

职业技能鉴定教材
ZHIYEJINENGJIANDINGJIAOCAI

(第2版)

电工

(初级、中级、高级)



中国劳动社会保障出版社

Dian
GONG

职业技能鉴定教材

电 工

(初级、中级、高级) (第2版)

人力资源和社会保障部教材办公室组织编写

编写人员

主 编 朱照红 李成良

参 编 王 莉 刘 磊 曹汉敏

中国劳动社会保障出版社

图书在版编目(CIP)数据

电工：初级、中级、高级/朱照红，李成良主编. —2版. —北京：中国劳动社会保障出版社，2014

职业技能鉴定教材

ISBN 978-7-5167-1033-3

I. ①电… II. ①朱…②李 III. ①电工技术-职业技能-鉴定-教材 IV. ①TM

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 130192 号

中国劳动社会保障出版社出版发行

(北京市惠新东街 1 号 邮政编码：100029)

*

三河市华骏印务包装有限公司印刷装订 新华书店经销
787 毫米×1092 毫米 16 开本 22 印张 1 插页 507 千字
2014 年 6 月第 2 版 2014 年 6 月第 1 次印刷

定价：40.00 元

读者服务部电话：(010) 64929211/64921644/84643933

发行部电话：(010) 64961894

出版社网址：<http://www.class.com.cn>

版权专有 侵权必究

如有印装差错，请与本社联系调换：(010) 80497374

我社将与版权执法机关配合，大力打击盗印、销售和使用盗版图书活动，敬请广大读者协助举报，经查实将给予举报者奖励。

举报电话：(010) 64954652

修 订 说 明

1994 年以来，人力资源和社会保障部职业技能鉴定中心、教材办公室和中国劳动社会保障出版社组织有关方面专家，依据《中华人民共和国职业技能鉴定规范》，编写出版了《职业技能鉴定教材》（以下简称《教材》）及其配套的《职业技能鉴定指导》（以下简称《指导》）200 余种，作为考前培训的权威性教材，受到全国各级培训、鉴定机构的欢迎，有力地推动了职业技能鉴定工作的开展。

人力资源和社会保障部从 2000 年开始陆续制定并颁布了《国家职业技能标准》。同时，社会经济、技术不断发展，企业对劳动力素质提出了更高的要求。为适应新形势，为各级培训、鉴定部门和广大受培训者提供优质服务，教材办公室组织有关专家、技术人员和职业培训教学管理人员、教师，依据新颁布《国家职业技能标准》和企业对各类技能人才的需求，针对市场反响较好、长销不衰的《教材》和《指导》进行了修订工作。这次修订包括维修电工、焊工、钳工、电工、无线电装接工 5 个职业的《教材》和《指导》，共 10 种书。

本次修订的《教材》和《指导》主要有以下几个特点：

第一，依然贯彻“考什么，编什么”的原则，保持原有《教材》和《指导》的编写模式，并保留了大部分内容，力求不改变培训机构、教师的使用习惯，便于读者快速掌握知识点和技能点。

第二，体现新版《国家职业技能标准》的知识要求和技能要求。由于《中华人民共和国职业技能鉴定规范》已经作废，取而代之的是《国家职业技能标准》，所以，修订时，在保证原有教材结构和大部分内容的同时增加了新版《国家职业技能标准》增加的知识要求和技能要求，以满足鉴定考核的需要。

第三，体现目前主流技术设备水平。由于旧版教材编写已经十几年，当今技术有很大进步、技术标准也有更新，因此，修订时，删除淘汰过时技术、装备，采用新的技术，同时按照最新的技术标准修改有关术语、图表和符号等。

第四，改善教材内容的呈现方式。在修订时，不仅将原有教材的疏漏一一订正，同时，对原有教材的呈现形式进行丰富，增加了部分图表，使教材更直观、易懂。

本书由朱照红、李成良主编，王莉、刘磊、曹汉敏参编。

编写教材和指导有相当的难度，是一项探索性工作，不足之处在所难免，欢迎各使用单位和个人提出宝贵意见和建议，以使教材日渐完善。

人力资源和社会保障部教材办公室

目 录

第 1 部分 初级电工知识要求

第一章 初级电工基础知识	(2)
第一节 交、直流电路基础知识	(2)
第二节 电子线路基础知识	(10)
第二章 初级电工专业知识	(14)
第一节 电工识图	(14)
第二节 电工材料基本知识	(19)
第三节 电工测量仪表的一般知识	(23)
第四节 变压器、异步电动机的基本知识	(34)
第五节 供电常识	(45)
第六节 安全文明生产	(60)

第 2 部分 初级电工技能要求

第三章 初级电工基本操作技能	(64)
第一节 电工工具的使用与维护	(64)
第二节 基本操作工艺	(65)
第三节 半导体管测试及整流电路安装	(71)
第四章 初级电工内、外线安装技能	(74)
第一节 照明线路安装	(74)
第二节 异步电动机控制线路安装	(90)
第三节 登杆作业	(92)
第五章 初级电工变、配电所设备维护与操作	(99)
第一节 变、配电所识图	(99)
第二节 变、配电所设备维护及操作	(103)

第 3 部分 中级电工知识要求

第六章 中级电工基础知识	(108)
第一节 交、直流电路基础及计算	(108)
第二节 晶闸管电路知识	(119)
第七章 中级电工专业知识	(125)
第一节 电工测量仪器、仪表	(125)
第二节 供电知识	(132)

第三节	电气试验	(142)
第四节	雷电危害与防雷措施	(150)
第五节	内、外线电力线路安装技术标准	(156)
第六节	相关知识	(162)
第七节	生产技术管理	(165)

第4部分 中级电工技能要求

第八章	中级电工内、外线安装操作技能	(170)
第一节	照明线路与动力线路安装	(170)
第二节	安装 15/3 t 型桥式起重机	(178)
第三节	交流电力驱动系统安装与维修	(181)
第四节	晶闸管整流电路安装	(184)
第九章	中级电工变、配电所设备的维护与操作技能	(186)
第一节	10 kV 高压开关柜的大修	(186)
第二节	10 kV 油断路器的大修	(188)
第三节	10 kV 电力电缆头及中间盒的制作	(191)
第四节	10 kV、750 kVA 新建变电所的安装	(197)
第五节	变、配电所一、二次电气图绘制	(202)
第六节	变、配电所较复杂的操作	(208)
第七节	10 kV、750 kV · A 变压器吊芯检查、测试	(211)
第八节	变、配电所停电事故处理	(213)
第九节	安全文明生产	(218)

第5部分 高级电工知识要求

第十章	高级电工基础知识	(222)
第一节	磁场与磁路	(222)
第二节	电子技术	(233)
第三节	晶闸管电路	(251)
第十一章	高级电工专业知识	(276)
第一节	直流电动机电力驱动	(276)
第二节	同步电机	(287)
第三节	电弧炉、中频炉和高频炉	(293)
第四节	供电理论	(294)
第五节	企业管理及安全文明生产	(313)

第6部分 高级电工技能要求

第十二章	高级电工内、外线安装技能	(318)
第一节	晶闸管直流驱动系统安装调整	(318)

第二节	同步电机的操作技能	(322)
第三节	10 kV 架空线转角杆、终端杆的调换	(324)
第四节	35 kV 电力电缆敷设	(325)
第五节	电弧炉、中频炉、高频炉的电气安装与调整	(329)
第十三章	高级电工变、配电所设备维护与操作	(331)
第一节	电气设备试验	(331)
第二节	复杂的倒闸操作	(341)
第三节	5 000 kV · A 变、配电所电气安装	(343)

第1部分

初级电工知识要求

- 第一章 初级电工基础知识 /2
- 第二章 初级电工专业知识 /14

第一章 初级电工基础知识

第一节 交、直流电路基础知识

电流通过的路径称为电路。电路一般由电源、负载、开关及导线组成。电路的形式有两种基本类型：一是进行能量的转换、传输和分配；二是进行信息处理。任何一个电路都可能具有三种状态：通路、断路和短路。按电路中流过的电流种类可把电路分为直流电路和交流电路两种。本节主要讨论电路中的基本物理量，以及进行电路计算的基本定理、公式。

一、电路的基本概念

1. 电阻、电容和电感

(1) 电阻 反映导体对电流起阻碍作用的物理量称为电阻。用符号 R 表示，常用单位是 Ω （欧姆）或 $k\Omega$ （千欧）。

对于一段材质和粗细都均匀的导体来说，在一定温度下，它的电阻与其长度成正比，与材料的截面积成反比，并与材料的种类有关。用公式表示即：

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

式中 l ——导体长度，m；

s ——导体截面积， m^2 ；

ρ ——导体电阻率，取决于材料。

导体的电阻除了与材料的尺寸与种类有关外，还与温度有关。一般来说，电阻随温度升高而增加。常用导体的电阻率及温度系数见表 1—1。

表 1—1 常用导体电阻率与温度系数

材料名称	20℃时的电阻系数 ($10^{-8} \Omega \cdot m$)	0 ~ 100℃时温度系数 ($1/^\circ C$)
银	1.63	0.003 6
铜	1.75	0.004 0
铝	2.83	0.004 0

(2) 电容 凡是用绝缘物隔开的两个导体的组合就构成了一个电容器。电容器具有储存电荷的性能，这种性能可用电容来表示。如果把电容器的两个极板分别接到直流电源的正负极上，如图 1—1 所示。在电源的作用下两极板分别带数量相等而符号相反的电荷，其中任一极板上的电量 Q 与两极板间的电压 U 成正比，且 Q/U 是一个常数，

此常数叫电容器的电容量,简称电容,用字母 C 表示,即:

$$C = Q/U$$

其中 Q 是任一极板上的电荷量,单位是 C (库仑); U 为两极板间的电压,单位是 V (伏特)。电容的单位为 F (法拉)。由于 F 的单位太大,常用 μF (微法)、 pF (皮法) 表示。

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

(3) 电感 导体中电流的变化,会在导体周围产生磁场,磁场的大小与流过导体中的电流、导体的形状及周围的介质有关。导体周围产生的磁场与导体中流过的电流之比叫电感。用字母 L 表示,其单位是 H (亨利),简称亨。常用的单位是 mH (毫亨)、 μH (微亨)。

$$1 \text{ mH} = 10^{-3} \text{ H}, 1 \mu\text{H} = 10^{-6} \text{ H}$$

2. 电流

金属导体内有大量的自由电荷 (自由电子),在电场力的作用下,自由电子会做有规律的运动,这就是电流。衡量电流大小的物理量叫电流强度,简称“电流”。用字母 I 表示,单位是 A (安培)。具体来说,1 s 内流过导体的电量为 1 C 时,则电流强度为 1 A。计算微小电流用毫安 (mA)、微安 (μA) 表示,计算大电流用 kA (千安) 表示。

电流的流动具有方向性,习惯上规定正电荷运动的方向为电流的方向。为了计算与说明问题方便,常以一个方向为“参考方向”。电流的实际方向是确定的,而参考方向可人为选定。在图 1—2 中,选定电流的参考方向为从 A 到 B,而这时电流的方向也正好是从 A 到 B,则电流 I_{AB} 为正。若选参考方向由 B 到 A,则 I_{AB} 为负。

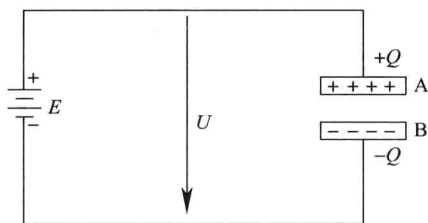


图 1—1 接于电源上的电容器

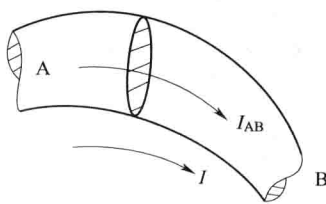


图 1—2 电流的参考方向与实际方向

3. 电压、电位、电动势

电压、电位、电动势这三个概念是非常重要的,它们都是描述电路能量特性的物理量。

(1) 电压 电荷在电场力作用下移动时,电场力对电荷做了功。设电荷从 A 到 B,电场力作功 W_{AB} ,如果被移动的电荷电量增加一倍,则做功也增加一倍,但 W_{AB}/Q (Q 是电荷量) 比值不变。 W_{AB}/Q 称为 AB 两点间的电压,记为 U_{AB} ,单位为 V (伏特)。

(2) 电位 上述电压的概念中,指出了 A、B 两个点,但都不是特殊点。如果在电场中指定一特殊点“O” (也称参考点),一般参考点是零电位点,那么电场中任意一点 x 与参考点 O 之间的电压,就称为 x 点的电位,用符号 V 表示,单位也是 V。实际上电位是电荷在电场中所具有的位能大小的反映。

(3) 电动势 电动势与电压的定义相仿，但实际上它们有本质的差别：电压是电场力做功，电动势是非电场力做功；在电场力作用下，正电荷由电位高的地方向电位低的地方移动，而在电动势的作用下，正电荷由低电位移到高电位；电压的正方向是正极指向负极、高电位指向低电位，电动势的正方向是负极指向正极、低电位指向高电位；电压是存在于电源外部的物理量，而电动势是存在于电源内部的物理量。

二、电路的基本定律

1. 欧姆定律

欧姆定律是描述在纯电阻电路两端施加电压后，流过该电路的电流与该电路电阻之间关系的电路基本定律。一个完整的电路包括电源与负载，如图 1—3 所示。该电路 A、B 两点左边包括一个电源及内阻 r_0 ，称为含源电路。右边部分不包括电源称为无源电路。实验证明，对于右边的无源电路，存在如下规律：

$$I = U_{AB}/R$$

而对于左边的含源电路存在如下规律：

$$I = (E - U_{AB}) / r_0$$

那么，可得： $U_{AB} = IR$ ； $U_{AB} = E - Ir_0$ ，即 $IR = E - Ir_0$ ，整理得 $I = E / (R + r_0)$

这就是全电路欧姆定律。用文字描述即：在整个闭合回路中，电流的大小与电源的电动势成正比，与电路中的电阻之和（包括电源内电阻及外电阻）成反比。

欧姆定律是分析和计算电路的基本定律。

2. 基尔霍夫定律

除了上述的欧姆定律外，电路的基本定律还包括基尔霍夫定律，由基尔霍夫第一定律和基尔霍夫第二定律组成。它们是分析计算复杂电路时不可缺少的的基本定律。

(1) 基尔霍夫第一定律 又称节点电流定律。其内容是：流入节点的电流之和恒等于流出节点的电流之和。节点是多条分支电路的交汇点，如图 1—4a 中 A 点所示。按此定律，对节点 A 可以得到：

$$I_1 + I_2 = I_3 + I_4 + I_5$$

实际上，节点可以是电路的实际交汇点，也可以是假想点，如图 1—4b 中所示的半导体三极管，圆圈内可被看作是假想节点，由基尔霍夫第一定律，可以得到 $I_b + I_c = I_e$ 。

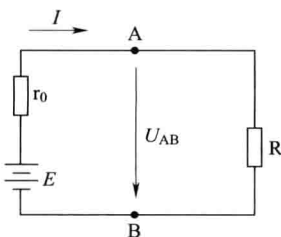


图 1—3 一个含电源与负载的完整电路

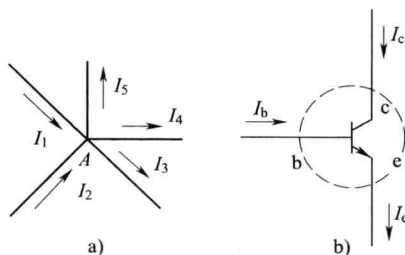


图 1—4 基尔霍夫第一定律例图

a) 节点 A 电流 b) 半导体三极管假想节点

(2) 基尔霍夫第二定律 又称回路电压定律。其内容是：在任一闭合回路中，沿一定方向绕行一周，电动势的代数和恒等于电阻上电压降的代数和，即：

$$\sum E = \sum IR$$

注意，在列回路电压方程时必须考虑电压（电动势）的正负。确定正、负号的方法与列回路方程的步骤如下（见图1—5）：

- 1) 首先在回路中假定各支路电流的方向。
- 2) 假定回路绕行方向（顺时针或逆时针，图1—5中是顺时针方向）。
- 3) 当流过电阻的电流参考方向与绕行方向一致时，电阻上的电压降为正；反之取负。
- 4) 当电动势方向与绕行方向一致时，该电动势取正；反之取负。

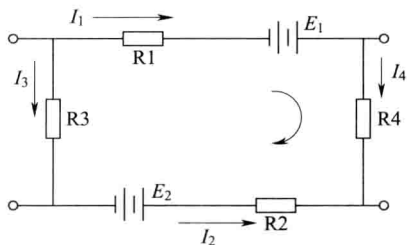


图1—5 基尔霍夫第二定律例图

由上述方法及步骤，可列出图1—5电路的回路方程为：

$$E_1 - E_2 = I_1 R_1 - I_2 R_2 - I_3 R_3 + I_4 R_4$$

三、电路的连接关系及计算

1. 电阻串联电路

两个或两个以上的电阻首尾相接，各电阻流过同一个电流的电路称电阻串联电路。图1—6a为三个电阻的串联电路。电阻串联电路具有以下特点：

- (1) 各电阻上流过同一电流。
- (2) 电路的总电压等于各个电阻上电压的代数和，即： $U = U_1 + U_2 + U_3$ 。
- (3) 电路的等效电阻等于各串联电阻之和，即： $R = R_1 + R_2 + R_3$ ，故图1—6a电路可用图1—6b来等效替代。

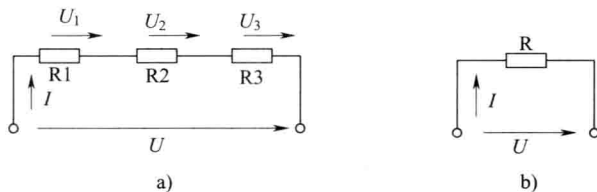


图1—6 串联电路

a) 电路图 b) 等效电路

- (4) 各电阻上的电压降与各电阻的阻值成正比。
- (5) 各电阻上消耗的功率之和等于电路所消耗的总功率。

2. 电阻并联电路

两个或两个以上电阻一端接在一起，另一端也接在一起的连接方式叫作并联。如图1—7a所示，并联电路具有以下特点：

- (1) 并联的各电阻承受的是同一电压。

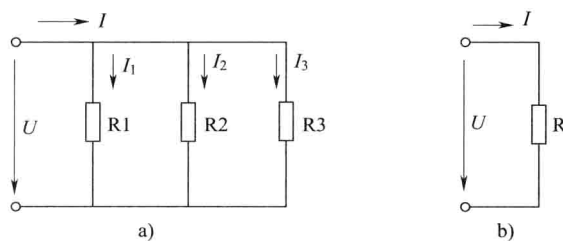


图 1—7 并联电路

a) 电路图 b) 等效电路

(2) 电路的总电流等于各支路电流之和，即：

$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

(3) 电阻并联电路的等效电阻 R 的倒数等于各并联支路电阻的倒数之和，即：

$$1/R = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3$$

特别对于两个电阻并联，有 $1/R = 1/R_1 + 1/R_2$ ，即 $R = R_1 R_2 / (R_1 + R_2)$ 。不难看出，等效电阻必定小于并联电阻中的最小阻值。

(4) 各并联电阻中的电流及电阻所消耗的功率均与各电阻的阻值成反比，即：

$$I_1 : I_2 : I_3 = P_1 : P_2 : P_3 = 1/R_1 : 1/R_2 : 1/R_3$$

例 1—1 有一只磁电系表头，表头允许流过的最大电流为 $I_G = 80 \mu\text{A}$ ，内阻 $R_G = 1\,000 \Omega$ ，若将其改制成量程为 250 mA 的电流表，需并联多大的分流电阻？

解：满量程时，分流电阻上流过的电流为：

$$I_{dc} = I - I_G = 250 - 0.08 = 249.92 (\text{mA})$$

此时表头承受的电压为：

$$U_G = I_G R_G = 80 \times 10^{-6} \times 1\,000 = 0.08 (\text{V})$$

由于分流电阻与表头并联，故分流电阻两端的电压与表头的电压相等。分流电阻阻值为：

$$R_{dc} = U_G / I_{dc} = \frac{0.08}{249.92 \times 10^{-3}} \approx 0.32 (\Omega)$$

即在表头两端并联一只 0.32Ω 的分流电阻，就可改制为量程为 250 mA 的电流表。

3. 混联电路

既有电阻串联又有电阻并联的电路称为混联电路。图 1—8 列出了三种混联电路。

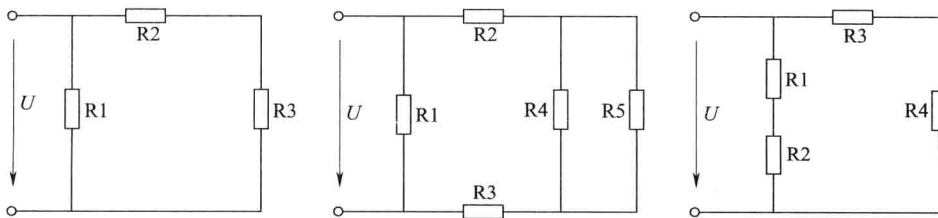


图 1—8 混联电路

混联电路的计算方法是：先按串、并联等效简化的原则，将混联电路简化为一个无分支电路，再进行电压、电流的计算；根据要求，利用分压、分流公式求出所需的电压

及电流。下面通过一个例题来说明求解过程。

例 1—2 如图 1—9a 所示电路中, 已知 $R_1 = R_2 = 100 \Omega$, $R_3 = R_4 = 150 \Omega$, 电压 $U = 100 \text{ V}$, 求电流 I 。

解: 先求电路的等效电阻。图 1—9a 中 R_1 与 R_2 并联, 其等效电阻为:

$$R_{1,2} = R_1 R_2 / (R_1 + R_2) = \frac{100 \times 100}{100 + 100} = 50 (\Omega)$$

这样可将电路简化为图 1—9b, 在图 1—9b 中 $R_{1,2}$ 与 R_4 串联, 其等效电阻为:

$$R_{1,2,4} = R_{1,2} + R_4 = 50 + 150 = 200 (\Omega)$$

电路又进一步简化为图 1—9c。显然 R_3 与 $R_{1,2,4}$ 并联, 所以

$$R = \frac{R_3 R_{1,2,4}}{R_3 + R_{1,2,4}} = \frac{150 \times 200}{150 + 200} \approx 85.7 (\Omega)$$

这样就得到最后的无分支电路图 1—9d。由欧姆定律, 可求得电流为:

$$I = \frac{U}{R} = \frac{100}{85.7} \approx 1.17 (\text{A})$$

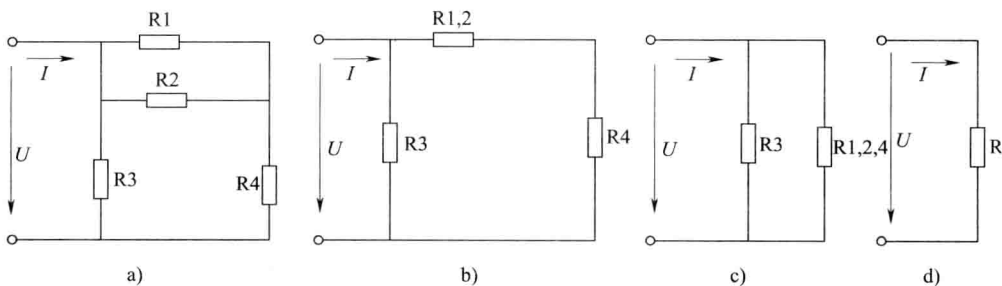


图 1—9 例 1—2 题图

4. 电路中各点的电位分析计算

电路中电位的计算实质上是电位差的计算。首先选好参考点, 通常选大地为参考点, 在无接地的电路中也可选许多元件汇集的公共点。现举例说明电路中各点电位的计算方法与步骤。

例 1—3 如图 1—10 所示电路中, 已知 $E_1 = 12 \text{ V}$, $E_2 = 9 \text{ V}$, $R_1 = 4 \Omega$, $R_2 = 2 \Omega$, 求电路中各点的电位。

解: 第一步, 计算电路中的电流和各电阻上的电压。因为 $E_1 > E_2$, 所以电流方向与 E_1 一致, 为逆时针方向, 由欧姆定律:

$$I = \frac{E_1 - E_2}{R_1 + R_2} = \frac{12 - 9}{4 + 2} = 0.5 (\text{A})$$

$$U_{ab} = IR_1 = 0.5 \times 4 = 2 (\text{V})$$

$$U_{bc} = IR_2 = 0.5 \times 2 = 1 (\text{V})$$

第二步, 选参考点, 从参考点出发, 顺 (逆) 电流方向依次求出各点的电位。当选 a 点为参考点时, 有:

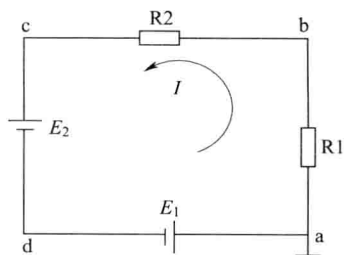


图 1—10 例 1—3 题图

$$V_a = 0 \text{ (V)}$$

$$\text{由于 } U_{ab} = V_a - V_b$$

$$\text{所以 b 点电位 } V_b = V_a - U_{ab} = 0 - 2 = -2 \text{ (V)}$$

$$\text{又由于 } U_{bc} = V_b - V_c$$

$$\text{所以 c 点电位 } V_c = V_b - U_{bc} = -2 - 1 = -3 \text{ (V)}$$

$$\text{由于 } U_{cd} = V_c - V_d = E_2$$

$$\text{所以 d 点电位 } V_d = V_c - E_2 = -3 - 9 = -12 \text{ (V)}$$

$$\text{当选 b 点为参考点时, 有: } V_b = 0 \text{ (V)}$$

$$\text{由于 } U_{bc} = V_b - V_c$$

$$\text{所以 } V_c = V_b - U_{bc} = -1 \text{ (V)}$$

$$\text{由于 } U_{cd} = V_c - V_d = E_2$$

$$\text{所以 } V_d = V_c - E_2 = -1 - 9 = -10 \text{ (V)}$$

$$\text{由于 } U_{da} = V_d - V_a = -E_1$$

$$\text{所以 } V_a = V_d + E_1 = -10 + 12 = 2 \text{ (V)}$$

四、交流电

1. 基本概念

大小与方向均随时间变化的电流（电压）叫作交流电。交流电中电流（电压）大多是按一定规律循环变化的，经过相同的时间后，又重复循环原变化规律，这种交流电称为周期性交流电。周期性交流电中应用最广的是按正弦规律变化的交流电，称为正弦交流电。一般所说的交流电大多是指正弦交流电。全世界所用的电能绝大部分是以正弦交流电的形式出现，本书所讨论的均是正弦交流电。

2. 正弦交流电“三要素”

代表交流电瞬时大小与方向的数值叫瞬时值。正弦交流电的瞬时值是随时间变化的正弦函数，其一般表达式为：

$$u = U_m \sin(\omega t + \varphi)$$

$$i = I_m \sin(\omega t + \varphi)$$

上述表达式中 U_m (I_m)、 φ 、 ω 三个量决定了该式的具体形式，其中 U_m (I_m) 叫最大值， ω 叫角频率， φ 叫初相位。这三个量就是正弦交流电的“三要素”。一个正弦交流电用图形表示，如图 1—11a 所示。

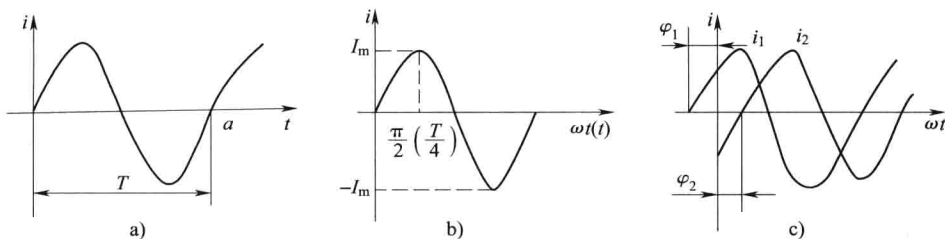


图 1—11 正弦交流电“三要素”

一个正弦交流电随时间的变化可快可慢。衡量交流电变化快慢的物理量为周期或频率。在图1—11a中,交流电由0变化到*a*所需的时间就是一个周期。在我国,工频交流电的周期是0.02 s,一个周期对应的电角度是 2π 弧度或 360° 。1 s内交流电重复变化的次数叫频率,用符号*f*表示。频率的单位是1/s或Hz(赫兹)。如周期为0.02 s的交流电,在1 s内变化的次数即频率 $f = \frac{1}{0.02} = 50 \text{ Hz}$ 。50 Hz的交流电又称为工频(工业频率)交流电。频率与周期间的关系很明显,互成倒数,即 $f = \frac{1}{T}$ 。对于直流电*f* = 0。由于交流电变化一周,对应电角度是 2π 或 360° 弧度,所以又定义单位时间内变化的电角度为角频率,用 ω 表示,有 $\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$ 。周期、频率和角频率都是反映交流电变化快慢的参数,只要知道一个,就可以求出另外两个。

交流电在一个周期中所出现的最大瞬时值叫作交流电的最大值,如图1—11b所示 $\pm I_m$ 。它是一个与时间无关的量。

在交流电的表达式中,符号“sin”后的总角度($\omega t + \varphi$)叫作相位。在电工技术中,把*t* = 0瞬间的相位叫作初相位,一般用 φ 表示,图1—11c中*i*₁的初相位为 φ_1 ,*i*₂的初相位为 φ_2 。初相位表示交流电在计时起点(*t* = 0时刻)的起始变化趋势,它对于描述同频率的几个正弦量间的相互关系是非常重要的。

3. 正弦交流电的几个参数及计算

除了上述的“三要素”外,正弦交流电的计算还经常用到有效值、平均值等参数。交流电流有效值的定义为:一个交流电流*i*与一直流电流*I*分别流过相同的电阻*R*,如果在相同时间内产生相等的热量,则交流电流*i*的有效值就等于直流电流*I*。交流电压有效值的定义也是如此。有效值描述了交流电做功本领的大小。今后,无特别说明,交流电气设备中提出的电压、电流以及通常所说的交流电压、交流电流均是指有效值。

有效值与最大值间的关系是:

$$I = I_m / \sqrt{2}, U = U_m / \sqrt{2}$$

从交流电的波形看,一个周期内横轴以上及横轴以下面积相等,所以平均值为零。故交流电的平均值是这样定义的:半个周期内的交流电平均值叫交流电的平均值。经过计算,平均值为 $I_p = \frac{2}{\pi} I_m$, $U_p = \frac{2}{\pi} U_m$ 。

4. 三相交流电概述

三个频率相同、最大值相同、相位依次互差 120° 的交流电,称为三相交流电。由于在发电、配电和用电等领域三相交流电比单相交流电优越,所以三相交流电得到广泛的应用。三相交流电是用三相发电机产生的,三相发电机有三个绕组、六根引出线,每相绕组相当于一个单相电源。把三个绕组产生的相位互差 120° 的同频单相交流电按一定规律连接,就产生出三相交流电。