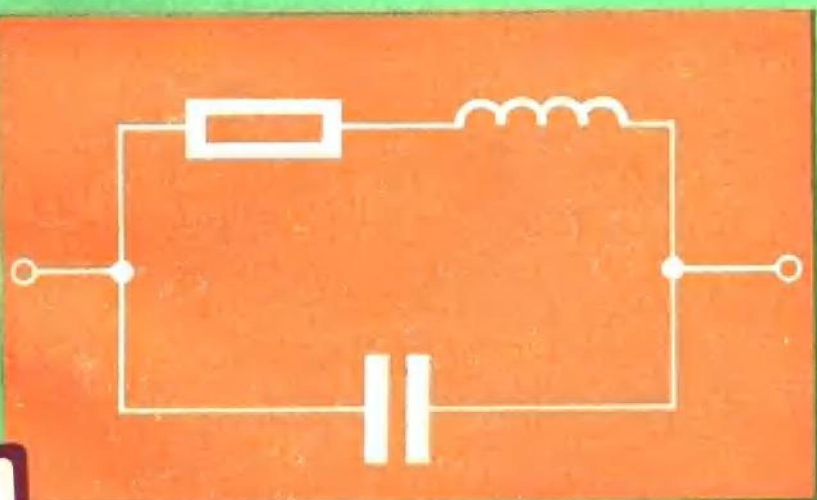


电工技术

电工学 I

伍爱莲 编



高等教育出版社

本书是高等学校工科电工学课程教材建设项目之一。本书是根据1986年制定的高等工业学校电工技术(电工学 I)课程教学基本要求编写的,经国家教育委员会电工学课程指导小组组织专家评选通过。

全书共有十一章和四个附录。各章内容为:电路模型和电路定律,电路的时域分析,正弦稳态电路,电路的基本分析方法,三相电路,非正弦周期电流电路,磁路和变压器,三相异步电动机及其控制,其它电动机,常用电工仪表及其测量,安全用电。附录内容为:常用三相异步电动机系列及技术数据举例,常用熔丝规格,熔丝的选择方法,常用低压电器技术数据举例。各章附有复习题和习题,书末有习题答案。

本书由上海交通大学孙文卿教授复审,可作为高等工科学校电工技术课程(55~70学时)的教材,也可供大、中专学校、电视和函授大学师生、业余自学者及工程技术人员参考。

本书责任编辑 崔万胜

电 工 技 术

(电工学 I)

伍爱莲 编

*

高 等 教 育 出 版 社 出 版

新华书店总店北京科技发行所发行

祝 桥 新 华 印 刷 厂 印 装

*

开本 850×1168 1/32 印张 13.375 字数 321,000

1990年10月第1版 1990年10月第1次印刷

印数 0001—2,110

ISBN 7-04-003172-8/TM·164

定价 3.20元

序 言

本书是国家教委高等学校工科电工学课程1986~1990年教材建设规划项目,在1988年国家教育委员会电工学课程教学指导小组及高等教育出版社组织的评选活动中初步选中后,又经专家复审通过。

本书总结了编者多年从事电工学教学工作实践。根据非电专业电工技术课程的教学基本要求,结合本人的教学经验,编写了《电工技术》讲义。初稿在武汉水利电力学院五个专业十七个班试用了四轮,并修改三遍。经初步选中后,承上海交通大学孙文卿教授仔细审阅,并提出许多宝贵意见,编者又进行了反复修改,于1989年3月定稿。

本书对电工学教材中电路和电机部分的内容体系有所调整,强调了电路模型、等效电路及电路的分析方法等概念,加入了电工仪表及其测量、安全用电等内容。编写本书时,力求做到:取材完整,深浅适中,篇幅适宜,基本要求的内容突出,叙述通俗,教学便利。

为了培养学生的自学能力,每章末编有复习题和习题。复习题结合各部分的基本概念和基本内容,供复习和总结用。习题供课后练习用。书末附有习题答案。

为了适应不同专业、不同学时的教学要求,本教材将部分内容标注了“*”,便于多学时专业选用。根据试用情况,提供了一个供参考用的学时分配表。

编写本书的经历使编者深切体会到,编成一本教材凝聚着很多人的精力和心血,其中有孙文卿教授逐字逐句地审阅,武汉水利

电力学院电工学教研室谭乐崧、罗九儒、洪文秀、陈邕怀副教授及庄曰平同志审阅了初稿,李海同志校核了全部习题,江云霞等同志协助试用,他们都提出过许多有价值的修改意见,使用过初稿的学生也提出了一些建设性意见。在此书正式出版之际,编者再次向他们表示衷心的感谢。

由于水平所限,书中缺点和错误难免,请使用者和读者批评指正。

学时分配表

章 次		少 学 时		多 学 时	
		讲课	实验	讲课	实验
一	电路模型和电路定律	4		4.5	
二	电路的时域分析	5.5	2	6.5	2
三	正弦稳态电路	6	4	6	4
四	电路的基本分析方法	7		8	2
五	三相电路	2	2	2.5	2
六	非正弦周期电流电路	1		2	
七	磁路和变压器	3	2	4.5	2
八	三相异步电动机及其控制	6	2	7	2
九	其它电动机			4	2
十	常用电工仪表及其测量	3.5		4	
十一	安全用电	2		2	
机 动		1	2	1	2
小 计		41	14	52	18
总 计		55		70	

编者

1989年3月

目 录

绪论	1
第一章 电路模型和电路定律	2
§1-1 电路的组成及其作用	2
§1-2 电路模型	4
§1-3 电流和电压及其参考方向	6
§1-4 电路元件	10
一、电阻元件	10
二、电感元件	12
三、电容元件	14
§1-5 电压源和电流源	16
一、电压源模型	17
二、电流源模型	19
*§1-6 受控电源	20
§1-7 基尔霍夫定律	22
一、第一定律(节点电流定律)	23
二、第二定律(回路电压定律)	24
§1-8 等效电路的概念	26
一、串并联电路的等效电路	27
二、无源一端口网络的等效电路	30
三、含源一端口网络的等效电路	30
复习题	34
习 题	37
第二章 电路的时域分析	43
§2-1 概述	43

§2-2 换路定律及电路的初始状态和初始条件	45
§2-3 RC 电路的响应	48
一、零输入响应	48
二、零状态响应	52
三、全响应	56
四、时间常数 τ 及其物理意义	58
§2-4 微分电路和积分电路	60
一、微分电路	60
二、积分电路	62
§2-5 RL 电路的响应	63
一、零输入响应	63
二、零状态响应	67
三、全响应	69
§2-6 三要素法	73
*§2-7 二阶(RLC)电路的零输入响应	77
复习题	82
习 题	83
第三章 正弦稳态电路	88
§3-1 正弦交流电的基本概念	88
一、正弦量的三要素	89
二、正弦交流电的有效值	94
§3-2 正弦交流电的相量表示法	96
§3-3 电阻、电感与电容中电压和电流的关系	102
一、电阻元件中电压和电流的关系	102
二、电感元件中电压和电流的关系	103
三、电容元件中电压和电流的关系	105
§3-4 相量形式的基尔霍夫定律	108
§3-5 RLC 串联电路, 复阻抗	109

一、电压和电流的关系	109
二、复阻抗	111
§3-6 RLC 并联电路,复导纳	115
一、电压和电流的关系	115
*二、复导纳	116
§3-7 正弦电流电路的功率	118
一、瞬时功率、有功功率和功率因数	118
二、无功功率、视在功率和功率三角形	121
三、功率因数的提高	125
§3-8 串联谐振电路	129
一、串联谐振及其产生条件	129
二、串联谐振的特征	130
三、频率特性	131
四、品质因数	132
§3-9 并联谐振电路	136
复习题	140
习 题	143
第四章 电路的基本分析方法	151
§4-1 阻抗的串联和并联,相量图的运用	151
一、阻抗的串联和并联	151
二、相量图的运用	158
§4-2 电压源模型和电流源模型的等效变换	160
§4-3 支路电流法	164
§4-4 节点电压法	168
一、电路中电位的计算	168
二、节点电压法	170
§4-5 叠加原理	174
§4-6 等效电源定理	177

一、戴维南定理	177
*二、诺顿定理	180
*§4-7 负载的三角形与星形联接的等效变换	183
§4-8 非线性电阻电路	186
复习题	189
习 题	192
第五章 三相电路	198
§5-1 三相电源	198
一、星形联接	199
*二、三角形联接	201
§5-2 对称三相电路的计算	202
一、星形接法	202
二、三角形接法	206
§5-3 负载不对称的三相电路	208
§5-4 三相电功率的计算	216
复习题	220
习 题	221
第六章 非正弦周期电流电路	224
§6-1 常见非正弦周期信号波形	224
§6-2 非正弦周期函数分解为傅里叶级数	225
*§6-3 周期信号的频谱	228
§6-4 非正弦周期电流电路的计算	233
§6-5 非正弦周期量的有效值、平均值和平均功率	237
复习题	241
习 题	241
第七章 磁路和变压器	244
§7-1 磁路的基本概念和磁性材料	244

一、磁路的基本概念	244
二、磁性材料	248
§7-2 直流无分支磁路	251
§7-3 交流磁路	254
一、电磁关系	254
二、功率关系	256
§7-4 变压器的结构	256
§7-5 变压器的工作原理	257
一、变电压	258
二、变电流	259
三、变阻抗	261
*§7-6 三相变压器和变压器绕组的极性	262
§7-7 变压器的额定值	264
§7-8 变压器的运行特性	266
一、外特性	266
二、电压变化率	266
三、损耗和效率	267
复习题	269
习 题	269
第八章 三相异步电动机及其控制	273
§8-1 三相异步电动机的基本结构	273
§8-2 异步电动机的工作原理	276
一、旋转磁场	276
二、异步电动机的转动原理	280
§8-3 异步电动机的电磁转矩和机械特性	282
一、电磁转矩	282
二、机械特性	285
§8-4 异步电动机的运行特性和额定值	291

一、运行特性	291
二、铭牌和额定值	292
§8-5 异步电动机的起动、反转和调速	295
一、起动	295
二、反转及反接制动	301
三、调速	302
§8-6 常用低压电器	304
一、闸刀开关	304
二、熔断器	305
三、按钮	306
四、交流接触器	306
五、继电器	308
六、行程开关	310
§8-7 异步电动机的控制电路	310
一、直接起动控制电路	310
二、正反转控制电路	314
三、行程控制电路	316
四、时间控制电路	317
复习题	318
习 题	319
*第九章 其它电动机	322
§9-1 单相异步电动机	322
§9-2 同步电动机	324
§9-3 直流电动机	327
一、基本结构	328
二、工作原理	329
三、直流电动机的分类	330
四、并励电动机的机械特性	331

五、直流电动机的起动、反转与调速	335
§9-4 电动机的选择	339
§9-5 微型电机简介	341
一、伺服电动机	342
二、测速发电机	344
三、自整角机	345
四、步进电动机	346
复习题	348
习 题	348
第十章 常用电工仪表及其测量	351
§10-1 常用电工仪表的分类	351
§10-2 电工仪表的误差及准确度	353
一、电工测量方法	353
二、仪表误差的分类	353
三、误差的表示方法	354
四、仪表的准确度	355
§10-3 测量误差及数据的处理	357
*一、系统误差、随机误差和疏失误差	357
二、测量数据的处理	361
§10-4 磁电式仪表及直流电压和电流的测量	362
一、测量机构和转动原理	362
二、测量直流电压	364
三、测量直流电流	364
§10-5 电磁式仪表及交流电压和电流的测量	365
一、测量机构和转动原理	365
二、测量交流电压	366
三、测量交流电流	367
§10-6 电动式仪表及功率的测量	368

一、测量机构和转动原理	368
二、直流和单相有功功率的测量	369
三、三相有功功率的测量	370
§10-7 兆欧表	372
一、兆欧表的结构和工作原理	372
二、兆欧表的使用方法	373
§10-8 万用表	374
§10-9 电工仪表的主要技术要求和正确使用	377
一、电工仪表的主要技术要求	377
二、电工仪表的正确使用	377
复习题和习题	378
第十一章 安全用电	380
§11-1 触电的危害和预防	380
一、电流对人体的危害	380
二、触电的种类	380
三、触电的预防	382
§11-2 电气设备的保护接地和保护接零	383
一、保护接地及其作用	383
二、保护接零	385
§11-3 电气设备的防火与防爆	386
§11-4 静电的危害及防护	387
§11-5 触电急救	388
一、设法使触电者脱离电源	388
二、脱离电源后的救护	389
三、人工呼吸法	389
复习题和习题	391
部分符号、单位和缩写	393
附录一 常用三相异步电动机系列及技术数据举例	395

附录二 常用熔丝(保险丝)规格.....	397
附录三 熔丝的选择方法	398
附录四 常用低压电器技术数据举例	399
习题答案	401
参考书目	406
汉英名词对照.....	407

绪 论

电工技术是研究电磁理论的基本知识及其在工程技术中应用的一门课程。由于电能具有便于转换和输送、容易控制等优点,因此它在工农业生产、科学技术以及人们的日常生活中应用极为广泛。电工技术发展很迅速,并且日益渗透到其它学科领域,促进其发展,在我国社会主义四个现代化建设中占有重要的地位。

电工技术是非电专业的一门技术基础课。它的作用和任务是:“对学生进行辩证唯物主义教育和爱国主义教育,使学生通过本课程的学习,获得电工技术必要的基本理论、基本知识和基本技能。了解电工事业发展的概况,为学习后续课程以及从事本专业的工程技术工作和科学研究工作打下一定的基础。”(摘自电工技术课程教学基本要求)

电力是现代生产中的主要动力。电气化和自动化是实现四化的前提。为了改变我国科学技术目前还比较落后的状况,我们有决心有责任勤奋学习科学技术,积极进行科学研究,为把我国建设成为一个现代化的社会主义强国而努力奋斗。

第一章 电路模型和电路定律

在分析电路时，通常是將电路表示为模型，标出各电量的方向，利用电路定律研究电路的规律和性质。因此，本章主要介绍电路模型、电流和电压的参考方向、电路元件、电路的基本定律和等效电路的概念。这些内容是今后进行电路分析的基础。

§1-1 电路的组成及其作用

电路，简言之就是电流所经之路。电路一般是由电路器件和电工设备以一定方式构成的。图 1-1(a) 所示是一个最简单的实际电路，它由三部分组成：(1)干电池；(2)白炽灯泡；(3)联接导线及开关等。这三部分分别称为电源、负载和中间环节，它们是电路的基本组成部分。一般电路可用图1-1(b)的框图表示。各组成部分及其作用简述如下：

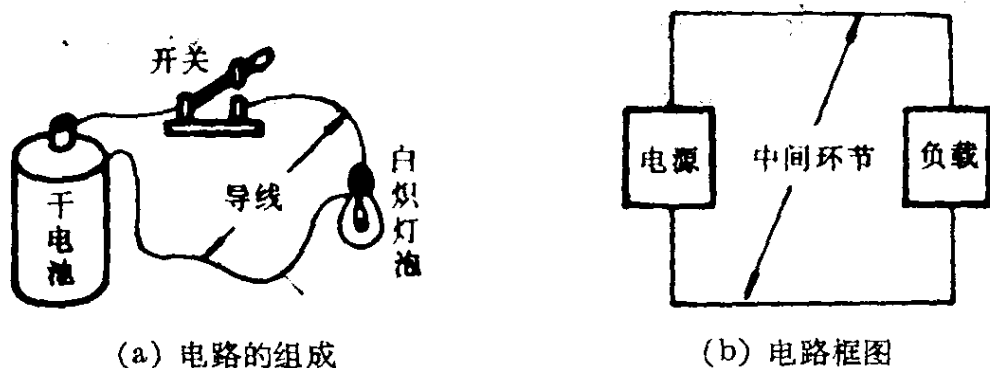


图 1-1 一个简单电路及其框图

电源是供电设备，它是将其它形式的能量转换为电能或者把电能转换成另一种形式的电能或信号的装置。常见的电源设备有

发电机、干电池和信号发生器等。

负载是用电设备，它是将电能转换为其它形式能量，或者接收、传递电信号的装置。实际用电设备有电阻器、电感器、电容器、二极管、三极管、电子管等各种器件。

中间环节除了联接导线和开关以外，还有变压器、电工仪表、熔断器(保险丝)等多种设备。它们在电路中的作用为联接电源和负载，控制电能的传送和分配等。

电路的作用常从下面二个方面来考虑：

一方面，在电力工程中，电路起输送和转换电能的作用。通常，发电机发电、输电线输电、变电站变配电、电力拖动、电气照明、电热等都属于电力工程的范畴。

另一方面，电路还起着信号的变换与处理作用，就是对外加输入信号进行加工处理，使之成为需要的输出信号。由于对信号进行加工处理，必须经过电流和电压的变化才能实现，因此就其本质而言，信号的变换和处理仍属于能量的转换。这方面的例子很多。例如：

放大 将一个微弱的信号，输入到放大电路，在其输出端得到了一个较大的而形状并未改变的信号，如图 1-2 所示。常见的收音机、扩音器电路便是放大电路的实例。

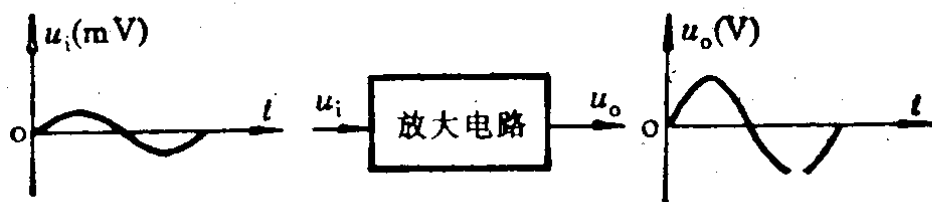


图 1-2 信号波形放大

电能转换 将交流电转换为直流电(图 1-3) 或将直流电转换为交流电，都属于电能转换。常见的直流稳压电源，就是将工频交流电转换成直流电的例子。

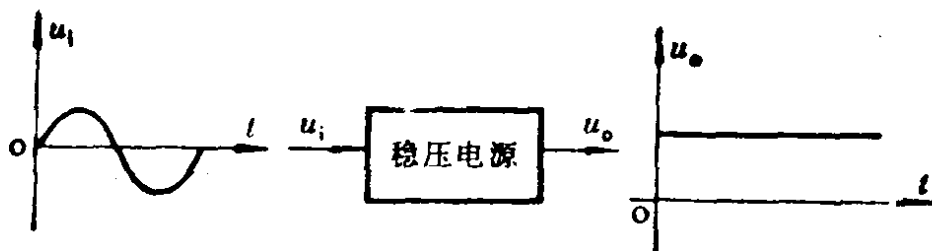


图 1-3 交流电转换成直流电

信息处理 信息常分为模拟信息和数字信息。采用一定形式的电路,将信息处理为需要的形式,称为信息处理。

存储 将信息保存下来,待需要时再取出,称为存储信息。例如,一台计算机中,就具有几百万个起存储作用的单元电路。

§1-2 电 路 模 型

为了用数学方法来描述和分析电路,需要将实际电路和电路器件模型化,也就是建立电路模型。电路模型是在一定的条件下,由实际电路及其器件抽象出来的数学模型。它是由反映单一电磁性质的理想电路元件构成的。

实际电路元件的种类虽然繁多,但它们有着共同特点:所有电路,伴随电流的流动,存在着能量转换的电磁现象。一般而论,导体总具有电阻,当电流通过它时,会发热而消耗电能;有电流通过就会有磁场,磁场会储存磁场能量;有电压建立就会有电场,电场会储存电场能量。这三种电磁现象可以用下面三个电路参数来反映:电阻反映电能的消耗,电感反映磁场能量的储存,电容反映电场能量的储存。

严格地说,上述参数是分布在电路之中。但是,当电路在工作中电磁波的波长远大于实际电路的尺寸时,我们可以忽略次要因素,考虑主要矛盾,用集中的电阻 R 、电感 L 和电容 C 作为电路参数。并且认为:电能消耗集中在电阻元件中进行,磁场储能集中在