

退伍士兵汽修专业 电工电子第一学期教案

《汽车电工电子技术》教学大纲

一、课程性质与作用

《汽车电工电子技术》是汽车类专业必修的一门重要的专业基础课程，作为一门考试课，一般开设在大一第2学期。课程总学时为70~72学时，其中理论62学时，实践8±2学时（根据学校的实际设备和课时要求去安排理论学时和实验学时）。

它的前导课程是《高等数学》、《计算机应用基础》，它的后续专业课程是《汽车电气设备与维修》、《汽车电子控制技术》、《汽车电路分析》。

通过对《汽车电工电子技术》课程的学习，使学生掌握必需的直流电路、正弦交流电路的理论和运算基础，掌握磁路和电磁理论的知识，熟悉并掌握汽车常用仪器仪表的使用，能掌握基本半导体元件的特点，了解三极管放大电路、开关电路的特点及在汽车上的应用，了解逻辑代数和运算，掌握数字电路的基础知识等。通过课程教学，要让学生树立理论联系实际的观点，培养学生的电路分析和计算能力、实践能力，为后续专业课程的学习打下必要的理论与实践基础。该课程教学质量与效果对后续专业课程的学习及培养学生良好的学风有着至关重要的作用和影响。

二、教学内容组织安排（建议学时分配）

学习单元	教学内容	学时数	
单元一 直流电路	课题一 电路及基本物理量	2	12
	课题二 电路的工作状态及电器设备的额定值		
	课题三 常用的电路元件	2	
	课题四 基尔霍夫定律	2	
	分组实验——基尔霍夫定律的验证	2	
	课题五 惠斯通电桥电路	2	
	课题六 特殊电阻在汽车上的应用	2	
单元二 正弦交流电路	课题一 交流电的基本概念	2	14
	课题二 正弦交流电的表示	2	
	课题三 单一参数的正弦交流电路的计算	2	
	课题四 RLC 串联电路的谐振	2	
	课题五 三相电路交流电源	2	
	课题六 三相负载的连接	2	
	分组实验——三相电路中电压和电流的测量	2	
单元三 磁路及电磁器件	课题一 磁场与电磁感应	2	8
	课题二 铁磁材料的磁性能		
	课题三 磁路及磁路欧姆定律		

	课题四 变压器	2	
	课题五 几种特殊的变压器	2	
	课题六 电磁铁及继电器		
	实验---继电器的检测	2	
单元四 电动机	课题一直流电动机的结构、工作原理和特性	2	6
	课题二 直流电动机的起动、制动、反转和调速	2	
	课题三 步进电动机	2	
单元五 汽车常用仪器仪表的使用	实验---课题一和二：汽车用数字万用表的使用、兆欧表的使用	2	4
	课题三 汽车专用示波器的使用	2	
单元六 模拟电子技术基础	课题一 半导体知识	2	18
	课题二 晶体二极管及应用	2	
	课题三 整流及滤波电路	2	
	课题四 硅稳压管稳压电路	2	
	课题五 晶体三极管及应用	4	
	课题六 特殊晶体管的应用	2	
	课题七 场效应管和及应用		
	课题八 集成运算放大器	2	
	课题九 常用电压比较器在汽车电路中的应用	2	
单元七 数字电路基础	课题一 数字电路的基本知识	2	8
	课题二 逻辑代数及运算规则		
	课题三 基本逻辑门电路	2	
	课题四 集成逻辑门电路	2	
	课题五 触发器	2	
合计			70

二、课程目标

1. 知识目标

(1) 了解直流电路的组成，认识电路的几种工作状态及特点，熟悉电路基本元件的特点，掌握电路元件的检测。掌握基尔霍夫定律的内容和使用方法，达到能用基尔霍夫定律进行复杂电路（两个节点、2个网孔、3条支路）的计算。了解惠斯通电桥电路的平衡条件及测量电阻和温度的方法。了解几种特殊电阻的特点及其在汽车上的应用。

(2) 认识正弦交流电的基本概念，了解正弦交流电的表示方法，掌握单相交流电路的计算。了解 RLC 串联电路的串联谐振条件及谐振特征。了解三相四线制供电的特点，熟悉三相交流电源、三相负载的星形和三角形连接，掌握三相交流电路的简单计算。

(3) 了解磁场及磁路的知识，掌握变压器的变压、变流原理、阻抗变换原理及其应用。了解几种特殊变压器的特点及使用。掌握直流电磁铁及继电器的特点及在汽车上应用。

(4) 熟悉直流电动机的构造、工作原理、工作特性。知道如何进行直流电动机的启动、反转、调速。了解反应式步进电机的结构和工作原理。

(5) 了解并掌握兆欧表、汽车专用数字表、汽车专用示波器的使用。

(6) 了解半导体的基本知识，掌握二极管、三极管的结构、特点及应用、检测方法。掌握特殊二极管的结构和原理及在汽车上的应用。了解整流、滤波电路的原理，掌握三极管放大电路的特点及应用，了解三极管的开关作用及开关电路在汽车上的应用。了解集成运算放大器的作用、基本组成、电路特点。了解电压比较器的特点及应用。

(7) 了解数字电路的基本概念，熟悉逻辑代数和普通代数的区别，熟悉逻辑运算法则，掌握基本门电路的结构、功能及在汽车上的应用。了解 TTL 与非门电路、CMOS 门电路的结构和应用。

2. 技能目标

学生学习完本课程后，应当具有以下能力：

(1) 能通过识读电路图，分析并解释直流电路、正弦交流电路；能进行直流电路、复杂直流电路、单相交流电路、三相交流电路等电路的计算。

(2) 能诊断电阻类、电感类、电容类部件的性能，能够正确识别电路基本元件的型号。

(3) 能分析、掌握直流电动机的工作原理，能够正确完成直流电动机的启动、反转、调速过程。

(4) 能够进行变压器的计算，熟悉几种特殊变压器的使用。

(5) 能够熟练的使用兆欧表、万用表、示波器，能正确使用这些仪器进行汽车电路和电器设备的检测。

(6) 能够对二极管进行好坏的判别、极性的判别。会绘制硅稳压稳压电路，能分析其稳压过程。

(7) 学会分析集成运算放大器，熟悉集成运放在汽车上的具体应用。

(8) 能够正确区分三极管的几种状态，会分析三极管的放大电路和开关电路

(9) 能使用电工电子手册、半导体手册等工具书，查找电气元件的参数，正确选择并更换电气元件。

3. 情感目标

(1) 具有自主学习能力，具有有效获取所需信息和制定和安排计划并有效实施工作任务的能力。

(2) 学会总结和评价，达到举一反三，建构自己学习策略和方法的能力。

(3) 形成安全用电意识，严格执行安全用电操作规范的能力。

(4) 在解决实际电路等问题的过程中，善于科学思维，从战胜困难、实现目标、完善成果中体验喜悦。

(5) 具有团结协作、踏实、诚实、苦干的素质。

四、教材及参考书

推荐使用教材：《汽车电工电子技术》陈昌建 主编 大连理工大学出版社 2009.10

推荐参考书目：

① 《汽车电工与电子技术基础》 冯渊 主编 机械工业出版社 2002

② 《汽车电工电子基础》 刘皓宇 主编 高等教育出版社 2005

五、教学方法建议

本课程宜采用的教学方法有：讲授法、示范教学法、四步教学法、小组讨论法等。

单元一 直流电路（共 12 学时）

课题一 电路及基本物理量

一、电路的组成

电路就是电流所通过的路径。它有两个方面的作用：一是实现能量的转换、传输和分配；二是实现电信号的处理与传递。电路也称为电网络。

电路都由三个基本部分组成：电源、负载、中间环节。

1. 电源

电源是将非电能转换成电能、并向外提供电能的装置。例如汽车上有两个电源：蓄电池、硅整流发电机。

2. 负载

用电设备是将电能转换成其他形式能量的装置，也称为负载。

3. 中间环节

主要是指把电源和负载联接起来的部分，构成电流通路，起着传递和控制电能的作用。

二、电路模型

1. 电原理图

用规定的图形符号表示实际电路中的各器件联结关系的原理图称为电原理图。

2. 理想电路元件及电路模型

用理想电路元件及其组合来代替实际电路元件构成的电路称为电路模型。

【想一想】你所知道的汽车电路图中常用到的图形符号有哪些？（可查阅“汽车电器设备”书籍）

三、电路中的几个基本物理量

1. 电流

电流指带电粒子在电路中的定向移动。

电流可分为两类：恒定电流、变动电流。

其中随时间按正弦函数变化的（一个周期内电流的平均值为零）的变动电流则称为正弦交变电流，简称交流，简写作 AC。

对于直流电流， $I = \frac{Q}{t}$

对于交流电流， $i = \frac{dq}{dt}$

(1) 电流的正方向 规定正电荷定向运动的方向为电路中电流的正方向。

(2) 电流的参考方向 对于复杂电路，当某支路的电流实际方向难以判断时，可假定其电流的参考方向。

当电流为正值时，说明实际电流方向与选取的参考方向相同；当电流为负值时，说明实际电流方向与选取的参考方向相反。

2. 电压

电场力把单位正电荷从 a 点移到 b 点所做的功称为 a、b 两点之间的电压（a、b 是电场中的任意两点），记为 U_{ab} 。电压它总是和电路中的两个点有关。

【想一想】车用蓄电池的正负极桩之间的电压是多少？每个单格电池电压是多少？

【课堂互动】什么电压正方向？在事先难以判断元件两端电压或电路中两点间电压的真实极性时怎么办？

(1) 电压的正方向。电压的正方向由高电位（“+”极性）指向低电位（“-”极性），即表示电位降落的方向。

(2) 电压的参考方向。在分析复杂电路时，往往事先难以判断元件两端电压的真实极性，这时，可以任意选取电压的参考方向，并以此计算。

3. 电位

(1) 定义 在电路中任选一点为参考点 0，该电路中某一点 a 到参考点 0 的电压就称为 a 点的电位。

(2) 参考点（也叫零电位点） $V_0=0V$ 。

$V_a=U_{a0}=V_a-V_0$ 某点 a 的电位数值上就等于点 a 与零电位点之间的电压。

(3) 电位是相对值 电路中某点的电位是相对于参考点的选择而改变的。

【讨论】 电位和电压有什么异同点？

4. 电动势

电动势只存在于电源内部，它表示电源将其他形式的能量转换成电能的能力，用 E 表示，单位是伏特。

$$E_{ba} = \frac{W}{q}$$

电动势的正方向：由电源的负极→电源正极，即从低电位点→高电位点。

【讨论】 电源的端电压和电动势的关系？

5. 电能和电功率

(1) 电功 $W = U I t$ (J)

电阻元件在 t 秒内所消耗（或吸收）的电能为 $W = U I t = I^2 R t = \frac{U^2}{R} t$ (J)

(2) 电功率 P，单位瓦特 (W)。 $P = \frac{W}{t} = UI = I^2 R = \frac{U^2}{R}$

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

※举例，如【例题 1-1】

【想一想】例 1-1 中，若让 a 点接地，那么图中 a、b、c 各点的电位如何？ U_{bd} 间的电压值变不变？电阻 R_1 消耗的电功率如何？

【例 1-2】

课题二 电路的工作状态及电气设备额定值

一、电路的三种工作状态

1. 负载状态

负载状态即电源的带载状态，或称作一般的有载工作状态。此时电路特征：

$$(1) \text{ 电路中的电流 } I = \frac{E}{R_0 + R}$$

$$(2) \text{ 电源的端电压 } U_1 = E - IR_0$$

U_1 总是小于电源的电动势。若忽略线路上的压降，则负载的端电压与电源的端电压相等， $U_2 = U_1$ 。

(3) 电源的输出功率 若不计线路损失，则有 $P_1 = U_1 I = U_2 I = P_2$ ，即电源的输出功率等于负载的消耗功率。

【课堂互动】当电源 E 和内阻 R_0 一定时，负载电阻 R 为多少时，电源的输出功率（负载的消耗功率）最大？

2. 短路状态

由于电源线绝缘损坏或操作不当等引起电源的两输出端相接触，造成电源被直接短路的情况，是电路的一种极端运行状态。

(1) 电源中的电流 I_s 最大，但对外输出电流 I 为零（最小）。 $I_s = E/R_0$ ，

(2) 电源和负载的端电压均为零，即 $U_1 = E - I_s R_0 = 0$ ， $U_2 = 0$ 。表明电源的电动势全部降落在电源的内阻上，因而无输出电压。

(3) 电源的输出功率 $P_1 = U_1 I = 0$ ，负载所消耗的功率 $P_2 = U_2 I = 0$ 。

3. 空载状态

空载状态又称为断路或开路状态。

(1) 电路中的电流为零，即 $I = 0$ 。

(2) 电源的端电压（又称为开路电压或空载电压）等于电源的电动势，用 U_0 表示，即 $U_1 = U_0 = E - IR_0 = E$ 。

(3) 因为空载时电源对外不输出电流，故电源的输出功率（ $P_1 = U_1 I$ ）和负载所消耗的功率（ $P_2 = U_2 I$ ）均为零。

【想一想】以上这三种状态，哪种应是电路的正常工作状态？

二、电气设备的额定值

各种电气设备的电压、电流及功率都有一个额定值，该值是为了使电气设备能在给定的工作条件下正常运行而规定的正常允许值，分别用 U_N 、 I_N 、 P_N 来表示。

本课小结：

(1) 电路及组成；电压和电位的区别；电压、电流、电动势的正方向。

(2) 电路通常有三种工作状态：负载状态、短路状态、空载状态。

各种电气设备的电压、电流及功率都有一个额定值，电气设备在实际运行时，应严格遵守各有关额定值的规定。

作业：

同步训练 1-1~1-6 题。

课题三 常用的电路元件

复习：

1、简述电流及电压参考方向的含义

2、电压与电位有何区别？你知道电路中有哪些电路元件呢？

理想电路元件（简称元件）是组成电路的基本单元，了解电路基本元件的基本性质对分析电路有着重要的意义，这里主要讨论电阻、电感、电容等基本元件。

一、电阻元件

（一）电阻及分类

1. 电阻的定义

物体对电流通过时的阻碍作用称为“电阻”。

2. 电阻 R 与什么有关

电阻定律表达式为： $R = \rho L/S$ 。

3. 电阻的分类

（二）认识固定电阻

1. 固定电阻的命名方法

如：RJ73 中，R——第一部分主称，电阻器；J——第二部分表示材料，金属膜；7——第三部分表示类别，精密电阻；3——表示设计序号。

2. 电阻值的标识

（1）直标法

也有采用习惯标记法的，例如：5M6 II，表示电阻值为 $5.6M \Omega$ ，II——表示允许误差为 $\pm 10\%$ 。

（2）色标法

例如：电阻的四色环颜色为：红红棕金，红——第一位数是 2，红——第二位数是 2，棕——倍乘数为 10，金——允许误差为 $\pm 5\%$ 。即电阻值为 220Ω ，其误差为 $\pm 5\%$ 。

【想一想】电阻的五色环为：棕紫绿金棕，它表示的电阻值和允许误差分别是多少？

（3）文字符号法

例如：3M9K，表示 $3.9M \Omega$ ，K 表示允许误差为 $\pm 10\%$ 。

3. 电阻额定功率的识别

有两种标志方法：2W 以上的电阻，直接用数字印在电阻体上；2W 以下的电阻，以自身体积大小来表示功率。

4. 电阻允许误差标志符号

【课堂互动】学习了电阻标识后，用固定电阻实物训练学生读取电阻数值及误差。

（三）可变电阻

电位器的电阻值随旋转角度而变。其变化规律有三种不同形式：

①X 型：直线型。

②Z 型：指数型。

③D 型：对数型。

(四) 电阻的测量

电阻的大小可用欧姆表进行测量，测量时应注意的事项。

【讨论】如果不按规定方式测量电阻，会产生什么情况呢？

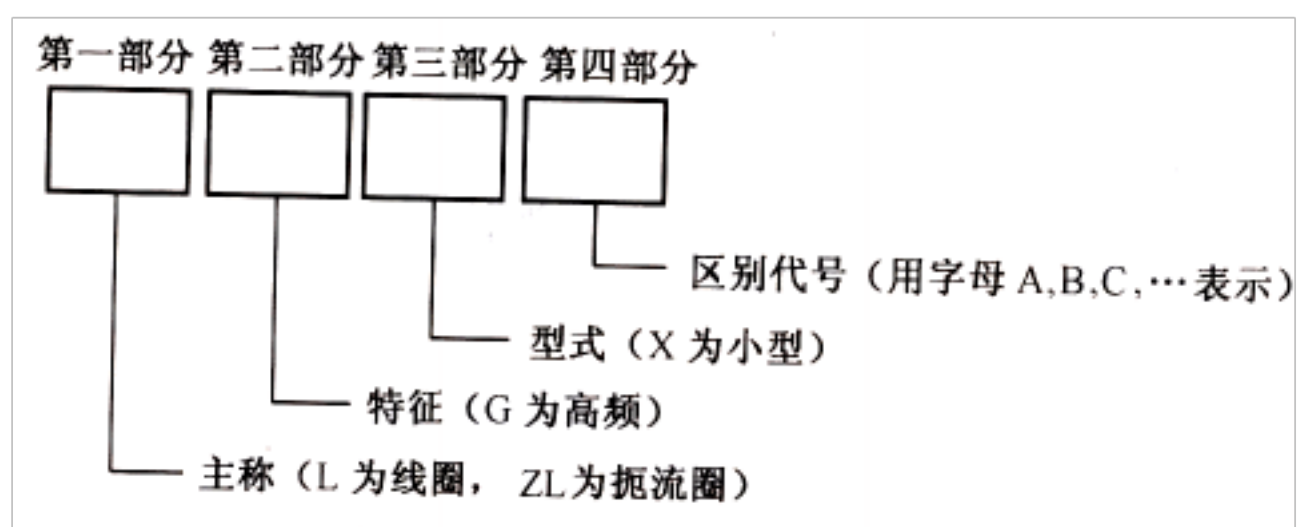
二、电感元件

【课常互动】可以用各类电感实物，让学生识别和检测。

1. 电感器的分类

电感器按电感量是否可调分为：固定电感器和可变电感器。按磁心材料可以分为：空心电感器、铁心电感器、磁心电感器。按照其作用可分为：具有自感作用的线圈、具有互感作用的变压器线圈。

2. 电感器的命名



3. 固定电感器的识别方法

(1) 直标法。

(2) 色环标法。

【想一想】某一电感器的色环标志依次是：棕红红银，它表示的电感量和允许误差分别是多少？

4. 电感器的检查与测试

(1) 电感器的检查包括外观检查和绝缘检查。

(2) 测量其电阻。

【讨论】让学生分析教材中电感测试方法的理论依据是什么？

三、电容元件

【课常互动】可以先让学生识别和检测各类电容器的实物。

电容也是组成电子电路的基本元件，它在电路中主要功能：可用于稳定电压；可用于隔离直流；与电阻或电感形成谐振电路；可用于控制时间；用于交流通路可起耦合作用。

1. 电容的基本性质

电容器有两个重要的特性：

(1) 阻隔直流电通过、而允许交流电通过的特性。

(2) 充电特性、放电特性。

2. 电容器的型号命名方法

3. 电容的单位和符号

电容： $C=q/U$ ，单位：法拉 (F)

电容电路中电压和电流的关系： $i = C \frac{du}{dt}$

4. 电容的主要参数

(1) 电容器的标称容量和偏差

(2) 电容的额定直流工作电压

(3) 电容器的误差 电容器的误差通常分为三个等级：I级（±5%）、II（±10%）、III（±20%）。

5. 电容器的主要种类和特点

电容器按有无极性可分为无极性电容器和有极性电容器。按电容量是否可变可分为固定电容器和可变电容器。

有极性电容器指电容器的两极有正、负极性之分，使用时一定要正极性端连接电路的高电位，负极性端连接电路的低电位；否则会引起电容器的损坏。

6. 电容器的检测

(1) 测电容的漏电阻（适用于 $0.1 \mu F$ 以上容量的电容）

(2) 判断电解电容的极性

【课堂互动】让学生总结电容器测量的步骤。

7. 介绍电容器在汽车电路中的典型应用

课堂小结：

电阻值的标识方法有：直标法、色标法、文字符号法等。可变电阻按其阻值变化规律有三种不同形式：直线型、指数型、对数型。测量电阻时，要断开电路上的电源，并使被测电阻的一端断开。

电感器的标识方法有直标法、色环标注法。可以用万用表测量线圈阻值来判断其好坏。

电容器的几个主要参数。

作业：

1-7~1-9 题

课题四 基尔霍夫定律

重点：理解支路、节点、回路、网孔的概念；正确认识基尔霍夫电流定律和电压定律内容及推广应用。

难点：学会用基尔霍夫定律列方程，会求电路中任一点的电位和任意两点之间的电压；学会用“支路电流法”求具有 2 个节点、3 条支路的双电源供电电路的各支路电流。

问题引入：由书上图 1-23 复杂电路，若已知各电动势和电阻的数值，怎样求各电流的大小和方向呢？导入新课。

在介绍定律之前，先来说明电路中的几个术语（以图 1-23 为例讲解）。

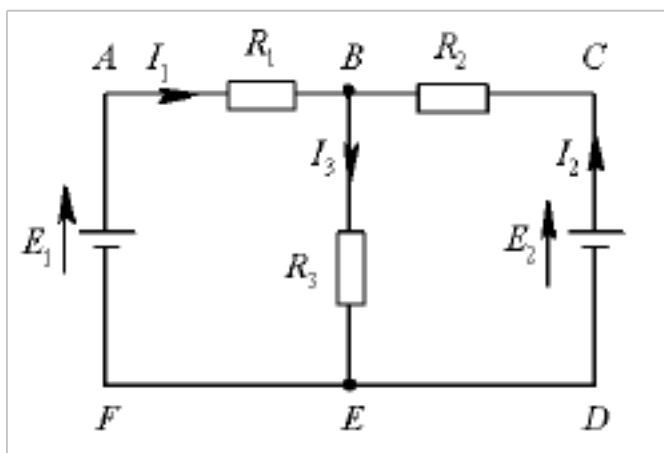


图 1-23 复杂电路示例

(1) 支路 ; (2) 节点; (3) 回路 (4) 网孔。

应当注意的是：网孔和回路是有区别的，网孔一定是回路，但回路不一定是网孔。

【课堂互动】由学生指出图 1-23 中的节点、支路、回路、网孔的数目。

一、基尔霍夫电流定律 (KCL)

1. 基尔霍夫电流定律

也称为节点电流定律，叙述（略），公式： $\sum I_{\text{入}} = \sum I_{\text{出}}$

或者说：流过电路中任一节点各支路电流的代数和恒等于 0。即 $\sum I = 0$

该定律体现了什么原理？与支路上是什么元件有关吗？针对图 1-23 列方程：

$$I_1 + I_2 = I_3 \quad \text{或} \quad I_1 + I_2 + (-I_3) = 0$$

2. 基尔霍夫电流定律的推广

由一个节点扩展到一个任意一个假想的封闭面（或封闭网络）。

【例 1-3】（略）

【想一想】求出 I_5 电流后，将 A-B-F-E-A 电路看成一个广义节点，可以求出 I_6 吗？

二、基尔霍夫电压定律 (KVL)

1. 基尔霍夫电压定律

也称为回路电压定律，它反映的是电路中任一回路各元件的电压和电动势之间的关系。

该定律内容是（略）：

公式：

$$\sum E = \sum I R$$

该定律也可表述为： $\sum U = 0$ 。

它体现了什么定律？与路径的选择方向有关吗？

应用该定律列方程时应注意以下几点：

- ①在列方程时，必须首先选取回路的绕行方向，假定各支路的电流方向。
- ②电阻电压降的正、负号的确定；
- ③电动势的正、负号的确定。

2. 基尔霍夫电压定律推广

该定律的使用可以由一个闭合的真实路径推广到一个不完全由实际元件组成的假想的回路。如图 1-26 所示的 abdca 回路。

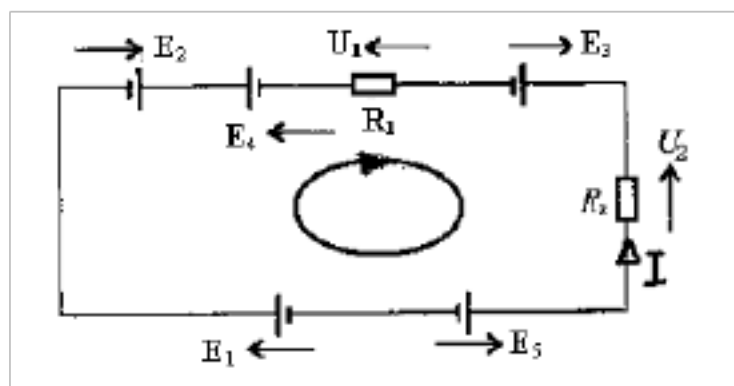


图 1-27 例 1-4 图

【例 1-4】如图 1-27 所示， $R_1 = R_2 = 15 \Omega$ ， $E_1 = E_2 = E_3 = 12V$ ， $E_4 = E_5 = 3V$ ，求电路中的电流的大小和方向。

【解】 (略)

【想一想】若设电路中的电流方向为顺时针方向,结果如何?

三、基尔霍夫定律的应用

1. 用支路电流法求解复杂电路

支路电流法概念:

应用支路电流法解题的方法步骤(假定某电路有 n 条支路、 m 个节点):

- (1) 首先标定各待求支路的电流参考正方向及回路绕行方向;
- (2) 应用基尔霍夫电流定律可列出 $(m-1)$ 个节点方程;
- (3) 应用基尔霍夫电压定律可列出 $[n-(m-1)]$ 个独立的回路电压方程;
- (4) 由电流定律和电压定律联立方程组来求解各支路的电流。
- (5) 根据求出结果的正负,确定支路中实际的电流方向。

【例 1-5】如图 1-28 所示, $E_1=10\text{V}$, $R_1=6\Omega$, $E_2=26\text{V}$, $R_2=2\Omega$, $R_3=4\Omega$, 求各支路电流的大小和方向。

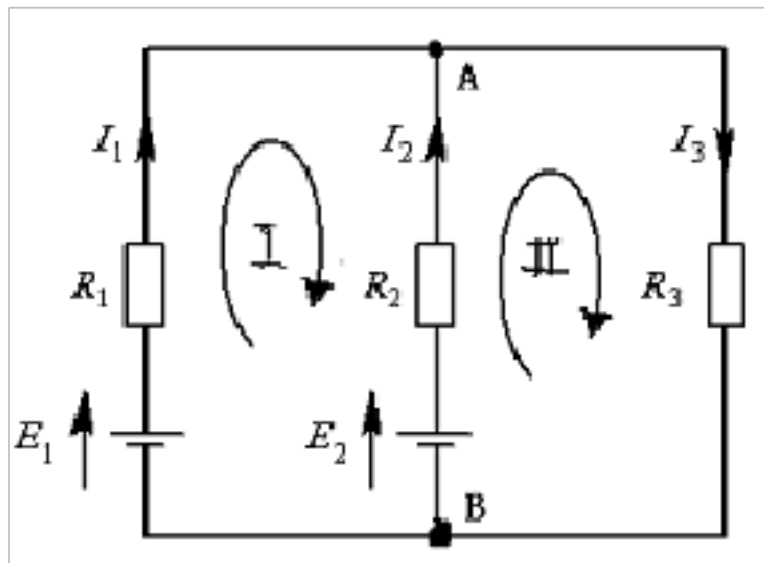


图 1-28 例 1-5 图

【解】 假定各支路电流方向如图 1-28 所示,对于节点 A 有: $I_1+I_2=I_3$
设图中两个闭合回路的绕行方向为顺时针方向(见图),对于回路 I 有

$$E_1 - E_2 = I_1 R_1 - I_2 R_2$$

对于回路 II 有 $E_2 = I_2 R_2 + I_3 R_3$

联立方程组

$$\begin{aligned} I_1 + I_2 &= I_3 \\ 10 - 26 &= 6I_1 - 2I_2 \\ 26 &= 2I_2 + 4I_3 \end{aligned}$$

解方程组得 $I_1 = -1\text{A}$, $I_2 = 5\text{A}$, $I_3 = 4\text{A}$

I_1 为负值,说明实际方向与假定方向相反,同时说明 E_1 此时相当于负载。

【讨论】本题中若选择不同的回路绕向,结果如何?若选择 $E_1-R_1-R_3-E_1$ 回路和分别和回路 I 或 II 列电压方程,如果如何?若假设图中相反电流方向,结果会如何?通过这些问题,就会明确结果与实际方向、参考方向的关系,熟悉支路电流法解题步骤。

2. 应用基尔霍夫定律进行电位的计算

在电路中要想求出某点的电位值,也必须在电路选择一个参考点(零电位点)。零电位点可以任意选择。汽车电路中常用搭铁表示零电位。

电路中某点的电位,就是从该点出发,沿任选的一条路径“走”到参考点所经过的全部电位降的代数和。

▲强调计算电路中某点 A 电位的方法和步骤:

下面以图 1-29 电路为例说明计算电位的方法、步骤。

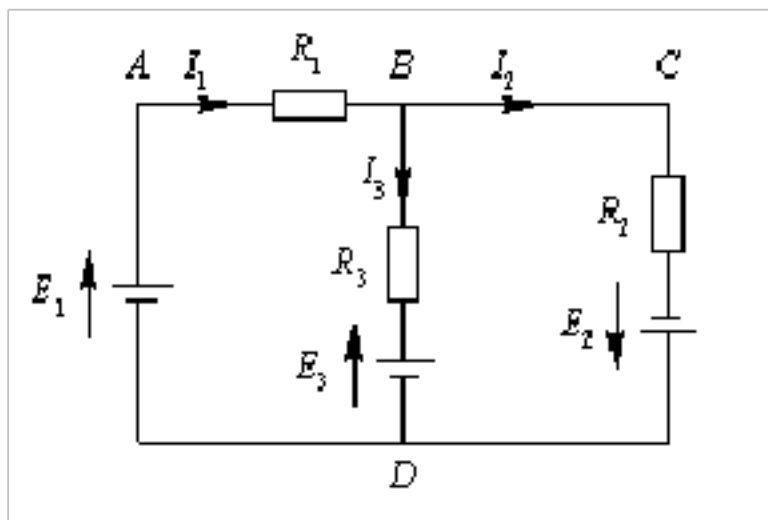


图 1-29 电位的计算

以图中的点 D 为参考点，各电源的极性和电流 I 的方向如图 1-29 所示，求点 A 的电位时有三条路径：

沿 AE₁D 路径： $V_A = E_1$

沿 ABD 路径： $V_A = I_1 R_1 + I_3 R_3 + E_3$

沿 ABCD 路径： $V_A = I_1 R_1 + I_2 R_2 - E_2$

显然，沿 AE₁D 路径计算点 A 电位最简单，但三种计算方法的结果是完全相同的。

【例 1-6】（略）

【想一想】你能从该例题中各点的电位及 U_{CD} 的数值中得出什么结论？

课堂小结：

基尔霍夫电流定律反映了复杂电路中任意一个节点的各支路电流之间关系。基尔霍夫电压定律反映的是电路中任一回路各元件的电压和电动势之间的关系。

作业：1-10, 1-12题

课题五 惠斯通电桥电路

重点：认识电桥电路的连接特点，掌握电桥平衡状态及处于平衡状态的条件

难点：能够运用电桥电路，学会分析汽车上某些传感器的工作原理

复习：基尔霍夫定律的内容及推广？

一、惠斯通电桥

图 1-31 是用比较法测量电阻的电路，又叫单臂电桥。电阻 R_1 、 R_2 、 R_3 、 R_4 为四个桥臂的电阻，灵惠斯通电敏电流计（也称为检流计）好像在 c、d 两点间架设的一道桥。

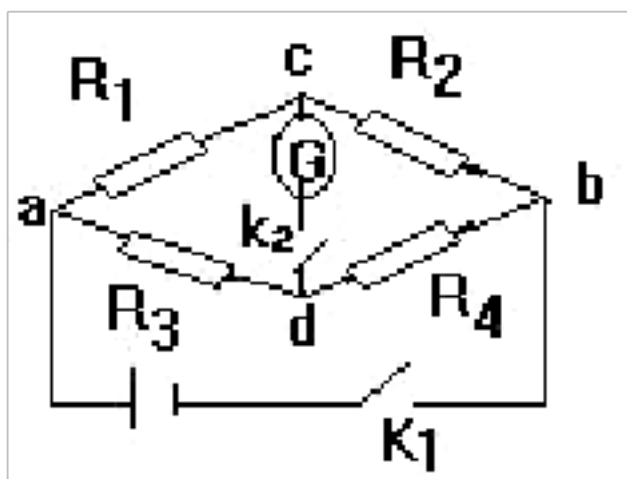


图 1-31 惠斯通电桥电路

电桥有两种应用方式：平衡方式；不平衡方式。

1. 电桥平衡的必要条件

调节 R_3 、 R_4 的比值, 使电流计中电流为零, 这时电桥处于平衡状态, c 、 d 两点的电位相等 ($U_c = U_d$, 即 $U_{cd} = 0$), c 、 d 之间无电流, $I_g = 0$, 可以得到

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4} \quad \text{或} \quad R_1 R_4 = R_2 R_3$$

2. 电桥平衡时测量电阻

若选用三个 (R_1 、 R_2 、 R_3 的数值) 很精确的定值电阻, 再采用高灵敏度的检流计组成上面的电桥电路, 调节电桥使其处于平衡状态, 这样就可测得另外一个桥臂 R_4 的电阻。

即通过 $R_4 = R_2 R_3 / R_1$ 从而求出 R_4 。

3. 电桥的不平衡

电桥不平衡是指 c 、 d 中有电流通过。这时, 也可以测量电阻, 但它和电桥平衡时测电阻有原则上的区别, 将图中的检流计 G 改为使用电流计, 它的作用不是检测该支路有无电流, 而是测量该支路电流的大小。

※ 二、惠斯通电桥的应用

【例 1-7】 图 1-32 为一个测量技术中常用的可以测量温度的电桥电路。已知: $E = 4V$, $R_1 = R_3 = R_4 = 400 \Omega$, $R_2 = 347 \Omega$, 仪表电阻 $R_g = 600 \Omega$ 。 R_t 为铜热电阻, $0^\circ C$ 时, $R_t = 53 \Omega$, 放在需要测量温度的地方, 用导线把它接到电桥的一个桥臂中。求: 温度为 $0^\circ C$ 、 $100^\circ C$ 时, 仪表中通过的电流 I_g 及其两端电压 U_g 。

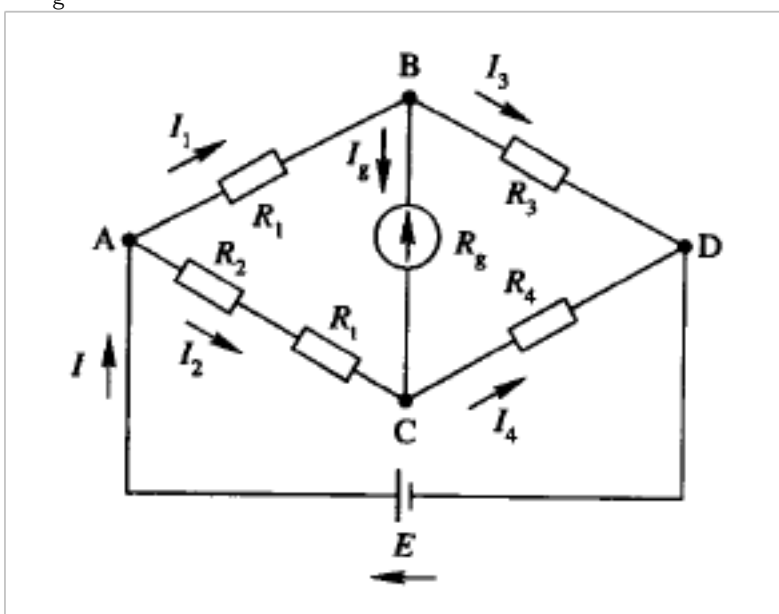


图 1-32 例 1-7 图

【课堂互动】 让学生分析该电路的特点 (即节点数、支路数、网孔数)。

【解】 分析图 1-32 电路可知：电路共有 6 条支路，若用支路电流法解题，需要列 6 个方程。但实际上由基尔霍夫电流定律可得

$$I_2 = I - I_1; \quad I_3 = I_1 - I_g \quad I_4 = I - I_1 + I_g$$

这样就把支路未知电流的数目由 6 个简化为 3 个。即，只要将 I 、 I_1 、 I_g 三个电流求出来，就可以将 I_2 、 I_3 、 I_4 求出。

根据基尔霍夫电压定律列方程如下：

由回路 ABCA 列方程： $I_1 R_1 + I_g R_g - (I - I_1)(R_2 + R_t) = 0$

由回路 BDCB 列方程： $(I_1 - I_g) R_3 - (I - I_1 + I_g) R_4 - I_g R_g = 0$

由回路 ABDA 列方程： $I_1 R_1 + (I_1 - I_g) R_3 = E$

将已知数据代入上面式子，可求出

$$I_g = \frac{2(R_2 + R_t) - 800}{320000 - 1200(R_2 + R_t)}$$

(1) 当温度为 0°C 时，由于 $(R_2 + R_t) = R_3 = R_1 = R_4 = 400 \Omega$ ，满足电桥平衡条件，此时 $I_g = 0$ ， $U_g = 0$ 。

(2) 当温度为 100°C 时， $R_2 + R_t = 422 \Omega$ ，不满足电桥平衡条件， $I_g \neq 0$ ，代入上面方程式得： $I_g = 0.053\text{mA}$ ， $U_g = I_g R_g = 31.8\text{mV}$ 。

当其中一个桥臂温度变化时 \rightarrow 电阻变化 \rightarrow 电桥不平衡 $\rightarrow I_g$ 变化 $\rightarrow U_g$ 变化。若将 B、C 作为输出端，这样，对应一个温度，就会有一个对应的输出电压 U_g 。反过来，通过仪表所指出的不同的毫伏数，就可以知道 I_g ，可以求出 R_t ，从而便测出与此相对应的温度值。

【课堂互动】由学生通过本例题的计算，总结出电桥电路测温度的原理。

【例 1-8】图 1-33 所示为上海桑塔纳轿车电控燃油喷射系统的热线式空气流量计的电桥电路。

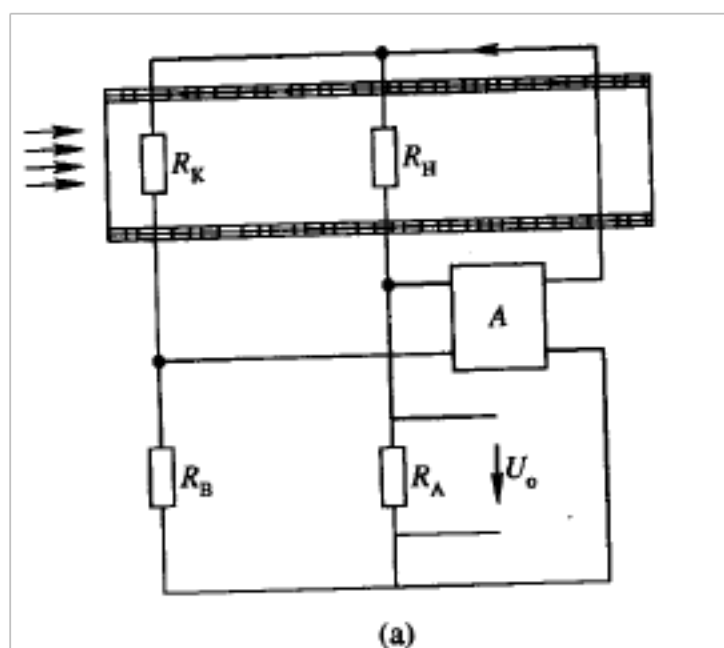


图 1-33 热线式空气流量计

其实，在汽车的传感器中还有许多电桥电路，如半导体压敏电阻式进气歧管绝对压力传感器电路和电阻应变计式碰撞传感器的电路都是采用了电桥电路。

课题六 特殊电阻在汽车上的应用

一、特殊电阻

1. 热敏电阻 (RT)

热敏电阻可以分为三种：

(1) 正温度系数热敏电阻（简称 PTC） 这种电阻，随温度升高，电阻值会大幅增加。

(2) 负温度系数热敏电阻（简称 NTC） 指随温度升高，电阻值会大幅度减小的电阻（温度每升高 1℃，阻值约比冷态时减小 4% 左右）。

(3) 临界温度系数热敏电阻（CTR） 当半导体材料未达到某一临界温度时，有一个稳定的电阻值，达到某一临界温度后，电阻值骤然变化到另外一个数值。

【课堂互动】不同温度下，测量水温传感器的电阻。

2. 压敏电阻

汽车上有的传感器是利用压敏元件元件制成的。例如：半导体压敏电阻式进气歧管绝对压力传感器、电阻应变计式碰撞传感器等。

3. 光敏电阻器

按所用半导体材料不同可分为：单晶光敏电阻器、多晶光敏电阻器。

按光敏电阻的光谱特性可分为：红外光光敏电阻器、可见光光敏电阻器、紫外光光敏电阻器。

光电式光量传感器可以用于汽车上各种灯具的自动点亮控制，也可用于控制前大灯调节继电器的自动控制。

4. 气敏电阻器

气敏电阻器是一种新型气——电转换元件，它利用金属氧化物半导体表面吸收某种气体分子时，会发生氧化反应或还原反应而使电阻值改变的特性制成的。

气敏电阻器可分为：N 型、P 型、结合型。其中，N 型采用 N 型半导体材料制成，遇到还原性气体时阻值减小，遇到氧化性气体时阻值增大；P 型采用 P 型半导体材料制成，遇到还原性气体时阻值增大，遇到氧化性气体时阻值减小。

二、霍尔元件

霍尔元件是一种半导体磁——电传感器，是根据霍尔效应制成的。

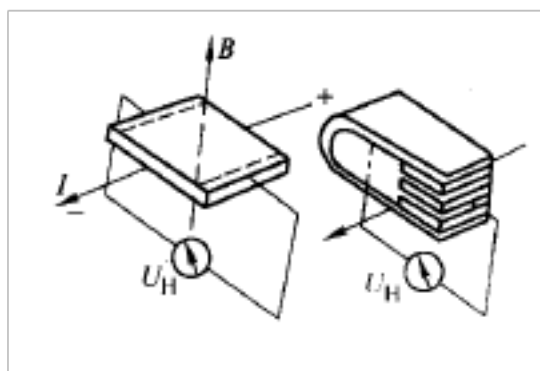


图 1-34 霍尔效应的原理

霍尔效应：将一小块 N 型锗晶片（也称半导体基片）两端通以电流，放置在磁场（磁场方向垂直于电流方向）中，则在垂直于 I 和 B 的方向上将产生一个与 I 和 B 的乘积成正比的电压 U_H （见图 1-34），

$$U_H = K_H IB \quad \text{其中 } K_H \text{ 为霍尔元件灵敏度参数。}$$

从上式可知，当通过基片（基片的厚度一定）的电流 I 为定值时，霍尔电压只与磁感应强度 B 成正比。

霍尔元件的特点：

【想一想】汽车上哪些电器设备中用到了霍尔元件？

小结：

作业：11~15 题。

单元二 正弦交流电路（共 14 学时）

引入：在工农业生产和日常生活中所用的电一般都是正弦交流电，现在汽车上的直流电都是由交流发电机产生后整流获得的。那么什么是交流电呢？它有哪些特征？如何进行计算？

课题一 交流电的基本概念

一、交流电的基本概念

1. 什么是交流电

我们把大小和方向都随时间作周期性变化的电动势、电压和电流分别称为交变电动势、交变电压、交变电流，统称为交流电。如图 2-1 (b)、(c)、(d) 所示为交流电。

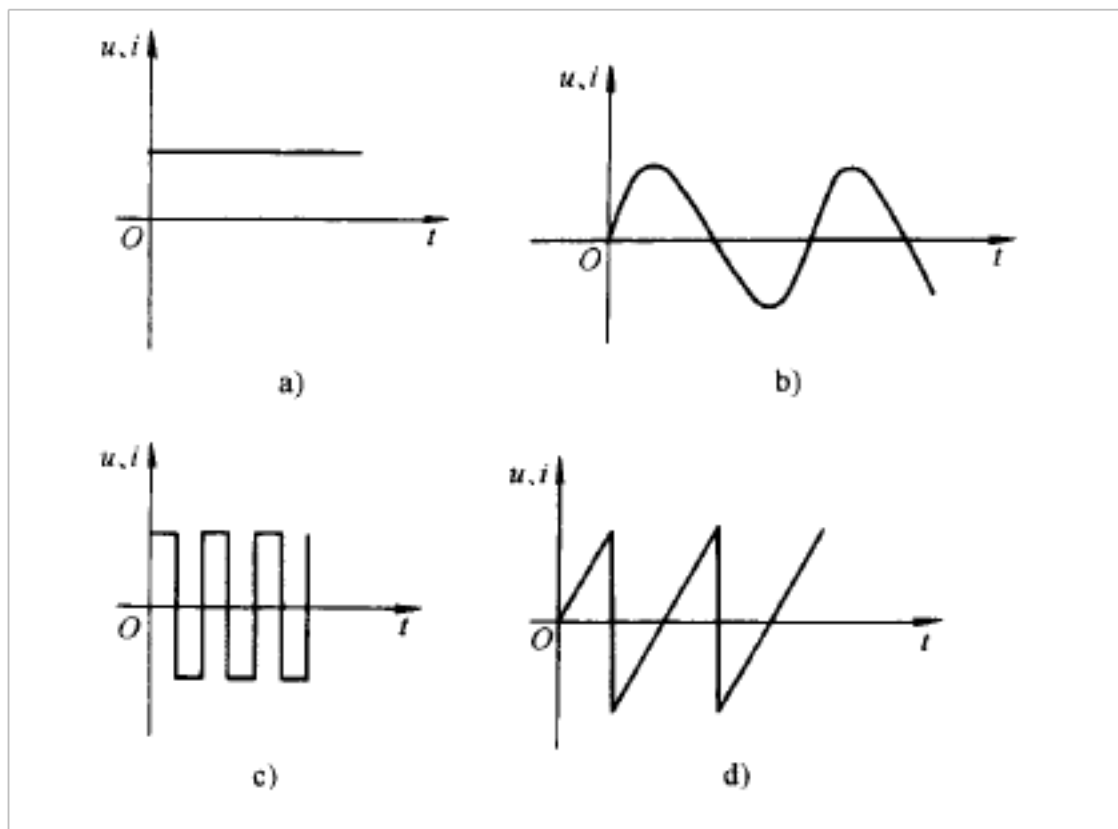


图 2-1 几种常见电压、电流随时间变化的波形图

(a) 直流量 (b) 正弦波 (c) 矩形波 (d) 锯齿波

【想一想】图 2-1 (b) 的曲线与 (c)、(d) 的曲线有什么不同？

※2. 正弦交流电的产生

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

式中 $E_m = B_m l v$ 称为感应电动势最大值。

【课堂互动】由学生总结产生正弦交变电动势的原理。

二、表示交流电特征的几个物理量

1. 频率、周期和角频率

我们把正弦交流电变化一周所需的时间叫周期，用 T 表示。

交流电在 1 秒内变化的周数，称为交流电的频率，用 f 表示。

周期和频率的关系是： $T = 1/f$ $1\text{Hz} = 1\text{s}^{-1}$ 。

把发电机线圈每秒钟经过的电角度叫角频率，用 ω 表示。

$$\omega = \alpha / t$$

角频率与频率、周期之间，显然有： $\omega = 2\pi / T = 2\pi f$

【课堂互动】 我国工业用电的频率为 50HZ，周期和角频率是多少？你了解其他国家工业用电的频率吗？

2. 瞬时值、最大值、有效值

(1) 瞬时值 规定用小写字母 e、u、i 表示。

(2) 最大值（幅值） 规定用大写字母加脚标 m 表示，如用 I_m 、 E_m 、 U_m 等来表示交变电流、电动势、电压的最大值。

(3) 有效值

交变电流的有效值：即在相同的电阻中，分别通入直流电和交流电，在经过一个交流周期时间内，如果它们在电阻上产生的热量相等，则用此直流电的数值表示交流电的有效值。有效值规定用大写字母 E、I、U 表示。

根据有效值的定义，可得

$$Q = I^2 RT$$

$$Q = \int_0^T i^2 R dt$$

$$I^2 RT = \int_0^T i^2 R dt$$

再将 $i = I_m \sin \omega t$ 代入上式，积分可得

$$I = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T I_m^2 \sin^2 \omega t dt} = \sqrt{\frac{I_m^2}{T} \int_0^T \frac{1 - \cos 2\omega t}{2} dt}$$

$$I = \frac{I_m}{\sqrt{2}} = 0.707 I_m$$

同理可得到正弦电压和电动势的有效值

$$U = \frac{U_m}{\sqrt{2}} = 0.707 U_m$$

$$E = \frac{E_m}{\sqrt{2}} = 0.707 E_m$$

【课堂互动】 让学生从有效值的定义通过推导得出结论：正弦交流电的有效值=最大值的 $\times 0.707$ 。

【例 2-1】 某电容器的耐压值为 250V，问能否将其用在 220V 的单相交流电源上？

3. 相位

电角度 ($\omega t + \phi$) 叫做正弦交流电的相位。

4. 初相角 ϕ (初相位)

我们把 $t=0$ 时刻正弦量的相位叫做“初相”，用“ ϕ ”表示。规定 $|\phi| \leq 180^\circ$ 。

【想一想】 怎样从波形图上看初相角的正、负？怎样通过初相角为零的波形画出初相角为 θ 的交流电的波形图？

5. 两个同频率的正弦交流电的相位差

两个同频率的正弦交流电的相位角之差叫相位差。用 $\Delta \phi$ 表示。例如，已知

$$i_1 = I_{1m} \sin(\omega t + \phi_1), i_2 = I_{2m} \sin(\omega t + \phi_2)$$

则 i_1 和 i_2 的相位差为

$$\Delta \phi = (\omega t + \phi_1) - (\omega t + \phi_2) = \phi_1 - \phi_2$$

这表明两个同频率的正弦交流电的相位差等于它们的初相之差。

①若相位差 $\Delta \phi = \phi_1 - \phi_2 > 0$ ，且 $|\phi| < \pi$ 弧度，称“ i_1 的相位超前于 i_2 的相位”；

②若 $\Delta \phi = \phi_1 - \phi_2 < 0$ ，且 $|\phi| < \pi$ 弧度，称“ i_1 滞后于 i_2 ”；

③若 $\Delta \phi = \phi_1 - \phi_2 = 0$ ，称“ i_1 和 i_2 同相位”（图 2-6 中的 u 和 i 也是同相位）；

④若相位差 $\Delta \phi = \phi_1 - \phi_2 = \pm 180^\circ$ ，则称“ i_1 和 i_2 反相位”（图 2-6 中的 u 和 e 是反相位）。

这里必须指出的是，在比较两个正弦交流电之间的相位顺序时，两个正弦量一定要同频率才有意义。

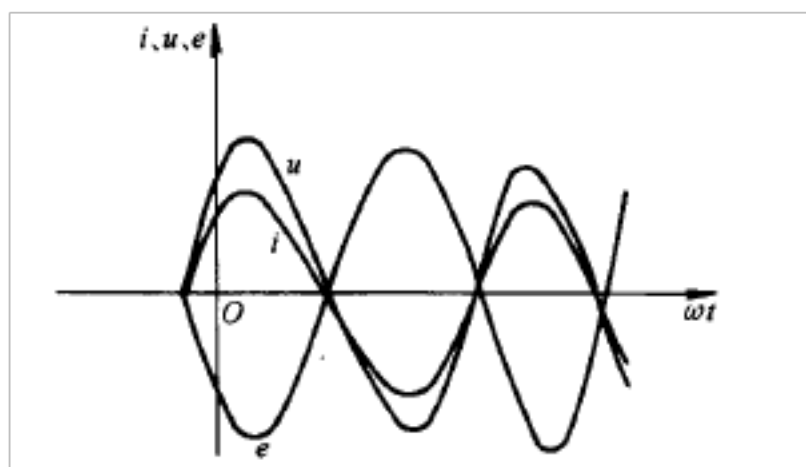


图 2-6 同相与反相

【课堂互动】以上讲的这些基本物理量，知道了哪几个量就可以完整地描述一个正弦交流电了？由此引出三要素。

三、正弦交流电的三要素

我们把正弦交流电的最大值、角频率和初相角叫做正弦交流电的三要素。交流电动势、交变电压、交变电流的表达式分别为

$$\begin{aligned} e &= E_m \sin(\omega t + \phi_e) \\ u &= U_m \sin(\omega t + \phi_u) \\ i &= I_m \sin(\omega t + \phi_i) \end{aligned}$$

上述表达式的含义是：表示了任意时刻交流电的瞬时值。

【例 2-2】如图 2-7 所示的正弦交流电的角频率为 ω ，请写出它们的瞬时值表达式。

【例 2-3】一个正弦电压的初相为 60° ， $U=100V$ ， $T=0.02s$ 求它的瞬时值表达式。

【讨论】写出交流电的瞬时值表达式的关键是什么？

【例 2-4】已知正弦交流电： $i_1=5 \sin \omega t A$ $i_2=10 \sin(\omega t+45^\circ) A$

$$i_3=50 \sin(\omega t+45^\circ) A$$

求： i_1 和 i_2 相位差。

【讨论】求 i_2 、 i_3 的相位差有意义吗？

【想一想】怎么求 $i = i_1 + i_2$ 的表达式？怎么求 $i = i_1 - i_2$ 的表达式？用什么方法？

小结：

作业：1~5 题

课题二 正弦交流电的相量表示法

一、正弦交流电的表示方法

正弦交流电常用的几种表示方法为：解析法、波形图法（即曲线法）、相量图（即矢量图）、复数表示法（即相量表达式或称极坐标表示）。

二、正弦交流电的相量表示

正弦交流电的相量图表示方法分为：旋转矢量（最大值矢量）法和有效值矢量法。

1. 正弦交流电的相量图

(1) 旋转矢量表示法：

▲启发问：用矢量表示一个正弦交流电时，应怎么赋予他才能表达出这个交流电来呢？

通常只用初始位置（ $t=0$ ）的有向线段 I_m （或有效值 I ）来表示一个旋转正弦量。

将表示随时间而在平面上旋转的这一有向线段称为相量，用大写字母上加“ \cdot ”或加“ \rightarrow ”

符号来表示。如 \dot{E}_m 、 \dot{U}_m 、 \dot{I}_m 分别表示电动势、电压、电流的最大值相量。

(2) 有效值矢量法

有效值矢量用 \dot{E} 、 \dot{U} 、 \dot{I} 表示。有效值相量也只画矢量的起始位置。

(3) 相量图

相量图是指在一个复平面上表示几个同频率正弦量的相量整体时，构成了相量图。

【讨论】正弦交流电本身是矢量吗？它和矢量之间是什么对应关系？

注意：只有正弦量才能用相量表示，只有频率相同的正弦量才能画在同一相量图上，可以用平行四边形法则进行“和”与“差”的计算。两个同频率正弦交流电的“和”与“差”频率不变。不同频率的正弦量不能画在一个相量图上进行比较、计算。

【课堂互动】画出前面【例 2-4】中交流电的相量图。

2. 相量式

$\dot{U} = U \angle \phi = 100 \angle 60^\circ$ (V)，读作“相量 U”，用有效值和初相角表示。

U 的最大值相量式为 $\dot{U}_m = \sqrt{2}U = 100\sqrt{2} = 141$ (V)

同理：可以将正弦电动势 $e = E\sqrt{2}\sin(\omega t + \phi)$ 写成相量式： $\dot{E} = E \angle \phi$

由于两个同频率正弦交流电的“和”与“差”频率不变，所以在相量表达式中只写有效值 E 和初相角 ϕ 。

【例 2-5】 已知 $i_1 = 3\sqrt{2}\sin(\omega t + 60^\circ)$ A $i_2 = 4\sqrt{2}\sin(\omega t + 30^\circ)$ A

求：总电流 $i = i_1 + i_2$ 的瞬时值表达式。

【解】 方法一： 根据 i_1 、 i_2 的有效值相量可以求出“和相量”的表达式

$$\begin{array}{r}
 I_1 = 3 \angle 60^\circ \text{ A} \\
 I_2 = 4 \angle 30^\circ \text{ A} \\
 I_1 = 1.5 - j2.6 \\
 I_2 = 3.46 - j2 \\
 I = 4.96 - j0.6 \\
 \theta = 5.69^\circ
 \end{array}$$

总电流为： $i = i_1 + i_2 = 5\sqrt{2} \sin(\omega t - 6.9^\circ) \text{ A}$

方法二： i_1 、 i_2 的相量图如图 2-9 所示，用平行四边形法则求得

同样可以求得上述的“和”的表达式 $i = i_1 + i_2 = 5\sqrt{2} \sin(\omega t - 6.9^\circ) \text{ A}$ 。

【想一想】若要求 $i = i_1 + i_2$ 的表达式，又该如何求呢？

作业：6 题

课题三 单一参数的正弦交流电路

一、纯电阻 R 电路

1. 电阻元件上电流和电压关系

(1) 电阻元件上电流和电压的数值关系

①瞬时值关系 $i_R = \frac{u_R}{R}$

②最大值符合欧姆定律 若设电流为参考正弦量，即 $i = I_m \sin \omega t$

则 $u = Ri = RI_m \sin \omega t = U_m \sin \omega t$ 可见 $U_m = RI_m$

③有效值符合欧姆定律 $U = IR$

(2) 电压和电流的频率相同

(3) 电压和电流的相位相同

(4) 电压和电流的相量关系式 $\dot{U} = R \dot{I}$ ，相量图如图 2-10 (c) 所示。

2. 电阻元件的功率

(1) 瞬时功率 即 $p = u i = U_m \sin \omega t \cdot I_m \sin \omega t = UI (1 - \cos 2\omega t)$

(2) 有功功率

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T p dt = \frac{1}{T} \int_0^T UI (1 - \cos 2\omega t) dt = UI$$

从前面电压和电流的数值关系还可以得出： $P = UI = RI^2 = \frac{U^2}{R}$

【想一想】交流电路中 P 的公式与直流电中电阻的功率式中物理量的含义相同吗？

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/956135101155011005>