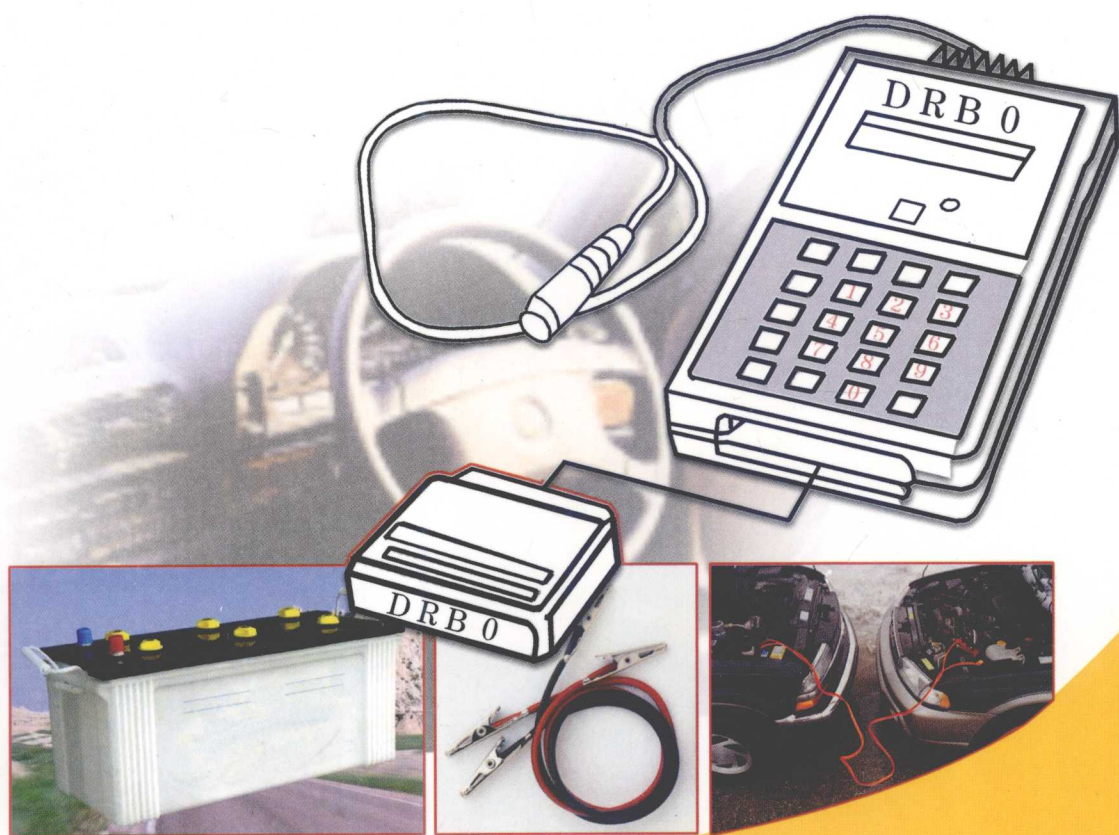


汽车电工

快速入门

张能武 陶荣伟 主编



看得明 弄得懂 学得会 用得着

广东省出版集团 广东科技出版社

汽车电工快速入门

张能武 陶荣伟 主编

江苏工业学院图书馆
藏书章

广东省出版集团

广东科技出版社

· 广 州 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

汽车电工快速入门/张能武, 陶荣伟主编. —广州: 广东科技出版社,
2009. 1

ISBN 978 - 7 - 5359 - 4724 - 6

I. 汽… II. ①张…②陶… III. 汽车—电工—基本知识 IV. U463. 6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 113383 号

责任编辑: 谢志远

封面设计: 陈维德

责任校对: 陈 静

责任印制: LHZH

出版发行: 广东科技出版社

(广州市环市东路水荫路 11 号 邮码: 510075)

E-mail: gdkjzbb@21cn.com

http: //www. gdstp. com. cn

经 销: 广东新华发行集团股份有限公司

印 刷: 广州市官侨彩印有限公司

(广州市番禺区石楼官桥 邮码: 511447)

规 格: 787mm×1092mm 1/16 印张 12.75 字数 250 千

版 次: 2009 年 1 月第 1 版

2009 年 1 月第 1 次印刷

印 数: 1~6 000 册

定 价: 26.00 元

如发现因印装质量问题影响阅读, 请与承印厂联系调换。

前 言

随着汽车产业的发展，汽车保有量的不断增加带动了汽车维修行业的快速发展，而汽车电子化程度越来越高，电气系统越来越复杂，从而对一线汽车电工维修人员提出了更高的要求。从事一线维修人员必须掌握汽车电气设备的基本知识，熟悉汽车电气设备的检测、故障诊断与维修的基本方法，并拥有大量的资料，不断更新、充实，以适应日新月异的现代化汽车维修行业的发展。

本书主要内容包括：电工电子学基础知识、常用维修工量具、电路图的识读、蓄电池、交流发电机、点火系统、组合仪表及报警信号系统、照明与信号系统、辅助电器装置、发动机电控燃油喷射系统、防抱死控制系统、汽车空调系统。在编写过程中参阅了国内外大量的技术资料，做到图文并茂，简单明了，具有较强的针对性和适用性。并且起点低，从入门讲起，无任何基础都可适用；内容规范，便于自学。

本书适合初级汽车电工维修人员、驾驶员及汽车行业相关人员阅读，也可供有关职业学校师生、企业培训人员的参考。

本书由江南大学张能武、陶荣伟主编，参加编写的有薛国祥、周斌兴、许佩霞、浦广益、陈曦、赵亦斌、陈伟、邓杨、唐艳玲等。

由于时间仓促，编者水平有限，书中不妥之处在所难免，敬请广大读者批评指正。

编 者

2008 年 11 月

目 录

第一章 电工电子学基础知识	(1)
第一节 直流电路	(1)
第二节 正弦交流电路	(5)
第三节 晶体管集成放大电路	(8)
第二章 常用维修工量具、仪器及电工材料	(10)
第一节 常用工量具及电工材料	(10)
第二节 常用汽车电工仪器仪表功能及使用	(21)
第三章 电路图的识读	(32)
第一节 汽车电路图的基础知识	(32)
第二节 典型车系汽车电路识读	(38)
第四章 蓄电池	(44)
第一节 蓄电池的构造、工作原理和型号	(44)
第二节 蓄电池的充电	(48)
第三节 蓄电池的常见故障与排除	(50)
第五章 交流发电机与电压调节器	(52)
第一节 交流发电机的构造与工作原理	(52)
第二节 调节器的构造与工作原理	(58)
第三节 交流发电机的故障与检修	(64)
第四节 调节器的正确使用与检测	(65)
第六章 点火系统	(69)
第一节 传统点火系统结构与工作原理	(69)
第二节 传统点火系统的使用故障诊断及排除	(80)
第三节 电子点火系统结构与工作原理	(89)
第四节 电子点火系统故障诊断与排除	(95)
第七章 汽车组合仪表及警报信号系统	(106)
第一节 电流表的工作原理与检修	(106)
第二节 润滑油压力表的工作原理与检修	(108)
第三节 水温表的工作原理与检修	(110)
第四节 燃油表的工作原理与检修	(112)
第五节 汽车电子仪表的故障诊断与排除	(114)
第八章 照明与信号系统	(116)
第一节 照明与信号系统的组成及功用	(116)
第二节 前照灯	(117)
第三节 信号系统	(126)
第九章 辅助电器装置	(133)
第一节 电动刮水器	(133)
第二节 洗涤器	(135)

第三节	电动汽油泵·····	(137)
第四节	启动预热装置·····	(140)
第五节	电动车窗·····	(143)
第六节	中央控制电动车窗·····	(146)
第十章	发动机电控燃油喷射系统·····	(150)
第一节	电控燃油喷射系统的结构与组成·····	(150)
第二节	发动机电子控制系统电路分析·····	(155)
第三节	常见车型故障代码的读取与排除·····	(160)
第十一章	防抱死制动系统 (ABS) ·····	(167)
第一节	防抱死制动系统的结构与组成·····	(167)
第二节	防抱死制动系统的正确使用与维修·····	(174)
第十二章	汽车空调系统·····	(183)
第一节	汽车空调系统的结构与组成·····	(183)
第二节	汽车空调系统的维护与使用·····	(186)
第三节	汽车空调系统的故障诊断及排除·····	(188)
参考文献	·····	(197)

第一章 电工电子学基础知识

第一节 直流电路

通过对直流电路的基本概念、基本定律的论述,从而完整地系统地认识直流电路。它的概念、原理和分析方法也适用其他线性电路,是分析和识读电路的基础。

一、电路的基本知识

(1) 电流。导体内的自由电子或离子在电场力的作用下有规律的流动叫做电流。规定正电荷移动的方向为电流的正方向。电流用字母 I 表示,单位为安培(A),简称安。

(2) 电压。在静电场或电路中,单位正电荷在电场力作用下从一点移到另一点电场力所做的功称为两点间的电压,用符号 U 表示,单位为伏特(V),简称伏。电压的正方向是从高电位到低电位。

(3) 电动势。电源内部某种分离电荷的势力,用来维持电位差的能力叫做电动势。

(4) 电阻。导体能够导电,但同时电流又有阻力作用。这种阻碍电流通过的阻力称为电阻,用字母 R 表示,单位为欧姆(Ω),简称欧。电阻的大小与导体的长度成正比,与导体的横截面积成反比,此外还与导体的材料有关。

(5) 电容。在电路中,电容器能把电能转变为电场能。电容是表征电容器容纳电场能量(电荷)能力的一个参数,用字母 C 表示,单位为法拉(F),简称法。电容在数值上等于导体所具有的电荷量与两导体电位差(电压)之比值,即 $C = Q/U$ 。

(6) 电感。电感是表征电感器储能能力的一个物理量,用符号 L 表示,单位为亨利(H),简称亨。电感包括自感和互感,有时自感也称为电感。

(8) 直流。凡大小和方向不随时间变化的电流称为直流。

(9) 交流。凡大小和方向都随时间作周期性变化的电流称为交流电,一般交流电指的是正弦交流电流。大小和方向随时间按正弦规律变化的电流称为正弦交流。

(10) 频率。周期的倒数叫做频率,其数值等于 1s 内的周期数。用符号 f 表示,单位为赫兹(Hz),简称赫。我国电力的频率为 50Hz,美国的频率为 60Hz。

(11) 周期。交流电流的瞬时值每重复一次所需的最短时间叫做周期,用符号 T 表示,单位为秒。

(12) 电功率。一个用电设备在单位时间内(1s)所消耗的电能叫做电功率,用符号 P 表示,单位为瓦特(W),简称瓦。

(13) 支路。电路中含有电路元件的每个分支称为支路,一条支路中通过的电流为同一电流。

(14) 节点。在电路中,3 条或 3 条以上支路的连接点称为节点。

(15) 回路。电路中任一闭合路径称为回路。

(16) 网孔。在回路内部不含有支路的回路称为网孔。

(17) 并联电路。两个或两个以上电阻的首尾接在相同两点之间所构成的电路叫做并联电路。

(18) 串联电路。两个或两个以上电阻的首尾依次连接所构成的,中间无分支电路的连接方法叫串联电路。

二、电路的基本定律

欧姆定律和克希荷夫定律是电路的基本定律,它们揭示了电路基本物理量之间的关系,是电路分析计算的基础。它们的基本关系式分别为 $I = U/R$ 和 $\Sigma I = 0$ 或 $\Sigma U = 0$ 。

欧姆定律确定了电阻元件的电流与电压之间的关系,适用于线性电阻电路的分析计算。克希荷夫两条定律分别确定了节点电流之间的关系和回路电压之间的关系,适用于各种电路的分析计算,具有普遍意义。

(1) 欧姆定律。

通常流过电阻 R 的电流 I 与电阻两端的电压 U 成正比,与电阻 R 成反比,这就是欧姆定律。它是分析计算电路的基本定律之一。如图 1-1 所示。

(2) 基尔霍夫定律。

① 基尔霍夫第一定律(节电电流定律):对于任何一个节点,流入电流之和等于流出电流之和。如图 1-2 所示

对节点 a: $I_1 + I_2 = I_3$
 $I_1 + I_2 - I_3 = 0$

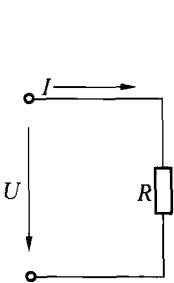


图 1-1 欧姆定律

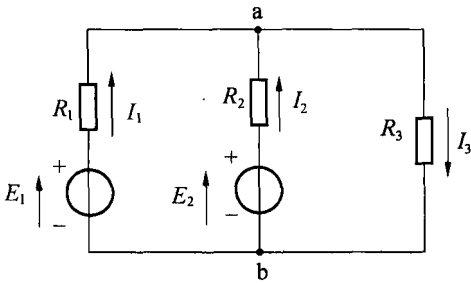


图 1-2 基尔霍夫电流定律

② 基尔霍夫第二定律(回路电压定律):对于电路中任何一个闭合回路,回路中的各电动势的代数和等于各电阻上电压降的代数和。如图 1-3 所示。

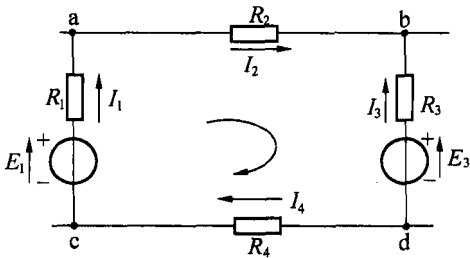


图 1-3 基尔霍夫电压定律

在回路 abcd 中,由基尔霍夫第二定律(回路电压定律)得

$$U_{R_1} + U_{R_2} - U_{R_3} + U_{R_4} + E_3 - E_1 = 0$$

即

$$R_1 I_1 + R_2 I_2 - R_3 I_3 + R_4 I_4 = E_1 - E_3$$

普遍形式

$$\Sigma(RI) = \Sigma E$$

综上所述,在电路中,电阻元件上的电流、电压关系要符合欧姆定律,对于任何结点,各支路电流要按照基尔霍夫电流定律分配;对于任何闭合回路中的各支路电压应满足基尔霍夫电压定律。

另外,在应用欧姆定律和基尔霍夫定律列写电路方程时,首先应在电路图中标出电压、电流的参考方向,因为方程式中各个物理量的正、负号均由相应的电压、电流的参考方向所决定。

各种电气设备和电路元件都有额定值。按照额定值使用,电气设备运行才能安全可靠,经济合理,同时也不至于缩短使用寿命。为了便于用户使用,生产厂家在电气设备和元器件的铭牌或外壳上均明确标出了其额定数据——额定电压、额定电流和额定功率,分别用 U_n , I_n 和 P_n 表示。例如,一台直流发电机的铭牌上标有 36V, 110A, 1kW。这些数据就是它的额定值。在额定电压下工作,负载电流小于额定值时称为欠载;负载电流等于额定值时称为满载;负载电流大于额定值时,称为过载。一般情况下,应按照规定值来使用各种电器设备。

三、电路的分析方法

电路的结构多种多样,从分析计算的角度来看电路可分为两大类:一类是简单电路,采用串并联化简和欧姆定律即可计算电路的电流和电压;另一类是复杂电路,无法进行串并联化简,必须采用相应的分析方法。下面介绍的几种常用的分析方法分别是基尔霍夫定律、叠加原理或等效概念推理出来的。

1. 支路电流法

支路电流法是计算复杂电路的最基本的方法,它以各支路电流为未知量,应用基尔霍夫定律和欧姆定律对节点和回路列出方程,然后解出各支路电流,进而求出电压或功率。

现在,把用支路电流法计算复杂电路的解题步骤归纳如下:

- (1) 判定电路的支路数 b 和节点数 n 。
- (2) 标出各待求支路电流的参考方向和回路的绕行方向。
- (3) 根据基尔霍夫电流定律列出 $(n-1)$ 个独立的节点电流方程式。
- (4) 根据基尔霍夫电压定律列出 $b-(n-1)$ 个独立回路的电压方程式。
- (5) 解联立方程组,求出各支路电流。

在图 1-4 所示的电路中,已知: $E_1 = 120V$, $E_2 = 72V$, $R_1 = 2\Omega$, $R_2 = 3\Omega$, $R_3 = 6\Omega$ 。用支路电流法求各支路电流。

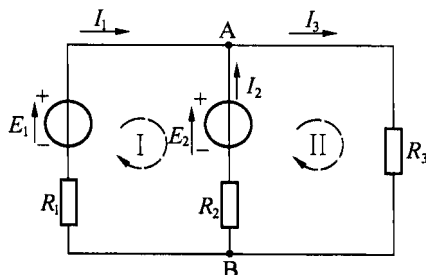


图 1-4 示例电路

解:图 1-4 所示电路共有 2 个节点和 3 条支路。设各方向如图所示,根据基尔霍夫电流定律和基尔霍夫电压定律列出如下方程。

$$\begin{aligned} \text{节点 A:} \quad & I_1 + I_2 - I_3 = 0 \\ \text{回路 I:} \quad & I_1 R_1 - I_2 R_2 = E_1 - E_2 \\ \text{回路 II:} \quad & I_2 R_2 + I_3 R_3 = E_2 \\ \text{代入数据化简得:} \quad & I_1 + I_2 = I_3 \\ & 2I_1 - 3I_2 = 48 \\ & I_2 + 2I_3 = 24 \end{aligned}$$

解方程得 $I_1 = 18\text{A}$, $I_2 = -24\text{A}$, $I_3 = 14\text{A}$ 。其中 I_2 的负值表示它的实际方向与所设方向相反。

2. 电压源与电流源及其等效变换

在组成电路的各种元件中,电源是一个有源元件。一个电源可以用两种不同的等效电路表示:一种以输出电压为特征,称为电压源;另一种以输出电流为特征,称为电流源。

在电路分析计算中,以上两种电源模型是可以等效变换的。下面就来讨论这两种实际电源等效变换的条件。电路如图 1-5 所示。

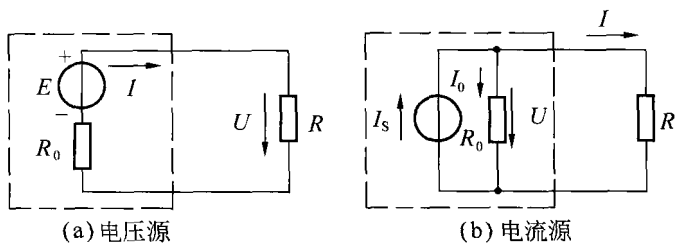


图 1-5 电压源与电流源的等效变换

一个电源通常用电动势 E 和内阻 R_0 的电路表示,电源的端电压:

$$U = E - IR_0$$

可把该电源看作负载功率 $P = U^2/R$,只与电压有关,为电压源在不改变原电源的性质和功能情况下,把 $U = E - IR_0$ 的形式变换一下,写为: $I = (E - U)/R_0$,即 $I = E/R_0 - U/R_0$,式中用 I_s 表示 E/R_0 ,用 I_0 表示 U/R_0 的话,可写为 $I = I_s - I_0$ 可把该电源看作负载功率 $P = I^2 R$,只与电流有关,为电流源。

由此可见,一个电源可表示成电压源,也可表示成电流源,对电源的外部的负载来说,两种形式是等效的,这两种电源是可以互换的,等效变换条件为: $I_s = E/R_0$ 或 $E = I_s R_0$ 电压源与电流源的两个特例,把电压源的内阻 $R_0 = 0$ 称为恒压源,把电流源的内阻 $R_0 = \infty$ 称为恒流源。

电压源与电流源的等效变换非常简便,它可以使一些复杂电路的计算简化,是一种很实用的电路变换方法

四、叠加原理

图 1-6 的电路中,含有两个恒压源,各支路中的电流实际上是由这两个恒压源共同作用产生的。为了把复杂电路的计算化为简单电路的计算,可以认为:每一支路中的电流是由各个恒压源单独作用产生的电流的代数和。这就是叠加原理。

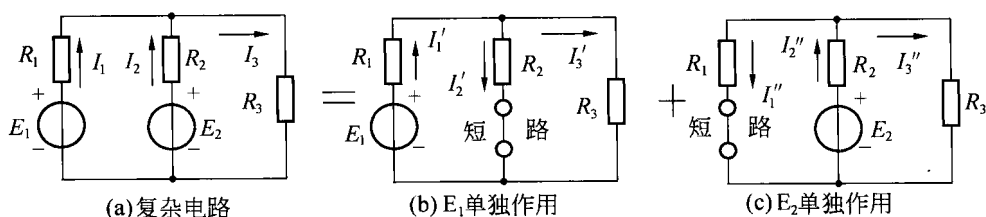


图 1-6 叠加原理

应用叠加原理,复杂电路图 1-6(a)转化为图 1-6(b)和图 1-6(c)两个简单电路。

叠加后

$$I_1 = I_1' - I_2''$$

$$I_2 = -I_2' + I_2''$$

$$I_3 = I_3' + I_3''$$

式中,负号表示与参考方向相反。

应用叠加原理的步骤是:

- (1) 把含有若干个电源的复杂电路分解为若干个恒压源或恒流源单独作用的分电路。
- (2) 在原复杂电路和各分电路中标出电流的参考方向。
- (3) 计算各个电源单独作用时的各分电路中的电流。

(4) 电流叠加,计算原复杂电路中的待求电流。叠加时应注意各分电路电流的正负叠加原理只适用于线性电路,不适用于含有非线性元件的电路。在线性电路中,叠加原理只适用于计算电流和电压。叠加原理不仅可用来计算复杂电路,也是分析计算线性问题的普遍原理。

第二节 正弦交流电路

生产上和日常生活中所使用的交流电,一般是指正弦交流电。交流电比直流电具有更为广泛的应用。主要原因是:从发电、输电和用电几方面,交流电都比直流电优越。交流发电机比直流发电机结构简单、造价低、维护方便,现代的电能几乎都是以交流的形式生产出来的。利用变压器可灵活地对交流电升压或降压,因而又具有输送经济、控制方便和使用安全的特点。

1. 交流电的基本概念

(1) 周期电流和电压。在工程技术中常采用各种大小和方向随时间作周期性变化的电流和电压以传递电能和电信号,其波形如图 1-7 所示,这种电流和电压称为周期电流和电压。

周期性电压和电流重复一次所需的时间叫做周期,用 T 表示,单位为秒(s)。单位时间内电压和电流变化的次数叫做频率,用 f 表示,单位为赫兹(Hz)。

由图 1-7 可见,正弦量每变化一次,相当于变化了 2π 弧度,每秒变化的弧度数用 ω 表示,称为角频率,单位为弧度/秒。

周期 T , 频率 f 和角频率 ω 是从不同角度反映正弦量快慢的 3 个物理量,它们的关系为:

$$\omega = 2\pi f = 2\pi/T$$

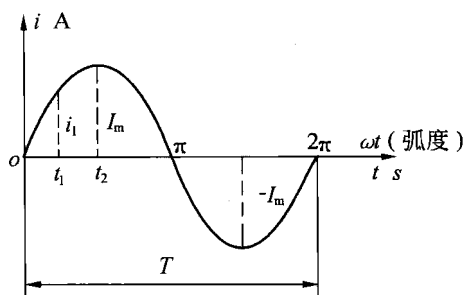


图 1-7 正弦电流

交流电在某一瞬间的数值称为瞬时值,规定用小写字母来表示,例如 i, u, e 分别表示交流电的电流、电压、电动势的瞬时值。

我国发电厂发出的交流电,其频率均为 50Hz,这一频率为我国工业用电的标准频率,所以,50Hz 的交流电又称为工频交流电,一般交流电动机、照明、电热等设备,都是按照取用 50Hz 的交流电来设计制造的。

(2) 弦交流电及三要素。正弦电动势、电压和电流其表达式为:

$$e = E_m \sin(\omega t + \varphi_e)$$

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

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

由上式可知,一个正弦电流,当知道了幅值、角频率和初相位时,这个正弦电流就被确定下来。正弦电压和电动势也是一样,所以称这几个量为正弦量的三要素。下面分别讨论。

① 幅值和有效值。正弦量瞬时值中最大的值称为幅值或最大值,它确定了正弦量变化的范围,用带下标的大写字母表示。如 I_m, U_m, E_m 分别表示电流、电压及电动势的幅值。正弦交流电流的有效值等于最大值的 $1/\sqrt{2}$ 倍或 0.707 倍,即:

$$I = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$$

同理,正弦电动势、电压也可类似地分别推出它们的有效值与最大值之间的关系为:

$$E = \frac{E_m}{\sqrt{2}}$$

$$U = \frac{U_m}{\sqrt{2}}$$

一般常说的交流电压 220V 或 380V,都是指有效值而言。交流安培计和交流伏特计的表盘也是按有效值刻度的,其指示的数值均为有效值。交流电机、变压器等设备的额定电流、额定电压都是指有效值。

② 角频率 ω 。

对于 $f = 50\text{Hz}$ 的交流电,其角频率 ω 为:

$$\omega = 2\pi f = 2\pi \times 50 = 314(\text{rad/s})$$

③ 初相位。

如图 1-8 所示是正弦电流波形,它的瞬时值表达式为:

$$i_1 = I_m \sin \omega t$$

$$i_2 = I_m \sin(\omega t + \varphi_2)$$

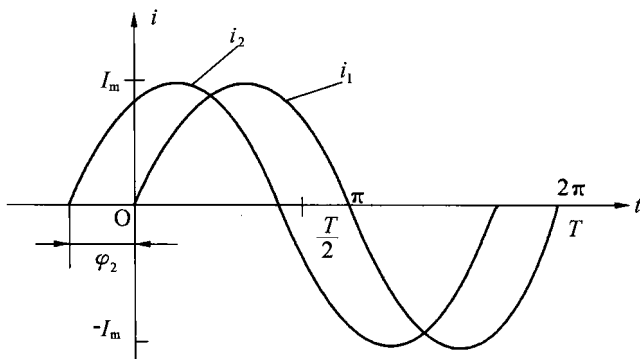


图 1-8 正弦电流波形

由上式可知,这两个正弦量的幅值和角频率虽然相同,但两者是有区别的。其区别在于它们到达零值(或最大值)的时间不同,从波形图上可直观地看出。反映在函数式中的差别是 ωt 和 $(\omega t + \varphi_2)$ 不一样。分别把角度 ωt 和 $(\omega t + \varphi_2)$ 称为正弦量的相位角和相位。 $t=0$ 时的相位角称为初相位角或初相位。

2. 相量表示法

三角函数的正弦量进行四则运算显得很麻烦。为了简化电路的分析与计算,通常引出“相量法”的概念。应用相量法,可以把交流电路中按正弦规律变化的电压、电流变换成相量图或复数的形式,使正弦量的运算变换为几何或代数运算。

一个正弦量是由它的幅值(或有效值)、频率和初相位三要素所决定的。在正弦交流电路中,由于电压和电流均是同频率的正弦量,因此,要确定电压或电流,只要知道它们的幅值(或有效值)和初相位两个量就行了。而一个复数恰好能满足代表两个要素的要求。现从数学角度给出相量定义。

$$\dot{U} = Ue^{j\varphi} = U \angle \varphi$$

显然 $\dot{U}$ 是复数,其模等于正弦量的有效值,辐角等于正弦量的初相角,称这个复数为有效值相量。而则 $\dot{U} = \sqrt{2}Ue^{j\varphi}$ 称为最大值相量。以后不加说明所指的相量均为有效值相量。由此可知,相量与正弦量之间存在一一对应的关系。为了与一般的复数相区别,在表示正弦量的复数上打“.”,如式中所示。同理,若 $i = \sqrt{2}\sin(\omega t - \varphi_i)$,则相量形式为

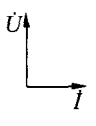
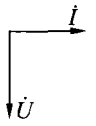
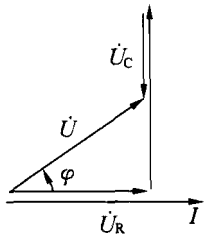
$$\dot{I} = Ie^{-j\varphi_i} = I \angle -\varphi_i$$

把正弦量变换成相量来分析计算正弦电路的方法,称为相量法。

3. 交流电路中电压、电流和功率的关系

交流电路中电压、电流和功率的关系如表 1-1 所示:

表 1-1 交流电路的电压、电流和功率的基本关系

R, L, C		R 电路	L 电路	C 电路	RLC 串联电路
关系式					
电压与 电流关系	(1) 瞬时值关系式	$u = Ri$	$u = L \frac{di}{dt}$	$i = C \frac{du}{dt}$	$u = Ri + L \frac{du}{dt} + \frac{1}{C} \int i \, di$
	(2) 有效值关系式	$U = IR$	$U = IX_L$	$U = IX_C$	$U = I \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$
	(3) 相位差	$\varphi = 0$	$\varphi = 90^\circ$	$\varphi = -90^\circ$	$\varphi = \arctan \frac{X_L - X_C}{R} \quad (-90^\circ \leq \varphi \leq 90^\circ)$
	(4) 相量式(复数)	$U = IR$	$U = jX_L I$	$U = -jX_C I$	$U = I [R + j(X_L - X_C)] = IZ$
	(5) 相量图				
功率关系	(6) 有功功率	$P = UI$	$P = 0$	$P = 0$	$P = UI \cos \varphi$
	(7) 无功功率	$Q = 0$	$Q = UI$	$Q = UI$	$Q = UI \sin \varphi$
	(8) 视在功率	$S = P$	$S = Q$	$S = Q$	$S = UI$

第三节 晶体管集成放大电路

晶体管放大电路是模拟电路的核心和基础。放大电路的功能在于将微弱的电信号加以放大,实现以较小能量对较大能量的控制。在工业电子技术中,最常用的是低频放大电路,其频率范围在 $20 \sim 20000\text{Hz}$ 。下面主要介绍几种常用的基本放大电路组成和工作原理,以便掌握这些电路的特点和分析方法。

一、放大电路的组成和工作原理

1. 电路组成

图 1-9 所示为双电源供电的共发射极放大电路。各元件的作用如下:

(1) 晶体管 VT。晶体管是电路中的放大元件,它具有电流放大作用。

(2) 集电极电源 E_c 。 E_c 的接法应使集电结处于反向偏置,保证晶体管工作在放大状态。同时, E_c 为放大电路提供能源。 E_c 一般为几伏到几十伏。

(3) 集电极负载电阻 R_c 。 R_c 的主要作用是将集电极电流的变化转换为电压的变化,以

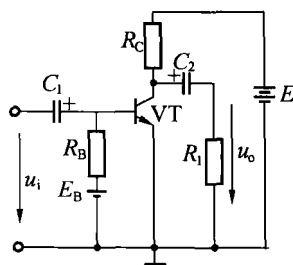


图 1-9 基本放大电路

实现电压的放大。 R_c 的阻值一般为几千欧到几十千欧。

(4) 基极电源正 E_B 和基极电阻 R_B ，它们的作用是使发射结处于正向偏置，并提供大小适当的基极电流 I_B ，以便放大电路获得合适的工作点。 R_B 的阻值一般为几十千欧到几百千欧。

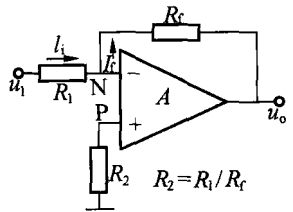
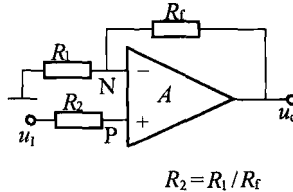
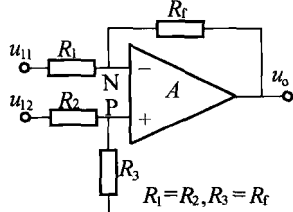
(5) 耦合电容 C_1 和 C_2 。 C_1, C_2 的作用在于隔断直流通过交流。因此，耦合电容既能为交流信号构成通路，同时又能隔断放大电路与信号源及负载之间的直流通路，使信号源及负载的工作状态免受直流电源的影响。通常要求耦合电容上的交流压降小到可以忽略不计，即对交流信号可视为短路。 C_1 和 C_2 的电容值一般为几微法到几十微法，耦合电容常用极性电容，连接时应注意极性。

图 1-9 中，把 u_i, u_o, E_B 和 E_C 的公共端用符号“ $\perp$ ”表示，称为地端，并认为地端的电位为零。它是电路中各点电位的参考点。

2. 集成运算放大器 3 种基本运算电路的特点和性能(表 1-2)

集成运算放大器是一种高增益、低漂移的多级直接耦合放大电路。它的种类很多，电路也不一样，但结构具有共同之处。一般由输入级、中间(放大)级、输出级、电平移动级和偏置电路等组成。集成运算放大器工作在线性区时，能完成比例、加减、积分与微分等运算。下表是集成运算放大器 3 种基本运算电路的特点和性能比较。

表 1-2 集成运算放大器的 3 种基本接法的特点和性能比较

	电路图	电压放大倍数	输入电阻	输出电阻
反相输入		$A_f = \frac{U_o}{U_i} = -\frac{R_f}{R_1}$ 输入、输出反相	$R_{if} = R_1$ 较小	$R_{of} = \frac{R_o}{1 + A_{od}F}$ 很小
同相输入		$A_f = \frac{U_o}{U_i} = 1 + \frac{R_f}{R_1}$ 输入输出同相	$R_{if} \approx (1 + A_{od}F) R_{id}$ 很大	$R_{of} = \frac{R_o}{1 + A_{od}F}$ 很小
差动输入		$A_f = \frac{U_o}{U_{i1} - U_{i2}} = \frac{R_f}{R_1}$ 当 $(R_1 = R_2, R_f = R')$	$R_{if} = R_1 + R_2$ 较小	$R_{of} = \frac{R_o}{1 + A_{ad}F}$ 很小

第二章 常用维修工量具、仪器及电工材料

第一节 常用工量具及电工材料

一、常用工量具

(一) 汽车专用试电笔

汽车专用试电笔如图 2-1 所示,是专为汽车维修电工设计的一种专用检测仪,利用它不仅可以测试汽车电路,而且可以直接从电笔的灯光指示上判断发电机及调节器的工作是否正常。

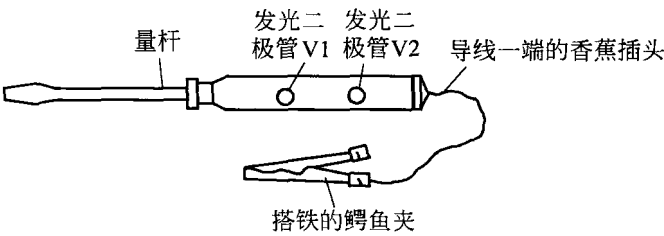


图 2-1 汽车专用试电笔

汽车专用试电笔分 A 型和 B 型两种。A 型适用于 12V 电源汽车,B 型适用于 24V 电源汽车。使用时,将电笔负极用鳄鱼夹与搭铁可靠的相接,而将电笔头逐次碰触被测点,这时电笔上的两只双色发光二极管 V1 和 V2 可组合指示 6 种颜色,分别对应 6 种不同的电压,显示颜色与电源电压的对应关系见表 2-1。

表 2-1 汽车专用试电笔显示颜色与电源电压的对应关系

电源电压 双色发光二 极管显示颜色		12V 电系/V	24V 电系/V	备 注
双色发光 二极管 V1	红	11	23	发光二极 管 V2 不亮
	橙	12	24	
	橙、绿	12.6	24.6	
双色发光 二极管 V2	红	13	25	发光二极 管 V1 不亮
	橙	14	26	
	橙、绿	15	27	

使用注意事项:

- (1)使用前要看清测电笔的量程范围,禁止超出其量程范围使用。
- (2)使用时将导线一端的香蕉插头插入测电笔顶部的金属帽中,并确保接触良好,导线

另一端的鳄鱼夹夹在汽车金属外壳搭铁处,即可进行测量。

(二) 测试灯

汽车专用测试灯主要用于汽车线路故障的检查,根据测试灯的亮熄及不同的明暗程度来判断汽车线路有无断路、短路和搭铁故障。

如图 2-2 所示,汽车专用测试灯有无源测试灯和自带电源测试灯两种。

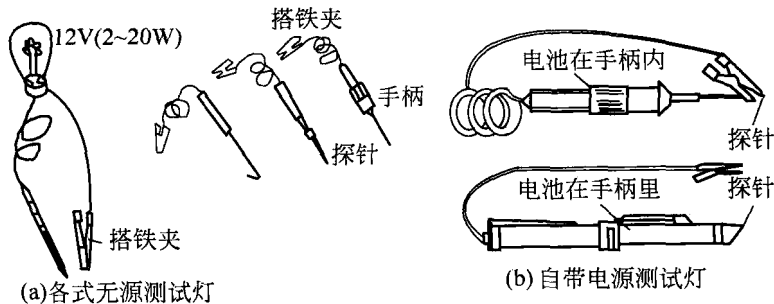


图 2-2 各种形式的汽车专用测试灯

1. 12V 无源测试灯

12V 无源测试灯如图 2-2(a) 所示,由 12V/2~20W 灯泡、导线和各种型号的探针等组成,可用来检查电源电路各线端是否有电。

检测时,将 12V 测试灯鳄鱼夹搭铁,另一端接电器部件电源接头,如灯亮,说明电器部件的电源电路无故障;如灯不亮,应顺电流方向依次找出第二检测点、第三检测点……直到灯亮为止,则电路故障点可判断在最后两个测试点之间的线路或电器部件上。

2. 12V 有源测试灯

12V 有源测试灯与 12V 无源测试灯的结构基本相同,如图 2-2(b) 所示,只是在手柄内加装了 2 节 1.5V 干电池。

12V 有源测试灯可用来检查电气线路断路和短路故障。

(1) 断路故障检查。首先断开与电器部件相连接的电源电路,将测试灯一端搭铁,另一端接在电路各接点(从电路首端开始)。如果灯不亮,则断路出现在被测点与搭铁之间;如果灯亮,则断路出现在此时被测点与上一个被测点之间。

(2) 短路故障检查。首先断开电器部件的电源线和搭铁线,将测试灯一端搭铁,另一端与余下电器部件的电路相连接。如灯亮,表示有短路(搭铁)故障存在。然后逐步将电路中插接器拔开,断开开关,拆除各部件,直到灯熄灭为止,则短路出现在最后开路部件与上一个开路部件之间。

注意:不可用测试灯检查汽车微机控制系统故障,除非维修手册中有特殊说明,方可进行。

(三) 跨接线

跨接线如图 2-3 所示,实际上就是一段多股导线,两端分别接有鳄鱼夹或不同形式的插头,可在不同场合下使用。汽车电气维修工一般都备有多种形式的跨接线,以备特定位置的检测用。

跨接线是非常实用的工具,它可用来替代被怀疑有断路故障的导线,也可以在不需某部件的功能时,用跨接线将其短路,以检查部件的工作情况。此外,在汽车电控系统的故障