

ZHENG PEI XUN JIAO CHENG

高级维修电工 取证培训教程



黄丽卿 主编

强调针对性 突出实用性 考工鉴定取证的良师益友



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

高级维修电工 取证培训教程

王 强 主编

机械工业出版社 北京



高级维修电工取证 培训教程

主 编 黄丽卿
参 编 梁月霞 黄文蜀
主 审 符 曦 许研文



机 械 工 业 出 版 社

本书紧紧围绕《维修电工国家职业标准》及《维修电工职业技能鉴定国家题库》，有针对性地介绍了高级维修电工所应掌握的理论知识与操作技能方法，克服了指导教材与职业鉴定脱节的弊病。全书共八章，主要内容包括：电工与电子基础；电力电子变流技术；示波器与晶体管特性图示仪；变压器、电机及断路器；电气控制电路；自动控制调速系统及数控机床；计算机基本知识及可程序控制器；相关知识等。本书选编了较多的解题实例，并附有知识和技能要求试题与参考答案；内容充实、重点突出，基础知识采用新颖的图表法归纳形式，简单明了，便于记忆，具有较强的针对性、实用性、可读性，使读者能“有的放矢”地进行自学和训练，做到实用、够用、必用，满足了取证人员的需求。

本书具有较高的使用价值，是高级维修电工取证人员的必备用书，并可供高职高专、高级技校师生及相关专业技术人员使用。

文 献 书

图书在版编目 (CIP) 数据

高级维修电工取证培训教程/黄丽卿主编. —北京: 机械工业出版社, 2007. 9

ISBN 978-7-111-22344-3

I. 高… II. 黄… III. 电工—维修—技术培训—教材 IV. TM07

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 142177 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 何月秋 责任编辑: 陈玉芝 版式设计: 张世琴

责任校对: 李秋荣 封面设计: 王奕文 责任印制: 杨 曦

北京机工印刷厂印刷 (兴文装订厂装订)

2008 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

184mm × 260mm · 23.75 印张 · 587 千字

0 001—4 000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-22344-3

定价: 38.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换
销售服务热线电话: (010) 68326294

购书热线电话: (010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话: (010) 88379083

封面无防伪标均为盗版

前 言

《国务院关于大力推进职业教育改革与发展的决定》中明确指出：“要严格实施就业准入制度，加强职业教育与劳动就业的联系”。职业资格证书已逐步成为就业的通行证，是通向就业之门的金钥匙。《高级维修电工取证培训教程》从全面提高劳动者素质，增强劳动者就业能力的角度出发，为广大取证人员提供了有价值的学习和指导。

本书具有以下几方面的特点：

一、紧紧围绕《维修电工国家职业标准》以及《维修电工职业技能鉴定国家题库》、《维修电工操作技能考试手册》编写而成。它涵盖了国家职业标准中高级维修电工知识鉴定点和技能鉴定点。注重理论联系实际，集理论知识与操作技能指导于一体。突出教材的实用性，力求满足取证人员的需求。

二、突出重点，克服了指导教材与职业鉴定脱节的弊病。对较基础的理论知识采用新颖的图表法归纳形式，简明、易懂，便于记忆。同时注重教材的实践性，围绕鉴定要求，列举了较多的解题实例，书末还选编了知识要求试题和技能要求试题并附有参考答案，使考生能“有的放矢”地进行自学和训练，做到实用、够用、必用，满足取证人员的需求。

三、内容新颖。在树立以目前取证人员为主体的编写理念的同时，又考虑到知识正不断向高、精、深方向发展。本书的内容在围绕鉴定要求的前提下又按发展的趋势有所创新，积极地采用新知识、新技术、新工艺、新方法等，突出时代感，适应时代的潮流。

本书是维修电工高级鉴定考证的学习用书，是取证人员的良师益友，可供各高职高专、高级技工学校学生及有关教师、技术人员参考，还可供从业人员学习、掌握现代先进维修电工技术或进行岗位培训、就业培训等使用。

在本书的选题、编写、审理过程中，广东工业大学自动化学院符曦教授和华南理工大学许研文教授对全书进行了认真审阅，提出了许多宝贵意见，特此深表感谢。同时，广州市就业训练中心黎光治主任，广州市机电技师学院（广州市机电高级技工学校）领导、老师，及谭子伦高级工程师、赵晓霞、叶汉辉、张明等同志也给予了许多支持、指导与帮助，在此一并致以衷心的感谢。

由于时间仓促，本书涉及内容较多，新技术、新装备发展较迅速，加之作者水平有限，书中缺点和错误在所难免，请广大读者对本书多提宝贵意见和建议，以便教材修订时补充更正。

编 者

目 录

前言

第一章 电工与电子基础	1
第一节 直流电路	1
第二节 磁场、磁路与电磁感应	5
第三节 交流电路	8
第四节 模拟电子电路	13
第五节 数字电路	32
复习思考题	48

第二章 电力电子变流技术	50
第一节 电力电子器件	50
第二节 可控整流电路	52
第三节 晶闸管触发电路	54
第四节 晶闸管逆变电路	58
第五节 晶闸管交流开关与交直流调压	63
第六节 变频电路	69
第七节 中、高频电源设备	71
复习思考题	78

第三章 示波器和晶体管特性图示仪	79
第一节 示波器	79
第二节 晶体管特性图示仪	86
复习思考题	95

第四章 变压器、电机及断路器	96
第一节 变压器与三相异步电动机	96
第二节 直流电机	99
第三节 特种电机	107
第四节 断路器	123
复习思考题	131

第五章 电气控制电路	132
第一节 电气控制电路的设计	132
第二节 C5225 型双柱立式车床电气控制电路的检修	136
第三节 B2012A 型龙门刨床的检修	145
第四节 电气原理图、接线图的测绘	161
复习思考题	169

第六章 自动控制调速系统及数控机

床	170
---	-----

第一节 自动控制的基本知识	170
第二节 自动控制调速系统	172
第三节 数控机床	195
第四节 位置移动数字显示系统	206
复习思考题	208

第七章 计算机基本知识及可编程序控制器	209
第一节 计算机基本知识	209
第二节 可编程序控制器基本知识	213
第三节 可编程序控制器的应用	228
复习思考题	252

第八章 相关知识	253
第一节 生产管理知识	253
第二节 机械基础知识	255
第三节 培训指导	277
复习思考题	281

试题库	283
知识要求试题	283
一、选择题 试题(283) 答案(345)	
二、判断题 试题(311) 答案(346)	
三、简答题 试题(319) 答案(347)	
四、计算题 试题(321) 答案(352)	
五、识图题 试题(322) 答案(353)	

技能要求试题	324
一、继电-接触式控制电路的设计、安装和调试	324
二、继电-接触式控制电路的大型设备局部电气电路的检修	325
三、继电-接触式控制设备的电气电路测绘	325
四、电动机的安装、接线与调试	326
五、配电系统中 DW 系列断路器的选用及故障排除	327
六、用 PLC 改造继电-接触式控制电路, 并进行设计、安装和调试	328
七、用 PLC 进行控制电路的设计, 并进行	

模拟安装与调试	329
八、用变频器改造三相异步电动机正反转 两地控制的控制电路, 并进行设计、 安装与调试	330
九、模拟及数字电子电路的安装与调 试	330
十、电子电路的检测与调试	331
十一、晶体管特性图示仪的使用与维 护	332

十二、电子电路的测绘	335
十三、培训指导	335
模拟试卷	337
理论知识模拟试卷	337
操作技能考核模拟试卷	343
附录	357
附录 A 参数表	357
附录 B 培训大纲	361
参考文献	372

(续)

第一章 电工与电子基础

☆ 鉴定要求

电工和电子技术是高级维修电工理论考核的基础部分。在初级和中级维修电工考核中已经比较详尽地学习过，本章只抓住重点回顾复习。在复习过程中，要重点掌握以下内容：

1. 复杂直流电路的分析和计算。
2. 磁场、磁路、电磁感应的基本概念及磁路的计算。
3. 单相、三相交流电路的参数计算。
4. 模拟电子电路基础及参数计算。
5. 数字电子电路基础及应用知识。

第一节 直流电路

☆ 重点

1. 基尔霍夫第一、第二定律。
2. 应用支路电流法求解支路电流、电压和功率。
3. 应用戴维南定理求解支路电流、电压和功率。

(1-1) 一、电阻、电容的串联和并联电路的特点 (见表 1-1)

表 1-1 电阻、电容的串、并联

电 阻		电 容	
定义式	$R = \rho \frac{L}{S}$	定义式	$C = \frac{Q}{U}; C = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r S}{d}$
串 联	1. 流过每一个电阻的电流都相等 $I_1 = I_2 = I_3 = \dots = I_n$	1. 各串联电容器上所带电量相等,并等于等效电容所带电量 $Q = Q_1 = Q_2 = \dots = Q_n$	
	2. 总电压等于各个电阻上电压之和 $U = U_1 + U_2 + \dots + U_n$	2. 总电压等于各个电容器上电压的代数和: $U = U_1 + U_2 + \dots + U_n$	
	3. 等效电阻等于各串联电阻之和 $R = R_1 + R_2 + \dots + R_n$	3. 等效电容量的倒数等于各串联电容量倒数之和: $\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n}$	
	4. 各电阻上分配的电压与各自电阻的阻值成正比,即 $U_n = \frac{R_n}{R} U$	4. 两个电容器串联等效电容量: $C = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$	
	5. 两电阻串联的分压公式 $U_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} U$ (R_1 上分配的电压) $U_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} U$ (R_2 上分配的电压)	4. 两个电容器串联的分压公式: $U_1 = \frac{C_2}{C_1 + C_2} U$ (C_1 上分配的电压) $U_2 = \frac{C_1}{C_1 + C_2} U$ (C_2 上分配的电压)	

(续)

	电 阻	电 容
并 联	1. 并联电路中各电阻两端的电压相等: $U = U_1 = U_2 = \cdots = U_n$ 2. 电路的总电流等于各支路电流之和: $I = I_1 + I_2 + \cdots + I_n$ 3. 并联电路等效电阻的倒数等于各并联支路电阻的倒数之和: $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \cdots + \frac{1}{R_n}$ 两电阻并联: $R = R_1 // R_2 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$ 4. 各并联电阻中的电流及电阻消耗的功率均与各电阻的阻值成反比: $I_1 : I_2 : I_3 = P_1 : P_2 : P_3 = \frac{1}{R_1} : \frac{1}{R_2} : \frac{1}{R_3}$ 5. 对于两并联支路的电流分流公式: $I_1 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} I$ $I_2 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} I$	1. 并联电路电容器两端的电压相等: $U = U_1 = U_2 = \cdots = U_n$ 2. 并联电路的总电量等于各电容器电量之和: $Q = Q_1 + Q_2 + \cdots + Q_n$ 3. 并联电路的等效电容量等于各个电容器电容量之和: $C = C_1 + C_2 + \cdots + C_n$

二、基本定理和定律

1. 欧姆定律

(1) 无源支路欧姆定律

$$I = \frac{U}{R} \quad (1-1)$$

(2) 全电路欧姆定律

图 1-1 表 1-1 表

$$I = \frac{E}{R + r_0} \quad (1-2)$$

$$\frac{2.303}{b} = \frac{1}{b} \cdot \frac{2.303}{b}$$

$$U = E - U_0 = E - Ir_0$$

$$\frac{3}{2} a = a$$

$$E = IR + Ir_0 = U + U_0$$

(3) 电路的三种状态

通路:

$$I = \frac{E}{R + r_0}; U = E - U_0 = E - Ir_0$$

短路:

$$I = \frac{E}{r_0}; U = 0$$

断路:

$$I = 0; U = E$$

2. 基尔霍夫定律

(1) 基尔霍夫第一定律 (节点电流定律)

对电路中任一节点来说, 在任一瞬时流入 (或流出) 该节点电流的代数和等于零。其表达式为

$$\sum I = 0 \quad \text{或} \quad \sum I_{\text{入}} = \sum I_{\text{出}} \quad (1-3)$$

(2) 基尔霍夫第二定律 (回路电压定律)

在电路的任何闭合回路中, 沿一定方向绕

行一周, 各段电压降的代数和等于零, 即 $\sum U = 0$ 或 $\sum E = \sum IR$ (1-4)

3. 叠加原理

在线性电路中, 任一支路的电流 (或电压) 是电路中各个独立电源单独作用时 (不作用的电流源开路处理, 不作用的电压源短路处理) 在该支路产生的电流 (或电压) 的代数和。

4. 戴维南定理 (见图 1-1)

任何一个含源二端线性网络都可以用一个等效电源来代替, 这个等效电源的电动势 E 等于该网络的开路电压 U_0 , 内阻 r 等于无源二端网络 (所有独立电源不作用) 从网络两端口看进去的等效电阻 R_i 。则电流为

$$I = \frac{E}{r + R} = \frac{U_0}{R_i + R}$$

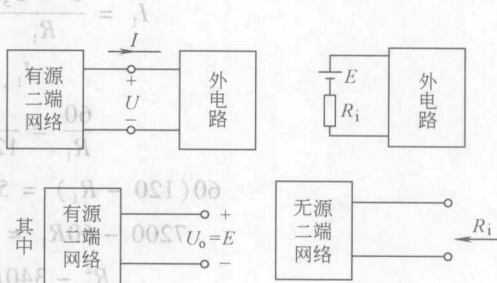


图 1-1 戴维南定理

三、解题方法

1. 支路电流法 (见图 1-2)

支路电流法解题的步骤如下 (m 条支路 n 个节点):

- 1) 先假设各支路电流参考方向和回路绕行方向。
- 2) 根据基尔霍夫电流定律列出 $(n-1)$ 个独立电流方程。

方程。

- 3) 根据基尔霍夫电压定律列出 $[m - (n-1)]$ 个独立回路电压方程。

4) 解方程组, 求各支路电流。如果求得的支路电流为正值, 说明支路电流的实际方向与参考方向相同; 若为负值, 则说明支路电流的实际方向与参考方向相反。

2. 戴维南定理法

用戴维南定理求某支路电流的步骤如下:

- 1) 把电路分为待求支路和含源二端网络两部分。
- 2) 断开待求支路, 求出含源二端网络开路电压 U_0 , 即为等效电源的电动势 E 。
- 3) 将网络内各独立电源置零 (即将电压源短路, 电流源开路), 仅保留电源内阻, 求出网络两端的输入电阻 R_i , 即为等效电源的内阻 r 。

- 4) 画出有源二端网络的等效电路, 接入待求支路, 则待求支路的电流为

$$I = \frac{E}{r + R} = \frac{U_0}{R_i + R}$$

例 1-1 实验室的电源为 110V, 需要对某一负载 $R_3 = 100\Omega$ 进行测试, 测试电压为 50V。现选用 120Ω 、1.5A 的滑线变阻器作为分压器, 见图 1-3 问滑动触头应在什么位置? 此时变阻器是否适用?

解 设滑动触头在 R 上使 R 分成上、下两部分, 分别为 R_1 、 R_2 , 则有

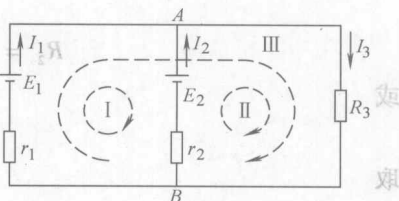


图 1-2 支路电流法示例

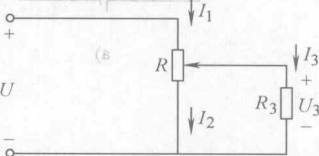


图 1-3 例 1-1 图

$$R_2 = 120 - R_1$$

(4-1)

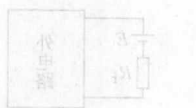
$$I_3 = \frac{U_3}{R_3} = \frac{50}{100} \text{ A} = 0.5 \text{ A}$$

零电压定理

将不) 和用并起单路中立整个各中都用 U_3 (用串起 50 路串起) 支一升, 中流串并起立
 路升的 (用串起) 路串起主路支起 (用串起) 路串起主路支起 (用串起) 路串起主路支起

$$I_1 = \frac{U - U_3}{R_1} = \frac{110 - 50}{R_1} = \frac{60}{R_1}$$

路



$$I_1 = I_2 + I_3$$

$$\frac{60}{R_1} = \frac{50}{120 - R_1} + 0.5$$

$$60(120 - R_1) = 50R_1 + 0.5R_1(120 - R_1)$$

$$7200 - 60R_1 = 50R_1 + 60R_1 - 0.5R_1^2$$

$$R_1^2 - 340R_1 + 14400 = 0$$

$$R_1 = \frac{340 \pm \sqrt{340^2 - 4 \times 1 \times 14400}}{2 \times 1} \Omega = \frac{340 \pm 240}{2} \Omega = 290 \Omega \text{ 和 } 50 \Omega$$

去衣履鞋, 三

$$R_2 = 120 - R_1$$

$$R_2 = (120 - 290) \Omega = -170 \Omega (\text{舍去})$$

$$R_2 = (120 - 50) \Omega = 70 \Omega$$

$$R_2 = 70 \Omega$$

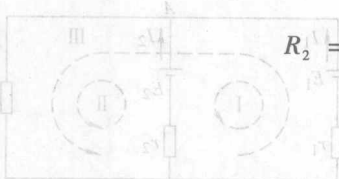
或
取

图 1-4 戴维南定理例

$$I_1 = \frac{60}{R_1} = \frac{60}{50} \text{ A} = 1.2 \text{ A} < 1.5 \text{ A}$$

$$I_2 = \frac{50}{120 - R_1} = \frac{50}{120 - 50} \text{ A} = 0.71 \text{ A} < 1.5 \text{ A}$$

此时变阻器上、下两部分流过的电流均小于 1.5 A, 故可以使用。

例 1-2 如图 1-4a 所示的桥式电路中, 已知 $R_1 = R_2 = R_4 = R_5 = 5 \Omega$, $R_3 = 10 \Omega$, $E = 6.5 \text{ V}$, 求 R_5 所在支路的电流。

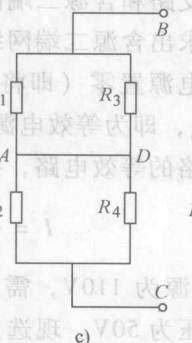
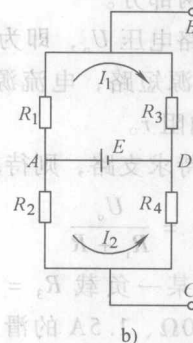
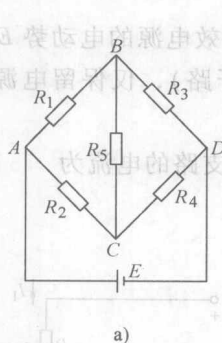


图 1-4 戴维南定理例

解 1) 断开 R_5 所在支路, 求开路电压 U_o 。(见图 1-4b)。

$$U_{BD} = E \frac{R_3}{R_1 + R_3} = 6.5 \times \frac{10}{5 + 10} \text{ V} = 4.33 \text{ V}$$

$$U_{CD} = E \frac{R_4}{R_2 + R_4} = 6.5 \times \frac{5}{5 + 5} \text{ V} = 3.25 \text{ V}$$

$$E = U_o = U_{BD} + U_{DC} = U_{BD} - U_{CD} = (4.33 - 3.25) \text{ V} = 1.08 \text{ V}$$

2) 求输入电阻 R_i (见图 1-4c)。

$$R_i = (R_1 // R_3) + (R_2 // R_4) = \left(\frac{5 \times 10}{5 + 10} + \frac{5}{2} \right) \Omega = 5.83 \Omega$$

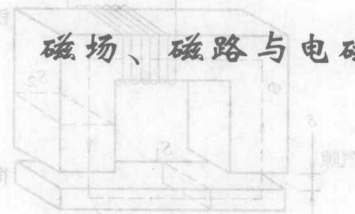
3) 画出等效电路图, 如图 1-4d 所示。

4) 画好等效电路后接入 R_5 , 求出电流 I_5 。

$$I_5 = \frac{E}{r + R_5} = \frac{1.08}{5.83 + 5} \text{ A} = 0.1 \text{ A}$$



第二节 磁场、磁路与电磁感应



☆重点

1. 磁场的基本性质。
2. 通电直导线的受力方向和大小。
3. 磁路的计算。
4. 电磁感应定律。

一、磁场和磁路的基本物理量 (见表 1-2)

表 1-2 磁场和磁路的基本物理量

名称	定义式	意 义	单位及换算
磁通	$\Phi = BS$	磁场中垂直通过某一截面积的磁力线数	1 麦克斯韦 = 10^{-8} 韦伯 韦伯 (Wb) $1 \text{ Mx} = 10^{-8} \text{ Wb}$
磁感应强度	$B = \frac{\Phi}{S} = \mu \frac{NI}{L} = \mu_0 \mu_r \frac{NI}{L}$	表示磁场中某点磁场的强弱和方向, 是磁场的基本物理量	特斯拉 (T) $1 \text{ 高斯} = 10^{-4} \text{ 特斯拉}$ $1 \text{ Gs} = 10^{-4} \text{ T}$
磁导率	μ_0 : 真空中的磁导率 μ_r : 相对磁导率 $\mu_r = \frac{\mu}{\mu_0}$	磁导率表示物质对磁场影响程度的一个物理量, 也即表明物质的导磁能力, 非铁磁物质的 μ 是一个常数, 而铁磁物质的 μ 不是常数	亨/米 (H/m) $\mu_0 = 10^{-7} \text{ 亨/米}$
磁场强度	$H = \frac{B}{\mu} = \frac{B}{\mu_r \mu_0} = \frac{NI}{L}$	与激发磁场的电流直接有关, 而在均匀的介质中与介质无关	安/米 (A/m) $1 \text{ 奥斯特} = 80 \text{ 安/米}$ $1 \text{ Oe} = 80 \text{ A/m}$
磁动势	$F_m = NI$	表明磁路中产生磁通的条件与能力	安·匝 (A·匝)
磁阻	$R_m = \frac{L}{\mu S}$	反映了磁路对磁通的阻力, 它由磁路的材料、形状及尺寸所决定	1/亨 (1/H)

二、电路与磁路的对应关系 (见表 1-3)

表 1-3 电路与磁路的对应关系

电 路			磁 路		
名称	符号	单位	名称	符号	单位
电动势	E	伏特(V)	磁动势	$F_m (=NI)$	安·匝(A·匝)
电流	I	安培(A)	磁通	Φ	韦伯(Wb)
电阻率	ρ	欧姆·米($\Omega \cdot m$)	磁导率	μ	亨/米(H/m)
电阻	$R (= \rho \frac{L}{S})$	欧姆(Ω)	磁阻	$R_m (= \frac{L}{\mu S})$	1/亨(1/H)
电路欧姆定律	$I = \frac{E}{R+r}$		磁路欧姆定律 (见图 1-5)	$\Phi = \frac{NI}{R_{m1} + R_{m2} + R_{m\text{气}}}$	

三、磁路基尔霍夫定律

沿着磁路中任意闭合路径的各段磁压降的代数和等于环绕此闭合路径的所有磁通势的代数和, 即

$$\sum(HL) = \sum(NI) \quad (1-5)$$

四、磁路的计算

1) 由于各段磁路的截面积不同, 而通过的磁通相同, 因此应分别计算各段磁路的磁感应强度, 即

$$B_1 = \frac{\Phi}{S_1}, B_2 = \frac{\Phi}{S_2}, \dots$$

2) 根据各段磁性材料的导磁性不同, 找出与上述 $B_1, B_2, \dots$ 对应的磁场强度 $H_1, H_2, \dots$ 铁磁材料可查磁化曲线 $B = f(H)$ 图 (或表), 空气隙可用公式 $B = \mu_0 H$ 计算。

3) 计算各段磁路的磁压降 HL 的代数和, 求出磁通势 NI 。

例 1-3 一直流电磁铁如图 1-6 所示, 图中尺寸的单位为 cm, 铁心由 D21 硅钢片叠成, 填充系数为 0.92, 要使空气隙中的磁通为 $3 \times 10^{-3} \text{ Wb}$, 试求:

1) 所需磁通势。

2) 若线圈匝数为 $N = 1000$ 匝, 求励磁电流。

解 1) 求所需磁通势。

① 计算每段磁路中心线长度:

$$L_1 = (30 - 6.5) \text{ cm} + 2 \left(30 - \frac{6.5}{2} \right) \text{ cm} = 77 \text{ cm}$$

$$L_2 = (30 - 6.5) \text{ cm} + 2 \times \frac{8}{2} \text{ cm} = 31.5 \text{ cm}$$

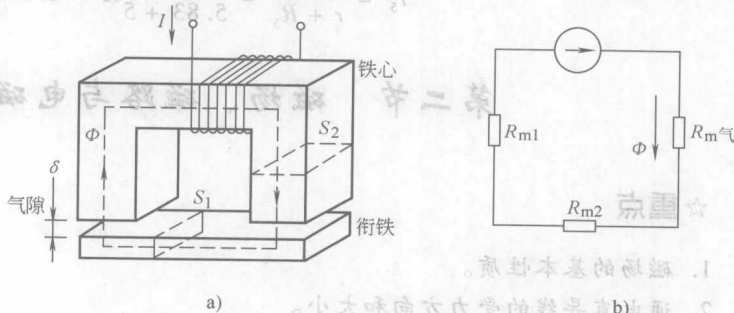


图 1-5 具有空气隙的磁路

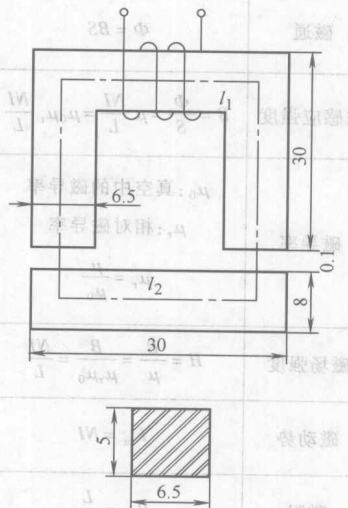


图 1-6 电磁铁

$$L_0 = (0.1 + 0.1)\text{cm} = 0.2\text{cm}$$

② 分别计算有效截面积:

$$S_1 = 6.5 \times 5 \times 0.92\text{cm}^2 = 30\text{cm}^2$$

$$S_2 = 8 \times 5\text{cm}^2 = 40\text{cm}^2$$

$$S_0 = S_1 = 30\text{cm}^2$$

③ 计算每段磁路的磁感应强度:

$$B_1 = \frac{\Phi}{S_1} = \frac{3 \times 10^{-3}}{30 \times 10^{-4}}\text{T} = 1\text{T}$$

$$B_2 = \frac{\Phi}{S_2} = \frac{30 \times 10^{-3}}{40 \times 10^{-4}}\text{T} = 0.75\text{T}$$

$$B_0 = \frac{\Phi}{S_0} = \frac{3 \times 10^{-3}}{30 \times 10^{-4}}\text{T} = 1\text{T}$$

④ 求各 H 值, 查表 1-4、表 1-5 得:

$$H_1 = 536\text{A/m}$$

$$H_2 = 632\text{A/m}$$

$$H_0 = \frac{B_0}{\mu_0} = \frac{1}{4\pi \times 10^{-7}}\text{A/m} = 0.8 \times 10^6\text{A/m}$$

表 1-4 铸钢的基本磁化数据表

单位: (A/m)

B/T	0.04	0.05	0.06
0.6	525	535	544
0.7	623	632	642

表 1-5 D21 电工钢片磁化数据

单位: (A/m)

B/T	0	0.01	0.02
0.9	425	435	445
1.0	536	536	562

⑤ 计算总磁通势:

$$F_m = NI = H_1 L_1 + H_2 L_2 + H_0 L_0 = 536 \times 0.77 + 632 \times 0.315 + 0.8 \times 10^6 \times 0.002\text{A} \cdot \text{匝} = 2212\text{A} \cdot \text{匝}$$

2) 当 $N=1000$ 匝时, 所需励磁电流为:

$$I = \frac{NI}{N} = \frac{2212}{1000}\text{A} = 2.212\text{A}$$

五、电磁感应

1. 电磁感应基本公式(见表 1-6)

概念	相关公式
直导体的电磁感应电动势	$e = BLv \sin \alpha$
法拉第电磁感应定律	$e = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$ (负号表示 e 方向总是使 $\Phi_{\text{感}}$ 阻碍 $\Phi_{\text{原}}$ 的变化)
自感应电动势	$e_L = -L \frac{\Delta i}{\Delta t}$ (e_L 总是企图阻碍电流的变化)
互感电动势	$e_{M1} = -M \frac{\Delta i_2}{\Delta t}; e_{M2} = -M \frac{\Delta i_1}{\Delta t}$ ($M_{12} = \frac{\Psi_{12}}{i_1}$)

2. 楞次定律

感应电流的方向, 总是要使感应电流产生的磁场阻碍原磁场的变化。

用楞次定律判定感应电流的具体步骤为:

- 1) 明确原磁通 Φ 的方向。
- 2) 闭合磁路原磁通 Φ 的变化趋势是增加还是减少。如果是增加, 则感应电流产生的附加磁通 Φ' 的方向与原磁通 Φ 的方向相反; 如果是减少, 则 Φ' 的方向与 Φ 的方向相同。
- 3) 利用安培定则, 由 Φ' 的方向来确定感应电流的方向。

3. 同名端

我们把由于两个或多个线圈的绕向一致而感应电动势的极性一致的端子叫做同名端, 反之叫做异名端。

4. 涡流

在具有铁心的线圈中通以交变的电流, 就有交变磁通穿过铁心, 在铁心内部产生感应电动势, 在感应电动势作用下又会产生感应电流, 其形状如同水中的漩涡, 故称为涡流。涡流是一种电磁感应现象。

涡流太大时, 会使铁心发热, 容易造成设备损坏。另外, 涡流要消耗电能, 造成不必要的损耗 (涡流引起的损耗和磁滞引起的损耗称为铁损)。此外, 涡流产生的磁通有阻碍原磁通变化的趋势。

为了减小涡流, 在低频范围内电动机和电器都不用整块铁心, 而是用电阻率较大、表面涂有绝缘漆的硅钢片叠装而成的铁心。

但涡流也有其有利的一面, 如感应系电能表就是利用涡流进行工作的。此外, 利用涡流产生的热量可以用来加热金属, 如高频感应炉等。

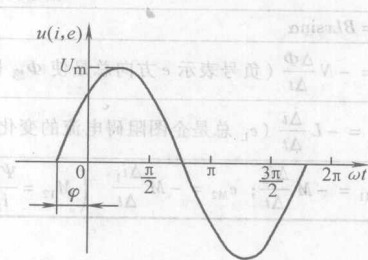
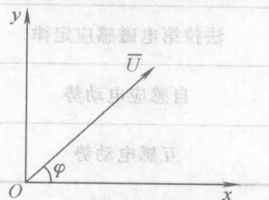
第三节 交流电路

☆重点

1. 交流电的基本物理量及四种表示方法。
2. 单相、三相正弦交流电路的基本知识。
3. 单相、三相正弦交流电路相位关系、数量关系及计算。

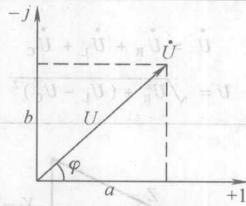
一、正弦交流电的四种表示方法 (见表 1-7)

表 1-7 正弦交流电的四种表示方法

解析法	曲线法	矢量法
$e = E_m \sin(\omega t + \varphi_e)$ $u = U_m \sin(\omega t + \varphi_u)$ $i = I_m \sin(\omega t + \varphi_i)$		

(续)

(续)



$$\dot{U} = a + jb = U(\cos\varphi + j\sin\varphi) = Ue^{j\varphi}$$

$$\begin{cases} U = \sqrt{a^2 + b^2} \\ \tan\varphi = \frac{b}{a} \end{cases} \quad \begin{cases} e^{j90^\circ} = j \\ e^{-j90^\circ} = -j \end{cases}$$

交流电压正弦量与复数量的对应关系:

$$u = \sqrt{2}U\sin(\omega t + \varphi) \Leftrightarrow \dot{U} = Ue^{j\varphi}$$

交流电流正弦量与复数量的对应关系:

$$i = \sqrt{2}I\sin(\omega t + \varphi) \Leftrightarrow \dot{I} = Ie^{j\varphi}$$

感抗复数形式: $Z = jX_L = j\omega L$;容抗复数形式: $Z = -jX_C = -j\frac{1}{\omega C}$ (阻、感、容)串联的复阻抗: $Z = R + jX_L - jX_C$;并联的复阻抗: $\frac{1}{Z} = \frac{1}{R} + \frac{1}{jX_L} + \frac{1}{-jX_C}$

二、单一参数正弦交流电路的基本特性 (见表 1-8)

表 1-8 单一参数正弦交流电路的基本特性

	纯电阻电路	纯电感电路	纯电容电路
电路图			
阻抗 Z	R	$X_L = \omega L$	$X_C = 1/\omega C$
电压与电流数量关系	$U = IR$	$U = IX_L$	$U = IX_C$
电压与电流相位关系		 电压超前电流 90°	 电压滞后电流 90°
功率	$P = UI = I^2 R = U^2/R$ (瓦) 电阻消耗功率 (有功功率)	$Q_L = UI = I^2 X_L = U^2/X_L$ (乏) 电感储存功率 (无功功率)	$Q_C = UI = I^2 X_C = U^2/X_C$ (乏) 电容储存功率 (无功功率)

三、单相串联交流电路的相位关系及数量关系 (见表 1-9)

表 1-9 单相串联交流电路的相位关系及数量关系

串 联	RL	RC	RLC
电路图			
电压三角形			

(续)

(续)

串 联	RL	RC	RLC
总电压相量 电压有效值	$\dot{U} = \dot{U}_R + \dot{U}_L$ $U = \sqrt{U_R^2 + U_L^2}$	$\dot{U} = \dot{U}_R + \dot{U}_C$ $U = \sqrt{U_R^2 + U_C^2}$	$\dot{U} = \dot{U}_R + \dot{U}_L + \dot{U}_C$ $U = \sqrt{U_R^2 + (U_L - U_C)^2}$
阻抗三角形			
总阻抗	$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$	$Z = \sqrt{R^2 + X_C^2}$	$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$
总复阻抗	$Z = R + jX_L$	$Z = R - jX_C$	$Z = R + jX_L - jX_C$
功率三角形			
视在功率 $S = UI$	$S = UI = \sqrt{P^2 + Q_L^2}$	$S = UI = \sqrt{P^2 + Q_C^2}$	$S = UI = \sqrt{P^2 + (Q_L - Q_C)^2}$
有功功率	$P = S \cos \varphi = UI \cos \varphi = I^2 R$		
无功功率	$Q = S \sin \varphi = UI \sin \varphi = I^2 X$		
阻抗角	$\varphi = \arctan \frac{X}{R} = \arctan \frac{U_L}{U_R} = \arctan \frac{Q}{P}$		
功率因数	$\cos \varphi = \frac{P}{S} = \frac{R}{Z} = \frac{U_R}{U}$		
电压、电流关系及电路性质	电压超前电流一个 φ 角, 电路呈感性	电压滞后电流一个 φ 角, 电路呈容性	当 $X_L > X_C$ ($U_L > U_C$) 电路呈感性 当 $X_L < X_C$ ($U_L < U_C$) 电路呈容性 当 $X_L = X_C$ ($U_L = U_C$) 电路呈阻性, 此时电路的这种状态称为串联谐振, 谐振频率为 $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$, 电路总阻抗最小

四、单相并联交流电路的相位关系及数量关系 (见表 1-10)

表 1-10 单相并联交流电路的相位关系及数量关系

	RL 并联	RC 并联	RLC 并联	RL 串后与 C 并联
电路图				