

电 知 识
小百科全书
5

电机与电器

孙左一等 编译

电知识小百科全书

⑤

电机与电器

孙左一等 编译

水利电力出版社

内 容 提 要

《电知识小百科全书》是一套兼有百科全书、辞书和科普图书特色的丛书，共有18个分册。《电机与电器》是其中的第5分册。书中介绍了电机与电器的基本原理和实际应用，包括直流电机、异步电机、同步电机、控制电机、变压器、电力电容器、整流器、开关设备、继电保护装置及电气设备的电源等。

电知识小百科全书 5

电机与电器

孙左一等 编译

*

水利电力出版社出版、发行

(北京三里河路6号)

各地新华书店经售

水利电力出版社印刷厂印刷

*

787×1092毫米 32开本 425印张 99千字

1990年10月第一版 1990年10月北京第一次印刷

印数00001—05710册

ISBN 7-120-00805-9/TM·332

定价2.95元

序

打开电世界知识宝库大门的钥匙

在现代社会中，电已经应用于生产、生活和社会活动的各个领域。电既是极其重要的能源，又是极其重要的信息载体。从日常生活中普遍使用的电灯、电话、电报、电视机、电冰箱、电炉、空调到各种机械、电气机车、船舶、飞机；从袖珍计算器、电子钟表、电子玩具到各种计算机网络和系统；从电针治疗到航天技术……人们都要和电打交道。巨大的电力网犹如人体的血液循环系统向整个社会传递着运转的动力；巨大的电气通信和电子通信网络则为整个社会的协调发展瞬息不停地传递着信息。从某种意义上，可以把当今世界看成是“电世界”。作为一个现代人，一个“电世界的公民”，学习和掌握一些电的基本知识，会得到许多帮助和方便。

水利电力出版社出版的《电知识小百科全书》为具有中等文化程度的广大读者提供了一把打开电世界知识宝库大门的钥匙。这套丛书是我国中青年电气科技工作者根据国外同类图书移植改编而成的。在编译过程中，编译者根据我国的国情和广大读者的需要作了许多补充和修改。全套图书共十八册，不过百万余字，篇幅约为《电机工程手册》的十分之一，既是百科全书式的工具书，又可以作为学习电气科学知识的入门读物。大中学校师生、企业管理人员、科技人员和

其他各行各业的读者，都可能从书中得到一些有用的知识。我相信这套小百科全书会受到读者的欢迎，同时也希望广大读者特别是电气科技工作者一起来发表意见，集思广益，帮助编译者进一步修订好这套小百科全书，使之逐步完善，成为一套具有中国特色的电气知识普及读物。

毛 鹤 年*

1987年夏季

* 毛鹤年同志是我国电机工程学界的老前辈。生前担任中国电机工程学会理事长、国际大电网会议中国国家委员会主席。这篇序言是毛鹤年同志在1987年夏季撰写的。毛鹤年同志已于1988年10月病逝。

编 译 说 明

1982年日本欧姆社(OHM社)在建社70周年之际,出版了一本《图解电气百科事典》,以大约百万字的篇幅,介绍了包括电的基础知识、电力的生产与应用、电子技术、通信、广播、电视、计算机和自动控制等各方面的知识。这套《电知识小百科全书》就是以《图解电气百科事典》为蓝本,根据电气科学技术近年间的最新发展和我国的国情,作了较多的修改和补充编译而成的。全套丛书共18分册。各册的书名是:

- 1.电的基础知识
- 2.电工材料与电子器件
- 3.电子电路
- 4.电气测量与电工仪表
- 5.电机与电器
- 6.电力系统与新能源
- 7.工厂用电
- 8.安装电工
- 9.安全用电
- 10.照明
- 11.电热利用
- 12.自动控制
- 13.电子计算机
- 14.电气通信与广播电视
- 15.交通与电气

16. 医疗与电气

17. 家庭用电与家用电器

18. 趣味电气

这套小百科全书在编译体例上有以下特点：

(1) 具有百科全书的特色：内容涉及与电有关的各个领域，从最基础的电荷、电场、电流、电压等概念到超导材料、信息处理、医疗电子工程等正在迅速发展的高技术；从电力的生产、输送、分配到工厂和居民生活用电等都有简明扼要、深入浅出的介绍，适合各行各业、各个层次的读者的不同需要。

(2) 具有辞书类工具书的特点：以基本概念、技术用语、定义规律为中心组织各部分内容。各个分册、各个部分总体上互相联系，局部又都各自形成完整的叙述。读者可以方便地查阅所要了解的事项。

(3) 书中的叙述避免冗长的文字和繁杂的数学公式，收集了较多的插图，具有中等文化程度的读者都能阅读。

本书在编译过程中，参考了国内外近年出版的许多百科类、辞书类和科普类图书。书中涉及技术标准之处均已统一为我国的国家标准或部颁标准，计量单位亦已按新的国家标准核定。

能源部南京自动化研究所孙左一主持了《电知识小百科全书》的编译工作，参加编译工作的还有（以姓氏笔划为序）：马师模、孙中逵、刘开增、刘振乾、何方、何云、罗贤伟、罗贤杰、张在德、张耀东、童永富、傅鸿仓、熊葆芳等。本分册编译者为张在德、马师模、孙左一，审稿者为陈有安。

本书编译工作得到毛鹤年、韩祯祥、王平洋、都兴有、

蔡洋、马经国、廖培鸿、叶世勋等学术界前辈的鼓励和支持；水利电力出版社的领导和有关编辑给予许多指导和帮助；南京自动化研究所图书馆为编译者查阅图书资料提供了诸多方便。在此谨向所有关心、支持、帮助过这项工作的同志表示衷心的感谢。

参加编、译、校、审工作的十余位同志兢兢业业，历时约三年，终于完成书稿，陆续付印。限于编译者的学识水平，书中仍会有尚未发现的疏漏和差错，祈望各位读者指正（通信地址：南京323信箱）。

孙左一

1988年7月1日

目 录

序

编译说明

| | |
|------------------------|----|
| 1 电气设备与能量转换 | 1 |
| 电气设备在能量转换中的作用 | 1 |
| 电气设备的分类和用途 | 2 |
| 电气设备的定额 | 5 |
| 电气设备的损耗与效率 | 7 |
| 2 直流电机 | 9 |
| 直流电机的工作原理 | 9 |
| 直流电机的结构 | 11 |
| 直流发电机的种类与特性 | 15 |
| 直流电动机的种类与特性 | 18 |
| 直流电动机的起动与调速 | 19 |
| 电枢反应 | 21 |
| 直流电机的主要计算公式 | 22 |
| 3 异步电机 | 25 |
| 三相异步电动机的工作原理 | 25 |
| 三相异步电动机的结构 | 26 |
| 异步电动机的基本计算公式 | 29 |
| 异步电动机的等值电路 | 31 |
| 异步电动机的特性 | 33 |
| 三相异步电动机的起动、运行和控制 | 37 |
| 单相异步电动机 | 39 |
| 交流整流子电动机 | 41 |

| | | |
|---|----------------|----|
| 4 | 同步电机 | 43 |
| | 同步发电机的工作原理 | 43 |
| | 同步电机的结构 | 44 |
| | 同步发电机的等值电路与特性 | 47 |
| | 同步发电机的并列运行 | 50 |
| | 同步电动机 | 52 |
| | 同步电机的振荡 | 55 |
| 5 | 控制电机 | 57 |
| | 自整角机 | 57 |
| | 伺服电动机 | 58 |
| | 步进电动机 | 60 |
| | 电机放大机 | 62 |
| 6 | 电力拖动 | 64 |
| | 电动机的选择方法 | 64 |
| | 电动机的特性和用途 | 65 |
| | 特种电机 | 68 |
| 7 | 变压器 | 73 |
| | 变压器的种类 | 73 |
| | 变压器的基本原理 | 74 |
| | 电压变化率 | 81 |
| | 变压器的损耗与效率 | 83 |
| | 变压器的并联运行 | 85 |
| | 三相变压器 | 86 |
| | 自耦变压器 | 89 |
| | 仪用互感器 | 90 |
| 8 | 电力电容器 | 92 |
| | 电容器的基本结构 | 92 |
| | 电力电容器的种类和用途 | 93 |
| | 功率因数的改善与电容器的容量 | 94 |

| | |
|--------------------|-----|
| 串联电抗器和放电线圈 | 95 |
| 9 整流器 | 97 |
| 硅整流器 | 97 |
| 可控硅整流器 | 99 |
| 可控硅整流电路工作原理 | 101 |
| 可控硅整流器的用途 | 106 |
| 单相交流调压装置 | 107 |
| 电流变换装置 | 107 |
| 斩波器 | 110 |
| 10 开关设备和熔断器 | 112 |
| 隔离开关 | 112 |
| 高压断路器 | 113 |
| 负荷开关 | 114 |
| 自动开关 | 114 |
| 高压熔断器 | 115 |
| 电磁接触器 | 116 |
| 11 继电保护装置 | 117 |
| 保护继电器的基本功能 | 117 |
| 继电保护装置的结构类型 | 119 |
| 电磁型电流继电器 | 124 |
| 晶体管功率方向保护装置 | 125 |
| 发电机和变压器的保护 | 126 |
| 12 电气设备的电源 | 129 |
| 蓄电池 | 129 |
| 电容储能硅整流电源 | 131 |
| 直流逆变稳压电源 | 132 |
| 交流稳压器 | 133 |
| 不停电电源 | 134 |

1 电气设备与能量转换

在现代社会中，无论是工农业生产还是社会生活，都离不开各种能源。天然能源，包括煤、石油、天然气等燃料中的化学能、水能、太阳能和原子能等，都不能直接用来拖动人们生产和生活中使用的各种机械设备，而必须把各种天然能源先转换为电能，然后通过各种不同的电气设备再将电能转换为符合各种使用要求的机械能、光能、热能和声能，从而满足人们使用的要求。

本书主要介绍常见的、有代表性的几种电气设备，大体包括两大类：一类是进行能量转换的电机（包括变压器）；另一类是对电路和用电设备起开关、控制和调节作用的电器。

电气设备在
能量转换中
的作用

图 1 是能量转换过程的示意图。从图中可以看出，电气设备在整个能量转换过程中起着不可缺少的关键作用。各种天然能源通过不同方式驱动发电机而产生电能，电能再经过变压器、电线、电缆等输变电设备传送到电动机等用电设备，这样，电能又转换成各种不同形式的其它能量。

发电机、变压器和电动机是能量转换过程中最主要的电气设备。

发电机依靠机械动力使导体在磁场中快速旋转从而产生电流，其作用是把机械能转换成便于远距离输送的电能。

电动机依靠电力产生的磁场，使带电导体在该磁场的作

用下快速旋转产生机械能,其作用正好与发电机相反,是将电能转换成机械能。

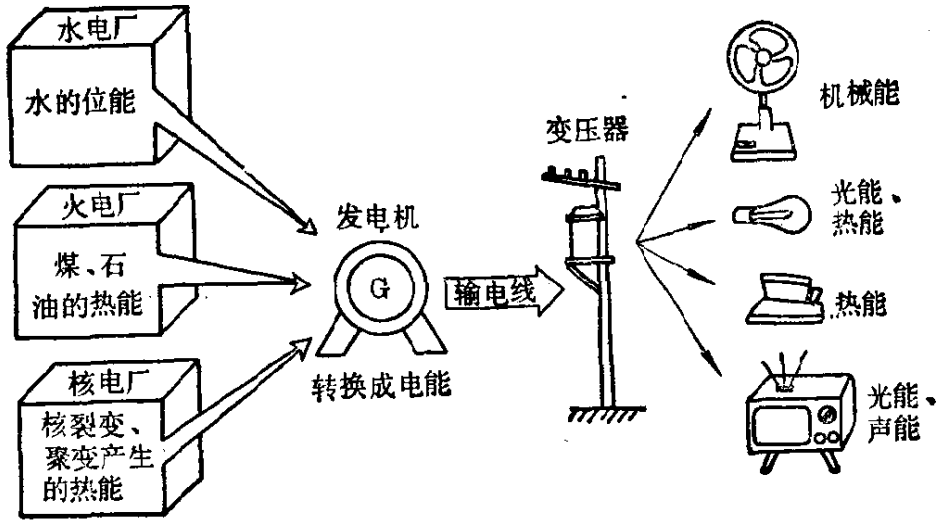


图 1 能量的转换过程

变压器是一种静止的电气设备，用于进行电能之间的相互变换，变压器的一次绕组接交流电，产生交变磁场，通过电磁感应在二次绕组中产生电流、电压。尽管变压器进行的是电能之间的变换，但变压器输入、输出间并无电的直接联系，而是磁的联系。

电气设备通常分为电机和电器两大类。电机包括发电机、电动机和变压器；电器包括工作电压为交流1000V、直流1200V以下的低压电器和超过上述工作电压的高压电器。下面以表格的形式列举出几种主要的电机、电器及其各自的用途（详见表1、表2、表3）。

电气设备的
分类和用途

表 1

电机的分类与用途

| 种类 | 名称 | 主要用途及特殊电机 | | |
|------------------|-------------------|------------------|---------------------------------------|-------------------|
| 旋 转 电 机 | 直 流 电 机 | 直流发电机 | 作普通直流电源 | |
| | | 直流电动机 | 驱动需要平滑调速的机械设备 | |
| | | 特殊直流电机 | 升压机、电气测力计、电机放大器等 | |
| | 交 流 电 机 | 异 步 机 | 单相异步电动机 三相异步电动机 | 广泛用于驱动一般的定速转动机械设备 |
| | | | 特殊异步电机 | 异步发电机、二相测速发电机等 |
| | | | 同 步 机 | 同步发电机 |
| | | 同步电动机 | | 驱动低速大功率机械设备 |
| | | 特殊同步电机 | | 单相同步发电机、超同步电动机 |
| | | 交流整子式电动机 | 靠交流电运行，具有与直流电动机相同的控制特性，用于要求对速度进行控制的负载 | |
| | | 静 止 电 机 | 变 压 器 | 单相变压器 |
| 三相变压器 | | | | |
| 特殊变压器 | 自耦变压器、仪器互感器、感应调压器 | | | |

表 2

低压电器的分类与用途

| 种 类 | 功 能 | 主 要 用 途 及 特 点 |
|--------------|-------|---|
| 刀开关、 转换开关 | 隔离电源 | 1. 不频繁地接通或分断小容量的低压电路; 2. 小容量电动机的直接起动和停止 |
| 熔断器 | 切断电源 | 线路及电器设备中用作过载或短路保护 |
| 自动开关 | 切断电源 | 1. 在正常情况下对电路作不频繁的接通和分断; 2. 当电路中发生过载、短路及失压时,能自动分断电路 |
| 控制器 | 转换电路 | 用于改变电路的接线或改变接在电路的电阻值来控制电动机起动、调速和反转 |
| 接触器 | 接通电源 | 用于频繁地接通或分断带有负载的主电路或大容量的控制电路 |
| 起动器 | 接通电源 | 用于频繁地接通或分断带有负载的电路且有过载、失压等保护作用 |
| 继电器 | 控制电路 | 将输入继电器的电量或非电量转换为控制电路的输出信号 |
| 主令电器 | 通断电路 | 用作远距离控制电路的通断,配合起动器、接触器对电路起控制作用 |
| 电阻器 | 限流降压 | 调整电路中的电流,控制电动机的起动、制动和调速等 |
| 变阻器 | 限流降压 | 调整电路中的电流,控制发电机出口电压及电动机的起动、反转和调速等 |
| 整流器 | 交直流变换 | 将交流电压和电流转变为直流电压和电流 |
| 电磁铁 | 能量转换 | 将输入的电能转换为磁场能,用于电磁引力搬运、自动动作、快速制动等 |

表 3

高压电器的分类与用途

| 名 称 | 功 能 | 主 要 用 途 及 特 点 |
|-------|------------------|---|
| 隔离开关 | 隔 离 电 源 | 1. 不带负荷时, 用于隔离有电和无电部分及改变运行接线方式; 2. 应与油断路器配合使用 |
| 负荷开关 | | 1. 在正常供电时, 能带负荷切断或接通电路, 但不能切断短路电流; 2. 应配熔断器使用 |
| 接地开关 | | 当一相发生短路故障时, 能自动切断其余各相线路 |
| 多油断路器 | 切 断 电 源 | 1. 在正常供电时, 能带负荷切断或接通电路, 短路时能自动切断电路; 2. 变压器油既作为灭弧剂又作为绝缘介质 |
| 少油断路器 | | 1. 切断和接通电路的功能同多油断路器; 2. 变压器油仅作为灭弧剂, 油少, 体积小, 重量轻, 可用于防火、防爆配电装置 |
| 空气断路器 | | 1. 切断和接通电路功能同油断路器; 2. 利用压缩空气灭弧, 性能好, 但结构复杂, 造价高 |
| 熔断器 | 切断电源 | 1. 用以切断线路的过载和短路电流; 2. 需与负荷开关配合使用, 大多用于负荷较小的线路 |
| 接触器 | 接通电源 | 用于遥控接通、断开和反接高压三相绕线式感应电动机 |
| 配电装置 | 配 电 | 与起动装置配合直接起动高压电动机 |

电气设备的
定 额

电气设备在规定的使用条件下, 按一定的运行方式工作时, 各项技术数据的最大允许值, 包括电气量与机械量的数值及其持续时间和顺序等称为电气设备的定额。具体的各项定额, 习惯上称为额定值, 如额定容

量、额定电压、额定电流等。电气设备大多有一个铭牌，载明设备的使用条件、运行方式和各项定额。

例如，变压器的铭牌上一般标有以下数据：

- (1) 额定容量 S_N (kVA)；
- (2) 额定电压 U_{1N}/U_{2N} (V)；
- (3) 额定电流 I_{1N}/I_{2N} (A)；
- (4) 频率 f (Hz)；
- (5) 相数 m ；
- (6) 接线图与连接图；
- (7) 温升(°C)；
- (8) 阻抗电压(短路电压) $U_d\%$ ；
- (9) 运行方式：长期或短期；
- (10) 冷却方式；
- (11) 使用条件：户内或户外；
- (12) 总重量(kg)；
- (13) 变压器油的总重量(kg)；
- (14) 变压器的自重(kg)；
- (15) 其它，如定额种类、产品型号、出厂编号等。

定额的分类 由于电气设备有连续运行、短期运行和周期反复运行等不同的工作方式，电气设备的定额相应地有连续定额、短时定额和周期定额等分类。连续定额又称为最大连续定额，在此范围内，电气设备按照制造厂所规定的使用条件和工作方式能长期连续使用，其温升和其他限制参数不会超过国家标准的规定。在短时定额范围内，电气设备从冷备用状态开始起动，按规定的条件使用了规定的短时间后，其温升和其它限制参数不会超过国家标准的规定。在周期定额范围内，设备按规定的使用条件和工作方式周期性地带负荷和