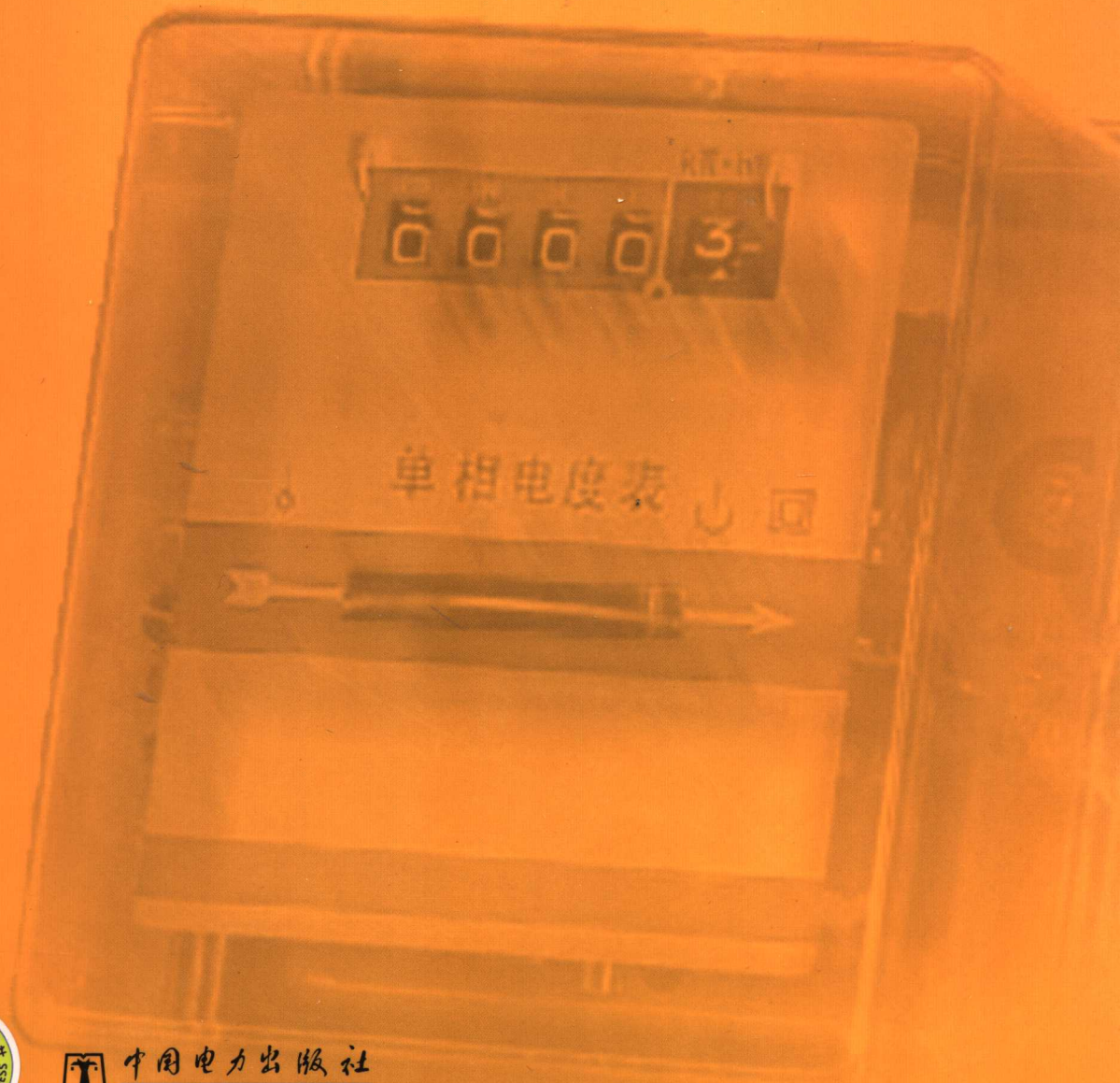




全国电力职业教育规划教材
职业教育电力技术类专业培训用书

电能计量

韩 玉 主编



中国电力出版社
<http://jc.cepp.com.cn>



全国电力职业教育规划教材
职业教育电力技术类专业培训用书

电能计量

主 编 韩 玉
编 写 丁洁平 邵丽娟 张宏凯
主 审 陈宝玉



中国电力出版社
<http://jc.cepp.com.cn>

内 容 提 要

本书为全国电力职业教育规划教材。

本书在内容选择上紧扣教学目标，注重从工程实际出发，紧密联系生产实际，力求体现电能计量新技术、新工艺和新方法的应用，突出职业教育的特点。全书共分十章，主要包括：电能计量的基本知识、电能表的结构及工作原理、电能表的误差特性及误差调整装置、测量用互感器、电能计量装置的接线方式、电能表检验和检修、电能计量装置接线及其更正、电能计量装置的综合误差、电能计量管理和电力负荷控制技术。

本书不仅可作为电力职业教育教材使用，而且可作为电力行业技术工人培训教材和自学用书，也可供从事电能计量工作的工程技术人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

电能计量/韩玉主编. —北京: 中国电力出版社, 2007

全国电力职业教育规划教材

ISBN 978-7-5083-5218-3

I. 电... II. 韩... III. 电能—电量测量—职业教育—教材 IV. TM933.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 021334 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://jc.cepp.com.cn>)

航远印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2007 年 3 月第一版 2007 年 3 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 17.5 印张 431 千字

印数 0001—3000 册 定价 26.80 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签，加热后中心图案消失
本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究

前言

本书为全国电力职业教育规划教材。它不仅可作为电力职业教育教材使用，而且可作为电力行业技术工人培训教材和自学用书，也可供从事电能计量工作的工程技术人员参考。

本书在内容选择上紧扣教学目标，注重从工程实际出发，紧密联系生产实际，力求体现电能计量新技术、新工艺和新方法的应用，突出职业教育的特点。

本课程的教学目标是使学生具有成为本专业高素质劳动者和技术应用型高级专门人才所必需的电能计量的基本知识和基本技能，具备分析和解决生产实际问题的能力，培养学生的辩证思维能力，加强职业道德意识。

本课程总学时为 60 学时，其中实验约占 10 学时，书中带有 * 号的内容不计在学时之内，可由读者自行选取。

本书由辽宁省电力有限公司锦州培训中心高级讲师韩玉担任主编，并编写第八、十章以及承担统稿工作，由辽宁省电力有限公司锦州培训中心高级讲师丁洁平编写第一、二、三章，由两锦供电公司高级工程师邵丽娟编写第六、九章，由辽宁省电力有限公司锦州培训中心高级讲师张宏凯编写第四、五、七章。两锦供电公司资深技师陈宝玉对书稿进行了审阅，提出了不少宝贵的意见。

在编写过程中，编者查阅和参考了较多的文献资料及教材，受益匪浅，在此向这些文献资料及教材的作者一并致以诚挚的谢意。

由于编者水平有限，书中难免有疏漏和不足之处，恳请广大读者不吝指正。

编者

2006 年 11 月

目 录

前言	
第一章 电能计量的基本知识	1
第一节 电能计量常用名词及定义	1
第二节 电能计量装置的基本知识	4
思考题及习题	9
第二章 电能表的结构及工作原理	10
第一节 感应式电能表的结构和工作原理	10
第二节 全电子式电能表	29
第三节 特殊用途电能表	41
思考题及习题	63
第三章 电能表的误差特性及误差调整装置	65
第一节 电能表误差的基本概念	65
第二节 电能表误差调整装置	66
第三节 电能表的负载特性曲线	79
第四节 外界条件变化对电能表误差的影响	81
思考题及习题	88
第四章 测量用互感器	90
第一节 电流互感器	90
第二节 电压互感器	100
第三节 光电式互感器的结构和原理	106
第四节 互感器的试验	110
思考题及习题	122
第五章 电能计量装置的接线方式	123
第一节 有功电能计量装置的接线方式	123
第二节 无功电能计量装置的接线方式	137
第三节 电能表联合接线	150
思考题及习题	156
第六章 电能表检验和检修	158
第一节 电能表检验内容和方法	158
第二节 电能表检定装置	169
第三节 电能表自动化检定	174
第四节 电能表的检修	176
第五节 电能表的现场检验	180
思考题及习题	183

第七章 电能计量装置接线及其更正	185
第一节 电能计量装置的错误接线	185
第二节 电能计量装置的接线检查	191
第三节 电量的抄读及退补电量的计算	208
第四节 查窃电方法及反窃电措施	218
思考题及习题	226
第八章 电能计量装置的综合误差	228
第一节 电能计量装置的综合误差	228
第二节 校验电能表时的误差分析	241
第三节 减少电能计量装置综合误差的方法	243
思考题及习题	245
第九章 电能计量管理	246
第一节 电能计量管理的内容及要求	246
第二节 电能计量标准管理	247
第三节 电能计量管理的技术考核与统计指标	249
第四节 电能计量装置的技术管理	250
思考题及习题	261
第十章 电力负荷控制技术	263
第一节 电力负荷控制技术的应用情况	263
第二节 电力负荷控制技术	264
第三节 电力负荷控制系统的发展方向	272
思考题及习题	273
参考文献	274

电能计量的基本知识

电能计量的基本知识涉及基础理论、测量技术、基本概念、误差理论等一系列的知识领域。本章重点介绍电能计量常用名词及定义,电能计量装置的基本知识两个方面的内容。

第一节 电能计量常用名词及定义

一、计量、计量学

- (1) 计量:实现单位统一和量值准确可靠的测量。
- (2) 计量学:有关测量知识领域的一门学科,有时简称为计量,如计量特性。
- (3) 法制计量学:研究与计量单位、计量器具和测量方法有关的法制、技术和行政管理要求的计量学部分。

二、量和单位

- (1) (可测的)量:现象、物体或物质可定性区别和定量确定的一种属性。
- (2) 量值:一般由一个数乘以测量单位所表示的特定量的大小。
- (3) (量的)真值:当某量能被完善地确定并能排除所有测量上的缺陷时,通过测量所得到的量值。
- (4) (量的)约定真值:对于给定的目的而言,被认为充分接近于真值,可用以替代真值的量值。
- (5) (计量)单位:用以定量表示同种量量值而约定采用的特定量。
- (6) 基本(计量)单位:在给定量制中基本量的计量单位。
- (7) 导出(计量)单位:在给定量制中导出量的计量单位。
- (8) 国际单位制:国际计量大会(CGPM)推荐采用的一种一贯单位制。

三、测量

- (1) 测量:以确定被测对象量值为目的的全部操作,有时也称计量。
- (2) 测试:具有试验性质的测量。
- (3) 被测量:作为测量对象的特定量。
- (4) 测量信号:表示被测量并与该量有函数关系的量,如电压频率变换器的频率。
- (5) 直接测量法:不必测量与被测量有函数关系的其他量,而能直接得到被测量值的测量方法。
- (6) 间接测量法:通过测量与被测量有函数关系的其他量,才能得到被测量值的测量方法。

四、计量器具

- (1) 计量器具:单独地或同辅助设备一起用以进行测量的器具。按其在检定系统中的位置可分为计量基准、计量标准、工作计量器具。
- (2) 计量装置:为确定被测量值所必需的计量器具和辅助设备的总体。

(3) (计量) 标准: 按国家计量检定系统表规定的准确度等级, 用于检定较低等级计量标准或工作计量器具的计量器具。

(4) 工作计量器具: 用于现场测量而不用于检定工作的计量器具。

(5) 积分式 (计量) 仪器: 将一量对另一量积分, 以确定被测量值的计量仪器。

五、计量器具的特性

(1) 准确度等级: 符合一定的计量要求, 使其误差保持在规定极限以内的计量器具的等别或级别。

(2) 量程: 标称范围的上下限之差的模。

(3) 测量范围: 使计量器具的误差处于允许极限内的一组被测量值的范围。

(4) 标准 (工作) 条件: 为性能试验或保证测量结果能有效地相互比对而规定的计量器具的使用条件。

(5) 灵敏度: 计量仪器的响应变化除以相应的激励变化。

(6) 稳定度: 在规定条件下, 计量仪器保持其计量特性恒定不变的能力。

六、误差

(1) 测量误差: 测量结果与被测量真值之差。测量误差可用绝对误差表示, 也可用相对误差表示。

(2) 绝对误差: 测量结果与被测量 (约定) 真值之差。

(3) 相对误差: 测量的绝对误差与被测量 (约定) 真值之比。

(4) 器具误差: 计量器具本身所具有的误差。

(5) 人员误差: 测量人员主观因素和操作技术所引起的误差。

(6) 环境误差: 由于实际环境条件与规定条件不一致所引起的误差。

(7) 方法误差: 测量方法不完善所引起的误差。

(8) 系统误差: 在同一被测量的多次测量过程中, 保持恒定或以可预知方式变化的测量误差的分量。

(9) 随机误差: 在同一被测量的多次测量过程中, 以不可预知方式变化的测量误差的分量。

(10) 粗大误差: 明显超出规定条件下预期的误差。

(11) 测量精密度: 测量结果中随机误差大小的程度, 简称为精度。

(12) 测量正确度: 测量结果中系统误差大小的程度。

(13) 测量准确度: 测量结果与被测量 (约定) 真值之间的一致程度, 又称为精确度。

(14) 测量不确定度: 被测量的真值所处量值范围的评定。

七、计量器具的误差

(1) 计量器具的示值误差: 计量器具的示值与被测量 (约定) 真值之差。

(2) 基本误差: 计量器具在标准条件下所具有的误差。

(3) 附加误差: 计量器具在非标准条件下所增加的误差。

(4) 允许误差: 技术标准、检定规程等对计量器具所规定的允许的误差极限值。

(5) 引用误差: 计量器具的绝对误差与其特定值之比。

八、计量检定

(1) (计量器具) 检定: 为评定计量器具的计量特性, 确定其是否符合法定要求所进行

的全部工作。

(2) (计量器具) 检定规程: 检定计量器具时必须遵守的法定技术文件。

(3) 量值传递: 通过对计量器具的检定或校准, 将国家基准所复现的计量单位量值通过各等级计量标准传递到工作计量器具, 以保证对被测量对象量值的准确和一致。

(4) 周期检定: 根据检定规程规定的周期对计量器具所进行的随后检定。

(5) 仲裁检定: 用计量基准或社会公用计量标准所进行的以裁决为目的的计量检定。

(6) 强制检定: 由政府计量行政主管部门所属的法定计量检定机构或授权的计量检定机构, 对社会公用计量标准, 部门和企事业单位使用的最高计量标准, 用于贸易结算、安全防护、医疗卫生、环境监测四个方面列入国家强检目录的工作计量器具, 实行的一种定点定期检定。

(7) 非强制检定: 由计量器具使用单位自己或委托具有社会公用计量标准或授权的计量检定机构, 依法进行的一种检定。

(8) 检定条件: 检定规程中对所用计量标准、检定设备和环境条件所作的规定。

(9) 检定方法: 检定规程中规定的操作方法和步骤。

(10) 检定周期: 计量器具相邻两次周期检定间的时间间隔。

(11) 检定证书: 证明计量器具经过检定合格的文件。检定证书上可指出有关检定条件的要求和说明, 给出检定结果和检定有效期。

(12) 检定印记: 证明计量器具经过检定合格而在计量器具上加盖的印记, 如在计量器具上加盖检定合格印(玺印、喷印、铅印、漆封印)或粘贴合格标签。

(13) 检定结果通知书: 证明计量器具经过检定不合格的文件。

(14) 检定标记: 加在计量器具上证明该计量器具已进行过检定的标记。

(15) 年份日期标记: 用于表明检定年份和日期的检定标记。

(16) 封印标记: 防止计量器具的某些元件被移动、拆除、更换等而做的标记。

(17) 撤销标记: 计量器具不符合法定的技术要求, 撤销其原有检定标记的标记。

(18) 调整: 为使计量器具达到性能正常、消除偏差而适于使用状态所进行的操作。

九、计量管理

(1) 计量法: 国家为统一计量单位制度, 保证量值准确可靠, 实施计量监督管理而制定的法律、法规的总和。

(2) 计量管理: 为在国民经济各个领域提供计量保证所开展的各项管理工作。

(3) 计量监督: 按计量法律、法规的要求所进行的计量管理。

(4) 法定(计量)单位: 计量法律、法规规定的强制使用或推荐使用的计量单位。

(5) 法定计量器具: 按计量法律、法规规定进行管理的计量基准、计量标准和工作计量器具。

(6) 法定计量部门: 负责对计量法律、法规实施监督管理的部门。

(7) 计量授权: 由政府计量行政主管部门依法赋予技术机构承担计量法规定的强制检定和其他检定、测试任务的一种授权。

(8) 法定计量检定机构: 各级政府计量行政主管部门依法设置的计量检定机构以及由其授权的计量检定机构。

(9) 计量认证: 政府计量行政主管部门对向社会提供公正数据的技术机构的计量检定和

测试的能力、可靠性和公正性所进行的考核和证明。

第二节 电能计量装置的基本知识

一、电能计量装置的一般概念

1. 电能计量装置

在电力系统中,为了安全生产、保证电能质量以及做好经济核算工作,装设了各种各样的测量表计,以便随时检测所需要的各种参数,如电压、电流、功率、电能等。在这些仪表中,有反映瞬时值的表计,有记录累积值的表计。电能表就是专门用来测量电能累积值的一种表计。

在高电压、大电流系统中,一般的测量表计不能直接接入被测电路进行测量,需要先通过电压互感器和电流互感器变换成低电压、小电流后再进行测量。我们把电能表与配合使用的互感器以及电能表到互感器的二次回路接线统称为电能计量装置。没有它,电能 in 发、供、用三方面就无法进行买卖,因此有人把电能计量装置比作电力企业销售产品的一杆秤。

2. 电能计量装置的作用

(1) 通过电能计量装置测量发电量、厂用电量、供电量以及售电量等,为电力企业制定生产计划、供电计划,搞好经济核算,合理计收电费提供依据。

(2) 工农业用电部门通过电能计量装置加强经营管理,考核单位产品耗电量,制定电力消耗定额,以利于开展节约用电,提高经济效益。

(3) 随着人民生活水平的不断提高,居民用电量与日俱增,电能表已逐渐成为千家万户不可缺少的电气仪表。

总而言之,电能计量管理直接关系到国家的财政收入、电力企业的最终经济效益和客户电费的合理负担。

二、电能表的分类及铭牌标志

1. 电能表的分类

(1) 按接通电源的性质分:有直流电能表和交流电能表。

(2) 按结构及工作原理分:有机械式电能表和静止式(电子式)电能表。机械式电能表按工作原理又可分为感应式、电动式和磁电式电能表,其中以感应式电能表应用最为普遍,电动式电能表主要用于测量直流电能,磁电式电能表主要用做安培小时计;电子式电能表可分为全电子式电能表和机电式电能表,也有将机电式电能表单独列为一类的。

(3) 按用途分:有工业与民用电能表、标准电能表及特殊用途电能表(包括最大需量表、复费率电能表、损耗电能表、脉冲电能表等)。

(4) 按准确度等级分:有 3.0、2.0、1.0、0.5、0.2 级普通安装式电能表,0.2、0.1、0.05、0.02、0.01 级携带式精密级电能表。

2. 电能表铭牌

每只电能表在表盘上都有一块铭牌标志,如图 1-1 所示。各国电能表铭牌上的标志有所不同,我国电能表铭牌的各项主要标志的含义如下。

(1) 名称。标明该电能表按用途分类的名称,如单相电能表、三相三线有功电能表、三相无功电能表等。

(2) 型号。电能表的型号是用字母和数字的排列来表示的, 内容如下:

1) 类别代号。D—电能表。

2) 级别代号。表示相线: D—单相; S—三相三线; T—三相四线。

表示用途分类: A—安培小时计; B—标准; D—多功能; H—总耗; J—直流; M—脉冲; S—全电子式; X—无功; Z—最大需量; Y—预付费; F—复费率。

3) 设计序号。用阿拉伯数字表示。

4) 派生号。T—湿热、干燥两用; TH—湿热带用; TA—干热带用; G—高原用; H—船用; F—化工防腐用。

型号举例:

DD—单相电能表, 如 DD701、DD95 型;

DS—三相三线有功电能表, 如 DS862 型;

DT—三相四线有功电能表, 如 DT862 型;

DJ—直流电能表, 如 DJ1 型;

DB—标准电能表, 如 DB2、DB3 型;

DBS—三相三线标准电能表, 如 DBS25 型;

DBT—三相四线标准电能表, 如 DBT25 型;

DSF—三相三线复费率分时电能表, 如 DSF1 型;

DDS—单相电子式电能表, DDS708 型;

DSSD—三相三线全电子多功能电能表, 如 DSSD708 型;

DDY—单相预付费电能表, 如 DDY29 型;

DX—无功电能表, 如 DX1、DX8 型。

(3) 电能计量单位。有功电能计量单位为 $\text{kW} \cdot \text{h}$; 无功电能计量单位为 $\text{kvar} \cdot \text{h}$ 。

(4) 字轮式计度器的窗口。整数位和小数位用不同的颜色区分, 中间有小数点; 若无小数位, 窗口各字轮均有被乘系数, 如 $\times 100$, $\times 10$, $\times 1$ 等。

(5) 准确度等级。用置于圆圈内的数字表示, 如圈内数字 2, 表明该表准确度等级为 2.0 级。

(6) 基本电流和额定最大电流。作为计算负载的基数电流值叫做基本电流, 用 I_b 表示; 能长期工作, 而且误差与温升完全满足技术条件的最大电流值叫做额定最大电流, 用 I_{\max} 表示。如 10 (40) A, 表明基本电流为 10A, 额定最大电流为 40A。如果额定最大电流小于基本电流的 150%, 则只标明基本电流。对于三相电能表还应在前面乘以相数, 如 $3 \times 5 (20) \text{A}$;

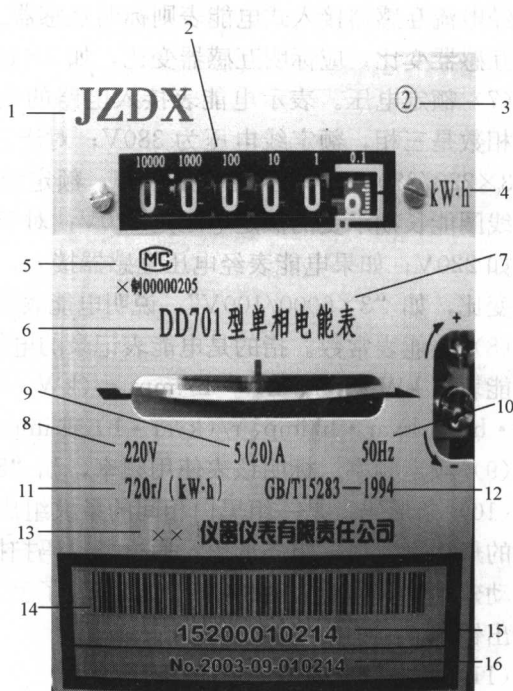


图 1-1 电能表铭牌

- 1—商标; 2—字轮式计度器窗口; 3—准确度等级;
4—计量单位; 5—计量许可证标志; 6—电能表型号;
7—电能表名称; 8—额定电压; 9—基本电流和额定最大电流; 10—额定频率; 11—电能表常数;
12—制造标准; 13—生产厂家; 14—条形码;
15—编号; 16—生产日期

对于经电流互感器接入式电能表则标明互感器二次侧电流，以/5A表示；若电能表常数中已考虑互感器变比，应标明互感器变比，如 $3 \times 1000/5A$ 。

(7) 额定电压。表示电能表接入电路的电压。对于三相三线电能表标注“ $3 \times 380V$ ”，表示相数是三相，额定线电压为380V；对于三相四线电能表标有相数、相电压和线电压，如“ $3 \times 220/380V$ ”，表示相数是三相，额定线电压为380V，额定相电压为220V，即此表电压线圈能长期承受的额定电压是220V；对于单相电能表则以电压线路接线端上的电压表示，如220V；如果电能表经电压互感器接入，并且在常数中已考虑互感器变比，应标明互感器变比，如“ $3 \times 6000/100V$ ”，说明电能表额定电压为100V。

(8) 电能表常数。指的是电能表记录的电能和相应的转数或脉冲数之间关系的常数。有功电能表以 $kW \cdot h/r$ 、 $kW \cdot h/imp$ 、 $r/(kW \cdot h)$ 或 $imp/(kW \cdot h)$ 形式表示；无功电能表以 $kvar \cdot h/r$ 、 $kvar \cdot h/imp$ 、 $r/(kvar \cdot h)$ 或 $imp/(kvar \cdot h)$ 形式表示。


(9) 额定频率。标明该表使用频率，如“50Hz”。


(10) 条形码。是一组黑白相间的条纹组成的标志。它能将电能表铭牌上的所有信息按一定的规律设置成一组条形码，通过条形码扫描器可将电能表的信息输入到计算机，由计算机自动建立每只电能表的档案卡片，摆脱了手工卡片式电能表管理，这样既提高效率，又降低了出错率。


(11) 商标。


(12) 许可证标志。


(13) 相数、线数的符号。

1) 单相二线有功电能表符号：

2) 三相三线有功电能表符号：

3) 三相四线有功电能表符号：

4) 三相四线无功电能表符号：


5) 三相三线无功电能表符号：


(14) 耐受环境条件的能力级别，分P、S、A、B四组。

(15) 制造标准。

(16) 制造厂的名称或地址。

(17) 制造年份。

(18) 如果电能表带有止逆器，则标志为：。

(19) 绝缘封闭Ⅱ类防护电能表标志为：。

(20) 出厂编号。

除上述项目外，如果电能表的额定温度不是 $23^{\circ}C$ ，也应在铭牌上标出；用于容性负载的无功电能表应标明“容性负载”；当复费率电能表的切换磁铁的电压不同于额定电压时，应特殊地标在铭牌上或另外的标牌上。

三、电能计量技术的发展概况

(一) 电能表的发展概况

1. 感应式电能表技术的发展

世界上最早的电能表是德国人爱迪生 1880 年用电解原理制成的直流电能表, 即安培小时计。随着交流电的产生和应用, 1888 年, 意大利科学院物理学家费拉里斯 (Ferraris) 首先提出了用旋转磁场的理论测量交流电能。与此同时, 美国某电工技术学校的物理教师也利用旋转磁场的原理制成了感应式电能表, 它仅是电能表的雏形。1889 年, 匈牙利岗兹公司一名叫布勒泰的德国人制成了一个重达 36.5kg 的感应式电能表, 其电压铁芯就重达 6kg, 是无单独电流铁芯的感应式电能表。1890 年出现了带电流铁芯的感应式电能表, 反作用力矩靠交流电磁铁产生, 转动元件是一个铜环。直到 19 世纪末, 人们利用直流电磁铁代替交流电磁铁, 铝圆盘代替铜制的圆盘, 表的计数机构几经改进, 产生了单相和三相的感应式交流电能表。

在 20 世纪很长的一段时间内, 电能表的发展方向主要放在如何缩小体积和改善工作性能的研究上。1905 年, 随着高导磁材料的出现, 电能表的重量大大减轻, 自身功率损耗也大大降低。到 20 世纪 20 年代, 电能表的铁芯重量降到 1.5~2kg。

20 世纪 30 年代出现的铬钢、铝镍合金磁铁代替了钨铜, 使电能表的体积进一步缩小, 圆盘转速也降低, 同时电能表负载特性也有所改善。在此基础上出现了用磁分路来补偿过负载特性的方法, 但当时的过负载特性只有 150%~200%。

20 世纪 40 年代起, 电能表的发展方向转向外界条件对电能表影响的研究上。20 世纪 50 年代和 60 年代主要研究调整机构的合理化和提高抗雷击的性能。20 世纪 70 年代和 80 年代已经解决了延长电能表使用寿命和提高过载能力的生产技术。

经过一百多年的不断改进和完善, 交流感应式电能表的技术已经成熟, 目前, 电能表的过载能力达到 600% 以上; 双宝石轴承和磁力轴承的采用, 使电能表的寿命达到 15~30 年。但由于感应式电能表受制造和机理的限制, 单相电能表准确度可达 1.0 级, 三相电能表准确度可达 0.5 级。

随着电力系统的不断扩大以及对电能合理使用的探索, 交流感应式电能表暴露出准确度低、适用频率范围窄和功能单一等缺点。为使电能计量仪器仪表适应工业现代化和电能管理现代化飞速发展的需求, 电子式交流电能表应运而生。

2. 电子式交流电能表技术的发展

早期的电子式交流电能表仍采用感应式电能表的测量机构 (简称感应式测量机构) 作为工作元件, 由光电传感器完成电能—脉冲转换, 然后经电子电路对脉冲进行适当处理, 从而实现电能的测量。由于此种电能表由感应式测量机构配以脉冲产生装置构成, 因此被称为感应式脉冲电能表。

电子式交流电能表最早诞生于工业发达国家。早在 1976 年日本就研制出电子式交流电能表, 但当初电子式交流电能表在现场使用环境下暴露出抗干扰能力差等弱点, 曾一度制约了它的应用。

20 世纪 80 年代中期, 随着电子电路设计与制造新技术的出现, 集成电路开始在计量装置中应用, 使电子式交流电能表在各种现场环境下的工作可靠性问题被解决, 也使电子式电能表准确度达到 0.05~0.5 级。电子式交流电能表在实施复杂的多费率、最大需量、电能数

据传输及交换等方面具有明显的优越性,实现了集测量有功电能、无功电能、视在功率、功率因数、缺相指示及脉冲输出等几十个特征参数为一体的多功能化。

进入20世纪90年代,随着微机技术的发展,基于先付费后用电的管理思想,智能型IC卡预付费电能表应运而生。使用这种电能表时,只需将记录有购、用电信息的电子钥匙插入其中即可用电,当所购电能将要耗尽时,这种电能表便可自动提醒客户及时再购电,使供电管理部门不再挨门挨户地花费大量人工催缴电费、统计用电量,为电能计量的智能化管理奠定了基础。由于这种电能表已发展到可对客户的用电参数进行分析计算然后实施控制处理,即已具有一定的智能特点,故又有智能电能表之称。与此同时,远程电能表数据采集系统也开始了实施应用。

目前,电子式电能表已发展到与电能的智能化计量管理密不可分的程度,电能表数据采集技术有力地推动了远程技术的发展,形成了智能型电能量采集与计费管理自动化系统。

我国电能表的生产始于20世纪50年代初,当时只是仿制国外的电能表。经过几十年的不断努力,我国电能计量技术和仪表的开发生产得到了飞速发展,各种类型电能表在品种和质量上得到了扩展与提高。为满足推行峰谷电价制的需要,开发生产了各种复费率电能表;为满足一户一表的需要,开生产了IC卡电能表;为防窃电,又生产了防窃电电能表;为满足用电营业管理的需要,开生产了多功能电能表、电能管理系统;为满足负荷监控的需要,开发了无线电力负荷监控系统;为实现抄表自动化、远程化,开发了远程自动化抄表系统。这些仪表不仅可满足国内需要,还远销国外。

(二) 互感器的的发展概况

从1876年俄国人雅布洛启科夫研制出世界第一台变压器以来,人们就一直探索发明电压互感器和电流互感器,其目的是测量高电压和大电流。基于变压器的原理,1881年就诞生了电压互感器,1885年电流互感器开始问世。从此,人们开始在缩小互感器的体积、提高测量准确度上下功夫。

到目前为止,电厂和大型枢纽变电站采用0.2级的电压互感器和电流互感器,其他的一般采用0.5级电压、电流互感器。为了减小误差,提高测量准确度,对电压互感器和电流互感器的无源补偿和有源补偿装置、对电压互感器二次侧导线压降的有源补偿装置也应运而生。

随着电力系统电力传输容量的不断增长和电网电压的不断提高,传统电磁式结构的互感器已暴露出许多缺点,从20世纪80年代开始,我国一些科研单位和高等院校已开发和研制出光电式互感器,它们具有传统式互感器不可比拟的优点,现已进入试运行阶段。

(三) 电能表校验装置的发展概况

电能表校验装置主要包括电能计量基准与标准校验装置和便携式电能表现场校验仪两方面。

20世纪70年代以前,大部分采取的是利用实负荷与表计对比等原始校验方法,如瓦秒法和比较法等,这种方法速度慢、准确度不高、工作效率低。

20世纪80年代初期,出现了计量与微机接口的软件操作平台,通过光电传感电路,把光信号转换成电信号,经过模/数变换传给计算机,使准确度和效率大大提高。这种电能表校验装置具备准确度高、自动化程度高、多表位、多功能等特点,使电能表校验逐步向程序化、规模化方向发展。

目前,我国电能计量基准与标准校验生产的单相和三相校验装置以及便携式电能表现场校验仪已达到国际先进水平。这些电能表校验装置的诞生,使该行业出现一个空前辉煌的时期,从此新技术不断涌现,新产品琳琅满目,一片勃勃生机,至今仍呈方兴未艾之势。

思考题及习题

- 1-1 什么是计量学?什么是法制计量学?
- 1-2 什么是量值?什么是量的真值?
- 1-3 什么是测量?什么是直接测量法?什么是间接测量法?
- 1-4 什么是计量器具?什么是计量装置?什么是计量器具的准确度等级?
- 1-5 什么是测量误差?什么是绝对误差?什么是相对误差?
- 1-6 什么是强制检定?什么是周期检定?什么是仲裁检定?
- 1-7 什么是检定印记?什么是检定标记?什么是封印标记?
- 1-8 什么是计量法?什么是计量管理?什么是计量认证?
- 1-9 什么是电能计量装置?电能计量装置的作用是什么?
- 1-10 简述电能表额定最大电流和基本电流的含义。
- 1-11 什么是电能表常数?



电能表的结构及工作原理

第一节 感应式电能表的结构和工作原理

利用固定交流磁场与由该磁场在可动部分的导体中所感应的电流之间的作用力而工作的仪表，称为感应式仪表。常用的交流电能表就是一种感应式仪表。

一、感应式单相电能表的结构

尽管感应式电能表的种类、型号很多，但它们的基本结构是大同小异的，即都是由测量机构（驱动元件、转动元件、制动元件、轴承、计度器），补偿、调整装置和辅助部件（外壳、基架、端钮盒、铭牌）组成。

（一）测量机构

测量机构是电能表实现电能测量的核心部分。图 2-1 是感应式单相电能表测量机构简图。

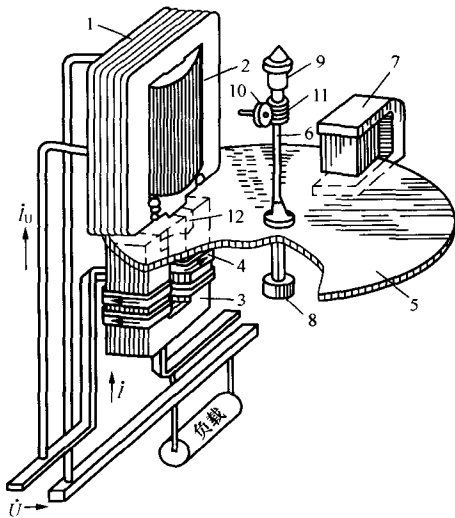


图 2-1 感应式单相电能表测量机构

- 1—电压铁芯；2—电压线圈；3—电流铁芯；
4—电流线圈；5—圆盘；6—转轴；
7—制动元件；8—下轴承；9—上轴承；
10—蜗轮；11—蜗杆；12—回磁板

1. 驱动元件

（1）驱动元件由电压元件和电流元件组成，它的作用是当被测电路的电压和电流作用于电压元件和电流元件时，建立交变磁通，与其在圆盘内产生的感应电流相互作用，进而产生驱动力矩，使圆盘转动。

1) 电压元件。如图 2-1 所示，电压元件由电压铁芯 1、电压线圈 2 和回磁板 12 组成。电压铁芯由 0.35~0.5mm 厚的硅钢片叠成，它下面固定着回磁板 12。回磁板是由 1.5~2mm 厚的钢板冲压而成的，它的作用是构成电压工作磁通的磁路。电压线圈是由直径 0.08~0.17mm 的漆包线绕成的，其匝数多，一般按 25~50 匝/V 来选择。

电能表接入被测电路后，电压线圈与负载相并联，而且不论是否有负载电流，它总是带电的，所以，应尽量减小电压元件的功率消耗，一般其功率消耗应控制在 0.5~1.5W 之内。

2) 电流元件。如图 2-1 所示，电流元件由电流铁芯 3 和电流线圈 4 组成。电流铁芯由 0.35~0.5mm 厚的 U 形高硅钢片叠成。电流线圈分为匝数相等的两部分，分别绕在 U 形铁芯的两柱上，其绕向相反。电流线圈的匝数较少，其安匝数一般为 60~150A·匝，线圈的匝数由电能表的安匝数除以基本电流求得，其导线直径可按电流密度不超过 3~5A/mm² 来选择。JB793—1978《交流电能表》规定，电能表单个电流线圈在通入基本电流时，所消耗的视在功率不超过 2.0V·A。

电能表接入被测电路后，电流线圈与负载相串联，因此通过电流线圈的电流就是负载电流。

(2) 电能表驱动元件的布置形式可分为辐射式和切线式两种。切线式的电压铁芯垂直于圆盘半径方向放置，如图 2-2 (a) 所示；辐射式的电压铁芯平行于圆盘半径方向放置，如图 2-2 (b) 所示。切线式驱动元件比辐射式的结构简单、体积小、便于安装及大批量生产，并且具有较好的技术性能，所以被广泛采用。我国生产的电能表，其驱动

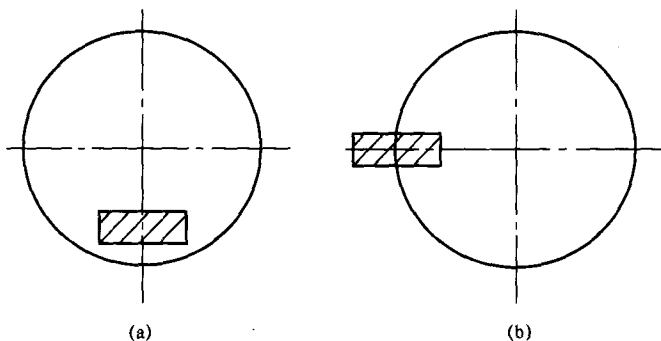


图 2-2 电能表驱动元件的布置

(a) 切线式驱动元件；(b) 辐射式驱动元件

元件都采用切线式。切线式驱动元件又分为分离式、封闭式和组合封闭式等几种基本结构形式，如图 2-3 所示。

分离式驱动元件的电压铁芯和电流铁芯彼此是分开的，并用螺钉固定在基架上，如图 2-3 (a) 所示。该结构体积小、重量轻、耗用的硅钢较少，而且便于检修；但是沿电压、电流铁芯的各个磁路气隙和铁芯本身的对称性不易控制，往往造成同一类型电能表的计量特性不一致，容易引起电能表电流、电压潜动，因此在检修时，应尽量避免拆卸。一般普通型电能表多采用这种结构。

封闭式驱动元件的电压铁芯和电流铁芯是用整块硅钢片冲成，然后叠成一个整体，如图 2-3 (b) 所示。它的主要特点是可以利用电压工作磁通磁化电流铁芯，改善轻负载时的误差特性，同一类型电能表计量特性的重复性较好，不易产生电压、电流潜动；但是铁芯形状复杂，加工较困难，冲制铁芯耗用的钢材多，拆装电压、电流线圈比较困难。

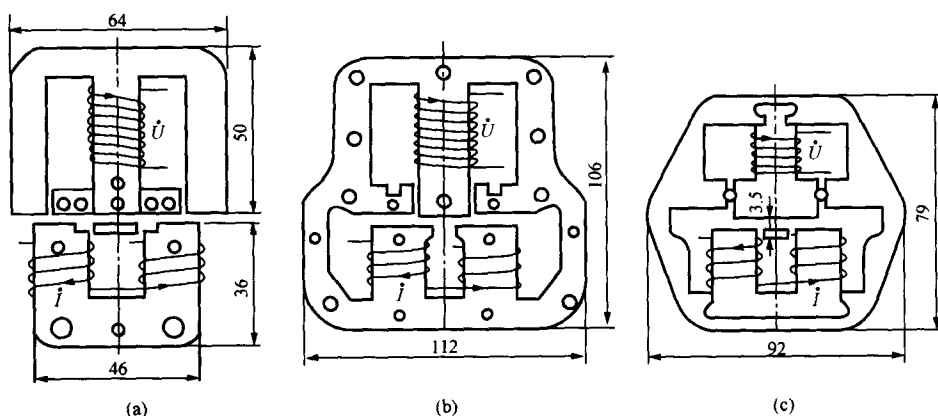


图 2-3 切线式驱动元件的结构形式

(a) 分离式；(b) 封闭式；(c) 组合封闭式

组合封闭式驱动元件的电压铁芯和电流铁芯是用铆钉或螺钉连成一个整体，但电流铁芯可以从整体中分离，如图 2-3 (c) 所示。它比封闭式较易装配电压、电流线圈，负载特性