

技术工人基础技术丛书

JISHU GONGREN JICHU JISHU CONGSHU

维修电工 基础技术

WEIXIU DIANGONG
JICHU JISHU

陈国培 谭克清 陈杰菁 编著

电工基础知识

电力电子技术基础

电气安全技术

常用电工仪器仪表使用

电工基本操作技能

变压器

异步电动机

电气照明与电力线路

低压电器

电动机运行控制

电工识图常识

上海科学技术出版社

技术工人基础技术丛书

维修电工基础技术

陈国培 谭克清 陈杰菁 编著

上海科学技术出版社

内 容 提 要

本书是根据《中华人民共和国职业技能鉴定规范——维修电工》(五级/初级)职业技能规范,结合维修电工的岗位要求编写的技能训练用书。全书共分十章,全面介绍了有关维修电工的工作内容、技能要求和相关知识,主要包括:常用电工仪器仪表的使用、电工电子的基础知识和基本操作技能、电机与变压器、电气照明和电力线路、低压电器、电机运行控制等。

本书可作维修电工的入门读本,也可作为中职学校电气类相关专业学生参考用书、职工培训教材和自学用书。

图书在版编目(CIP)数据

维修电工基础技术/陈国培,谭克清,陈杰菁编著.

上海:上海科学技术出版社,2008.4

(技术工人基础技术丛书)

ISBN 978-7-5323-9206-3

I. 维... II. ①陈... ②谭... ③陈... III. 电工—维修—基本知识 IV. TM07

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 181570 号

上海世纪出版股份有限公司 出版、发行
上海科学技术出版社

(上海钦州南路 71 号 邮政编码 200235)

新华书店上海发行所经销

苏州望电印刷有限公司印刷

开本 787×1092 1/16 印张 13.75

字数 310 000

2008 年 4 月第 1 版 2008 年 4 月第 1 次印刷

印数 1—5 100

定价 28.00 元

本书如有缺页、错装或坏损等严重质量问题,
请向工厂联系调换

前 言

随着控制技术的发展,电气工程的从业人员越来越多,本书力求从维修电工初学者的角度出发,讲述电工必要的基本理论、基本知识、基本操作技能和维修方法,以实用、简便为原则,旨在向从事电气工程的技术工人提供电气设备安装与调试、故障检修中所需基础知识和技能。为此,在编写时力求突出以下特点:

1. 体现“以就业为导向,以能力为本位”,结合职业技能鉴定,强化上岗前培训。
2. 注意贯彻最新的技术标准和规范,强调基本操作技能,培养职业行为规范,内容力求贴近实际,注重职业实践中适用的技术要求。
3. 为了便于自学和教学,在内容安排上力求做到深入浅出,图文并茂,文字叙述通俗易懂。
4. 本书实用性强,读者如按照书中提供的思路、步骤及维修技巧,可初步掌握一般电气设备的维修方法。

本书由陈国培、谭克清和陈杰菁编著,并由陈国培统编全稿。在编写过程中,得到了高级讲师陈家芳老师的大力支持和帮助,在此谨表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中难免有错误和不妥之处,敬请读者提出宝贵意见,以便再版时修改。

?

编 者

目 录

第一章 电工基本知识	1
一、电路和欧姆定律	1
二、电功率和电流的热效应	3
三、电路的状态	4
四、电阻的连接	4
五、基尔霍夫定律	7
六、电容器	9
七、磁与电磁感应	10
第二章 电力电子技术基础	23
一、基本元器件	23
二、整流技术基础	30
第三章 电气安全技术	37
一、安全用电常识	37
二、接地和接零	41
三、安全技术规程	43
第四章 常用电工仪器仪表使用	45
一、概述	45
二、万用表	50
三、仪用互感器	57
四、钳形电流表	59
五、兆欧表	60
六、功率表	64
第五章 电工基本操作技能	67
一、电工常用工具	67
二、导线的连接	76
三、常用电子元器件检测	86
第六章 变压器	96
一、变压器的基本知识	96
二、三相变压器	100
三、自耦变压器	103
四、变压器常见故障分析与处理	104
第七章 异步电动机	107

一、三相异步电动机的结构·····	107
二、三相异步电动机的拆装·····	111
三、三相异步电动机定子绕组首尾端的判别·····	117
四、三相异步电动机常见故障及其排除·····	118
五、单相笼型异步电动机的结构与维修·····	119
第八章 电气照明与电力线路·····	123
一、电气照明·····	123
二、电线、电缆截面的选择及敷设·····	135
三、室内信号线的敷设·····	145
四、低压配电装置的安装·····	148
五、车间动力线路平面布线图·····	153
第九章 低压电器·····	156
一、低压保护器·····	156
二、交流接触器·····	161
三、继电器·····	163
四、低压开关类电器·····	167
五、主令电器·····	170
六、低压电器常见故障检查与排除·····	174
第十章 电动机运行控制·····	179
一、电动机全压起动控制电路·····	179
二、电动机降压起动控制电路·····	185
三、电动机制动控制电路·····	188
四、电动机调速控制电路·····	192
五、常用生产机械和简单机床控制电路·····	196
六、常用电力拖动与简单机床电路的安装与维修·····	199
第十一章 电工识图常识·····	202
一、电气图的基本构成·····	202
二、电气图的分类和主要特点·····	203
三、电气符号的识读·····	205
四、电工识图实例·····	210

第一章 电工基本知识

一、电路和欧姆定律

1. 电路的组成

简单地说,电路就是电流流过的路径。图 1-1 所示为一个最简单的手电筒电路原理图,它由电源、负载以及连接电源和负载的中间环节所组成。

(1) 电源 常用的电源有干电池、蓄电池和发电机等。此外,将交流电转换成直流电的稳压电源通常也称为电源。

(2) 负载 负载即用电设备,它是取用电能的装置。如电灯、电炉、家用电器、电动机等。

(3) 中间环节 其作用是把电源和负载连接起来形成闭合电路,并对电路实行控制、保护及测量。最简单的中间环节就是开关和连接导线(见图 1-1)。

对于电源来说,由负载和中间环节组成的电路称为外电路,电源内部的电流通路称为内电路。

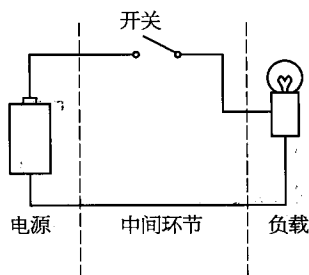


图 1-1 手电筒电路

2. 电路的基本物理量

(1) 电流 电荷沿导体移动叫做电流。电流分为直流和交流两种:方向始终不变的电流叫做直流;方向和大小按一定周期变化的电流叫交流。电流的符号为 I 或 i ,单位为安培,简称安,用 A 表示。

$$1 \text{ 千安(kA)} = 10^3 \text{ 安(A)}$$

$$1 \text{ 安(A)} = 10^3 \text{ 毫安(mA)}$$

$$1 \text{ 毫安(mA)} = 10^3 \text{ 微安(}\mu\text{A)}$$

要使电路中有电流产生,通常需要有两个条件:一个是有电源供电,另一个是电路必须是一个闭合的回路,如图 1-2 所示。

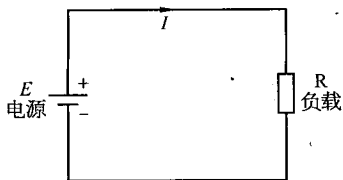


图 1-2 电路中的电流

(2) 电压 常识告诉我们,水是从高水位向低水位的地方流去,这两个高低不同的水位之差就叫做水位差。同样,电流也是从高电位的导体流向低电位的导体,这两个导体的电位之差就是电位差,通常我们把它叫做电压,用字母 U 或者 u 表示,单位为伏特,简称伏,用 V 表示。

$$1 \text{ 千伏(kV)} = 10^3 \text{ 伏(V)}$$

$$1 \text{ 伏(V)} = 10^3 \text{ 毫伏(mV)}$$

$$1 \text{ 毫伏(mV)} = 10^3 \text{ 微伏(}\mu\text{V)}$$

(3) 电动势 我们知道,要有水位差,水才能在水管里流动。同样,要有电位差,电流才能在导体里流动。一个电源(例如发电机、电池等)能够使电流持续不断地沿导体(电路)流动,就是因为它能够使导体两端产生和维持一定的电位差。这种使导体两端产生和维持一定电位差的能力,就成为电源的电动势。常用字母 E 来表示,它的单位也是伏特。

(4) 电阻 电流在导体内流动时所受的阻力叫做电阻。电阻的符号是 R ,单位为欧姆,简称欧,用字母 Ω 表示。

$$1 \text{ 兆欧}(\text{M}\Omega) = 10^3 \text{ 千欧}(\text{k}\Omega)$$

$$1 \text{ 千欧}(\text{k}\Omega) = 10^3 \text{ 欧}(\Omega)$$

一般来说,材料相同的导体越长,电阻就越大;导体越细,电阻就越大,金属导体的电阻大小可以用下式计算:

$$R = \frac{\rho L}{S} \quad (1-1)$$

式中: L 为导体长度(m); S 为导体横截面积(m^2); ρ 为导体电阻率($\Omega \cdot \text{m}$)。各种不同的金属材料的电阻率 ρ 是不同的,可参考表 1-1。

表 1-1 部分金属材料的电阻率

材料名称	电阻率 $\rho(\Omega \cdot \text{mm}^2)$	平均电阻温度系数 α
	20℃ 时	0 ~ 100℃ ($1/^\circ\text{C}$)
银	0.015 9	0.003 8
铜	0.016 9	0.004 0
铝	0.026 5	0.004 23
铁	0.097 8	0.005 0
钨	0.054 8	0.004 5
钢	0.13 ~ 0.25	0.00 6
康铜	0.4 ~ 0.51	0.000 005
锰铜	0.42	0.000 006
黄铜	0.07 ~ 0.08	0.002
镍铬合金	1.1	0.000 15
铁铬铝合金	1.4	0.000 28

导体电阻的大小还与温度有关,导体越热,电阻越大,反之就越小。它们的关系可以用下式计算:

$$R_2 = R_1 [1 + \alpha(t_2 - t_1)] \quad (1-2)$$

式中: R_1 为导体对应于温度 t_1 时的电阻; R_2 为导体对应于温度 t_2 时的电阻; α 为导体的电阻温度系数($1/^\circ\text{C}$)。

在干燥变压器和电动机等设备的过程中,当测出线圈电阻值的变化时,就可以用该式求出线圈的温度。

例:干燥一台定子线圈为铜线的电动机,在 20℃ 时线圈电阻为 100 Ω ,干燥一定时间后,测得电阻为 124 Ω ,这时线圈温度是多少?

解: $R_1 = 100 \Omega$, $R_2 = 124 \Omega$, 由表 1-1 查出铜电阻的温度系数为 $\alpha = 0.004/^\circ\text{C}$ 。

代入式(1-2)得: $124 = 100 \times [1 + 0.004 \times (t_2 - 20)]$

最后求得: $t_2 = 80^\circ\text{C}$, 即这时线圈温度已升到 80°C 。

3. 电路的欧姆定律

(1) 部分电路的欧姆定律 电阻 R 两端在电压 U 的作用下, 有电流 I 通过, 如图 1-3 所示。实践证明: 流过电阻 R 的电流 I 与电阻两端的电压 U 成正比, 与电阻 R 成反比。这个结论叫做部分电路的欧姆定律。用公式表示为

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

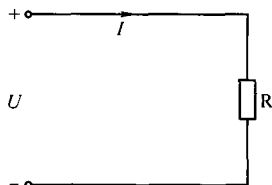


图 1-3 部分电路欧姆定律电路

式中, 电压的单位用伏, 电阻的单位用欧, 则电流的单位是安。

例: 已知手电筒的小电珠放白光时的电阻是 10Ω , 电池的电压是 3 V , 问通过电珠的电流是多少?

解: 根据部分电路的欧姆定律

$$I = \frac{U}{R} = \frac{3}{10} = 0.3 \text{ A}$$

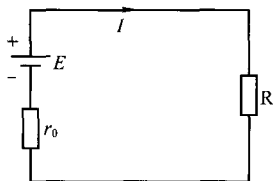


图 1-4 全电路欧姆定律电路

(2) 全电路的欧姆定律 含有电源和负载的闭合电路称为全电路, 如图 1-4 所示。其欧姆定律表达式为

$$I = \frac{E}{R + r_0}$$

式中, r_0 是电源内阻, 单位为 Ω 。

二、电功率和电流的热效应

1. 电功率 P

当电流通过负载时所表现出来的, 如发光、发声、发热和机械运动等现象, 我们说是电在做功。手电筒发光, 就是干电池的电流在做功。每秒钟电流所做的功, 叫做电功率, 或者叫做电力, 用字母 P 表示, 单位为瓦(W)或者千瓦(kW), 电功率等于电压与电流的乘积。

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

$$1 \text{ 千瓦(kW)} = 10^3 \text{ 瓦(W)}$$

$$1 \text{ 瓦(W)} = 10^3 \text{ 毫瓦(mW)}$$

如前面所述, 电功率是电流在单位时间里所做的功, 因此电功率和它所做功的时间乘积就是电功, 亦称为电能, 用字母 W 表示。

$$W = UI t = I^2 R t$$

电能的单位用千瓦时(kW·h)表示, 也称为度。例如 100 W 灯泡点燃了 10 h , 它消耗的电能即 $1000 \text{ W} \cdot \text{h}$ 。电能表(俗称火表)所记下来的度数就是以 $1000 \text{ W} \cdot \text{h}$ 作为 1 度。因此, 1 度电就是 $1 \text{ kW} \cdot \text{h}$ 。

例: 一只 40 W , $U = 220 \text{ V}$ 的白炽灯, 接在 220 V 的电源上, 平均每天用电 4 h , 1 个月(按

30 天计算)耗电多少?

$$\text{解: } W = Pt = 40 \times 10^{-3} \times 4 \times 30 = 4.8 \text{ kW} \cdot \text{h}$$

2. 电流的热效应

由于导体具有一定的电阻,因此,当电流流过导体时,电能就随着电流的流动不断地转变成热能,使导体温度升高,这种现象就叫做电流的热效应。电烙铁、电炉、电饭锅等电热器就是利用电流的热效应来产生热量的。

负载是通过导线与电源相连接的。电机和变压器的线圈也是用导体绕制而成的,当电流通过时,导线电阻所消耗的电功率也转变为热量,这是一种无用的损耗。如果热量太大,来不及向四周扩散,将会使导线的温度升高,热能使导体之间的绝缘层因过热而损坏。所以导线中允许通过的电流不能超过规定的限度。

三、电路的状态

电路一般存在三种工作状态,即:负载状态、空载状态和短路状态。

1. 负载状态

由图 1-5(a)可知,当 S 闭合时,电路接通,有电流通过负载,电珠正常发光。

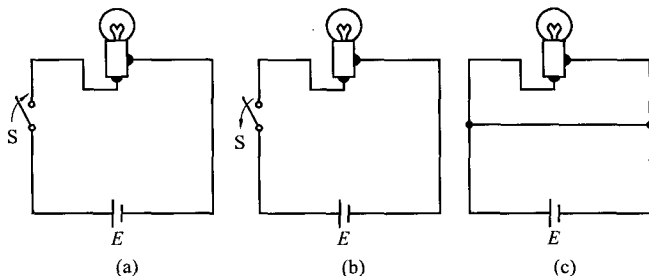


图 1-5 电路的三种状态
(a) 负载; (b) 空载; (c) 短路

2. 空载状态

如果电路中开关 S 断开或电路中任何一个地方断开时,电流通不过,如图 1-5(b)中电珠不亮,这时叫做空载,或称断路(开路)。

3. 短路状态

在电路中,如果有一根导线与电源两端直接连接,如图 1-5(c)所示,这时电流几乎不通过负载(电珠不亮),而从导线中直接通过,这时,电流比正常时大几倍到几十倍,这种现象叫做短路。短路时,由于电流很大,就会损坏电源,烧毁导线,造成火灾等。因此,在实际工作中要特别注意避免短路事故,确保安全。

四、电阻的连接

1. 电阻的串联

几个电阻互相联结起来,中间没有分支,使电流只有一条通路,叫电阻的串联。如图

1-6 所示就是 3 个电阻的串联。

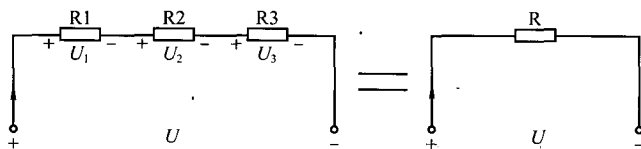


图 1-6 电阻的串联电路

电阻串联的特点是：

① 3 个电阻串联的总阻值 R 等于各串联电阻阻值之和, 即

$$R = R_1 + R_2 + R_3$$

② 通过各电阻的电流相等, 即

$$I = \frac{U}{R} = \frac{U_1}{R_1} = \frac{U_2}{R_2} = \frac{U_3}{R_3}$$

③ 总电压等于各电阻上电压之和, 即

$$U = U_1 + U_2 + U_3$$

④ 各串联电阻所产生的电压降 (或称电阻分压) 是这个电阻占总电阻的比值数乘上接在总电阻的电压, 即

$$U_1 (R_1 \text{ 上的分压}) = \frac{R_1}{R_1 + R_2 + R_3} U$$

$$U_2 (R_2 \text{ 上的分压}) = \frac{R_2}{R_1 + R_2 + R_3} U$$

$$U_3 (R_3 \text{ 上的分压}) = \frac{R_3}{R_1 + R_2 + R_3} U$$

例: 图 1-17 表示 500 型万用表的直流电压表部分, 它有 5 个量程, 分别是 $U_1 = 2.5 \text{ V}$, $U_2 = 10 \text{ V}$, $U_3 = 50 \text{ V}$, $U_4 = 250 \text{ V}$, $U_5 = 500 \text{ V}$ 。等效的表头参数 $r_0 = 3 \text{ k}\Omega$, $I_0 = 50 \mu\text{A}$, 求各降压电阻值。

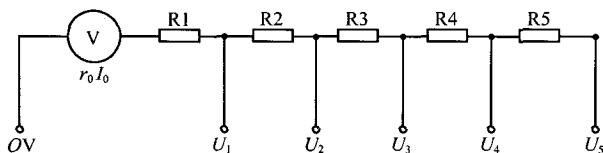


图 1-7 例题附图

解: 可用欧姆定律分别求出各降压电阻:

$$R_1 = \frac{U_1 - r_0 I_0}{I_0} = \frac{2.5 - 3 \times 50 \times 10^{-3}}{50 \times 10^{-6}} = 47 \text{ k}\Omega$$

$$R_2 = \frac{U_2 - U_1}{I_0} = \frac{10 - 2.5}{50 \times 10^{-6}} = 150 \text{ k}\Omega$$

$$R_3 = \frac{U_3 - U_2}{I_0} = \frac{50 - 10}{50 \times 10^{-6}} = 800 \text{ k}\Omega$$

请读者做练习,计算 R_4 、 R_5 的阻值。

2. 电阻的并联

把两个或两个以上的电阻并排地联在一起,电流可以从各条支路同时流过各个电阻,这就是电阻的并联。图 1-8 是 3 个并联的电阻。

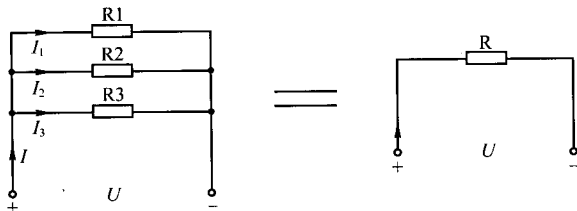


图 1-8 电阻的并联电路

电阻并联电路的特点是:

- ① 并联电路的等效电阻 R 的倒数等于各并联电阻倒数之和,即

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}$$

并联一个电阻的结果总是使等效电阻减小。

对于 R_1 及 R_2 两个电阻并联,则等效电阻为

$$R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

- ② 各并联电阻两端电压相等。

- ③ 总电流等于各电阻上流过的电流之和,即

$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

- ④ 电阻并联电路对总电流有分流作用。如 R_1 及 R_2 两个电阻并联,则

$$I_1 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} I$$

$$I_2 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} I$$

例:图 1-9 表示 500 型万用表的直流电流部分,其中每个电阻分流量程为 $I_1 = 500 \text{ mA}$, $I_2 = 100 \text{ mA}$, $I_3 = 10 \text{ mA}$, $I_4 = 1 \text{ mA}$, $I_5 = 250 \text{ }\mu\text{A}$, $I_6 = 50 \text{ }\mu\text{A}$ 。表头参数 $r_o = 3.75 \text{ k}\Omega$, $I_o = 40 \text{ }\mu\text{A}$, 求各分流电阻值。

解:整个电流表有 6 个分流电阻,当使用最小的量程 $I_6 = 50 \text{ }\mu\text{A}$ 时,全部分流电阻串联起来与表头并联,用上述公式可首先算出总分流电阻 $R = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + R_6$ 的值,即

$$R = \frac{r_o I_o}{I_6 + I_o} = \frac{3.75 \times 40}{50 - 40} = 15 \text{ k}\Omega$$

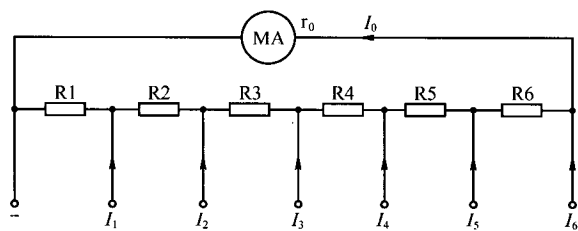


图 1-9 例题附图

采用量限 I_1 时,除 R_1 以外的分流电阻与表头一起串联之后,再与 R_1 并联,由分流公式

$$I_0 = \frac{R_1}{R + r_0} I_1$$

得:

$$R_1 = \frac{I_0 (R + r_0)}{I_1} = \frac{40 \times (15 + 3.75)}{500} = 1.5 \Omega$$

采用量限 I_2 时,除 $R_1 + R_2$ 以外的分流电阻与表头一起串联之后,再与 $R_1 + R_2$ 并联。于是可以求出

$$R_2 = \frac{I_0 (R + r_0)}{I_2} - R_1 = \frac{40 \times (15 + 3.75)}{100} - 1.5 = 6 \Omega$$

同理可求出 R_3 、 R_4 、 R_5 和 R_6 ,由读者作为练习。

3. 电阻的混联

实际应用中经常会遇到既有电阻串联又有电阻并联的电路,成为电阻的混联电路,如图 1-10 所示。计算混联电路时,必须先分清哪些是串联电阻,哪些是并联电阻,采取逐步合成的办法来解决。具体的计算方法,可从图 1-10 中看出。

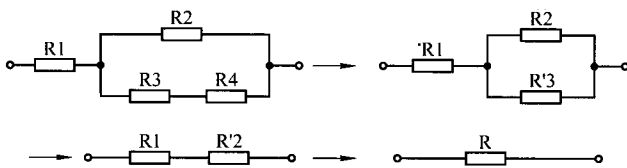


图 1-10 电阻的混联电路

计算过程是:

$$R_1 + \frac{R_2 (R_3 + R_4)}{R_2 + R_3 + R_4} = R_1 + \frac{R_2 R'_3}{R_2 + R'_3} = R_1 + R'_2 = R$$

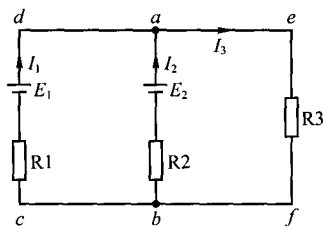
五、基尔霍夫定律

在实际的电工技术中,经常会遇到比较复杂的电路需要解决。如电路往往由几个分支电路组成。因此,要分析电路中的电流、电压及其相互的关系就比较复杂。基尔霍夫定律可

以具体说明它们之间的各种关系。

1. 基尔霍夫第一定律——电流定律(KCL)

电流定律指出:流入一个节点的电流之和等于从这个节点流出的电流之和。



节点是指 3 条或 3 条以上支路的汇集点(电路中的每一分支都称为一条支路)。如图 1-11 中的 a 点及 b 点均为节点,对节点 a 而言:

$$I_1 + I_2 = I_3$$

或

$$I_1 + I_2 + (-I_3) = 0$$

通常取流入节点的电流为正,流出节点的电流为负。写成一般式

$$\sum I = 0$$

图 1-11 复杂电路举例

即对于电路中的任一节点,电流的代数和恒等于零。

对于一个封闭面而言,基尔霍夫第一定律依然适用。如图 1-12(a) 所示的电路,封闭面将电阻 R_A 、 R_B 及 R_C 所构成的三角形全部包围起来,则流进封闭面的电流应等于从封闭面流出的电流,即

$$I_A + I_B = I_C$$

对于图 1-12(b) 所示的晶体管的基极电流 I_b ,发射极电流 I_e 和集电极电流 I_c 之间也具有同样的关系,即

$$I_e = I_b + I_c$$

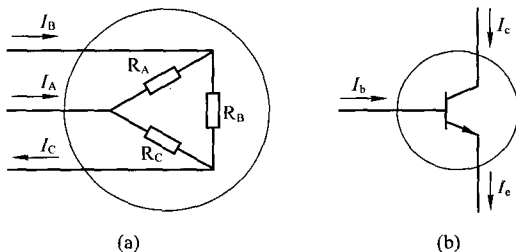


图 1-12 封闭面中的电流关系

(a) 电阻的三角形接法; (b) 晶体三极管

2. 基尔霍夫第二定律——电压定律(KVL)

电压定律指出:在任一瞬间,对于电路中任何一闭合回路,各部分电压的代数和恒等于零,即

$$\sum U = 0$$

从一个闭合电路中的任一点出发,沿任意路径绕行一周,经历了电位的升高和降低,当回到原出发点时,电位值不变。因此在任意一个含电源、电阻的闭合回路,各电动势的代数和等于各电阻上电压降的代数之和,即

$$\sum E = \sum IR$$

式中,电动势及电压极性按选定的回路绕行方向确定,如电动势方向与绕行方向相同,则取正号,反之则取负号。流经电阻上的电流与绕行方向一致时,该电阻上的电压降取正号,反之取负号。例如对图 1-11 中的 $baefb$ 回路,取回路为顺时针绕行方向时,则有

$$E_2 = I_2 R_2 + I_3 R_3$$

如取逆时针方向绕行,则有

$$-E_2 = -I_2 R_2 - I_3 R_3$$

由此可见回路绕行方向的选取对计算结果无关。

六、电 容 器

电容器是电路用以存储电荷的基本元件,简称电容,用字母 C 表示。

1. 电容及其充放电

两个导体电极中间隔以空气、纸、云母、塑料薄膜和陶瓷等绝缘层就构成了电容器。把电容器 C 的两极分别和直流电压 U 相接,则电源将会给电容器充电,如图 1-13(a) 所示。电容器两极板上将积累数量相等、极性相反的电荷,随着电荷量的不断增加,电容两极板间形成的电场也不断升高,直到这一电压 u_c 与电源电压 U 相等时充电过程结束。电容器的充电过程实质上是电容器从电源取得能量的储能过程。

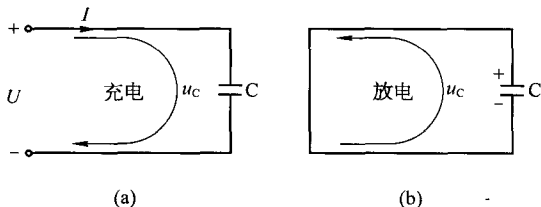


图 1-13 电容器的充放电

实验证明,电压越高,电容器所充的电荷也越多。电容器上所充的电荷与充电电压之比,即表示电容器的电容量,其关系表示如下:

$$C = q/U$$

式中, C 称为电容器的电容,它的单位是法(F),实用中常以微法(μF)或皮法(pF)为单位。

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

如果将一个已经充电到 $u_c = U$ 的电容器两端短接,如图 1-13(b) 所示,那么,已充电的电容器将向电路放电,正、负电荷中和, u_c 减小到零时放电过程结束。

2. 电容器的串、并联

(1) 电容器的串联 几只电容器接成一个无分支电路的连接方式叫做电容的串联。

如图 1-14 所示就是两只电容器的串联电路。两只电容器的电容分别为 C_1 和 C_2 ,则总电容的倒数,等于各个电容倒数之和,即

$$1/C = 1/C_1 + 1/C_2$$

或

$$C = C_1 C_2 / (C_1 + C_2)$$

从式中可以看出:电容器串联后,等效电容 C 减小了,等效电容 C 比原来的两只电容 C_1 或 C_2 中的任意一个的值都要小。

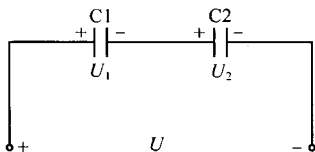


图 1-14 电容器的串联

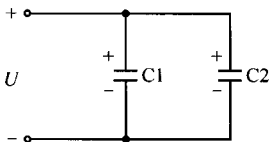


图 1-15 电容器的并联

(2) 电容的并联 几只电容器接在同一对节点间的连接方式叫做电容器的并联。

图 1-15 所示为两只电容器并联的电路,它们的电容分别是 C_1 和 C_2 ,则总电容等于各并联电容之和。

$$C = C_1 + C_2$$

由此可见,电容器并联时,总电容增大了。

电容器在使用时,除选择合适的电容量之外,还有一个很重要的参数——耐压值。电容器上均标注有耐压值,要注意加交流电压时其峰值不要超过这个限额。

电容器串联时,等效电容将减少,但总的耐压值将提高;电容器并联时,等效电容将增大,总的耐压值仍维持不变。整个并联电容器组允许的耐压值以耐压值最小的一个电容器为准。

七、磁与电磁感应

1. 电磁与磁效应

(1) 磁的基本知识 通常把能够吸引铁磁物质的性质叫磁性。具有磁性的物体叫磁体。磁铁上磁性最强的部位叫做磁极。任何磁体都具有两个磁极,一端叫南极,用 S 表示;另一端叫北极,用 N 表示。磁极间的相互作用力,称为磁力,且同性磁极相斥,异性磁极相吸。

磁体能够吸引它附近的铁磁物质,由此可见,在磁体周围有一个磁力能起作用的空间,叫做磁场。磁场具有力和能的特性。磁感应线是用来形象地表示磁场的强弱、方向和分布情况的曲线。磁感应线具有的特点是:

- ① 磁感应线是永不相交的闭合回路,在磁体外部由 N 极指向 S 极,在磁体内部由 S 极回到 N 极。
- ② 用磁感应线的疏密程度描述磁场的强弱。
- ③ 磁感应线上任意一点的切线方向就是该点的磁场方向。图 1-16 表示条形磁体的磁感应线。

(2) 电流的磁效应 电流通过导线时,在导线周围就会产生磁场,这种现象就叫做电流的磁效应。

① 直流电流的磁场。图 1-17(a) 是表示直流电流的磁场中的磁感应线图。确定直流电流的磁场中的磁感应线方向跟电流方向的关系应用右手螺旋定则,如图 1-17(b) 所示。以右手拇指的指向表示电流方向,四指的指向为磁场方向。

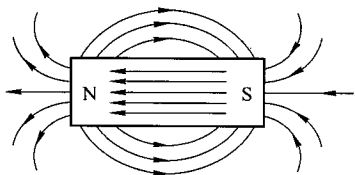


图 1-16 条形磁铁的磁感应线

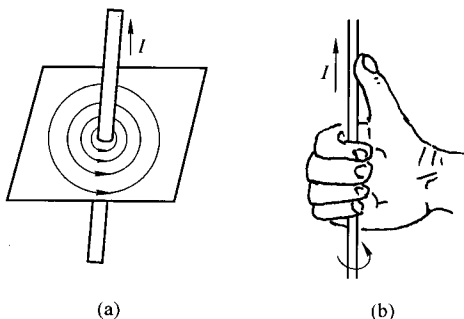


图 1-17 直流电流的磁场

(a) 通电导线; (b) 直导线电流磁场方法判定

② 环形电流的磁场。图 1-18 是表示环形电流的磁场中的磁感应线图。可以用图 1-17(b) 的右手螺旋定则来确定磁感应线的方向。

通电螺线管就是串联在一起的环形导线,在实际的应用中,用如图 1-19 所示的右手螺旋定则比较方便:用右手握住螺丝管,使四指指向电流方向,拇指指向为磁场方向。

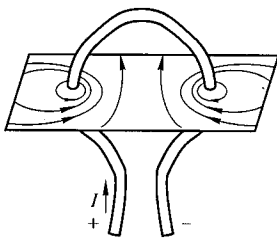


图 1-18 环形电流的磁场

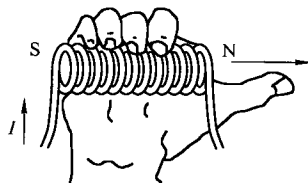


图 1-19 通电螺线管的磁场方向判定

③ 磁感应强度和磁场强度。磁场的强度有大有小,通常把穿过磁场某一个面的磁感应线条数,叫做穿过这个面的磁通量,用 Φ 表示。它的单位是韦伯(Wb)。把垂直穿过单位面积的磁通量,叫做磁感应强度(磁感应强度在数值上等于磁通密度),用 B 表示,其单位是特斯拉(T)或韦伯/米平方(Wb/m^2)。

磁感应强度既有大小又有方向,因此是个矢量,它的方向和 Φ 的方向一致。在均匀磁场中,磁通量 Φ 和磁感应强度 B 之间的关系是: $\Phi = BS$ 或 $B = \Phi/S$, S 为垂直于磁感应线方向上某一截面。

把磁铁或载流导线放在真空中或放在各种不同的物质中,则在同一点的磁感应强度是不相等的,也就是说各种不同的物质对磁场有不同的影响。因此,从对磁场的影响来说,一切物质都称为磁介质。通常我们用磁导率 μ (导磁系数)这个物理量来表示不同物质的导磁性能。

真空的磁导率是一个常量,用 μ_0 表示, $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ H/m}$ 。

磁性材料的磁导率 μ 与真空磁导率 μ_0 的关系为:

$$\mu = \mu_0 \mu_r$$