

ZHU CE DIAN QI GONG CHENG SHI

精 讲

www.waqqian.com

分册

2004年注册电气工程师执业资格考试（专业基础）

2004 年全国注册电气工程师执业资格考试专业基础

精 讲 分 册

薛继汉 赵景新 李天祥
潘俞伯 邱菊英 韩淑清

编

仅供内部交流

www.waqian.com

目 录

电 路	1
第一章 电路的基本概念和定律	3
§1.1 电压与电流的参考方向	3
§1.2 基本定律	4
§1.3 电位、电压和功率	5
§1.4 问题讨论及计算	6
第二章 电阻电路分析	10
§2.1 电源的等效变换	10
§2.2 戴维南定理（等效发电机定理）	11
§2.3 叠加定理	12
§2.4 回路电流法	12
§2.5 节点电压法	13
§2.6 问题讨论及计算	14
第三章 电路的动态分析	22
§3.1 电感、电容与动态电路	22
§3.2 电感电流与磁场能量	23
§3.3 电容电压与电场能量	24
§3.4 换路规则	24
§3.5 用经典法求解 RC 电路的过渡过程	25
§3.6 一阶电路的三要素法	27
§3.7 RLC 二阶电路简介	28
§3.8 问题讨论及计算	31
第四章 正弦稳态分析	41
§4.1 表示正弦量特征的三要素	41
§4.2 正弦量之间的相位差	42
§4.3 正弦量的有效值	42

§4.4 正弦量的相量表示	43
§4.5 电阻元件的正弦电流、电压与功率	44
§4.6 电感元件上的正弦电流、电压与功率	45
§4.7 电容元件上的正弦电流、电压与功率	46
§4.8 正弦交流电路的复阻抗和复导纳	48
§4.9 正弦交流电路的功率计算	48
§4.10 频率特性简介	50
§4.11 问题讨论及计算	51
第五章 具有互感的电路	64
§5.1 互感电压的产生和方向	64
§5.2 用同名端确定互感电压的方向	65
§5.3 用实验方法测定绕向未知的两耦合线圈的同名端	66
§5.4 问题讨论及计算	66
第六章 三相电路	73
§6.1 三相电路的组成	73
§6.2 星形联接电压和电流的相值与线值之间的关系	74
§6.3 三角形联接电压和电流的相值与线值之间的关系	75
§6.4 对称三相电路简化为一相电路的计算方法	76
§6.5 问题讨论及计算	77
第七章 非正弦周期电流电路	84
§7.1 周期电源的傅里叶级数分解	84
§7.2 非正弦周期电路的谐波分析法	84
§7.3 非正弦周期电流电路中的有效值和平均功率	85
§7.4 对称三相电路中的高次谐波	86
§7.5 问题讨论及计算	88
电 磁 场	91
第一章 静电场	93

§1.1 电场强度、电位的概念	93
§1.2 高斯定理	97
§1.3 静电场的基本方程及分界面上的边值条件.....	100
§1.4 电轴法	102
§1.5 镜象法	105
§1.6 电容和部分电容	107
§1.7 静电场的能量、电场力的计算.....	112
第二章 恒定电场	115
§2.1 电流密度的概念	115
§2.2 欧姆定律、焦耳定律的微分形式.....	116
§2.3 恒定电场的基本方程	118
§2.4 边界条件	119
§2.5 恒定电场与静电场的比拟	120
§2.6 电导和接地电阻	120
第三章 恒定磁场	125
§3.1 运动电荷在恒定磁场中所受的力.....	125
§3.2 磁感应强度	126
§3.3 磁通连续性及安培环路定律.....	127
§3.4 恒定磁场的基本方程及分界面上的边界条件.....	130
§3.5 电感	132
§3.6 磁场能量与磁场力	135
第四章 均匀传输线	139
§4.1 分布参数和均匀传输线	139
§4.2 均匀传输线的微分方程	139
§4.3 均匀传输线方程的正弦稳态解.....	142
§4.4 均匀传输线的行波	147
电 机 学	155

第一章 变压器	157
§1.1 三相变压器结构及特点	157
§1.2 变压器的额定值	158
§1.3 变压器的变比	158
§1.4 变压器的工作原理	159
§1.5 变压器空载运行时的电势平衡方程	160
§1.6 变压器负载运行时的电势方程	161
§1.7 变压器参数的测定	162
§1.8 变压器的电压调整率 $\Delta u\%$	164
§1.9 变压器空载合闸的过渡过程	164
§1.10 变压器效率特性	166
§1.11 三相变压器绕组接线方式	168
§1.12 三相变压器联接组别及判断	168
§1.13 三相变压器电流和电势的高次谐波	170
§1.14 变压器的绝缘系统、冷却方式及允许温升	172
§1.15 问题讨论及计算	173
第二章 感应电动机	181
§2.1 感应电动机的种类及主要结构	181
§2.2 感应电动机的转差率、额定功率	182
§2.3 感应电动机的等值电路	183
§2.4 感应电动机的转矩	186
§2.5 感应电机三种运行状态的判断方法	189
§2.6 感应电动机的工作特性	190
§2.7 感应电动机的起动特性	192
§2.8 感应电动机常用的起动方法	193
§2.9 感应电动机常用的调速方法	196
§2.10 电机的发热、绝缘、容许温升及冷却方式	197
§2.11 感应电动机运行及维护的工作要点	199

§2.12 问题讨论及计算	201
第三章 同步电机	206
§3.1 同步电机额定值的含义	206
§3.2 同步电机电枢反应的基本概念.....	207
§3.3 电枢反应电抗及同步电抗的意义.....	209
§3.4 同步发电机并入电网的条件及方法.....	210
§3.5 同步发电机有功功率及无功功率的调节方法.....	211
§3.6 同步电动机的运行特性	215
§3.7 同步发电机的励磁系统	217
§3.8 同步发电机的运行和维护	219
§3.9 问题讨论及计算	220
第四章 直流电机	223
§4.1 直流电机的分类及励磁方式.....	223
§4.2 直流发电机工作原理	224
§4.3 直流电动机工作原理	226
§4.4 并励直流发电机自励建压的条件.....	228
§4.5 直流电动机的机械特性	229
§4.6 直流电动机的稳定运行条件.....	232
§4.7 直流电动机的起动	234
§4.8 直流电动机的调速	235
§4.9 直流电动机的制动	236
§4.10 问题讨论及计算	238
电 力 工 程 基 础	243
第一章 电力系统基本知识	245
§1.1 电力系统的运行的特点	245
§1.2 对电力系统的基本要求	245
§1.3 电能质量的指标	246

§1.4 电力系统的接线方式	247
§1.5 电力系统的额定电压	250
§1.6 电力系统中性点的运行方式	250
第二章 电力线路、变压器的参数与等值电路	252
§2.1 输电线路的参数和等值电路	252
§2.2 双绕组变压器的参数与等值电路	254
§2.3 三绕组变压器的参数与等值电路	257
§2.4 多电压级电力系统	259
第三章 简单电网的潮流计算	262
§3.1 电力网的电压降、电压损耗和功率损耗	262
§3.2 输电线路空载与负载运行特性	265
§3.3 有功功率、无功功率的流向与功角、电压幅值的关系	265
§3.4 辐射形电力网的潮流计算	266
第四章 无功功率平衡和电压调整	271
§4.1 无功功率电源	271
§4.2 无功功率负荷	273
§4.3 无功功率与电压水平的关系	274
§4.4 无功功率平衡	276
§4.5 电力系统的电压调整	276
§4.6 利用发电机进行调压	277
§4.7 改变变压器变比调压	278
§4.8 并联无功补偿设备调压	280
§4.9 线路串联电容补偿装置调压	285
第五章 短路电流计算	287
§5.1 短路	287
§5.2 短路冲击电流和最大有效值电流	288
§5.3 实用短路电流计算的近似条件	289
§5.4 电力系统三相短路的实用计算方法	290

§5.5 对称分量法	298
§5.6 电力系统各组件的序阻抗	300
§5.7 电力系统不对称短路故障处电压、电流的分析及计算	304
§5.8 计算不对称短路故障处电压、电流的步骤	309
§5.9 不对称短路非故障处电压、电流的计算	313
第六章 过电压及绝缘配合	316
§6.1 电力系统过电压的种类	316
§6.2 雷电冲击波的特性	316
§6.3 避雷针、避雷线的保护范围	317
§6.4 避雷器	320
§6.5 电力系统接地	323
第七章 电气主接线	328
§7.1 对电气主接线的基本要求	328
§7.2 电气主接线的基本形式	328
§7.3 限制短路电流的措施	335
第八章 电气设备选择	340
§8.1 按正常工作条件选择电气设备	340
§8.2 按短路情况校验	341
§8.3 母线的选择	344
第九章 互感器	347
§9.1 电流互感器	347
§9.2 电压互感器	353
第十章 断路器	360
§10.1 断路器的作用、功能和分类	360
§10.2 断路器的性能及操作机构	361
§10.3 断路器的主要参数	364
§10.4 断路器的常用熄弧方法	365
模 拟 电 子 技 术	367

第一章 半导体二极管和三极管	369
§1.1 半导体的基本知识	369
§1.2 PN 结及半导体二极管、稳压管	370
§1.3 半导体三极管	373
第二章 基本放大电路	376
§2.1 共射基本放大电路的组成及放大作用	376
§2.2 图解分析法	377
§2.3 微变等效电路分析法	380
§2.4 放大器的工作点稳定问题	384
§2.5 三种基本放大电路比较	385
§2.6 多级放大电路	386
§2.7 负反馈放大电路	388
§2.8 负反馈放大电路的自激与消除	391
§2.9 放大电路的频率特性	393
第三章 线性集成运算放大器和运算电路	397
§3.1 差动式放大电路	397
§3.2 集成运算放大器中的电流源	400
§3.3 集成运算放大器	401
§3.4 集成运放在信号运算方面的应用	402
§3.5 模拟乘法器	406
第四章 信号处理电路（运放在信号处理方面应用）	409
§4.1 有源滤波器	409
§4.2 电压比较器	411
第五章 功率放大电路	415
§5.1 功率放大电路的特点	415
§5.2 互补对称功率放大电路	417
§5.3 自举电路	418
§5.4 集成功率放大电路	420

§5.5 功率管的选择	420
第六章 信号发生电路	423
§6.1 正弦波振荡器的振荡条件	423
§6.2 RC 正弦波振荡器	424
§6.3 LC 正弦波振荡器	425
§6.4 非正弦信号发生器	428
§6.5 压控振荡器	430
第七章 直流稳压电源	432
§7.1 桥式整流电路	432
§7.2 滤波电路	434
§7.3 串联反馈式稳压电路	435
§7.4 三端集成稳压电路	438
数 字 电 子 技 术	441
第一章 数字逻辑基础	443
§1.1 数制与码制	443
§1.2 逻辑函数	448
§1.3 逻辑代数	450
§1.4 逻辑函数的代数化简法	452
§1.5 逻辑函数的卡诺图化简法	454
§1.6 小结	459
第二章 逻辑门电路	460
§2.1 二极管的开关特性	460
§2.2 三极管的开关特性	461
§2.3 TTL 逻辑门	463
§2.4 MOS 逻辑门	467
第三章 集成组合逻辑电路	471
§3.1 组合逻辑电路概述	471

§3.2 编码器	473
§3.3 译码器	473
§3.4 数据选择器	477
§3.5 数值比较器	480
§3.6 加法器	482
§3.7 半导体存储器	484
§3.8 可编程逻辑器件 PLD	486
第四章 触发器	489
§4.1 触发器概述	489
§4.2 RS 触发器	490
§4.3 JK 触发器	491
§4.4 D 触发器	492
§4.5 T 触发器	493
§4.6 异步输入端的作用	494
§4.7 触发器逻辑功能转换	495
第五章 时序逻辑电路	497
§5.1 时序逻辑电路概述	497
§5.2 时序逻辑电路的分析方法	498
§5.3 计数器概述	499
§5.4 二进制计数器	500
§5.5 寄存器和移位寄存器	502
第六章 脉冲波形的产生与整形	504
§6.1 多谐振荡器	504
§6.2 单稳态触发器	504
§6.3 施密特触发器	505
第七章 数模和模数转换器	507
§7.1 D/A 转换器	507
§7.2 A/D 转换器	508

电 路

第一章 电路的基本概念和定律

<学习要求>

- 1、掌握电流、电压参考方向的概念，功率发出和吸收的概念；
- 2、熟悉基尔霍夫定律和欧姆定律的应用；
- 3、了解独立电源和受控电源等电路元件的数学模型，及在电路中的作用。

§ 1.1 电压与电流的参考方向

电流的实际方向是正电荷流动的方向，电压的实际方向是从高电位指向低电位。引入参考方向是因为在较复杂的电路中，电流的实际方向有时很难判定，或者电流的实际方向随时间不断改变（如交流电），这时，电路中的电流、电压实际方向将难以标出，因此才引出“参考方向”。例如在图 1-1a) 中，任意选定某一个方向（画上实箭头）作为电流的方向，则这个方向就叫做电流的参考方向。当电流的参考方向与它的实际方向（虚箭头）一致时，电流为正值（ $i > 0$ ）；反之，如图 1-1b) 所示，电流为负值（ $i < 0$ ）。这样，在指定的电流参考方向下， i 数值的正负就可以反映出电流的实际方向。电流的参考方向也可用双下标表示，如 i_{AB} ，其参考方向是由 A 指向 B。

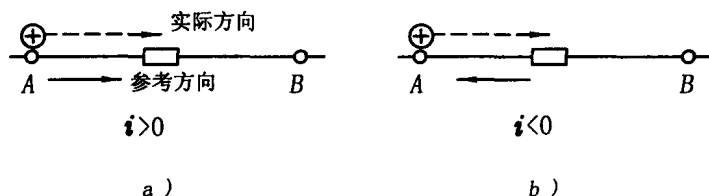


图 1-1 电流的参考方向

同理，电压的参考方向也可以这样指定（电压的参考方向是标注在电路中的“+”极指向“-”极的方向），当电压的参考方向与它的实际方向一致时，电压为正值（ $v > 0$ ），反之，电压为负值（ $v < 0$ ）。有时为了图示方便起见，也可以用一个箭头来表示电压的参考方向，还可以用双下标来表示，如 v_{AB} 表示电压的参考方向由 A 指向 B。

§ 1.2 基本定律

欧姆定律：电阻中的电流与电阻两端的电压成正比，在关联参考方向下其表达式为：

$$v = Ri$$

v, i 参考方向相反时，其表达式为：

$$v = -Ri$$

基尔霍夫电流定律 (KCL)：电路中任何时刻、任一节点上所有支路电流的代数和恒等于零。其表达式为：

$$\sum_{K=1}^m i_K = 0$$

式中： m 是汇聚在某节点的支路数，在流出节点的电流前面取“+”，流入节点的电流前面取“-”。这些电流方向均采用电流参考方向。

基尔霍夫电压定律 (KVL)：电路中任何时刻，沿任一回路内所有支路或元件电压的代数和恒等于零。其表达式为：

$$\sum_{K=1}^{n_e} v_K = 0$$

式中： n_e 是某一回路中所含支路数（或元件数），在任意指定一个回路方向后，凡支路电压参考方向与回路方向一致时，则在该电压前面取“+”，不一致的取“-”。

焦耳·楞次定律：电流通过电阻元件所产生的热量与电流的平方、电阻值及通电的时间成正比。在直流情况下其表达式为：

$$Q = I^2 R t$$

电阻在电流通过时所吸收的电能全部转换成热能，这一物理现象称为电流的热效应。电流的热效应有时会烧毁电器设备。

§ 1.3 电位、电压和功率

电路中电场力将单位正电荷从电路中某一点移到参考点所作的功，称为该点的电位。电路中任意两点间的电位差称为这两点间的电压，其方向是从高电位到低电位。据此，电路中任意两点（A 和 B）间的电压就等于电场力将单位正电荷从 A 点移到 B 点所作的功。当电路中有电流 i 通过 A、B 两点间的某元件时，则表明每秒中有 i 库仑正电荷在电场力作用下从 A 点移到 B 点，因此每秒所做的功（它就是该元件所吸收的功率）应等于 i 库仑电荷乘以 A、B 两点间的电压 v 。这样，我们就得到了元件吸收功率的表达式为：

$$p = vi$$

必须指出，在上面表达式中，是在 v 、 i 参考方向一致时才把乘积 p 定义为该元件吸收的功率，但由于电路中的 v 和 i 都是任意指定的参考方向，它们的数值可正可负，因此它们的乘积 p 也可正可负，当 $p > 0$ 时，表明元件确实在吸收功率；而当 $p < 0$ 时，表明元件吸收了负功率，实际上是在发出功率，说明该元件可能不是负载而是个电源。

假如电路元件上 v 、 i 的参考方向相反，则将 $p = v \cdot i$ 中的 p 定义为元件发出的功率，实际情况如何，则要看 p 的数值的正负来定。当 $p > 0$ 时表明元件确实发出功率，而 $p < 0$ 时，表明元件实际上吸收了功率。

功率发出、吸收的定义和判断方法可用图 1-2 来表示。图 a) 中 p 的箭头表示：定义 p 是元件吸收功率，图 b) 中 p 的箭头表示：定义 p 是元件发出功率。

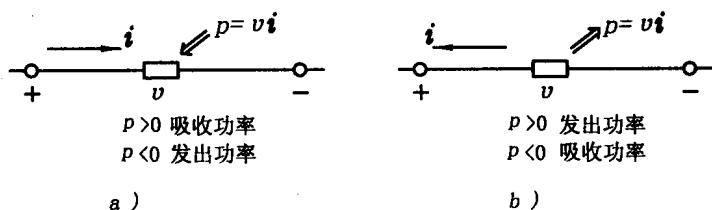


图 1-2 功率的发出和吸收