

电工基础

周宽章
陈成启



解放军出版社

电工基础

周宽章 陈成启

解放军出版社出版

(北京平安里三号)

新华书店北京发行所发行

一二〇二工厂印刷

787×1092毫米 1/32开本 20.75印张 448千字

1987年5月第1版 1987年5月(北京)第1次印刷

印数1——43 000

统一书号: 15185·114 定价: 3.90元

内 容 简 介

本书是中级电影放映技术丛书之一。全书通俗易懂、深入浅出地用物理概念有系统地介绍了电工的一般原理。全书共分12章：电路的基本概念及基本定律；直流电路；磁、电磁和电磁感应；正弦交流电路；三相正弦交流电路；非正弦周期电路；交流铁芯线圈及其电路；简单电路中的过渡过程；放映变压器；放映直流电机基础；交流异步电动机基础；单相同步发电机基础。每章结束时附有适量的思考题以帮助读者巩固所学知识。

编 者 的 话

总政治部文化部为了解决部队电影放映技术骨干的培训和在职学习的教材,组织技术力量,由朱祖荣、林增根、蒋达量、郑钦祖、张子力、刘祥秀、秦泽生、周宽章、赵宝治、吴伯康、陈成启、余晓新、白桂信、雷石华等同志组成“电影放映技术教材编写组”,历时3年多,编写了《电工基础》、《晶体管电路基础》、《机械基础》、《电影放映机》、《扩音机》、等一套电影放映技术中级教材,由解放军出版社出版。这套教材以1980年全军电影放映技术骨干训练班教学大纲为基础,参考有关技术资料及地方电影放映技术学校的教材编写而成。其基础理论的深度和知识面,既考虑到当前的需要,又着眼于未来新技术的发展;既考虑到部队使用的机型,又考虑到全国使用比较广泛的设备。因而不仅可供部队使用,也可作为丛书供地方具有高中文化程度的放映技术人员学习参考。

这套教材内容多,难度较大,加之编者业务技术水平有限,缺点错误在所难免,欢迎读者批评指正。本书在编写中得到各军区有关部门、八一电影机械厂以及地方电影管理部门、科研单位、技术学校和有关工厂的支持和帮助,谨致谢意。

本书由成都军区政治部文化工作站昆明站周宽章和兰州军区政治部文化工作站陈成启编写,昆明工学院自控系

副主任万太福副教授审定，徐清贵和陈勇绘图。

总政治部文化部
电影放映技术教材编写组

1986年7月

目 录

第一章 电路的基本概念及基本定律	(1)
§ 1-1 电路和电流	(1)
一、电路	(1)
二、电流	(5)
§ 1-2 电压和电位	(8)
一、电场强度	(8)
二、电压	(9)
三、电位	(11)
四、电压的参考方向及电路中电位的计算	(12)
§ 1-3 电动势	(13)
一、电源	(13)
二、电动势	(15)
§ 1-4 电阻及一段无源电路的欧姆定律	(17)
一、电阻	(17)
二、一段无源支路的欧姆定律	(21)
三、线性电阻和非线性电阻	(22)
§ 1-5 基尔霍夫定律	(25)
一、基尔霍夫电流定律	(25)
二、基尔霍夫电压定律	(28)
§ 1-6 一段有源电路和全电路欧姆定律	(32)
一、一段有源电路的欧姆定律	(33)
二、全电路欧姆定律	(35)
§ 1-7 电功率及楞次-焦耳定律	(36)

一、电功率.....	(36)
二、楞次-焦耳定律	(38)
§ 1-8 功率的平衡及负载获得最大功率的 条件	(39)
一、功率的平衡.....	(39)
二、负载获得最大功率的条件.....	(41)
§ 1-9 电路的工作状态	(45)
一、负载工作状态.....	(45)
二、开路状态.....	(45)
三、短路状态.....	(46)
第二章 直流电路	(50)
§ 2-1 电阻的串、并联电路	(50)
一、电阻的串联电路.....	(50)
二、电阻的并联电路.....	(56)
三、电阻的混联电路.....	(60)
§ 2-2 电压源与电流源及其互换	(64)
一、电压源.....	(64)
二、电流源.....	(66)
三、电压源与电流源的等值互换.....	(69)
四、有源支路的串、并联.....	(74)
§ 2-3 线性网络分析方法	(79)
一、支路电流法.....	(79)
二、回路电流法.....	(82)
三、节点电压法.....	(86)
§ 2-4 线性网络定理.....	(95)
一、迭加原理.....	(95)
二、戴维南定理.....	(101)
§ 2-5 星形网络与三角形网络的 等值互换	(108)

一、三角形网络和星形网络	(108)
二、三角形网络与星形网络的转换条件	(109)
三、三角形网络与星形网络等值互换的方法	(110)
第三章 磁、电磁和电磁感应	(125)
§ 3-1 磁的基本概念	(125)
一、磁的基本特性	(125)
二、磁场与磁力线	(126)
§ 3-2 磁场的物理量	(128)
一、磁感应强度	(128)
二、磁通量	(131)
三、导磁系数	(134)
四、磁场强度	(135)
§ 3-3 电流产生磁场的基本规律	(137)
一、毕奥——沙伐——拉普拉斯定律	(137)
二、安培环路定律	(145)
§ 3-4 磁性材料的特性	(150)
一、高导磁性 (磁化现象)	(150)
二、磁饱和性和起始磁化曲线	(151)
三、磁滞性和基本磁化曲线	(153)
四、磁性材料的分类及应用	(157)
§ 3-5 磁路	(159)
一、磁路的基本概念	(159)
二、磁路的基本定律	(160)
三、简单磁路的估算	(163)
§ 3-6 电磁力	(167)
一、安培定律	(167)
二、洛伦兹力	(175)
§ 3-7 电磁感应	(178)
一、产生电磁感应的条件和物理概念	(178)

二、电磁感应的基本定律.....	(179)
三、自感.....	(186)
四、互感.....	(190)
§ 3-8 磁场能量	(195)
第四章 正弦交流电路	(201)
§ 4-1 正弦交流电的基本概念	(201)
一、交流电及其周期和频率.....	(201)
二、正弦交流电	(203)
§ 4-2 正弦交流电的有效值	(211)
一、周期电压或电流有效值的一般概念.....	(211)
二、正弦交流电的有效值.....	(213)
§ 4-3 纯电阻正弦交流电路	(214)
一、电流与电压之间的相位关系.....	(215)
二、电流与电压的最大值或有效值之间的关系.....	(215)
三、功率.....	(216)
§ 4-4 纯电感正弦交流电路	(217)
一、电流与电压之间的相位关系.....	(218)
二、电流与电压的最大值或有效值之间关系.....	(219)
三、感抗.....	(219)
四、功率.....	(221)
§ 4-5 电容	(224)
一、电容器及其容量.....	(224)
二、电容中的电流与电压的关系.....	(227)
三、电场能量.....	(231)
四、电容器的串并联.....	(232)
§ 4-6 纯电容正弦交流电路	(237)
一、电流与电压之间的相位关系.....	(237)
二、电流与电压最大值或有效值之间的关系.....	(238)
三、容抗.....	(239)

四、功率.....	(240)
§ 4-7 复数及正弦量的复数表示法.....	(242)
一、复数及其表示式.....	(243)
二、复数的运算.....	(248)
三、正弦量的复数表示.....	(254)
§ 4-8 电阻和电感、电容的串联	
正弦交流电路.....	(259)
一、电阻和电感串联正弦交流电路.....	(259)
二、电阻和电容串联正弦交流电路.....	(261)
三、电阻、电感和电容的串联正弦交流电路.....	(264)
§ 4-9 电阻和电感、电容的并联	
正弦交流电路.....	(272)
一、电阻和电感的并联正弦交流电路.....	(272)
二、电阻和电容的并联正弦交流电路.....	(274)
三、电阻、电感和电容的并联正弦交流电路.....	(278)
§ 4-10 复阻抗与复导纳的等值互换及应用	
符号法计算正弦交流电路.....	(281)
一、复阻抗与复导纳的等值互换.....	(281)
二、应用符号法分析正弦交流电路.....	(289)
§ 4-11 正弦交流电路的功率及复功率.....	(296)
一、正弦交流电路的功率.....	(296)
二、复功率.....	(301)
§ 4-12 串、并联电路的谐振.....	(304)
一、串联电路的谐振.....	(304)
二、谐振电路的频率特性.....	(311)
三、并联电路的谐振.....	(317)
第五章 三相正弦交流电路.....	(327)
§ 5-1 对称三相电动势及其联接.....	(327)
一、三相电动势的产生及其特点.....	(327)

二、三相电动势的联接.....	(330)
§ 5-2 对称三相电路的计算	(334)
一、对称Y——Y形电路的计算.....	(334)
二、对称Y—— Δ 形电路的计算.....	(338)
§ 5-3 三相正弦交流电的功率	(345)
一、三相正弦交流电的平均功率.....	(345)
二、三相正弦交流电的瞬时功率.....	(348)
第六章 非正弦周期电路	(351)
§ 6-1 非正弦周期电压或电流及偶函数、 奇函数的概念	(351)
一、非正弦周期电压或电流	(351)
二、偶函数和奇函数及波形的对称性	(354)
§ 6-2 傅里叶级数简介.....	(357)
一、傅里叶级数的基本概念	(357)
二、傅里叶系数与波形对称性的关系	(363)
§ 6-3 非正弦周期电压或电流的有效值 及平均功率	(367)
一、非正弦周期电流、电压的有效值	(367)
二、非正弦周期电流电路的功率	(370)
§ 6-4 非正弦周期电流电路的计算	(372)
第七章 交流铁芯线圈及其电路.....	(379)
§ 7-1 交流铁芯线圈中的电磁关系.....	(379)
一、交流铁芯线圈中的电磁现象.....	(379)
二、只考虑主磁通时，电压、电流和 主磁通的关系	(382)
§ 7-2 交流铁芯线圈中电流的波形畸变.....	(385)
一、磁饱和对电流波形的影响	(386)
二、磁滞对电流波形的影响	(387)

§ 7-3 铁芯损失	(388)
一、涡流和涡流损失	(388)
二、磁滞损失	(390)
§ 7-4 交流磁路中气隙大小的影响	(391)
§ 7-5 交流铁芯线圈的等效电路	(393)
§ 7-6 交流接触器	(394)
一、交流接触器的基本构造和型号	(395)
二、电磁铁的吸力	(396)
三、短路环的作用	(399)
§ 7-7 铁磁谐振电路	(400)
一、铁磁串联谐振电路的分析方法及其特点	(401)
二、铁磁饱和稳压器的的工作原理	(407)
§ 7-8 磁放大器的工作原理	(410)
一、具有直流基磁化的铁芯线圈中的电磁关系	(410)
二、磁放大器的基本工作原理	(413)
第八章 简单电路中的过渡过程	(421)
§ 8-1 概述	(421)
一、什么是电路的过渡过程	(421)
二、过渡过程的物理概念	(423)
§ 8-2 RC电路中的过渡过程	(424)
一、RC电路中过渡过程的基本规律	(425)
二、时间常数	(433)
三、三要素法	(436)
四、RC电路的实例	(438)
§ 8-3 RL电路中的过渡过程	(443)
一、RL电路中过渡过程的基本规律	(443)
二、时间常数	(447)
§ 8-4 电容器通过RL放电——RLC电	

路中的过渡过程	(449)
一、 $R > 2\sqrt{L/C}$ 的情况, 非振荡放电过程	(451)
二、 $R < 2\sqrt{L/C}$ 的情况, 振荡放电过程	(453)
三、 $R = 0$ 的理想情况, 等幅振荡放电过程	(456)
第九章 放映变压器	(460)
§ 9-1 变压器的基本知识	(460)
一、变压器的用途和分类	(460)
二、变压器的基本结构	(460)
三、变压器的额定值	(462)
§ 9-2 变压器的工作原理	(464)
一、变压器空载运行时的电磁关系	(464)
二、变压器负载运行时的电磁关系	(468)
三、自耦变压器的工作原理	(473)
§ 9-3 变压器的等效电路	(478)
一、变压器空载运行时的等效电路	(478)
二、变压器负载运行时的等效电路	(478)
三、自耦变压器的等效电路	(483)
§ 9-4 三相变压器的基本概念	(484)
一、三相变压器的结构型式	(484)
二、三相变压器线圈的连接法	(485)
§ 9-5 变压器各线圈同名端的判别方法	(488)
一、判断线圈同名端的交流法	(488)
二、判定线圈同名端的直流法	(489)
§ 9-6 变压器的工作特性	(490)
一、变压器的外特性和电压变化率	(490)
二、变压器的损耗和效率	(492)
第十章 放映直流电机基础	(497)
§ 10-1 直流电机的工作原理和构造	(498)

一、直流发电机的基本工作原理·····	(498)
二、直流电动机的基本工作原理·····	(502)
三、直流电机的基本构造·····	(503)
§ 10-2 直流电机的电枢绕组·····	(506)
一、电枢绕组的一般概念·····	(506)
二、单迭绕组的连接规律·····	(510)
三、单波绕组的连接规律·····	(518)
§ 10-3 直流电机的电枢电动势和电 磁转矩 ·····	(521)
一、直流电机的电枢电动势·····	(521)
二、直流电机的电磁转矩·····	(524)
§ 10-4 直流电机的电磁功率及能量损耗 ·····	(526)
一、直流电机的电磁功率 ·····	(527)
二、直流电机的能量损耗 ·····	(528)
§ 10-5 直流电机的电枢反应·····	(529)
一、直流电机的磁场——交轴磁场·····	(530)
二、电枢反应的影响·····	(531)
§ 10-6 直流电机的换向问题·····	(533)
一、电流换向的概念·····	(533)
二、换向火花产生的原因·····	(536)
三、改善换向性能的方法·····	(536)
§ 10-7 直流发电机 ·····	(539)
一、直流发电机的种类·····	(539)
二、并发电机的电压建立过程和条件·····	(540)
三、并发电机的运行特性·····	(543)
§ 10-8 直流电动机 ·····	(546)
一、并激电动机的机械特性·····	(547)
二、并激直流电动机的调速·····	(550)

三、直流电动机的反转.....	(556)
第十一章 交流异步电动机基础	(558)
§ 11-1 交流异步电动机的基本构造和 铭牌数据	(558)
一、异步电动机的基本构造.....	(558)
二、异步电动机的型号和铭牌数据.....	(560)
§ 11-2 三相异步电动机的工作原理	(562)
一、旋转磁场是怎样产生的.....	(562)
二、旋转磁场的转向和转速.....	(568)
三、转子是怎样旋转起来的.....	(569)
四、转差率.....	(571)
§ 11-3 定子绕组	(572)
一、定子绕组的一般概念.....	(572)
二、单层定子绕组的构成原则和基本形式.....	(574)
三、双层定子绕组的连接方法.....	(585)
§ 11-4 异步电动机的电磁关系.....	(588)
一、定子绕组电路中的电磁关系.....	(588)
二、转子电路中的电磁关系.....	(590)
三、定子和转子电路之间的电磁关系.....	(591)
四、转差率和转子电流、功率因数的关系.....	(593)
§ 11-5 异步电动机的电磁转矩	(595)
一、电磁转矩和功率因数大小的关系.....	(595)
二、电磁转矩和转矩特性.....	(598)
三、转矩特性曲线上的稳定运行区域及过 载能力.....	(601)
四、最大电磁转矩和实用电磁转矩表示式.....	(603)
五、起动转矩及其倍数.....	(607)
六、异步电动机的额定转矩、电磁功率和轴 输出功率.....	(608)

§ 11-6 谐波磁场的影响及其克服方法	(610)
一、谐波磁场产生的原因	(610)
二、谐波磁场对电动机性能的影响	(614)
三、减小谐波磁场影响的方法	(617)
§ 11-7 单相异步电动机	(617)
一、单相异步电动机的工作原理	(618)
二、单相异步电动机的转矩特性	(618)
三、单相正弦绕组	(621)
四、单相异步电动机的类型及其特点	(625)
第十二章 单相同步发电机基础	(633)
§ 12-1 一般概念	(633)
一、同步发电机的基本构造	(633)
二、同步电机的概念	(634)
§ 12-2 单相同步发电机的磁场	(634)
一、主磁场	(634)
二、电枢磁场	(635)
三、气隙的合成磁场	(635)
§ 12-3 单相同步发电机的电枢反应	(636)
一、电枢电流和感应电动势同相位 时的电枢反应	(636)
二、电枢电流滞后感应电动势相位 $\pi/2$ 时的电枢反应	(638)
三、电枢电流超前感应电动势相位 $\pi/2$ 时的电枢反应	(639)
四、电枢电流与感应电动势的相位差小于 $\pi/2$ 时的电枢反应	(640)
§ 12-4 单相同步发电机的运行特性	(642)
一、单相同步发电机的外特性	(642)
二、单相同步发电机的调节特性	(644)

第一章 电路的基本概念 及基本定律

随着现代工农业生产和现代科学技术的飞速发展，电影设备中的各种电路，不但种类繁多而且日新月异。但是，无论电路如何变化，它们和最简单的电路之间，还是有基本的共性，并且遵循着相同的运动规律。我们的任务就是要抓住这些基本的共性，掌握其运动规律。

本章的基本内容是：复习初级教材中已学过电路共同存在的电压、电流、电动势及电功率等基本量的物理意义；讨论电路运行所遵循的欧姆定律及基尔霍夫定律等基本电路规律。为今后进行电路的分析计算，打下良好的基础。

§ 1-1 电路和电流

一、电路

众所周知，放映设备的灯泡发光、喇叭发声、电动机转动，是因为灯泡的灯丝、喇叭的音圈和电动机的线圈内通过了电流所致。也就是说，它们所得到的光能、声能和机械能，是由电能转变来的。而电能又是由热能、化学能或机械能等其他形式的能量转换而来的。同样，在其他能量转换成电能时，也要有电流的存在。由此可见，电流是电