



国家示范性高职院校精品教材

DIANNENG JILIANG

电能计量

四川电力职业技术学院 组编
张 冰 主编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS



国家示范性高职院校精品教材

DIANNENG JILIANG

电能计量

四川电力职业技术学院 组编



张冰 主编
李森 编写
王月志 主审



NLIC2970819113



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书为国家示范性高职院校精品教材。

本书共分六个学习情境，每个学习情境分知识准备和实训指导两个部分，主要围绕电子式电能表检定、互感器检定、电能表现场检验、电能计量装置配备与安装、电能计量装置接线检查、架空接户线安装等电能计量岗位的典型工作任务展开，同时涵盖电能表、计量用互感器结构和工作原理、电能计量装置的接线及配置、电能计量装置接线检查及差错电量的计算、电能计量装置综合误差分析、反窃电技术等专业知识以支撑专业技能。

本书可作为高职高专学院电力类相关专业教材，也可作为从事电力检修、供电企业营销管理等人员的参考书。

图书在版编目（CIP）数据

电能计量 / 张冰主编；四川电力职业技术学院组编. —北京：中国电力出版社，2012.4

国家示范性高职院校精品教材

ISBN 978-7-5123-2965-2

I. ①电… II. ①张… ②四… III. ①电能计量—高等教育—教材 IV. ①TM933.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2012）第 078418 号

中国电力出版社出版、发行

（北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>）

北京市同江印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2012 年 7 月第一版 2012 年 7 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 11.25 印张 266 千字

定价 26.00 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签，刮开涂层可查询真伪
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

四川电力职业技术学院
专业人才培养方案及教材
编审委员会

主任委员 王 旭 严光升

副主任委员 李开勤

委 员 刘 勇 周庆霞 林文静 景 敏

李 刚 李 俭 方 鉴 熊名扣

蒙昌嘉 何 勇 赵大林 蔡燕生

汤晓青

前言

电能计量作为供电企业营销工作中的一项重要工作,与营销各岗位之间联系密切。本教程以电力营销工作过程为导向,围绕电能计量典型工作任务展开电能计量理论学习和技能实训,使学生熟练掌握供用电技术专业所需电能计量专业知识和技能,培养符合生产第一线需要的高技能人才。

本教材主要围绕电子式电能表检定、互感器检定、电能表现场检验、电能计量装置配备与安装、电能计量装置接线检查、架空接户线安装等电能计量岗位的典型工作任务展开,同时涵盖电能表、计量用互感器结构和工作原理、电能计量装置的接线及配置、电能计量装置接线检查及差错电量的计算、电能计量装置综合误差分析、反窃电技术等专业知识以支撑专业技能。

本教材的主要特色是实训设施与行业企业生产现场主要设备完全相同,从而有条件依据国家职业标准和行业岗位标准,以岗位分析和具体工作过程为基础设计模块化技能主导型课程,使校内学习内容与实际工作内容达成一致。为了进一步提高实训效果,在全面推行课堂与实训地点一体化、引入任务驱动教学模式的同时,制作了电能计量职业岗位群主要工作任务和具体工作过程的操作示范视频资料,不仅可在上课实训时同步播放以指导学生进行实际操作训练,在课前、课后也可以作为预习、复习辅导资料,帮助学生提高学习效率、巩固学习效果。四川省精品课程网站 <http://www.xy.sc.sgcc.com.cn/dnjl/default.aspx>。

本书由四川电力职业技术学院张冰担任主编。全书共分为六个学习情境,第一、五个学习情境由张冰编写;第二、三个学习情境由李淼编写;第四、六个学习情境由黄晓青编写。全书由成都电业局谭开斌完成审校和统稿。沈阳工程学院王月志担任主审。本教材的编写得到了王月志的大力支持,且对本教材编写提出了宝贵意见,在此表示感谢。

由于编写时间仓促,本教材难免存在疏漏之处,恳请各位专家和读者提出宝贵意见,使之不断完善。

编者
2012年6月

目 录

前言

学习情境一 电能表检定	1
第一部分 知识准备	1
第二部分 实训指导	17
学习情境二 互感器检定	26
第一部分 知识准备	26
第二部分 实训指导	44
学习情境三 电能计量装置现场检验	51
第一部分 知识准备	51
第二部分 实训指导	66
学习情境四 电能计量装置配备与安装	74
第一部分 知识准备	74
第二部分 实训指导	97
学习情境五 电能计量装置接线检查	106
第一部分 知识准备	106
第二部分 实训指导	139
学习情境六 架空接户线安装	146
第一部分 知识准备	146
第二部分 实训指导	163
参考文献	169

学习情境一 电能表检定

学习任务

依据 JJG 596—1999《电子式电能表检定规程》完成电子式三相电能表的检定。

学习目标

1. 能准确说明电能计量装置的概念。
2. 能简要说明电能表的结构和工作原理,并简要叙述检验电能表的一般规定和调整方法。
3. 能详细叙述电子式电能表的检定方法。
4. 能简要叙述设备全寿命周期管理的内容和要求。
5. 能按规程要求完成下列检定项目:工频耐压试验;直观检查和通电检查;启动、潜动试验;校核计度器示数;确定电能测量基本误差;确定电能测量标准偏差估计值;确定日计时误差和时段投切误差;确定需量误差和需量周期误差。
6. 能按规程要求处理原始记录和出具检定证书(或检定结果通知书)。
7. 养成工作安全和事故防护的习惯。
8. 扩展相应的收集信息能力、解决实际问题的能力。

第一部分 知识准备

一、电能表

电能表是专门用于计量某一时间段电能累计值的仪表,无论哪种类型的电能计量装置都必须有电能表,它是电能计量装置的最基本组件。

(一) 电能表的分类

1. 按结构和工作原理分类

常见的有机电式电能表和静止式(电子式)电能表。

2. 按接入方式分类

分为直接接入式和间接接入式(经互感器接入式)电能表;其中,又有单相、三相三线、三相四线电能表之分。

3. 按计量对象分类

主要有有功电能表、无功电能表、最大需量表、复费率(分时)电能表、多功能电能表、智能电能表等。近年来主要以多功能电能表、智能电能表为主,单一功能的最大需量表基本上已经被淘汰。

此外,按用途有测量和标准之分,按接入电源的性质有交流和直流之分;按平均寿命的



长短,可以将单相机电式电能表分为普通型和长寿命技术型。

(二) 电能表主要技术指标

1. 基本电流和最大电流

根据规程的定义,基本电流是确定仪表有关特性的电流值,用 I_b 表示;而能使电能表长期工作并能基本满足准确度要求的电流最大值称为最大电流,用 $I_{\max}$ 表示。

对于单相电能表,以常见的规格 10(40)A 为例,表示基本电流为 10A,最大电流为 40A。对于三相电能表,还应在基本电流值前面乘以相数,如 $3 \times 10(40)$ A。对于经电流互感器接入的三相电能表,常见的规格为 $3 \times 1.5(6)$ A,表示基本电流为 1.5A,最大电流为 6A。

此外,在参比电压、参比频率和功率因数等于 1 时能使转盘转动或输出计数脉冲所需要的最小负载电流称为启动电流。

2. 准确度等级

准确度等级主要用于衡量电能表计量结果的准确程度,通常用 K 表示, K 的含义是:在规程规定的参比条件下,当负载功率因数 $\cos\varphi=1.0$,加参比电压、参比频率,负载电流在 $10\%I_b \sim I_{\max}$ 范围内,安装式单相电能表和平衡负载时三相电能表的基本误差限均不得超过 $\pm K\%$ 。

如电能表铭牌上的标记“②”表示该电能表的准确度等级为 2 级,其基本误差在上述条件下不得超过 $\pm 2\%$ 。

安装式电能表准确度等级一般分为 3、2、1、0.5、0.5S、0.2、0.2S 级,准确度等级的数值越小,表示计量准确程度越高。S 级电能表与非 S 级电能表的主要区别在于对轻负载计量的准确度要求不同。非 S 级电能表在 5%基本电流以下没有误差要求,而 S 级电能表在 1%基本电流时便有误差要求。

3. 电能表常数

反映电能表记录的电能量和相应的转盘转数或输出脉冲数之间关系的常数称为电能表常数,机电式有功电能表以 r/kWh 表示;机电式无功电能表以 $r/kvarh$ 表示;电子式有功电能表以 imp/kWh 表示;电子式无功电能表以 $imp/kvarh$ 表示。其含义是, r/kWh 表示使用 $1kWh$ 的电能量,电能表转盘转动的圈数,如 $720r/kWh$ 表示机电式或机电一体式电能表每记录 $1kWh$ 的电量转盘将转 720 圈; imp/kWh 表示使用 $1kWh$ 的电能量电能表输出的脉冲数,如 $200imp/kWh$ 表示电子式电能表每记录 $1kWh$ 的电量将输出 200 个脉冲或者说电能表的脉冲指示灯将闪烁 200 次。

4. 参比电压

参比电压是表示电能表电压回路的电压值,以 U_n 表示。

直接接入式三相三线电能表以相数乘以线电压表示,如 $3 \times 380V$,表示电能表功率元件电压线圈接入电压为线电压 380V。经电压互感器接入时,标识为 $3 \times 100V$,表示电能表功率元件电压线圈接入线电压为 100V。

直接接入式三相四线电能表则以相数乘以相电压/线电压表示,如 $3 \times 220/380V$,表示电能表适用于相电压为 220V、线电压为 380V 的系统中,因为电能表内部三个功率元件中的电压线圈是按照 Y 形连接,故电压线圈接入 220V 相电压。经电压互感器接入时,标识为 $3 \times 57.7/100V$,此时三个功率元件接入三台电压互感器二次侧,也是按照 Y 形连接,故电压线圈接入的是电压互感器的相电压,所以标识为 $3 \times 57.7/100V$ 。



对于单相电能表表示额定相电压为 220V。

5. 参比频率

参比频率是确定仪表相关特性的频率值，以赫兹（Hz）为单位，一般为 50Hz。

这里仅列举了电能表最基本、最常用的几个指标，其他的技术指标不再赘述，若需要，请查阅有关规程。

（三）电能表的型号

我国电力行业电能表型号的最新表示方法一般按下列规则编排：

类别代号 + 组别代号 + 功能代号 + 注册号 + 通信方式代号

1. 类别代号

D—电能表。

2. 组别代号

有两位字母。

第一位字母表示类型：D—单相；S—三相三线有功；T—三相四线；X—无功。

第二位字母表示扩展功能：

F—复费率；S—全电子式；Z—智能。

3. 功能代号

有一位字母。

D—多功能；F—复费率；Y—预付费（在组别代号 Z 之后表示“费控”）。

4. 注册号（设计序号）

如：532C 表示注册号、CPU 卡。

5. 通信方式代号

一位字母，Z 表示载波；G 表示无线；S 表示射频卡；C 表示 CPU 卡。

6. 常用电能表型号举例

常用的全电子式电能表有：

DDSF——表示单相全电子式复费率电能表，如 DDSF99A2 型；

DSSF——表示三相三线全电子式复费率电能表，如 DSSF62 型；

DTSF——表示三相四线全电子式复费率电能表，如 DTSF71 型；

DSSD——表示三相三线全电子式多功能电能表，如 DSSD331 型；

DTSD——表示三相四线全电子式多功能电能表，如 DTSD188 型；

DDZY——表示单相费控智能电能表，如 DDZY400 型；

DTZY/C——三相费控 CPU 卡智能表，如 DTZY400C 型；

DTZY/C-Z——三相费控 CPU 卡载波智能表，如 DTZY400C-Z 型。

常用的机电式电能表有：

DD——表示单相机电式电能表，如 DD862 型；

DS——表示三相三线有功电能表，如 DS864 型；

DT——表示三相四线有功电能表，如 DT862 型；

DX——表示无功电能表，如 DX862 型；

DSF——表示三相三线复费率电能表，如 DSF188 型；

DTF——表示三相四线复费率电能表，如 DTF188 型。



(四) 电能表的铭牌标志

在每只电能表的铭牌上通常有下列标志：商标，制造计量器具许可证标志（CMC）和制造、生产许可证编号等，计量单位名称或符号（如 kWh），电能表的名称及型号，基本电流和最大电流，参比电压、相数和线数，参比频率，电能表常数，准确度等级，制造标准（一般 GB/T ×××—×××），制造厂名称，制造时间，出厂编号，条形码等。

(五) 常用电能表的结构、工作原理和技术特点

1. 机电式电能表

机电式电能表的型号、规格虽然很多，且各有不同，但它们的基本结构及工作原理都很相似。机电式电能表的核心部分是它的测量机构，一般由串联的电流元件及铁芯、并联的电压元件及铁芯、可转动的铝盘、制动的永久磁铁、计度器和机架等组成。当电能表接在交流电路中，电压线圈两端加以线路电压，电流线圈中流过负载电流，电压元件和电流元件就产生在空间上的不同位置、在相角上不同相位的电压和电流工作磁通。它们分别穿过铝盘，并各在铝盘中产生感应涡流，于是电压工作磁通与由电流工作磁通产生的感应涡流相互作用，电流工作磁通与由电压工作磁通产生的感应涡流相互作用，作用的结果在铝盘中就形成以铝盘转轴为中心的转动力矩，此转矩与负载的有功功率成正比，使电能表铝盘始终按一个方向转动起来。由永久磁铁产生的制动力矩同时作用在铝盘上，使铝盘转速与负载的有功功率成正比。铝盘的转数通过涡轮、蜗杆及计度器，转换为电路所消耗电能的数值。

当电能表接入电路中，电路消耗的电能与时间 t 内铝盘转动的转数成正比，即

$$W = Pt = Knt = KN \quad (1-1)$$

式中 W ——电路消耗的电能，kWh；

P ——电路消耗的功率，kW；

t ——计量的时间段，h；

n ——转速，r/min；

N ——铝盘的转数，r；

K ——电能表的比例常数，kWh/r。

三相机电式电能表是在单相机电式电能表的基础上发展制成的。区别在于每只三相表是由二组或三组电磁驱动元件组成，它们分别产生的驱动力矩共同作用在同一轴上的一个（或两个）圆盘上，并由一个计度器显示出三相电路消耗的总电能。

由于计量对象的不同，机电式电能表可分为有功电能表和无功电能表。

(1) 有功电能表。通过将有功功率对相应时间积分的方式测量有功电能的仪表，多用于计量发电厂生产及用电户消耗的有功电能，其测量结果一般表示为

$$W_p = UI \cos \varphi t \quad (1-2)$$

式中 W_p ——有功电能量，kWh；

U, I ——交流电路的电压和电流的有效值；

φ ——电压和电流之间的相位角；

$\cos \varphi$ ——负载功率因数；

t ——所测电能的累计时间。

(2) 无功电能表。通过将无功功率对相应时间积分的方式测量无功电能的仪表，多用于



计量发电厂生产及用电户与电力系统交换的无功电能, 测量结果为

$$W_Q = UI \sin \varphi t \quad (1-3)$$

式中 W_Q ——无功电能量, kvarh;

$\sin \varphi$ ——无功功率因数。

机电式电能表具有结构简单、操作安全、维修方便、造价低廉等优点, 但准确度低、适用频率窄、功能单一等不足限制了其使用范围, 已逐渐被淘汰。

2. 单相机电式长寿命电能表

这类电能表与普通电能表的工作原理完全一致, 都是依据电磁感应原理工作的, 而且电能表准确度等级标志都是 2 级。不同之处如下。

(1) 可靠性设计要求, 一般 DD86 系列电能表设计寿命为 10 年, 而长寿命技术电能表要求在 20 年以上。

(2) 长寿命技术电能表电磁系统的设计、选材高于普通机电式电能表。

(3) 长寿命技术电能表的阻尼磁钢采用高稳定度的铝镍钴 37 的双极强磁性材料制成, 与基架是相对固定的, 位置不能调整。而普通电能表由多点固定, 可调整点多, 易位移, 可靠性差。

(4) 转动系统的设计有很大的差异。长寿命技术电能表一般采用磁力悬浮轴承、不锈钢导针和石墨导向环, 摩擦力矩小、耐磨损性能好。而普通电能表采用宝石轴承, 摩擦力矩大、易磨损, 因而寿命短。

(5) 计度器的设计不一样。长寿命技术电能表用的计度器的转动部分选用的是耐磨性高的石墨轴衬, 摩擦系数小, 寿命长。而普通电能表采用金属轴孔与人造宝石配合, 需加油, 摩擦力矩大, 寿命较短。

(6) 长寿命技术电能表的铭牌和计度器字轮印刷用油墨的耐紫外线辐射能力必须达 7 级及以上, 而普通电能表无此要求。

(7) 电流回路的电阻值不一样。长寿命技术电能表的电流线圈与接线端子采用焊接方式, 接触电阻比一般电能表连接方式小, 因此温升慢, 表的温度差异小, 可靠性较好。

(8) 电压回路功耗为 1W, 与普通电能表功耗相比, 减少 50% 以上。

(9) 电流、电压回路的铁芯由高品质冷轧硅钢片材料通过高速冲床冲压和机器叠片制成。

(10) 轴杆与蜗杆一体化。

3. 静止式(电子式)电能表

静止式电能表也就是电子式电能表, 根据规程的定义, 静止式有功电能表是由电流和电压作用于固态(电子)乘法器器件而产生与瓦时成比例的输出量的仪表, 其测量组件一般由乘法器、显示单元、输出单元、电源单元等 4 个部分组成, 它的核心是乘法器。乘法器分为模拟乘法器和数字乘法器两种。静止式电能表的基本工作原理如图 1-1 所示。

(1) 乘法器。随着电子技术的飞速发展, 体积大笨重、功耗高而精度低的机电式电能表的测量机构被电子电路所替代, 用户消耗的电能, 通过电能测量单元的电流采样器和电压采样器将输入电压与电流转换成与功率成一定比例关系的脉冲信号。电能测量单元的种类繁多, 一般取决于该单元的核心——乘法器的类型, 大体上可分为以模拟乘法器为核心和以数字乘法器为核心两大类, 前者应用比较多的是时分割型, 已基本被淘汰; 后者则以微处理器为核

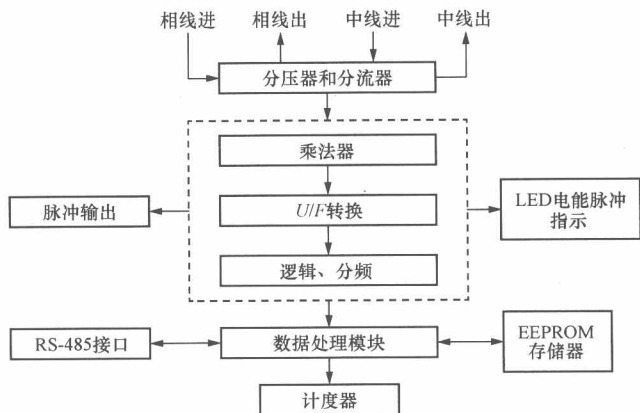


图 1-1 静止式电能表工作原理图

去驱动附有步进电动机的计度器，直接显示电能数值。

(3) 输出单元。其主要任务是电能脉冲输出，其输出形式有两种：一种是有源输出，电压幅值 $(5 \pm 0.5) \text{ V}$ ，脉冲宽度 $40 \sim 80 \text{ ms}$ ，与电能计数器有电气公共节点，适合实验室校表；另一种是无源输出的开关信号，与外界没有电气连接，是通过光电耦合隔离的，适合长距离传送。

(4) 电源单元。其主要任务是将较高的交流电压变换成电子电路所需要的 $\pm 5 \text{ V}$ 直流低电压，并提供后备电池，确保电网停电时重要数据不丢失。此外还可以实现静止式电能表与外界交流电网之间的电气隔离，避免电网噪声的侵入。

由于静止式电能表是通过电子电路采样直接转化为电量，因此准确度高、功耗小；所有电子元件都安装在 PCB 板上，结构精密、体积小、质量轻；安全性好、不可调，具有防窃电功能；对高温、污染、振动等外部环境要求不高；有优良的运行特性以及具有计算机全自动化抄表、计费、校验等功能。

4. 多费率电能表

多费率电能表（又称复费率电能表、分时计费电能表或分时计度电能表），是一种装有多多个计度器的电能表，每一个计度器在规定的时段内对应不同的费率计量电能。它把一天 24h 分为若干个时段，各时段内的用电量分别累计，然后以不同的电价分别计算电费。在我国，根据地区（省、直辖市）经济的发展，分时电价一般分为尖峰、峰、平、谷，白天与黑夜，枯水期与丰水期等不同费率，国外还有节假日、星期天等许多费率时段分别执行不同电价。

多费率电能表分为机电式和电子式两种。机电式多费率电能表主要由电能测量、脉冲转换、时控装置、逻辑功能控制、分时电量计度器和稳压电源等六部分组成。一般是在传统的机电式电能表的基础上加装转盘数采样电子脉冲电路，由脉冲信号通过集成电路和时控电路控制来驱动电量计度器进行电量的记录。使其按预定的峰、谷时间分别记录电路中高峰、低谷和总的电能。所以它一般装有峰电量、谷电量、总电量三个电量计度器，每一个电量计度器在设定的时段内计量交流有功电能。随着电子技术的发展，此类电能表在获取转盘数并转换为技术脉冲后，各时段发生电量由时钟控制模块控制，分别存储在不同的存储器中并以数码管显示的方式轮流显示出来，供抄录取用。

早期多费率电能表多为机电式，随着电子工业的发展和计算机技术的广泛应用，目前多

心的高精度 A/D 型为代表，近来的静止式电能表主要以数字乘法器为主。

根据功率定义： $P(t) = u(t)i(t)$ ，将电压和电流两个量作为乘法器的输入量，通过乘法器内部对两个输入量相乘，则输出量就是与电压和电流乘积成正比的脉冲。脉冲频率正比于平均功率，脉冲个数与电能成正比，通过累计记录脉冲个数来记录电能。

(2) 显示单元。一般有两种，一种是将脉冲累计值转换为用液晶显示的电能量数值，另一种是用脉冲信号



采用电子式，即静止式多费率电能表，工作原理如图 1-2 所示。

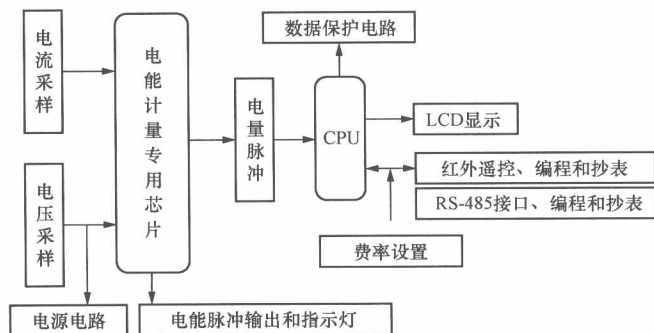


图 1-2 三相四线电子式复费率电能表工作原理图

5. 最大需量电能表

需量，就是客户在 15min 时间段的平均用电功率；最大需量就是在 1 个月内所有需量的最大值，反映客户每月的最大用电负荷。最大需量表既要记录最大需量的数值，也要记录最大需量出现的时间。需量计算方式分两种：时段式，即每 15min 计算一次平均用电功率；滑差式，即每 1min 计算一次平均用电功率，将当前 1min 功率和前 14min 的功率合并进行计算。

单一功能的最大需量电能表已逐渐被淘汰，其需量功能基本上由多功能电能表来完成。执行两部制电价的客户要收取的基本电费按照供电营业规则规定，可按照变压器容量或最大需量进行计算。国家质量技术监督局、电力行业对电能表的最大需量都制定了检定规程，因此依据电能表记录的最大需量收取基本电费符合有关法规。

6. 智能电能表

智能电能表，就是由测量单元、数据处理单元、通信单元等组成，具有电能量计量、信息存储及处理、实时监测、自动控制、信息交互等功能的电能表。

从智能电能表的发展历程可将其分为投币式、磁卡式、电卡（IC 卡或 CPU 卡）、费控智能式四种类型。目前，国家电网公司大力推广的智能电能表都是卡式费控智能电能表，其原理如图 1-3 所示。

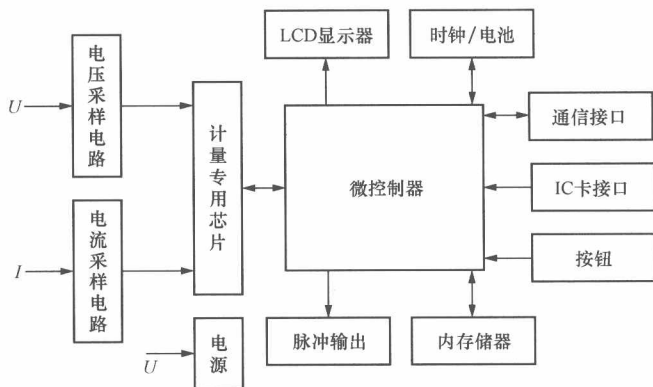


图 1-3 单相电子式费控电能表工作原理图

智能电能表使用的 IC 卡一般有接触式和非接触式加密储存卡（又称射频卡），卡内配置



有存储器和逻辑控制电路及微处理（MCU）电路，可多次重复使用。卡内的信息包括该用户电能表的密码、所购电量、次数等相关数据，通过读写系统就可将这些数据存入电能表单片机的存储器中。随着用电量的增加，数据处理单元将预先设置的电价单价、用电量和欲购电量进行减法运算，并将剩余的电量、金额显示告示用户；当所购金额还有一定余量时，单片机会输出警告信号，提醒用户购电；一旦电量用完，单片机即输出控制信号驱动控制继电器跳闸断开供电回路。如果这时客户将新购电量经 IC 卡座输入电能表，数据处理单元读得数据后，即由单片机输出信号驱动控制继电器闭合而恢复供电。

智能电能表的应用充分发挥了先进的电子技术和计算机技术，实现了用电收费的电子化。IC 卡电能表的应用必须配备相应的远程集中抄表系统、收费管理系统（包括读写器以及计算机管理系统），专用于向 IC 卡中写入客户的购电量、电价等售电信息，以及对系统工作的统计和安全管理。

7. 多功能电能表

根据规程的定义，多功能电能表是由测量单元和数据处理单元等组成，除计量有功（无功）电能量外，还具有分时计量、测量需量等两种以上功能，并能自动显示、存储和传输数据的静止式电能表。按照电力行业最新界定，电子式多功能电能表属智能电能表的范畴。

多功能电能表可分为两大类：一类是全电子式多功能电能表（或称静止式多功能电能表、固态式多功能电能表），其电能测量单元和数据处理单元都是由大规模集成电路组成；另一类是机电式多功能电能表，其电能测量单元由机电式测量机构组成，数据处理单元由单片机组成，机电式多功能电能表是全电子式多功能电能表生产初期的一种过渡产品，目前基本上被淘汰。

多功能电能表根据需要可实现有功正、反向和四象限无功计量及其分时计量、电量自动定时冻结，具有最大需量，电压、电流、有功功率测量显示和存储以及传输数据等功能。其基本结构和工作原理如图 1-4 所示。

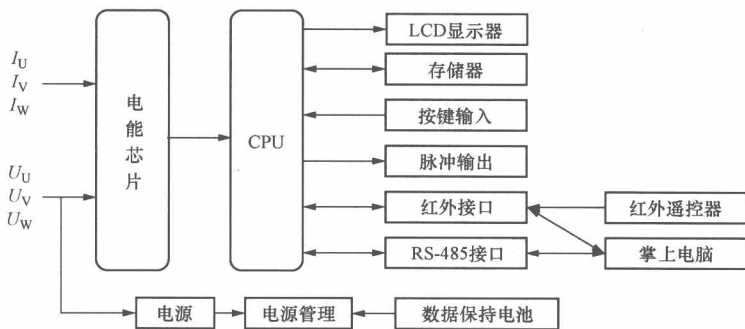


图 1-4 多功能电能表结构及工作原理图

电能表工作时，电压、电流经取样电路分别取样后，送入专用电能芯片进行处理，并转化为数字信号送到 CPU 进行计算。由于采用了专用的电能处理芯片，使得电压电流采样分辨率大为提高，且有足够的时间来更加精确地测量电能数据，从而使电能表的计量准确度有了显著改善。

图 1-4 中 CPU 用于分时计费和处理各种输入输出数据，通过串行接口将专用电能芯片的数据读出，并根据预先设定的时段完成分时有功电能计量和最大需量计量功能，根据需要显



示各项数据、通过红外或 RS-485 接口进行通信传输，并完成运行参数的监测，记录存储各种数据。

多功能电能表的主要功能如下。

(1) 计量功能。有两种基本类型：一种是双方向电能表，计量正、反向有功和感、容性无功电量；另一种是单方向电能表，计量正向有功和感、容性无功电量。

(2) 分时计费。按四费率时段：尖、峰、平、谷分时计量，以年为周期分为几个时区，每个时区内一天为小周期，分为几个时段，每个时段对应一种费率。这样就能很好地满足分时计量的要求。

(3) 最大需量。可以分别计算四个费率的正、反向有功最大需量以及最大需量发生的时间。

(4) 按月统计数据。可以统计上月及本月的用电量和分时电量(统计结算日可任意设定)。用于月度用电收费和用电监测。

(5) 事件记录。多功能表具有多种事件记录功能，一般有失电压、断电压记录、失电流、断电流和负荷曲线、电压合格率、编程、校时、开表盖等多种事件记录功能。

失电压记录：当电能表侧接入的电压、电流中的某相或某两相有电流而电压值低于 78% 额定电压时，电能表将记录这相或这两相的失电压累计时间及失电压期间发生的电量，并同时有“失电压”提示。失电压时间与电量记录信息为追补电量提供了依据。

失电流记录：在三相供电系统中，三相电压大于电能表的临界电压，三相电流中任一相或两相小于启动电流，且其他相线负荷电流大于 5% 额定（基本）电流的状态，电能表应启动失电流记录功能并记录失电流相关信息供后期管理调用。

电压合格率：当电能表侧接入的电压超过所设置的电压上限或低于下限值而又在电压考核范围内时，电能表将分别记录超过上限或下限的不合格运行时间。

(6) 预付费。可以实现预购电量或电费，设定剩余电费报警及输出跳闸执行命令。

(7) 功率脉冲输出与通信接口。用于向负荷终端和集抄器输出脉冲，实现远方抄表和负荷监测。

(8) 负荷曲线记录功能。电能表可通过串行接口进行负荷曲线记录模式及负荷曲线记录起始时间设定，选择数据进行定时记录，以便绘制负荷曲线。

多功能电能表的应用，对于准确计量电能、适应电价改革及用电现代化管理起到了重要的作用，主要体现在以下几个方面。

(1) 实现分时计费，能引导用户错时用电，均衡和提高电网负荷率。

(2) 实现负荷实时监控和自动抄表。利用多功能电能表 RS-485 通信接口和功率脉冲能力，可以实现电能量数据的采集与传递，以及远程自动抄表。它不仅取代了电力定量器，而且能够实现实时监控、实时抄表。采用微机后台管理，完全改变了原来人工抄表，估算负荷的做法。现在要想查看用户的用电情况，只要鼠标一点，就可以将用户的用电量、用电负荷、事故记录等用电信息显示在屏幕上。

(3) 提高计量准确性。电子式电能表因其功耗小，有效地减少了电压互感器二次负载，降低了电压互感器二次压降误差，且误差稳定，误差曲线平直，S 级表的轻载灵敏性好。

(4) 能满足同一回路中各种计量功能的需要。比如，在双向计量有功、无功电量时，现在用一只多功能电能表就可以代替原来需要四只机电式电能表才能完成的计量功能。



(5) 能监测电能表运行状况、显示并记录异常情况。比如, 根据失电压记录可以发现用户在电压互感器熔丝熔断或电压回路二次接线断开期间的用电信息, 供追补差错电量使用。

二、电能表的检定与检验

(一) 检定与检验的基本概念

为查明和确认电能表是否符合法定要求的程序称为电能表的检定, 包括检查、加标记和(或)出具检定证书。电能表的检定必须按照国家颁布的计量检定规程进行, 计量检定规程对电能表的检定要求、检定项目、检定条件、检定方法、检定周期以及检定结果的处理等作出了明确规定。电能表的检定一般是在室内进行的, 依据计量检定规程的要求, 在规定的环境温度、相对湿度、防振、防尘、防腐、接地、防静电、防电磁干扰等条件的试验室内, 使用合格的电能计量标准装置, 确定电能表的性能是否符合法定要求, 能否安装使用。

为查明电能表的检定标记或检定证书是否有效、保护标记是否损坏、检定后的电能表是否遭到明显改动, 以及其误差是否超过使用中最大允许误差所进行的一种检查称为电能表的检验。电能表的检验一般是在现场进行的, 用专用标准仪器仪表, 在安装地点定期对电能表实际运行状况进行检验。

电能表检定一般可分为周期检定(轮换)、修调前检验、临时检定等。

(二) 周期检定(轮换)

电能表、电压互感器的周期检定不同于现场检验, 它是定期将运行中的电能表、电压互感器轮换拆回后在试验室进行的检定, 电力行业约定俗称为周期轮换。

1. 确定检定周期的主要依据

- (1) 国家计量检定规程及 DL/T 448—2000《电能计量装置技术管理规程》的要求。
- (2) 工作计量器具的性能, 特别是长期稳定性和可靠性水平。
- (3) 使用条件及使用频度。
- (4) 使用单位的维护、保养能力。
- (5) 已使用的工作计量器具历年周期检定合格情况。

2. 周期检定执行标准

电能计量器具的周期检定应执行与其相关的计量检定规程, 以及 DL/T 448—2000 的有关规定。

3. 电能表轮换周期及要求

- (1) 运行中的 I、II、III 类电能表的轮换周期一般为 3~4 年。
- (2) 运行中的 IV 类电能表的轮换周期为 4~6 年。
- (3) 对同一厂家、型号的静止式电能表, 可按上述轮换周期, 到期抽检 10%, 做修调前检验。若满足修调前检验合格率的要求, 则其他运行表计允许延长 1 年使用, 待第二年再抽检, 直到不满足规定要求时全部轮换。
- (4) V 类双宝石电能表的轮换周期为 10 年。
- (5) 运行中的 V 类电能表, 从装出第 6 年起, 按年度分批抽样, 做修调前检验, 以确定整批表是否继续运行。
- (6) 电能表的检定项目一般有工频耐压试验、直观检查(功能测试)、潜动试验、起动试验、常数校核、基本误差测定等。



（三）修调前检验

为了考核在用电能表的实际运行状况，评价电能表产品质量，指导电能表的选型与订购，对轮换或抽样拆回的电能表进行修调前检验，是保证电能表准确、可靠计量的重要措施。根据修调前检验的数据及统计合格率，可对不同类别、制造厂的产品提出更科学、合理的检定周期；检验合格率较低的电能表应及时采取有效措施，尽量避免供、用电各方利益受损。

目前，由于计量器具的技术发展，电子式电能表已经发展到不需要进行周期调修，到期后以批次抽检确定批次表计能否继续运行或淘汰。机电式电能表因周期调修品质难以控制，计量检定机构已不推荐开展类似工作。

（四）临时检定

临时检定，是指当客户对电能计量装置的准确性提出异议时，或当电能计量装置故障需要检定以便计算退补电量时所进行的检定工作。一般情况下这都是临时提出的非计划性工作，而非按规定周期进行的检定，所以称为临时检定。

1. 临时检定对象及工作程序

临时检定的对象是准确性有异议或因故障需要检定的电能计量装置。

电力营销部门及电能计量技术机构在受理客户要求对有异议的电能计量装置进行检验的申请后，应积极主动地了解情况、登记实情，及时安排检定。

（1）低压和照明客户，一般应在 7 个工作日内将电能表和低压电流互感器检定完毕。

（2）高压客户，应在 7 个工作日内先进行现场检验。现场检验时的负载电流应为正常情况下的实际负载。如测定的误差超差时，再进行试验室检定。

2. 临时检定基本要求

（1）临时检定的电能表、互感器，不得拆除原封印。

（2）检定后的电能表、互感器，暂封存 1 个月，并将检定结果及时通知用户以备用户查询。

（3）若为现场检验时，应通知客户到场，检定结果经客户确认、签字后，转有关部门处理。电能表现场检验不出具证书，检测结果以“正常”或其他文字表述。电能计量器具经临时检定合格的出具检定证书，不合格的出具检定结果通知书。

3. 临时检定时电能表误差的确定

（1）对高压用户或低压三相供电的用户，一般按实际用电负载确定电能表的误差，实际负载难以确定时，则以正常月份的平均负载确定误差，即

$$\text{平均负载} = \text{正常月份用电量 (kWh)} / \text{正常月份的用电小时数 (h)} \quad (1-4)$$

（2）对照明客户一般按平均负载确定电能表误差，即

$$\text{平均负载} = \text{上次抄表期内的月平均用电量 (kWh)} / [30 \times 5 \text{ (h)}] \quad (1-5)$$

当照明客户的平均负载难以确定时，可按下列方法确定电能表误差，即

$$\text{误差} = (I_{\max} \text{ 时的误差} + 3I_b \text{ 时的误差} + 0.2I_b \text{ 时的误差}) / 5 \quad (1-6)$$

式中 $I_{\max}$ ——额定最大电流；

I_b ——标定电流。

不同负载电流时的误差，一般均按负载功率因数为 1.0 时的测定值计算。

在实际运用中，对于因负载波动较大的表计电量纠纷，确定因表计误差带来的计量偏差可采用将其与另一只准确合格的同规格电能表安装在同一负载中，经一段时间运行，将两只