

高等工程专科学校试用教材

电工与电子技术

吴项 主编

高等教育出版社

高等工程专科学校试用教材

电工与电子技术

吴 项 主编

高等教育出版社

内 容 提 要

本书是为高等工程专科学校或高等学校专科非电类专业“电工与电子技术”(“电工学”)课程编写的试用教材,内容基本符合1989年11月国家教育委员会组织制定的三年制高等工程专科非电类专业“电工技术”课程(55~65学时)和“电子技术”课程(55~65学时)的教学基本要求(讨论稿)。全书分上、下两篇,可分别供上述两门课程或“电工与电子技术”(“电工学”)课程(110~130学时)用作基本教材。本书亦可供职工大学、广播电视大学及自学者作为教学参考书。

全书共分十章,其中第一~三章讨论无源电路的一般原理和分析方法,包括直流和正弦交流电路及其分析方法和直流电路中的瞬变过程;第四~六章为电机部分,包括变压器、异步交流和直流电动机、异步电动机的继电器接触器控制电路;第七~九章为模拟电子技术部分,包括半导体器件、晶体管放大电路和集成运算放大器;第十章讨论数字电子技术(包括A/D、D/A转换),以集成数字电路分析为主。

责任编辑:金春英

(京) 112号

高等工程专科学校试用教材

电工与电子技术

吴 项 主编

*

高等教育出版社出版

新华书店北京发行所发行

北京顺新印刷厂印装

*

开本787×1092 1/16 印张 31.25 字数 716 000

1990年1月第1版 1994年4月第4次印刷

印数 12 980 - 21 187

ISBN 7-04-003022-5/TM·153

定价 11.55元

前 言

本书是供高等工程专科学校或高等学校专科非电类专业“电工与电子技术”(“电工学”)课程编写的试用教材。目前我国高等工程专科的专业一般按工程对象的范围设置,强调针对性和实用性,侧重针对广大中小型企业 and 大型企业提高工艺水平的需要,在一定的理论基础上侧重工程实践和专业训练。

“电工与电子技术”(“电工学”)是为非电类专业设置的一门技术基础课,主要讨论现代电工、电子技术的基本原理、分析方法和实际应用。本书内容符合1989年11月国家教育委员会组织制定的三年制高等工程专科非电类专业“电工技术”课程(55~65学时)和“电子技术”课程(55~65学时)的教学基本要求(讨论稿)。全书分上、下两篇,可分别供上述两门课程或“电工与电子技术”(“电工学”)课程(110~130学时)用作基本教材。

根据教学基本要求,本书以电路的定性分析及其应用为主,避免复杂的定量分析,以免掩盖和转移学生对电路物理实质和实际应用的理解。例如,叠加原理作为表征线性电路本质的一条基本原理,我们强调它所反映的分析电路的思想方法,而不强调其解复杂电路的功能(虽然它可以简化某些复杂电路的计算);电路的暂态过程,重点在于掌握换路后的电压、电流规律和时间常数的意义,而不在于解微分方程的技巧;等等。对于器件(半导体二极管、三极管、集成电路元件以及电动机等),则以分析其外部特性及使用方法为主。当然,某些物理概念必需通过一定的定量计算才能加深理解,这就要求在例题和习题的选择上注意掌握适当的分寸。

本书充分考虑了便于学生自学这一特点,力求说理清楚,用简明易懂的文字详尽叙述各部分内容,因而也有利于教师的课堂讲授。有些原理和公式的推导,课堂教学中可略去不讲,若有需要,可在教师指导下指定学生自学。每节之后的“思考与讨论”,既可作为课堂讨论题,也可作为学生的复习思考题或课外作业题,这些问题有助于学生加深对有关内容的理解。书中还编入了较多的应用实例和例题。由于本书便于自学,故也可作为职工(业余)大学和电大的教学参考书。有兴趣的自学读者也可以用作自学读物。

为使本书能适合各类型专业的教学需要,本书基本内容具有一定的宽度。注有“*”号的内容,则是在教学基本要求的基础上加深(或加宽)的内容,可根据专业需要和学时数多少选择使用。

本书上、下两篇共分十章,其中第一~三章讨论无源电路的一般原理和分析方法,对于各类型专业,这部分内容都是比较重要的基础理论。第四~六章是电机(包括变压器)部分,可针对专业需要选讲其中一部分或大部分(例如某些专业可只选讲异步电动机及其直接起动和正、反转控制,若对异步电动机只有一般要求,定子和转子电路也可略去不讲。第七~十章是模拟和数字电路,其中对集成电路的分析和应用有相当的加强。有些内容若已在物理课中学过,或者自学不感困难的,可在教师指导下由学生自学(如电路基本物理量,欧姆定律,电阻的串、并

联,异步机的铭牌数据,安全用电,电子电路中的一些应用实例等);有些内容则可在实验课中结合实物或实验内容介绍(如电测仪表原理,控制电器,异步机控制电路等)。

下面是对课程学时分配的建议。按总学时为120(“电工技术”、“电子技术”各60)、其中实验时数为36(30%)考虑,不包括加宽及注有“*”号的内容:

绪论	1 学时
第一章 直流电路和电路的分析方法	7 学时
第二章 电路中的瞬变过程	5 学时
第三章 正弦交流电路	15 学时
第四章 变压器	4 学时
第五、六章 异步电动机及其控制	10 学时
第七章 二极管和整流电路	6 学时
第八章 晶体管放大电路	14 学时
第九章 集成运算放大器	6 学时
第十章 数字电子电路	16 学时

由于各校、各专业实际需要和课程时数不尽相同,以上看法和学时分配建议,仅供使用本书的教师参考,可根据实际情况予以调整。

参加本书编写的有:中国计量学院吴项(第一、二、八章),华北电力学院赵焕庆(第三、十章),哈尔滨工业大学丁继盛(第四~七、九章),由吴项担任主编。

南京机械专科学校沈裕钟副教授审阅了全部初稿,提出了十分详尽的修改意见和建议,对于保证本书质量起了重要作用。哈尔滨工业大学秦曾煌教授对本书的编写提纲提出了许多宝贵意见,整个编写过程都得到了他的关心和帮助。编者谨对他们表示衷心的感谢。

编者虽在高校从教多年,但编写高等专科教材尚属首次尝试。限于水平,书中疏漏不当之处,在所难免。恳切希望使用本书的教师和同学及其他读者给予批评指正。

编 者

1989年11月

本书常用符号

1. 常用物理量、参数及器件符号

A	放大倍数	S	视在功率
A_v	放大器的开环电压放大倍数	s	转差率
A_{vf}	放大器带负反馈时的闭环电压放大倍数	T	周期, 转矩; 晶体管, 场效应管
B	磁感应强度(磁通密度)	Tr	变压器
C	电容	t	时间
D	二极管	U	恒定电压, 交变电压有效值
D_s	稳压管	u	交变电压瞬时值
E	直流电动势, 交变电动势的有效值	V	电位, 电平
e	交变电动势的瞬时值	W	能量
F	磁动势, 反馈系数	X	电抗
f	频率	X_L	电感电抗(感抗)
G	电导	X_C	电容电抗(容抗)
g_m	场效应管的跨导	Z	阻抗(复阻抗)
H	磁场强度	$ Z $	阻抗模(阻抗)
I	恒定电流, 交变电流有效值	α	晶体管共基极接法电流放大系数
i	交变电流瞬时值	β	晶体管共发射极接法电流放大系数
L	电感、自感系数	η	效率
N	绕组匝数	μ	磁导率
n	电动机转速	τ	时间常数
P	功率, 有功功率(平均功率)	Φ	磁通(量)
p	瞬时功率, 磁极对数	φ	相位差
Q	电荷, 无功功率 品质因数	ψ	初相位角, 磁链
R	电阻, 直流电阻	ω	角频率
r	动态电阻		

2. 物理量的下角标

下角标	举 例
BK	击穿 $U_{DS(BR)}$ 场效应管漏源极击穿电压
c	共模 A_c 共模放大倍数
d	差模 A_d 差模放大倍数
F, f	正向 U_F 二极管正向电压
H, h	高的 V_{OH} 输出高电平
I, i	输入 r_i 输入电阻
L, l	低的 f_L 下限频率
L	负载 R_L 负载电阻

l 线的
M, m 最大的
N 中线
额定
O, o 输出
p 相的
R, r 反向
s 信号的
源的
sat 饱和
sc 短路

$\dot{U}_l$ 线电压相量
 U_m 交流电压幅值
 I_N 中线电流
 U_N 额定电压
 u_o 输出电压
 $\dot{I}_p$ 相电流相量
 U_{DPM} 二极管最大反向电压
 R_s 信号源内阻
 I_s 电流源的电激流
 $I_{OB(sat)}$ 集基极反向饱和电流
 I_{so} 短路电流

3. 放大电路中的电压、电流符号

名 称	静态值	交流分量		总电压或总电流	
		瞬时值	有效值	瞬时值	平均值
基极电流	I_B	i_b	I_b	i_B	$I_{B\Delta V}$
集电极电流	I_C	i_c	I_c	i_C	$I_{C\Delta V}$
发射极电流	I_E	i_e	I_e	i_E	$I_{E\Delta V}$
集-射极电压	U_{CE}	u_{ce}	U_{ce}	u_{CE}	
基-射极电压	U_{BE}	u_{be}	U_{be}	u_{BE}	

说明: 1. 电压、电流基本符号(U, u, I, i), 大写字母表示静态值、交流分量有效值或总的平均值; 小写字母表示瞬时值。

2. 下角标大写字母表示静态值(直流分量)或总值, 小写字母表示交流分量。

3. 电源电压采用双下标, 如 U_{CC} 为集电极电源电压, U_{EE} 为发射极电源电压。

目 录

绪论	1
----	---

上篇 电 工 技 术

第一章 直流电路和电路的基本分析

方法	4
§ 1-1 电路的作用及其组成	4
§ 1-2 电路的基本物理量	6
一、电流	6
二、电压和电动势	7
§ 1-3 电路的基本定律	9
一、欧姆定律和电阻元件	9
二、基尔霍夫定律	11
三、电路中的电位计算	14
§ 1-4 电路的基本联接方式	16
一、串联电阻的分压作用	16
二、并联电阻的分流作用	18
§ 1-5 电路的基本工作状态	22
一、有载状态	22
二、开路状态	23
三、短路状态	23
§ 1-6 电压源和电流源及其等效变换	25
一、电压源	26
二、电流源	27
三、电压源与电流源的等效变换	28
§ 1-7 支路电流法	31
§ 1-8 叠加原理	35
§ 1-9 戴维南定理	38
§ 1-10 直流电测仪表	43
一、磁电系测量机构的工作原理	43
二、直流电流、电压的测量	45
三、万用电表原理及其使用方法	46
四、有关电测仪表的一般常识	50
小结	52
习题	54
第二章 电路中的瞬变过程	61
§ 2-1 电容元件	61
§ 2-2 电感元件	63
§ 2-3 换路定则及电压电流的初始值	65

§ 2-4 RC 电路的充电过程	68
§ 2-5 求解一阶电路瞬变过程的三要素法	72
§ 2-6 RC 电路的放电过程	76
§ 2-7 微分电路和积分电路	78
一、微分电路	78
二、积分电路	79
§ 2-8 RL 电路中的瞬变过程	81
一、 RL 串联电路与直流电压接通	81
二、 RL 串联电路的断开与短接	84
小结	87
习题	88
第三章 正弦交流电路	92
§ 3-1 正弦交流量的基本特征	92
一、周期、频率和角频率	93
二、瞬时值、幅值和有效值	93
三、相位、初相位和相位差	95
§ 3-2 正弦交流电的相量表示法	97
一、复数及其运算	98
二、用相量表示正弦量	100
三、旋转因子	103
§ 3-3 纯电阻元件的交流电路	104
§ 3-4 纯电感元件的交流电路	106
§ 3-5 纯电容元件的交流电路	110
§ 3-6 电阻、电感、电容串联交流电路	113
§ 3-7 并联交流电路	118
§ 3-8 交流电路的功率	120
§ 3-9 电路功率因数的提高	123
§ 3-10 电路中的谐振	125
一、串联谐振	125
二、并联谐振	128
§ 3-11 周期性非正弦电路	130
一、周期性非正弦量的分解	131
二、周期性非正弦量的有效值	133
三、周期性非正弦电流电路的计算	134
§ 3-12 交流电流、电压的测量	136

§ 3-13 三相交流电路	137	和转子转速	192
一、三相电源	138	一、定子的旋转磁场	192
二、三相负载的联接方法	140	二、转子的转速	196
§ 3-14 三相电路的功率及其测量	146	§ 5-3 三相异步电动机的电磁转矩和机械特性	197
一、三相电路的功率	146	一、三相异步电动机的电磁转矩	197
二、电动系功率表	147	二、三相异步电动机的机械特性	200
三、三相功率的测量	150	三、电源电压对三相异步电动机机械特性的影响	203
§ 3-15 安全用电	152	§ 5-4 鼠笼式电动机的起动方法	203
一、触电及其对人体的危害	152	一、直接起动	204
二、保护接地和保护接零	153	二、降压起动	204
三、安全用电常识	154	*§ 5-5 鼠笼式电动机的调速	208
四、触电急救常识	155	*§ 5-6 三相异步电动机的制动	209
小结	155	*§ 5-7 三相绕线式异步电动机	210
习题	158	§ 5-3 三相异步电动机的铭牌数据和常用系列	213
第四章 变压器	162	一、型号和系列	213
§ 4-1 磁路的基本概念	162	二、电压和接法	214
一、磁场的基本物理量	162	三、电流	214
二、铁磁性材料的磁性能	164	四、功率	214
三、磁路及磁路的欧姆定律	165	五、效率	214
§ 4-2 铁心线圈电路	167	六、功率因数	215
一、直流铁心线圈电路	167	七、转速	215
二、交流铁心线圈电路	167	八、温升	215
三、交流与直流铁心线圈电路的比较	169	九、工作方式	215
§ 4-3 变压器的基本结构	169	*§ 5-9 单相异步电动机	216
§ 4-4 变压器的基本工作原理	170	一、单相异步电动机的磁场和转矩	216
一、变压器的空载状态	170	二、单相异步电动机的起动方法	218
二、变压器的有载状态	172	三、三相异步电动机的单相运行	220
§ 4-5 变压器的工作特性	175	§ 5-10 直流电动机的基本作用原理	220
一、变压器的功率和损耗	175	一、直流电动机的基本构造	220
二、变压器的外特性和电压变化率	178	二、直流电动机的作用原理	221
*§ 4-6 变压器绕组的极性和正确联接	179	三、直流电动机的电磁转矩和电动势	222
*§ 4-7 三相变压器	181	*§ 5-11 并励电动机的机械特性	223
§ 4-8 特殊变压器	183	一、直流电动机的分类	223
一、自耦变压器	183	二、并励电动机的机械特性	224
二、电压互感器	184	§ 5-12 并励电动机的起动和调速	226
三、电流互感器	185	一、并励电动机的起动	226
小结	187	二、并励电动机的调速	227
习题	188	*§ 5-13 电动机的选择	229
第五章 交流和直流电动机	190	一、根据生产机械的要求选择电动机	229
§ 5-1 三相异步电动机的转动原理和基本结构	190	二、结合现场条件选择电动机	230
一、异步电动机的转动原理	190	三、考虑经济效益选择电动机	230
二、异步电动机的基本结构	191	小结	231
§ 5-2 三相异步电动机的定子旋转磁场			

下篇 电子技术

习题	232
第六章 三相异步电动机的继电器接触器控制电路	235
§ 6-1 常用控制电器	235
§ 6-2 鼠笼式三相异步电动机直接起动的控制电路	240
§ 6-3 鼠笼式三相异步电动机的正反转控制电路	242
§ 6-4 三相异步电动机的行程控制	244
§ 6-5 三相异步电动机的顺序联锁控制	245
§ 6-6 三相异步电动机的时间控制	246
小结	248
习题	249
第七章 二极管和整流电路	253
§ 7-1 半导体物理的基本知识	254
一、半导体及其特点	254
二、本征半导体	254
三、N 型半导体和 P 型半导体	256
§ 7-2 PN 结及其单向导电性	258
一、PN 结的形成	258
二、PN 结的单向导电性	259
三、PN 结电容	260
§ 7-3 半导体二极管	261
一、半导体二极管的基本结构	261
二、半导体二极管的伏安特性	262
三、半导体二极管的主要参数	263
四、半导体二极管的应用	263
§ 7-4 二极管整流电路	265
一、单相半波整流电路	265
二、单相桥式整流电路	268
§ 7-5 滤波电路	270
一、电容滤波电路	271
二、电容-电感滤波电路	273
三、 π 形滤波电路	274
§ 7-6 稳压管及其稳压电路	274
一、稳压管	274
二、稳压管稳压电路	276
小结	278
习题	279
第八章 晶体管放大电路	283
§ 8-1 晶体三极管	283

一、晶体管的基本结构	283
二、晶体管的电流放大原理	284
三、晶体管的特性曲线	287
四、晶体管的主要参数	289
五、晶体管应用举例	291
§ 8-2 放大器的基本概念	292
一、放大器的放大倍数	292
二、基本放大电路	293
§ 8-3 放大电路的静态和动态分析	295
一、静态工作点的估算和直流通路	295
二、小信号输入时放大电路的动态分析	297
三、放大电路中的实际电压和电流	302
§ 8-4 静态工作点的稳定和分压式偏置放大电路	304
一、输出信号中的非线性失真	304
二、温度对静态工作点的影响	305
三、分压式偏置放大电路	306
四、单管放大电路的频率特性	311
五、阻容耦合放大电路	313
§ 8-5 放大电路中的负反馈	316
一、负反馈的基本概念	316
二、负反馈放大电路的电压放大倍数	319
三、负反馈对放大电路性能的改善	320
§ 8-6 差动放大电路	324
一、直接耦合放大电路的主要问题	325
二、差动放大电路对零点漂移的抑制	326
三、差动放大电路的电压放大倍数	328
*§ 8-7 场效应管及其放大电路	335
一、绝缘栅场效应管	335
二、场效应管放大电路	338
§ 8-8 射极输出器	341
一、静态分析	341
二、动态分析	342
§ 8-9 功率放大电路	345
*一、变压器耦合功率放大电路	345
二、互补对称电路	349
小结	353
习题	355
第九章 集成运算放大器	363
§ 9-1 集成运算放大器的组成和主要参数	363
一、关于集成电路的一般知识	363
二、集成运算放大器的基本组成	365

三、集成运算放大器的主要参数	366	一、逻辑函数的最小项表达式	417
§ 9-2 集成运算放大电路中的负反馈方式	368	二、逻辑函数的卡诺图表示法	413
§ 9-3 运算放大器的输入方式	370	三、用卡诺图化简逻辑函数	430
一、反相输入	371	§ 10-7 触发器	422
二、同相输入	372	一、RS 触发器	422
三、双端输入	373	二、主从型 JK 触发器	437
§ 9-4 运算放大器的线性运用	374	三、维持-阻塞型 D 触发器	431
一、反相加法运算电路	374	§ 10-8 寄存器	433
二、同相加法运算电路	375	一、数码寄存器	434
三、微分运算电路	376	二、移位寄存器	434
四、积分运算电路	377	§ 10-9 计数器	435
五、电流、电压转换电路	378	一、异步二进制加法计数器	436
六、低通滤波电路	379	二、同步二进制加法计数器	437
*§ 9-5 运算放大器的非线性运用	380	三、十进制计数器	439
一、比较器	380	§ 10-10 译码器和数字显示电路	443
二、方波发生器	382	一、二进制译码器	443
*§ 9-6 运算放大器的保护电路	383	二、二十进制译码器	444
一、输入保护电路	383	§ 10-11 数-模与模-数转换器	448
二、输出保护电路	383	一、D/A 转换器	448
三、电源极性错误的保护电路	384	二、A/D 转换器	452
小结	384	§ 10-12 数字电路应用举例	457
习题	384	一、转速的数字化测量	457
第十章 数字电子电路	390	二、数字钟	458
§ 10-1 晶体管的开关作用	391	小结	460
§ 10-2 基本逻辑门电路	395	习题	62
一、关于逻辑门电路的基本概念	395	附录	469
二、二极管与门电路	396	一、中华人民共和国法定计量单位	469
三、二极管或门电路	397	二、常用导电材料的电阻率和电阻温度	
四、晶体管非门电路	399	系数	471
五、复合门电路	399	三、常用电工设备的图形符号	472
§ 10-3 集成与非门电路	401	四、常用电阻器、电容器的标称系列值	473
一、TTL 集成与非门电路	402	五、半导体器件型号命名方法	474
二、MOS 门电路	405	六、常用半导体二极管参数	475
§ 10-4 逻辑函数及其运算	408	七、常用半导体三极管参数	478
一、逻辑函数及其基本运算	408	八、半导体集成电路型号命名方法	482
二、逻辑代数的基本公式	409	九、集成运算放大器 F007(5G24) 参数表	483
§ 10-5 组合逻辑电路的分析与综合	411	十、部分国标集成电路的品种、型号和管	
一、组合逻辑电路的分析	411	脚引线图	484
二、组合逻辑电路的综合	414	习题参考答案	486
*§ 10-6 用卡诺图化简逻辑函数	417		

绪 论

一、电工与电子技术的研究对象

电工与电子技术的研究对象是电能的工程应用。电能以其转换方便、输送经济、控制灵活而在科学技术、工农业生产及日常生活中得到极为广泛的应用。电能可以很方便地转换为机械能(电动机)、热能(电炉)、光能(电灯)、声能(扬声器)、化学能等形式的能量,又能从原子能(原子能发电)、热能(火力发电)、水能(水力发电)、化学能(化学电池)、光能(光电池)等转换而来;还能利用传感器将各种非电物理量转换为电量,以供测量和控制之用。电能可用比较简单的设备、很低的损耗进行远距离输送和灵活的分配,还能以电磁波的形式进行无线传送。利用电能易于灵活控制的特点,可以实现生产过程及其它物理过程的自动控制、自动调节,以及管理的自动化等等。

从18世纪末到现在的二百年间,特别是在最近的四、五十年内,电工与电子技术的应用经历了一个飞速发展的过程。虽然我国在古代就已对电现象和磁现象有了认识,并且在11世纪就发明了指南针,但是,只是由于西欧资本主义生产发展的需要,到18世纪末、19世纪初,对于电磁现象本质的研究才迅速开展起来。在18世纪末以后的约一百年间,基本上确立了电磁现象的基本理论,为电工与电子技术的发展奠定了坚实的基础。电动机原理的确立(1834年),交流三相制的使用(1891年),无线电通信的实现(1895年),真空电子管的发明(1904~1906年),是早期电工、电子技术发展史上的几个里程碑。1946年,世界上第一台电子数字计算机诞生。1948年发明了晶体三极管,为现代电工与电子技术突飞猛进的发展揭开了划时代的一页。1958年,出现了集成电路的第一个样品,1964年第一台全集成电路的数字电子计算机问世,标志着电工电子技术发展的一个新阶段,实现了材料、元件、电路三者之间的统一。70年代出现了高集成度的大规模和超大规模集成电路,以至于可将一台完整的计算机制作在很小的一块半导体芯片上。电工电子技术的飞速发展和日益广泛的应用,对科学技术和工农业生产的发展,对人们的日常生活和社会面貌的改变,无不起着十分重要的作用。

我国正在进行大规模的社会主义现代化建设。“七五”计划明确指出要进一步使我国经济的成长建立在科技进步的基础上,要大力开展和普遍运用新技术改造传统产业;积极开发新技术、高技术领域,推广效益好、见效快的科技成果,积极帮助广大企业包括乡镇企业加速实现技术进步。可以预期,在不久的将来,一个以先进科学技术为基础的社会主义现代化中国必将屹立于世界的东方。

“电工与电子技术”课程是为高等专科学校非电类工程专业开设的一门技术基础课,它的研究对象是电能工程技术中的应用,即研究用电技术的一般规律和方法。本书是为这门课程编写的教材,内容包括“电工技术”和“电子技术”两大部分。“电工技术”中的电路部分(第一~三章)是电工、电子技术应用的理论基础,对于各类专业都是至关重要的,主要讨论电路元件

的基本性质,电路的基本定律,以及直流、交流电路的分析计算方法。电机部分(第四~第六章)讨论常用电机、电器的工作原理和基本性能,以及三相异步电动机的继电接触器控制电路,重点是外部特性和使用方法。这部分内容可根据各类专业的需要选学其中一部分或大部分。“电子技术”部分包括模拟电路(第七~第九章)和数字电路(第十章)两部分,模拟电路介绍半导体器件的原理,基本放大、整流电路及集成运算放大器的原理与应用;数字电路讨论逻辑元件(门电路、触发器)和逻辑部件(寄存器、计数器、译码显示器等)的特性、原理、分析方法以及应用等。

电工与电子技术的研究范围十分广泛,几乎涉及电学、磁学、电子学、电机学、电工测量等学科的所有内容。“电工与电子技术”课程不可能将所有这些学科的基本理论和实际应用都包括进来,它只能为非电类工程专业的学生提供一定的电工与电子技术理论知识和实际工作技能。为学习后续课程及将来从事专业工程技术工作提供必要的基础。

二、“电工与电子技术”的学习方法

1. 掌握基本理论,学会应用基本理论分析电工、电子电路的工作原理和特性,物理概念要清楚,掌握分析方法,了解基本电路的实际应用。努力提高自己的自学能力,养成独立思考的习惯。电工、电子电路的基本理论具有较强的系统性,要注意各部分内容之间的联系,读者可参考每一章之后的小结,结合自己的理解进行进一步的、或详或略的概括和总结,切忌死背公式和结论。每一节之后的“思考与讨论”题,可在独立思考的基础上互相讨论,以加深对有关内容的理解。

2. 对于器件(包括电动机等电工设备及晶体管、集成电路等电子器件),主要应掌握其外部特性(如电动机的机械特性,电子器件的伏安特性或输入、输出特性,以及它们的主要参数或技术指标等)及使用方法。在器件与电路的关系上,以电路工作原理的分析和实际应用为主,讨论器件的目的,在于将其应用于电路。

在电子电路的分析上,以定性分析为主,辅以必要的定量估算。电子电路的估算是一种工程计算,是以电路的工作原理为基础的一种近似定量计算,不是对电路随心所欲的简化,这是在学习电子电路时应该加以注意的。

3. 习题用于检验对基本理论和分析计算方法的掌握程度,可以锻炼和提高分析和解决实际问题的能力。熟悉和理解(不是死记硬背)有关内容是解答和演算习题的基础,在算题之前,应首先复习课程讲授内容(包括教师指定自学的内容),仔细阅读书中所举例题。在充分理解的基础上再独立解题,并仔细检查(验算)结果。书末所附答案供自我检查的参考,切忌以乱套公式、凑答案的方法做习题,也不要未经思考和检查就去对答案,这种做法对于培养和锻炼自己独立分析和解决问题的能力不会有任何好处。

解题时还应注意,一要正确选择和使用电路中电压、电流等物理量的参考方向。方程式中各物理量的正、负都与所选择的参考方向有关,不能弄错。二要正确使用电工单位制,弄清公式中每一物理量应使用的单位,以及不同单位之间的换算关系,否则不能得出正确的结果。三要正确处理运算结果,一般应取三位有效数字。因为一般工程问题用三位有效数字表示,已足以满足精度要求,而且一般电工仪表(数字式仪表除外)的指示值也只能读出三位有效数字。将

计算器上的运算结果全部抄下来,既无必要,也不符合工程实际。此外,数字计算结果一般也不宜用分数表示。

4. “电工电子技术”是一门实践性很强的课程”,实验是一个很重要的教学环节。高等工程专科各专业学生尤应特别重视培养、提高实践动手能力。实验既可以验证所学理论,加深理解,又可培养实际动手能力和严谨的科学作风。实验之前应认真预习,熟悉有关理论内容,对实验电路、实验方法以及实验预期结果等都应做到心中有数。实验过程中要尽量多动手,培养独立工作能力,学会正确联接电路,正确使用常用电工仪表、电子仪器及电工设备、电子器件等,能正确读取实验数据。实验后要认真编写实验报告,对实验数据进行整理和必要的处理,认真分析实验结果和实验中观察到的现象,以及对误差进行必要的定性或定量分析,得出正确的结论。

上篇 电工技术

第一章 直流电路和电路的基本分析方法

任何电路,无论是传输电能还是传递电信号,其功能总是通过电路中的电流、电压和功率关系体现出来。所谓电路分析,就是在电路的联接方式以及电源和参数已知的条件下,分析和计算电路各部分的电流、电压和功率,以及它们之间的关系。电路的基本理论是电工和电子应用技术的基础,而电路分析则是电路基本理论的重要组成部分。

本章结合直流电路,主要讨论四个方面的内容。第一,与电路有关的一些基本概念(电路及其组成,电路的工作状态,电路的基本物理量等);第二,电路的基本定律及应用基本定律求解电路的方法(欧姆定律,基尔霍夫定律,支路电流法);第三,电路的等效变换方法(电阻的串、并联,电源的等效电路及其变换);第四,分析和求解线性电路的基本定理(叠加原理,戴维南定理)。

直流电路的某些内容在物理学中已经学过,这里是在物理学的基础上,结合电工、电子技术应用的需要进一步深化和系统化。本章所讨论的原理和方法,虽然是结合直流电路提出的,但只要加以适当的扩展,也适用于后面将要讨论的正弦交流电路以及其它电路。所以这一章是学习本课程的重要基础。

§ 1-1 电路的作用及其组成

电路是电流的通路,它是由电工设备和器件按一定方式联接而成的。电路的种类很多,功能各异。例如,手电筒是一个最简单的电路,而电力系统或电视机则是相当复杂的电路。它们的组成均可用图 1-1 所示的电路图表示,其中电源或信号源提供电能或电信号,负载消耗电能或接收信号,二者用导线及开关、熔断器等部件或信号处理装置联接起来。

因使用目的和需要不同,电路的作用也各不相同,概括起来,大致可分为以下两类。

1. 电能的传输和转换

这方面的典型例子是电力系统(图 1-2),其中发电机是电源,是供给电能的设备,它可以把热能、水能、原子能等非电形式的能量转换为电能。电灯、电动机、电热设备等是负载,是取用电能的设备,它们把电能转换为光能、机械能、热能等其它形式的能量,以满足人们生活、生产上的需要。变压器、输电线以及开关、保护装置等是中间环节,用于连接电源和负载,起传输和分配电能、保证安全供电的作用。

这类电路中,一般而言,电压较高,电流较大(有时称为“强电”电路),因而要求在电能的输

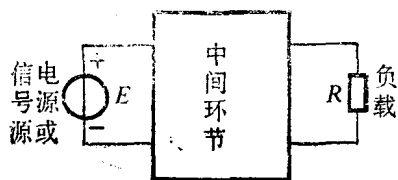


图 1-1 电路的基本结构

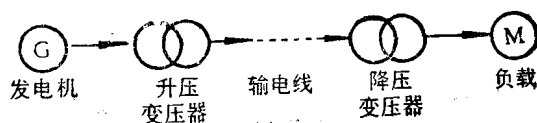


图 1-2 电力系统结构示意图

送和转换过程中,电路的能量损耗尽可能小,效率尽可能高。

2. 信号的传递和处理

以扩音机(图 1-3)为例,微音器(话筒)是信号源,用于将声音信号变换为微弱的电信号。这种用于将其它形式的信号变换为电信号的装置,可统称为传感器。扬声器(喇叭)接收电信号并转换为声音,它是扩音机的负载。由于微音器输出的电信号很微弱,不足以推动扬声器发声,因此要用放大器来放大电信号。信号的这种放大和转换,称为信号的处理。信号处理系统中的负载也是各式各样的,例如电视机中的显像管,是把经过处理的电信号转换为可见图像;自动控制系统中的步进电机是把电信号转换为机械操作等等。针对各种负载的不同要求,需要对信号作不同的处理,如放大、整形、计数等,因而有各种不同的中间环节。

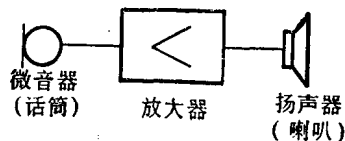


图 1-3 扩音机结构示意图

在这类电路中,虽然也有能量的传输和转换,但因电压、电流数值一般不大(有时称之为“弱电”电路),因而较少考虑能量的损耗和效率问题,研究的重点是如何改善电路传递和处理信号的性能,如失真、稳定性、放大倍数、级间配合等问题。

综上所述,一个完整的电路应包括电源、负载和中间环节三个部分,因而电路可以归结为由发生、传送和应用电能(或信号)的各种部件组成的总体。电源既是指发电机、蓄电池、整流装置等设备,也是指各种各样的信号发生装置。负载更是一个广泛而相对的概念,例如一台收音机或电视机可看作是强电系统的负载,而其中的扬声器或显像管又是这两台信号处理设备本身的负载。在直流电路中,负载一般用电阻元件表示。中间装置既可以指输电线、开关、熔断器等传输、控制和保护装置,又可以指放大器等信号处理电路。

在分析各种电路的性能和特点时,并不针对某一具体设备来讨论,而是把它们等效为一些理想的元件(或称模型)。例如独立电源可以等效为电压源或电流源,其它装置可以用电阻、电感、电容及它们各种方式的组合来代替。这样,就可以从品类繁多、性能各异的实际电路找出普遍的和基本的规律。理想元件及其组合虽然与实际元件的性能不完全一致,但在一定条件及工程上允许的近似程度上,实际电路的分析完全可以用理想元件组成的电路代替,从而使电路的分析与计算得到简化。

【思考与讨论】 1-1-1 试举出日常生活中所遇到的一两个电路的实例。

1-1-2 收音机(或电视机)既是一个信号传递与处理的电路,又是一个电能传输与转换的电路,试加以分析。

§ 1-2 电路的基本物理量

无论是电能的传输和转换,还是信号的传递和处理,都是体现在电路中电流、电压和电动势的大小和它们之间的关系上。因此在讨论电路的分析、计算方法之前,首先概略地阐述一下电路的这几个基本物理量。

一、电流

在电场的作用下,金属内的自由电子作定向运动便形成电流。电流的强弱用电流强度这个物理量来衡量。假设在极短时间 dt 内通过导体截面 S (图 1-4) 的微小电荷量为 dq , 则电流强度为

$$i = \frac{dq}{dt} \quad (1-1)$$

可见电流强度在数值上等于单位时间内通过导体某一截面的电荷量。电流强度习惯上常被简称为电流。

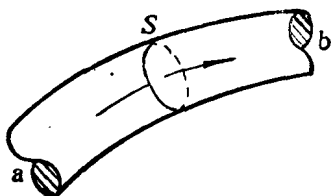


图 1-4 导体中的电流

式(1-1)中的电流 i , 是随时间而变化的, 它是时间的函数。如果单位时间内通过导体截面的电荷量是常数, 即 $\frac{dq}{dt} = \text{常数}$, 则电流不随时间变化, 称为恒定电流, 简称直流, 用大写字母 I 表示:

$$I = \frac{Q}{t} \quad (1-2)$$

式中 Q 是在时间 t 内通过导体截面 S 的电荷量。

我国法定计量单位规定, 电流的单位是安培(A), 简称安。当每秒内通过导体截面的电荷量为 1 库仑(C)时, 则电流为 1 A。计量微小电流时, 以毫安(mA)或微安(μA)为单位, 它们和安的关系是

$$1 \text{ mA} = 10^{-3} \text{ A}$$

$$1 \mu\text{A} = 10^{-3} \text{ mA} = 10^{-6} \text{ A}$$

由于历史上形成的习惯, 我们规定正电荷运动的方向或负电荷(如金属中的自由电子)运动的相反方向为电流的实际方向。在外电场的作用下, 正电荷将顺着电场方向运动, 而负电荷则逆着电场方向运动(图 1-5), 所以电流的实际方向总是和外电场(电源之外的电场)的方向一致。规定了电流的方向, 就可以根据电路的基本定律对电路进行分析计算。但在某些比较复杂的电路中, 在得出计算结果之前, 却很难判断电路中各处电流的实际方向, 而不确定电流的方向, 就无法写出求解电路所需的方程式(这个问题将在后面讨论)。

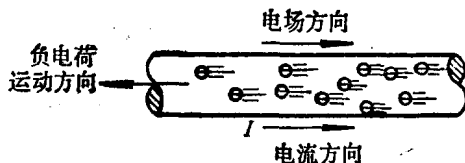


图 1-5 金属导体中的电流方向

因此, 我们还要引入电流的“参考方向”(或称正方向、正标方向)这一概念。