下，从高电位向低电位移动形成了电流，即电源使电荷移动做功。为了使电流维持下去，电源必须依靠其他非电场力把正电荷从电源的负极移到电源的正极。将单位正电荷从电源的负极移动到正极所做的功，称为电源的电动势，用符号 E 表示

$$E = \frac{W}{Q} \quad (1-7)$$

电动势是衡量电源做功能力的物理量，电压是衡量电场力做功能力的物理量。它们的区别在于电场力能够在外电路中把正电荷从高电位端移向低电位端，电压实际方向规定为自高电位端指向低电位端，是电位逐点降低的方向；而电动势能把电源内部的正电荷从低电位端移向高电位端，电动势的实际方向规定为在电源内部自低电位端指向高电位端，也

就是电位逐点升高的方向。直流电动势的图形符号如图 1-6 所示, 没接外电路时, 电动势与电源两端电压大小相等、方向相反。

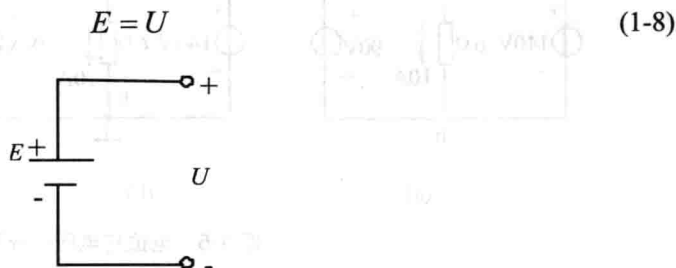


图 1-6 电动势的图形符号

1.1.2.6 电能与电功率

1. 电能

电路中有电流时, 电路内部发生了能量的转换。正电荷在电源内部获得了能量, 把非电能转换成电能; 外电路中, 正电荷放出能量, 把电能转化为其它形式的能量。

设导体两端的电压为 U , 通过导体横截面的电荷量为 Q , 则电场力做功为

$$W = UQ = UIt \quad (1-9)$$

国际单位制中, 电能的单位是焦耳(J), 在实际生活当中, 常用单位是千瓦时(kWh)。习惯上称度。

$$1\text{kWh} = 3.6 \times 10^6 \text{J}$$

1 度等于功率为 1 千瓦的用电器在 1 小时内所消耗的电能。例如 1 000W 的空调工作 1h、200W 的灯泡照明 5h 等都消耗 1 度电。

2. 电功率

单位时间内电场力所做的功称为电功率, 简称功率, 用字母 P 表示。设在 dt 时间内电场力所作的功为 dW , 则有

$$P = \frac{dW}{dt} \quad (1-10)$$

在国际单位制(SI)中, 电功率的单位是瓦特(W), 简称瓦。较小的单位有毫瓦(mW), 较大的单位有千瓦(kW)、兆瓦(MW)等。

在关联参考方向情况下, 元件功率的计算公式为 $P = UI$, 在非关联参考方向情况下, 元件的功率计算公式为 $P = -UI$ 。

若 $P > 0$, 说明元件吸收功率, 是一个负载; 若 $P < 0$, 说明元件发出功率, 是一个电源。对任何一个电路元件而言, 当流经元件的电流实际方向与元件两端电压的实际方向一致时, 元件吸收功率; 电流实际方向与元件两端电压的实际方向相反时, 元件发出功率。

1.2 电路的工作状态

为了使电气设备在工作中的温度不超过最高工作温度,而限定的通过电气设备的最大允许电流称为该电气设备的额定电流;为了限制通过电气设备的电流以及限制绝缘材料所承受的电压,允许加在电气设备上的电压限定值称为该电气设备的额定电压。

各种电气设备都有其额定电压与额定电流。使用电气设备前,必须看清铭牌上所标注的额定电压是否与电源电压一致,以便合理使用电气设备。

电路的状态一般有空载(开路)、短路和负载(通路)三种情况。下面以直流电路为例介绍在这三种工作状态下的电流、电压和功率方面的特征。

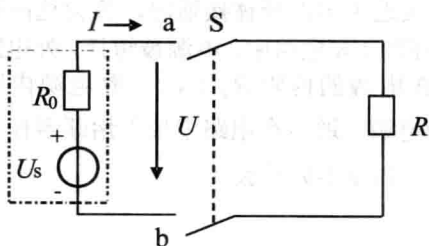


图 1-7 电路的工作状态

1.2.1 有载工作状态

在图 1-7 电路中,开关闭合时,电流流过负载电阻,电路处于有载工作状态。电路中电流为

$$I = \frac{U_s}{R_0 + R}$$

负载电阻两端电压(忽略线路压降)为

$$U = IR$$

或

$$U = U_s - IR_0$$

电源输出的功率为

$$P = UI = I^2 R$$

电源输出电流的大小取决于外电路中通电使用的并联用电器的数量。当使用的并联用电器增多时,电源输出的电流和功率随之增大,称为电路的负载增大;当使用的并联用电器减少时,电源输出的电流和功率随之减少,称为电路的负载减小。

当电源输出的电压与电流达到额定值时,电源的工作状态称为额定工作状态(或满载状

态)。工作在额定状态可以保证电气设备有一定的使用寿命,使用起来安全可靠、经济合理。若电源输出的电流超过额定值,这种工作状态称为过载。短时少量的过载不会对电气设备的使用造成较大损坏,但长时间的过载,会因为电流的热效应而使电气设备的温度超过其最高工作温度,从而缩短电气设备的使用寿命,严重时烧毁电气设备。

1.2.2 空载状态

在图 1-7 电路中,当开关 S 打开时,外电路与电源断开,电路处于空载(开路)状态。电路的电流为零,电源的内阻压降 IR_0 也等于零,这时电源的端电压 U (亦称空载电压)等于电源电压 U_s ,负载电阻 R 不消耗功率。

1.2.3 短路状态

电路中任意两端被电阻接近于零的导体接通时,称为这两端被短路。短路有电源被短路和负载被短路两种情况。在图 1-8 电路中,电源被短接,外电路电阻为零,电源端电压 U 为零,电源电动势全部降在电源的内阻 R_0 上,一般电源内阻 R_0 很小,因此短路电流 $I_s = E/R_0$ 很大,容易烧毁电源。通常在电路中接入熔断器作为短路保护设备,熔断器应该安装在开关靠近负载一侧。如图 1-9 所示。

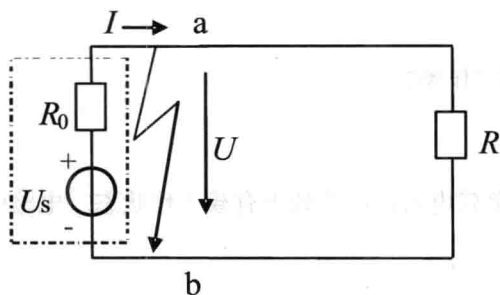


图 1-8 电源短路

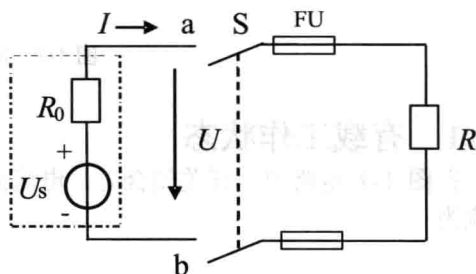


图 1-9 短路保护

1.3 电路元件

在电路分析中,实际的电路元件是用理想化的电路元件的组合来表示。理想的电路元件按外部连接的端子数目可分为二端和多端元件;按是否给电路提供能量分为有源元件和无源元件。

1.3.1 电阻

电阻器、白炽灯、电炉等元件在电路中主要表现为耗能的电特性,电路中可以用电阻元件来反映这些实际电路中的耗能元件。

关联参考方向情况下, $R = U/I$ 。若元件两端的电压与通过它的电流成正比,即电压 U 与电流 I 的伏安特性曲线为一直线,如图 1-10 所示,这类元件称为线性元件,对应的电

阻 R 称为线性电阻。一般金属导体的电阻都为线性电阻。

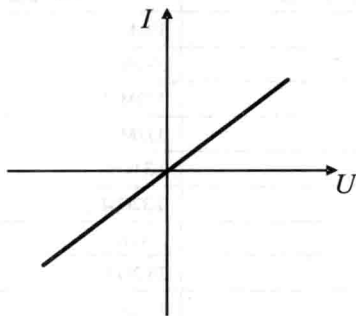


图 1-10 线性电阻的伏安特性曲线

若元件两端的电压与通过它的电流不成正比,即电压 U 与电流 I 的伏安特性曲线不为直线,这类元件称为非线性元件,具有这种性质的电阻称为非线性电阻。一般的半导体元件都属非线性元件。

电阻的种类主要有碳膜电阻、金属膜电阻、线绕电阻等。电阻的主要作用是阻碍电流通过,应用于限流、分流电路等。

电阻的两个最基本参数是电阻值和功率。电阻值(标称值)和允许偏差一般都标在电阻体上。电阻的主要标志方法有三种:

1. 直接标注法

直接标注法是指将电阻器的标称值用数字和文字符号直接标在电阻体上,其允许偏差则用百分数表示,未标偏差值的即为 $\pm 20\%$ 的允许偏差。如 $1.2\text{M}\Omega \pm 5\%$ 或 $20\text{k}\Omega \pm 0.1\%$ 等。

2. 文字标注法

文字标注是指将电阻器的标称值和允许偏差值用数字和文字符号法按一定的规律组合起来标志在电阻体上。表 1-1 所示为允许偏差的标志符号和表 1-2 所示为标称阻值的文字标注。

表 1-1 允许偏差的标志符号

允许偏差(%)	文字符号	允许偏差(%)	文字符号
± 0.001	Y	± 0.5	D
± 0.002	X	± 1	F
± 0.005	E	± 2	G
± 0.01	L	± 5	J
± 0.02	P	± 10	K
± 0.05	W	± 20	M
± 0.1	B	± 30	N
± 0.25	C	---	---

表 1-2 标称阻值的文字标注

标称阻值	文字符号	标称阻值	文字符号
$0.1\ \Omega$	R10	$1\text{M}\ \Omega$	1M0
$0.332\ \Omega$	R332	$3.32\text{M}\ \Omega$	3M32



续表

标称阻值	文字符号	标称阻值	文字符号
1 Ω	1R0	10M Ω	10M
3.32 Ω	3R32	33.2M Ω	33M2
10 Ω	10R	100M Ω	100M
33.2 Ω	33R2	332M Ω	332M
100 Ω	100R	1G Ω	1G0
332 Ω	332 Ω	3.32G Ω	3G32
1k Ω	1k0	10G Ω	10G
3.32k Ω	3k32	33.2G Ω	33G2
10k Ω	10k	100G Ω	100G
33.2 k Ω	33k2	332G Ω	332G
100 k Ω	100k	1T Ω	1T0
332 k Ω	332k	3.32T Ω	3T32

通常大多数电阻器的允许偏差值在 J、K、M 三类。表 1-2 中, R 表示欧姆, K 表示千欧, M 表示兆, G 表示吉欧、T 表示太欧。

例如: 6R2J 表示该电阻标称值为 $6.2 \Omega \pm 5\%$; 3K6K 表示电阻值为 $3.6K \Omega \pm 10\%$; 1M5M 则表示电阻值为 $1.5M \Omega \pm 20\%$ 。

3. 色环标注法

将电阻器的标称值和允许偏差值用不同颜色的带环标志在电阻体上。普通的电阻器为四环电阻, 精密电阻为五环电阻。

所谓四环电阻就是指用四条色环表示阻值的电阻。从左向右数, 第一、二环表示两位有效数字, 第三环表示倍数, 即 10 的幂, 第四环表示误差值。紧靠电阻体一端头的色环为第一环。四条色环中, 前三条相互之间的距离离得比较近, 而第四环距离稍微大一点。四环电阻的误差环颜色只有金色、银色或无色三种。金色表示误差为 $\pm 5\%$; 银色为 $\pm 10\%$; 无色为 $\pm 20\%$ 。

例如: 四个色环颜色为: 黄橙红金。前三颜色对应的数字为 432, 金为 $\pm 5\%$, 则阻值为 $43 \times 10^2 \Omega \pm 5\% = 4.3K \Omega \pm 5\%$ 。

五环电阻的读数与四环电阻相似, 第一、二、三环表示三位有效数字, 第四环表示倍数, 第五环表示误差值。表示误差的色环颜色有棕、红、绿、蓝、紫、金、银。

表 1-3 色环电阻对应数值表

颜色	棕	红	橙	黄	绿	蓝	紫	灰	白	黑
有效数值	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
允许偏差(%)	± 1	± 2	—	—	± 0.5	± 0.25	± 0.1	± 0.05	—	—

1.3.2 电感

实际的电感器通常是在一个骨架上用漆包线绕制而成。在交流电路中, 电感器的主要电磁特性表现为储存磁场能量(用电感元件表示), 其耗能因素(用电阻元件表示)可以作为次要因素忽略不计。因此实际电感线圈的电路模型是电阻与电感的串联电路, 而理想电感线圈的电路模型就是纯电感电路, 如图 1-11 所示。

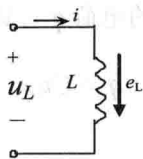


图 1-11

当交变电流通过理想空心电感线圈后,线圈中产生感应电动势来抵抗电流的变化。

$$e_L = -L \frac{di}{dt}$$

这种由于线圈本身电流发生变化而产生的电磁感应现象叫自感现象,简称自感,字母 L 既用来表示自感系数(简称电感),也用来表示表示电感线圈。

线圈的电感是由线圈本身的特性所决定的,它与线圈的尺寸、匝数和媒质的磁导率有关,与线圈中有无电流及电流的大小无关。由于铁心线圈的磁导率 μ 不是常数,随电流而变,因此有铁心线圈的电感不是一个定值,这种电感称为非线性电感。

在图 1-11 中,电感元件两端电压 u_L 与电流 i 的关系为

$$u_L = -e_L = L \frac{di}{dt} \quad (1-11)$$

当电感量一定时,电感元件两端电压与电流的变化率成正比,当电流为直流电流时,电压为零,电感相当于短路。

我们用感抗 X_L (简称感抗)来表示电感线圈对电流的阻碍作用,单位和电阻一样。

$$X_L = 2\pi fL$$

凡是能产生电感作用的元件统称为电感元件,常用的电感元件有固定电感器、阻流圈、偏转线圈等。电感器是电子元件中比较常用的元件,通常用在高频电路、滤波电路及电压变换电路中。

1.3.3 电容

最简单的电容是由两端的极板和中间的绝缘电介质构成的。在交流电路中,因为电流的方向是随时间不断变化,因而电容器两极板间形成变化的电场。

充电和放电是电容器的基本功能。使电容器带电的过程称为充电,充电过程中电容器把从电源获得的电能储存在两极板的电场中;使电容器失去电荷的过程称为放电,放电过程中电容器把储存的电场能转换为电能还给电源。

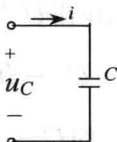


图 1-12