

用电实用技术丛书

电能计量装置与 管理技术

主编 陈家斌



中国水利水电出版社

www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书分七章,分别介绍了电能计量装置的结构组成及原理;电能测量误差;电能计量装置选择及安装;电能计量装置运行管理;电能计量装置的试验及校验;电能计量装置的接线检查及错误接线更正计算等岗位实用技术;电能计量管理工作标准等内容。

本书内容系统全面,通俗易懂,立足于岗位应知应会实用技能知识,适用于广大电力营销职工学习参考,也可作为电工培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

电能计量装置与管理技术 / 陈家斌主编. — 北京 :
中国水利水电出版社, 2010.4
(用电实用技术丛书)
ISBN 978-7-5084-7422-9

I. ①电… II. ①陈… III. ①电能—电量测量②用电
管理 IV. ①TM933.4②TM92

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第071493号

书 名	用电实用技术丛书 电能计量装置与管理技术
作 者	主编 陈家斌
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (营销中心)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京市兴怀印刷厂
规 格	184mm×260mm 16开本 19.75印张 468千字
版 次	2010年4月第1版 2010年4月第1次印刷
印 数	0001—4100册
定 价	42.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

本书编写人员名单

主 编 陈家斌

副 主 编 刘增良 赵 亮 王 柳 田洪亮 崔军朝
马 雁 罗碧华 王云浩 王德龙 陈 蕾

编写人员 刘东升 党剑飞 张露江 李文霞 王佑民
张模成 张华伟 李拥军 吴 建 朱建华
赵 鹏 程魁杰 臧小萌 雷 鸣 闫志刚
季 宏 季 钢 周卫民 郭 锐 冷 冰
万 涛 宋志勇 牛新平 常 建 王 璞
郭 琦 张建村 张建乡

前 言

P R E F A C E

电能计量工作是电力工业管理的一项重要工作,考核电力生产的技术经济指标以及对用电客户正确地计量,都要依靠准确和完备的电能计量手段,因而电能计量工作在电力生产中占有非常重要的地位。电力企业对不断提高电能计量的管理和技术,不断完善电能计量装置给予了极大的重视。

电力工业随着国民经济的迅速发展也得到了不断发展,电力客户不断增加,用电量也不断上升,使用的电能计量装置的数量也越来越多,而且要求质量好、准确度高。进入 21 世纪以来,随着人们的需要以及科技的发展,电能计量装置的质量、精度上了一个新台阶,如电子式电能表、IC 卡电能表、集中抄表装置等得到了普遍应用,减少了职工的劳动强度,提高了工作效率。

为了使广大的电能计量工作人员快速掌握各种电能计量装置的选择、安装、运行维护、检修等岗位实际操作方法,根据现行的电能计量技术监督标准、电力行业标准以及实际工作情况,我们组织一线专家编写本书,供广大电能计量工作者学习参考。

本书内容全面、系统、通俗易懂、便于自学,既有专业理论知识,又有岗位基本技能知识,强调突出岗位实用性,深入浅出介绍了计量人员岗位应知应会知识,对职工起到一学就会、拿来就用的效果,从而提高工作效率和工作质量,减少差错,提高本企业和社会效益。

由于编者水平有限,书中如有不妥之处,恳请读者专家给予指正。

编 者

2010 年 1 月

目 录

CONTENTS

前言

第一章 电能计量装置	1
第一节 电能表的分类及铭牌标志	1
第二节 感应式交流电能表	5
第三节 电子式电能表	8
第四节 仪用互感器	23
第二章 电能测量误差	35
第一节 电能表的基本误差	35
第二节 电能表的附加误差	41
第三节 电磁式电压互感器的误差	48
第四节 电磁式电流互感器的误差	51
第五节 计量装置的综合误差	54
第三章 电能计量装置选择及安装	59
第一节 电能计量装置配置原则	59
第二节 电能计量方案确定及计量装置的选购	66
第三节 测量二次回路导线选择	68
第四节 电能计量装置存储和运输	75
第五节 电能计量装置的二次接线	77
第六节 电能计量装置的安装及验收	79
第七节 电能表的接线	87
第四章 电能计量装置运行管理	96
第一节 电能计量装置安装前的管理	96
第二节 电能计量装置运行维护	97
第三节 电能计量装置常见故障分析及预防	109
第四节 电能计量装置的误差主要原因分析	111
第五节 电能表的潜动原因分析	115

第六节	两相负荷引起单相表计量错误分析	118
第七节	高次谐波对电能计量的影响分析	120
第八节	电能表常见故障原因及修理	123
第九节	电能计量管理规程及标准	127
第五章	电能计量装置试验及校验	131
第一节	电能表试验	131
第二节	电能计量装置检定及检验要求	150
第三节	电子式电能表的测试	156
第四节	交流感应式电能表检定	159
第五节	最大需量电能表、复费率电能表检定	165
第六节	电能表现场检验	167
第七节	电能表的修校质量要求及误差规定	171
第八节	测量用互感器试验	175
第六章	电能计量装置的接线检查及错误接线更正计算	189
第一节	电能表的接线检查	189
第二节	电能表常见错误接线及更正计算	195
第三节	电压互感器错误接线计算	216
第四节	电能计量装置断压、断流的更正计算	224
第七章	电能计量管理工作标准	245
第一节	电能计量人员岗位工作标准	245
第二节	电能计量工作标准	253
附录	电能计量作业指导书	256
一、	电能计量装置现场及试验室作业基本要求	256
二、	电能计量装置安装及拆换作业指导书	258
三、	互感器现场安装及拆换作业指导书	265
四、	电能表现场检验作业指导书	271
五、	电压互感器试验室检定作业指导书	278
六、	电流互感器试验室检定作业指导书	287
七、	电压互感器二次回路导线压降测试作业指导书	296
八、	电能计量装置的故障处理作业指导书	301

第一章 电能计量装置

电能计量装置是用于测量和记录发电量、供电量、线损电量和客户用电量的电能计量器具及其辅助设备的总称。电能计量装置包括各种类型的电能表、计量用电压互感器(TV)、电流互感器(TA)及其二次回路、电能计量柜(箱)等。

在实际工作中,为满足电能计量的不同要求,往往采用不同类型的电能表或者各种类型电能表的组合。电力营销活动中的电能计量器具仅指用于电量结算和收费的各种类型的电能表、计量用电压互感器和电流互感器。

第一节 电能表的分类及铭牌标志

用于计量某一时间段电能累计值的仪表称为电能表。自从出现第一只感应式电能表以来,随着现代生产工艺的飞速发展,以及新材料、新技术、新工艺的应用,电能表的产品种类不断增加,已成为应用最广泛的计量器具之一。电力企业主要用于电能量的贸易结算和电力生产技术经济指标的考核。

一、电能表的分类

根据电能表的用途、结构形式、工作原理、准确度等级、测量对象的不同,以及所接的电源性质和接入方式、付款方式的不同,电能表分成若干种类。

根据其用途电能表分为两类,即测量用电能表和标准电能表。测量用电能表又可分为以下不同的类别:

(1) 按其结构和工作原理的不同分为:感应式(机械式)、静止式(电子式)和机电一体式(混合式)、数字式电能表。

(2) 根据接入电源的性质可分为:交流电能表和直流电能表。

(3) 按其准确度等级一般分为:2.5级、2级、1级、0.5级、0.2级、0.1级等不同等级的电能表。随着静止式电能表制造工艺及电子组件质量的提高,近年来又增加了0.5S级和0.2S级静止式电能表。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 $5\%I_b$ (I_b 表示基数电流)以下没有误差要求,而S级电能表在 $1\%I_b$ 即有误差要求。

(4) 按照表计的安装接线方式又可分为:直接接入式和间接接入式(经互感器接入式);其中,又有单相、三相三线、三相四线电能表之分。

(5) 按平均寿命的长短,单相感应式电能表又分为:普通型和长寿命技术电能表。长寿命技术电能表是指平均寿命为20年及以上,且平均寿命的统计分布服从指数分布规律的测量频率为50Hz(或60Hz)的感应式电能表。通常用于装配量大、而用电量较小的单相供用电量的计量。



(6) 根据付款方式有预付费电能表 [投币式、磁卡式、电卡式 (IC 卡) 等]。

(7) 在交流电路中, 由于计量对象的不同, 不论任何结构的电能表又可分为: 单相有功电能表、三相有功电能表、无功电能表、最大需量表、标准电能表、分时计费电能表、多功能电能表、损耗电能表等。

二、电能表的作用

1. 有功电能表

有功电能表是用来计量发电厂发出或用户消耗的有功能量。根据测量相数不同又可分为单相有功电能表和三相有功电能表。有功电能表计量结果可用下述公式表示:

$$\text{单相} \quad W_p = UI \cos \varphi \cdot t = Pt \text{ (kWh)}$$

$$\text{三相} \quad W_p = \sqrt{3} UI \cos \varphi \cdot t = \sqrt{3} Pt \text{ (kWh)}$$

式中 I 、 U ——交流电路中的电流、电压有效值;

φ ——电压、电流之间相位角;

t ——计量电能的累计时间。

有功电能表计量电能的有功部分, 即视在功率的有功分量与时间的乘积, 计量单位千瓦时 (kWh)。

2. 无功电能表

无功电能表是用来测量无功电能的计量装置。在电源与负荷之间的电磁振荡能量, 为无功电能。其值与用户负荷性质, 电压与电流之间的相位角有关。当负载功率因数低时, 将增加线路的损失和降低发、供电设备的有效利用率, 这是很不经济的。因此, 在计量客户有功电能的同时, 还需用无功电能表来计量无功电能, 以便了解客户力率大小, 使供电部门可以对客户采取必要的功率因数奖惩办法。

无功电能计量结果可用下列公式表示:

$$\text{单相} \quad W_Q = UI \sin \varphi \cdot t \text{ (kvarh)}$$

$$\text{三相} \quad W_Q = \sqrt{3} UI \sin \varphi \cdot t \text{ (kvarh)}$$

式中 $\sin \varphi$ ——功率因数角的正弦值。

无功电能表计量电能的无功部分, 即视在功率的无功分量与时间的乘积, 计量单位千乏时 (kvarh)。按照有功电能表和无功电能表在某一段时间计量数据, 便可计算出该段时间内的功率因数的大小。

3. 最大需量表

最大需量表由有功电能表和需量指示器两部分组成, 不仅可以计量有功电能, 还指示客户一个电费结算周期中, 例如一个月中平均功率的最大需量, 或是指定时间间隔内 (15min) 用电平均功率的最大的一次读数。所谓最大需量表则是指示 15min 内持续的负荷, 即若功率表指示为 100kW, 持续 15min, 则最大需量为 100kW; 若功率表指示为 100kW, 持续 10min, 后负荷降至 50kW, 持续了 5min, 则最大需量表的指示值为:

$$(100 \times 10 + 50 \times 5) / 15 = 83.3 \text{ (kW)}$$

这样即考虑了冲击电流的大小, 也考虑了持续时间。

4. 标准电能表

标准电能表主要用来对普通电能表进行误差校验, 标准电能表准确度较高且携带方



便。标准电能表的工作原理与普通电能表完全相同，其不同点是：①准确级高，一般工作电能表为2.0级，而标准电能表则为0.5级；②计数机构不同于一般电能表，只记录铝盘的转数；③工作状态与一般电能表不同，电流线圈不受负荷影响始终带电，电压回路用手动开关控制；④标准电能表大都是多量程的。

5. 分时计费电能表

分时计费电能表又称多费率电能表，是在电能计量工作中提出的一种测量手段，利用有功电能表或无功电能表中的脉冲信号，分别计量高峰、低谷时间内的最大需量；有功功率、有功电能和无功电能，并计算平均功率因数，以实行对客户在高峰、低谷用电时间不同电价的计量手段，来促使客户在高峰时间少用电。

6. 多功能电能表

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。是一种比分时计量电能表功能更多、数据传输功能更强的静止式电能表。

7. 损耗电能表

损耗电能表一般有变压器损耗电能表和线路损失电能表两种。第一种是变压器损耗电能表，它是装设在高压供电在变压器低压侧计量时使用，这样的低压计量装置未能计量变压器的损耗在内，所以就要加装变压器损耗电能表来计算变压器损耗。变压器损耗分为铜损和铁损两部分，铜损与负荷电流平方成正比，所以铜损表计量与电流平方小时成正比。铁损在频率不变时，近似与电压平方成正比，所以铁损表计量与电压平方成正比。有些厂家生产出一种同时计量铜损和铁损的电能表。第二种线路损耗电能表，它是装设在线路末端计量时使用。这样线路的计量装置未能计量损耗在内，所以就要加装线路损耗电能表，线路损耗是与电流平方成正比再乘以线路的电阻（由于各条线路的长度不同，导线的直径大小不同，故电阻也不同，这个系数可按实际技术资料确定）。目前供电部门多数采用各种简化计算方法，将变压器的铜损、铁损以及线路损失按用电量多少、变压器大小、线路长短估算后将损耗电量加在总电量上计算电费，但这样计算是不准确的和不太合理的，应该采用损耗表计量才适当。

三、电能表的铭牌标志

电能表在表盘上都钉有一块铭牌，通常标注了名称、型号、准确度等级、电能计算单位、标定电流和额定最大电流、额定电压、电能表常数、频率等项标志。

1. 名称

电能表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。

2. 型号

电能表型号的表示方式：第一部分为类别代号。D——电能表。

第二部分为组别代号。D——单相；S——三相三线；T——三相四线；X——无功；B——标准；Z——最高需量；J——直流；L——打点记录；F——伏特小时计；A——安培小时计；H——总耗。

第三部分为设计序号以阿拉伯数字表示。



3. 准确度等级

电能表的准确度等级用置于一个圆圈内的数字来表示,如果圆圈内的数字是2.0,则表明该表的准确度等级为2.0级,也就是说它的基本误差不大于 $\pm 2\%$ 。

4. 电能计量单位的名称符号

有功电能表用“千瓦时”,即“kWh”;无功电能表为“千乏时”,即“kvarh”。

5. 标定电流和额定最大电流

标明于电能表铭牌上作为计算负载的基数电流值叫标定电流,用 I 表示。把电能表能长期正常工作,而误差与温升完全满足规定要求的最大电流值叫额定最大电流,用 I_z 表示。如DD28型电能表铭牌的标定电流栏内,注5(10)A时,其表示标定电流为5A,额定最大电流为10A。如果额定最大电流不大于标定电流的150%,则只标注标定电流。因此,经电流互感器接入式的电能表及直接接入式的单相和三相电能表,其铭牌上标注的电流则是标定电流。

直接接入式的单相电能表 $I_z \geq 2I_b$;

直接接入式的三相电能表 $I_z \geq 1.5I_b$;

经互感器接入式的电能表 $I_z \geq 1.2I_b$;

若铭牌上只标出标定电流 I_b 数值的电能表 $I_z \geq 1.5I_b$ 。

6. 额定电压

三相电能表铭牌上额定电压有不同的标注方法。如标注为 $3 \times 380V$,表示相数是三相,额定线电压是380V;对于三相四线电能表,标有相数、线电压和相电压,如 $3 \times 380/220V$,表示相数是三相,额定线电压是380V,额定相电压是220V,就是说此表电压线圈长期承受的额定电压是220V。经电压互感器接入式的电能表则用电压互感器的额定变比形式表示额定电压,如 $3 \times \frac{35000}{100}V$,则说明电能表的额定电压为100V。

7. 电能表常数

电能表常数就是电能表的计度器的指示数和圆盘转数之间的比例数。国家有功电能表常数标明为 $1kWh = \text{盘转数或 } r/kWh$,无功电能表常数标明为 $1kvarh = \text{盘转数或 } r/(kvarh)$ 。

8. 额定频率

额定频率在电能表上标为50Hz。

9. 铭牌数据

电能表的计度器位数由于表型不同而不同,常见的有四位数的,其中三位整数,一位小数。整数在电能表铭板上用黑窗口表示,小数用红窗口表示。三相有功电能表中,绝大部分是5位数的整数,两位小数;有的是4位整数。也有黑色、红色窗口区别。

四、电能计量常用术语

1. 电能表

(1) 基本电流: 标明在电能表上作为计算负载的基数电流,用 I_b 表示。

(2) 潜动: 经轻载调整后的电能表,有时会出现电流线路无负荷时圆盘依然会转动一整圈的现象。

(3) 起动电流: 在额定电压、额定频率和 $\cos\varphi=1$ 的条件下,能使圆盘不停转动的最



小负荷电流。

2. 互感器

(1) 变比：一次额定电流（电压）与二次额定电流（电压）之比。

(2) 比值差：额定变比与实际变比之差与实际变比之比的百分数，用公式表示为：

$$f = (9K_n - K) / K \times 100$$

式中 K_n ——额定变比；

K ——实际变比。

比差为正，额定变比大于实际变比；比差为负，额定变比小于实际变比。

(3) 相位差：表示互感器一次电流（电压）相量逆时针转 180° 后与二次额定电流（电压）相量之间的夹角。互感器的比差和角差要满足检定规程的要求。

(4) 极性标志：表示互感器一、二次绕组的缠绕方向。例如减极性单相电流互感器的一次绕组两端用 U、X 表示，二次绕组的两端对应用 u、x 表示。

3. 计量术语

(1) 准确度等级：是指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级或级别。为保证计量器具不超出允许误差，均规定了计量特性（主要特性参数包括基本误差、附加误差、滞后误差、随时间产生的不稳定性）和使用该器具时的标准工作条件。例如表示准确度等级为 2.0 级，相对误差不大于 $\pm 2.0\%$ 。

(2) 允许误差：技术标准、检定规程等级计量器具所规定的允许误差极限值。电能表一般用允许误差（以相对误差）表示。

(3) 基本误差：计量器具在基本条件下所具有的误差，也称为固有误差。

(4) 附加误差：计量器具在非标准条件下所增加的误差。

(5) 灵敏度：电能表的起动电流与基本电流的百分比称为灵敏度。在电能表中用起动试验来检查其灵敏度。

第二节 感应式交流电能表

一、单相感应式交流电能表的结构

单相感应式交流电能表，其结构简单，转动力矩大，工作可靠。单相感应式交流电能表的型号很多，但其基本结构是相似的，都是由驱动件、转动件、轴承、计数器、制动用永久磁铁、接线端钮盒、基架、底座、表盖等组合为一体，其结构如图 1-1 所示。

1. 驱动元件

驱动元件包括电压元件和电流元件，它的作用是将交变的电压和电流转变为穿过转盘的交变磁通，与其在转盘中感应的电流相互作用产生转动力矩，使转盘转动。

(1) 电压元件由电压铁芯、电压线圈和回磁路组成。绕在电压铁芯上的电压线圈接在被测线路上与负载并联，称为并联电路或电压回路。不管有无负载电流，电压线圈总是带电的，要消耗功率。

(2) 电流元件由电流铁芯、电流线圈和过载补偿装置组成。绕在电流铁芯上的电流线圈与负载串联，所以又称为串联电路或电流回路。

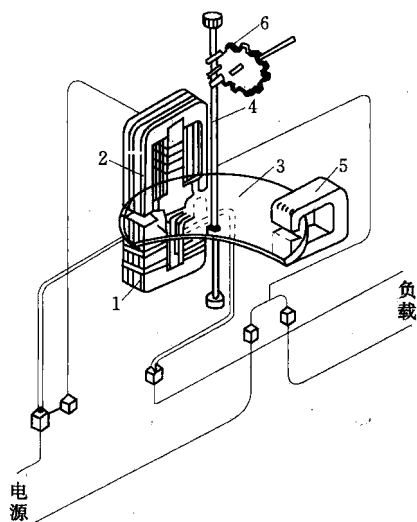


图 1-1 感应式交流电能表结构简图
1—电流元件；2—电压元件；3—铝制圆盘；
4—轴承；5—永久磁铁；
6—蜗轮蜗杆传动机构

2. 转动元件

转动元件由圆盘和转轴组成，转轴固定在圆盘的轴心上。转动元件能在驱动元件所建立的交变磁场作用下连续转动。

3. 轴承

轴承用来支撑转动元件，减少转动元件在转动时的摩擦，轴承的质量在很大程度上决定电能表的使用寿命和准确度。轴承分上、下两部分，上轴承主要起导向作用，下轴承起支撑作用。

4. 制动元件

制动元件是永久磁铁，其用来在圆盘转动时产生制动力矩，使圆盘转速能和被测功率成正比，以便用圆盘的转数来反映电能的多少。制动元件相当于普通仪表中的弹簧。

5. 计数器

计数器又称积算机构，用来累计转盘转数以显示所测定的电能。积算机构由与传动轴组合一起的

蜗杆、蜗轮、齿轮和滚轮等组成。当圆盘转动时通过蜗杆、蜗轮及齿轮组的传动，带动滚轮组转动。

6. 辅助部件

电能表的辅助元件有基架、外壳、接线端钮盒及铭牌。电能表的基架用来支撑和固定测量机构，并对电能表的技术特性有一定的影响。基架应有足够的强度。电能表的外壳由底座与表盖等组合而成，可用绝缘材料或金属材料制作，底座用来组装测量机构。端钮盒用来连接电能表的电流、电压线圈和被测电路。电能表铭牌附在表盖上，标明制造厂、表型、额定电压、标定电流、频率、相数、准确度等级，以及 1kWh 的转盘数等。

7. 调整装置

电能表的调整装置是为了改变制动力矩的大小而设置的。单相电能表有四种调整装置，即轻载调整装置、满载调整装置、相位调整装置和潜动调整装置。

二、三相电能表的结构

三相电能表是由单相电能表发展形成的，同样是由驱动元件、转动元件、制动元件、计数器等部件组成。三相电能表均有两组或三组驱动元件。它们形成的电磁力作用于同一个转动元件上，并由一个计数器显示三相电路所消耗的电能，所有部件组装在同一表壳内。三相电能表的驱动力矩等于各元件驱动力矩之和，所以三相电能表的误差和各元件相对位置及所处工作状态有关。影响三相电能表的负载特性的因素比单相电能表多，而且较为复杂。为此，三相电能表除了具有与单相电能表相同的调整装置外，每组驱动元件还增加了平衡调整装置，用来分别调整各元件的驱动力矩使得电能表在不平衡的负载下，不至于产生太大的附加误差，此外，三相电能表还对防止元件之间干扰采取一些措施。



1. 三相三线有功电能表

三相三线有功电能表有两组电磁驱动元件，它的转动元件可分为单圆盘和双圆盘两种。

2. 三相四线有功电能表

三相四线有功电能表有三组电磁驱动元件共有一个转动机构，它的转动元件可分为三元件三圆盘结构、三元件双圆盘结构、三元件单圆盘结构三种。

3. 三相无功电能表

感应系的无功电能主要有两种基本类型：

(1) 具有附加电流线圈的三相无功电能表。这种电能表由两组元件组成，其内部的基本结构与两元件有功电能表相似。不同的是每个电流铁芯上除了基本电流线圈之外，还有附加线圈，它的匝数与基本电流线圈相同，采用跨相接法反映三相无功电能。

(2) 具有 60° 相位差的三相无功电能表。这种电能表也是由两元件构成的，所不同的是在两组电压线圈中各串有附加电阻或自耦变压器等附属元件，使之反映三相无功电能。

三、电能计量装置的倍率

电能计量装置的倍率由两部分组成：①电能表本身的倍率；②采用互感器后产生的倍率。电能表是电能计量装置的主体，电流互感器和电压互感器是电能计量装置的附件，主体与附件通过导线连接在一起进行电能计量。

(1) 如果电能表按照铭牌上注明的额定电压、标定电流，并按规定的接线方式接入相应的电路，则电能表的读数就是实际的电能数，但应注意计数器示数小数点数位的标示。

(2) 如果所采用的电流互感器和电压互感器的变比与电能表铭牌上所注明的变比相符，则电能表的读数就是实际的电能数。

(3) 有的电能表为了扩大范围和消除小数位，在铭牌上注明“ $\times 10$ ”，“ $\times 100$ ”，“ $\times 1000$ ”等乘数，电能表的读数乘以此数就是实际电能数，这个乘数称作电能表本身倍率。如果是改制的电能表，而计数器仍然用改制前的，则铭牌上要注明改制后的倍率。

(4) 电能表实用倍率。当使用通用型即铭牌上没有注明电流互感器变比和电压互感器变比；或者电能表所接的电流互感器、电压互感器与铭牌上注明的变比不同时，则表本身的倍率需乘以一定的系数才是电能表的计费倍率。其计算公式为：

$$K_D = \frac{K_S K_A}{K_1 K_2} K_B$$

式中 K_D ——实用倍率或计费倍率；

K_S ——与电能表联用的电流互感器额定变比；

K_A ——与电能表联用的电压互感器额定变比；

K_1 、 K_2 ——经互感器接入式的电能表铭牌上标注的电流、电压互感器的额定变比；

K_B ——电能表本身的倍率。



第三节 电子式电能表

一、电子式电能表的分类

电子式电能表一般由电能测量机构和数据处理机构两部分组成, 根据电能测量机构的不同, 电子式电能又分为机电脉冲式和全电子式两大类。

(一) 机电脉冲式电子电能表

机电脉冲式电子电能表沿用了感应系电能表的测量机构(以下简称“感应系测量机构”), 数据处理机构则由电子电路和计算机控制系统实现, 因此, 机电脉冲式电子电能表是一种电子线路与机电转换单元相结合的半电子式的电能表。机电脉冲式电子电能表技术, 强调电能表的多功能化, 使电能表具有分时计量、最大需量计量、自动抄表、预付费等功能, 并能够进行本地和远地的数据传输以及遥测和遥控, 不仅大大减轻了用电管理部门工作人员的劳动强度, 并且能够减少或消除抄表过程中不应有的人为错误。

由于感应系测量机构的制约, 机电脉冲式电子电能表很难进一步提高测量准确度并降低功耗, 并且也不太可能很好地完成对一些大用户的用电管理, 更无法满足作为标准表的更高的准确度级别的要求。为了达到更高的技术指标, 就要摒弃原来的电能测量方法, 采用全新的设计, 这就出现了全电子式电能表。

(二) 全电子式电能表

全电子式电能表的测量机构与机电脉冲式电子电能表相比, 不再使用感应测量机构, 而是改用乘法器来完成对电功率的测量。由于它没有传统电能表上的仪表转子, 因而又被称为“静止式电能表”或“固态电能表”。在数据处理方面, 机电脉冲式电子电能表已经发展得较为成熟, 故两者区别不大。

由于采用先进的电子测量技术, 全电子式电能表除了兼有机电脉冲式电子电能表的多功能外, 还具有更高的准确度级别、更强的过载能力等优点, 常作为标准表或用于对一些大用电户的电能计量管理。

(三) 电子式电能表按功能分类

(1) 电子式单相电能表, 一般是居民住宅用电, 规格是电压为 220V, 电流 3A、5A、10A、过载 5 (20) A、10 (40) A、20 (80) A 等。

(2) 电子式三相有功电能表, 一般是用于工厂、企业用电, 规格是电压 380/220V、5A 等, 100V、1.5~6A 等, 有三相三线和三相四线两种有功电能表等。

(3) 电子式分时计费电能表。

(4) 电子式最大需量电能表。

(5) 电子式有功、无功带脉冲的电能表。

(6) 电子式多功能的电能表。

(7) 电子式断压、断流计量电量和时间的计量装置。

(8) IC 卡电能表。



二、电子式电能表结构原理

(一) 机电脉冲式电子电能表的结构与工作原理

机电脉冲式电子电能表主要由感应系测量机构、光电转换器和分频器、计数器三部分组成，如图 1-2 所示。

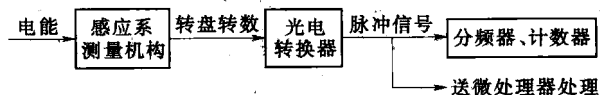


图 1-2 机电脉冲式电子电能表的工作原理框图

感应系测量机构的主要功能是将电能信号转变为转盘的转数。光电转换器的功能是将正比于电能的转盘转数转换为电脉冲，此脉冲数也正比于被测电能，即应满足关系

$$W = \frac{1}{K_c} N = \frac{1}{K_c} m n'$$

式中 W ——被测电能，kWh；

m ——转换后输出的总脉冲数，imp；

n' ——代表每输出一个脉冲转盘应转动的圈数，r/imp；

K_c ——电能表常数，r/kWh。

经过简单的光电转换得到的初始电能脉冲信号，由于波形不理想不能直接送至计数器计数或微处理器处理，还必须先经过整形放大、限幅限宽等一系列处理，如图 1-3 所示。

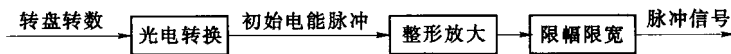


图 1-3 光电转换器的工作原理框图

分频器和计数器的主要功能是将经光电转换器转换成的脉冲信号进行分频、计数，从而得到所有电能。

由以上分析可以看出，光电转换器是机电脉冲式电子电能表的关键部分。根据光电转换器的不同，机电脉冲式电子电能表可分为单向脉冲式和双向脉冲式两种类型。

(二) 全电子式电能表的结构与工作原理

全电子式电能表是在数字功率表的基础上发展起来的，它采用乘法器实现对电功率的测量，其工作原理如图 1-4 所示。被测的高电压 u 、大电流 i 经电压变换器和电流变换器转换后送至乘法器 M ，乘法器 M 完成电压和电流瞬时值相乘，输出一个与一段时间内的平均功率成正比的直流电压 U_0 ，然后再利用电压/频率转换器， U_0 被转换成相应的脉冲频率 f_0 ，即得到 f_0 的正比于平均功率，将该频率分频，并通过一段时间内计数器的计数，显示出相应的电能。

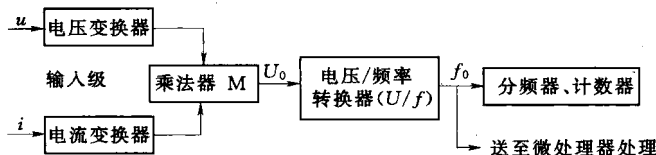


图 1-4 全电子式电能表的工作原理



三、分时计量表

分时计量电能表可以分别计量、记录一天中不同时间段发出或消耗的有功电能和无功电能。科学、灵活地运用分时计量电能表，能够方便地记录电力负荷的峰谷时间、不同季节以及超计划使用的电能量等。

分时计量电能表又称为复费率电能表，其功能就是测量各分段时间内电能的消耗量（发电量）、供电量（包括有功、无功电量），并将它们分别记录在不同的计量器上，目的在于统计出各个时间段内的分电量和总电量。分时计量电能表的作用主要有两个：一是用来作为按多部电价收费的依据；二是为技术、经济管理决策提供数据。

最早出现的机械式分时计量电能表采用机械钟或石英钟作为控制时钟，将不同时段下的用电量通过传动机构记录在不同的机械数码轮上。这种分时计量电能表的结构复杂，准确度较低，功能也很单一。伴随电子式电能表的发展，出现了早期的采用分立式数字电路实现分时计量功能的电能表，这种电能表是在机电脉冲式或全电子式电能表的基础上，增加部分具有分频、计数、显示功能的数字电路，并通过时控开关实现对电能的分时计量。随着单片机的应用以单片机为核心实现分时计量功能的电能表应运而生。由于单片机的采用，不仅使这种电能表的硬件部分大为简化，而且单片机较易实现智能化控制，可以方便地扩展电能表功能。采用单片机后，可以利用软件对由电能信号转化成的脉冲信号实现分频、计数，并且实现对电能的时控功能，从而达到分时计量的目的。随着微电子技术的发展，人们又开发出分时计量电能表专用集成电路，即将早期的分立式分时计量电能表数字电路用一块集成电路替代。

下面分别介绍如何采用数字电路和单片机实现分时计量功能。

（一）用数字电路实现分时计量功能

以功能单一的机电脉冲式电能表为基础，增加具有分时计量功能的数字电路，可组成具有分时计量功能的电能表。一般将这种电能表称为机电脉冲式分时计量电能表，其原理框图如图 1-5 所示。

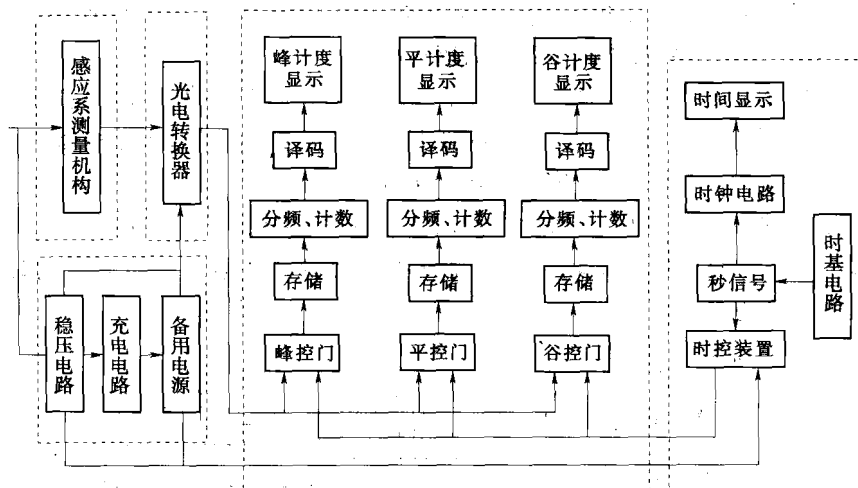


图 1-5 机电脉冲式分时计量表原理图



如图 1-5 中虚线框所示, 这种电能表主要由以下部分组成:

- (1) 电能测量部分——感应系测量机构。
- (2) 电能—脉冲转换部分——光电转换器。
- (3) 时控部分。
- (4) 分时计数部分。
- (5) 电源及稳压部分。

(二) 用单片机实现分时计量功能

以单片机为核心实现分时计量功能的电能表一般称为智能化分时计量电能表, 其原理框图如图 1-6 所示。机电脉冲式或全电子式电能表将电能量转化为相应的电能脉冲信号送入单片机, 同时加入计时脉冲, 单片机根据键盘设定的时段, 由存储器中内设的程序控制对电能脉冲进行计数, 并换算成相应的电能量, 分别计入峰、平、谷时段相应的用电量和总用电量的存储单元中, 完成电能量的分时计量。图 1-6 中的存储器、时钟和看门狗电路部分, 可集中装设在单片机内部, 也可作为一个功能部件放置在单片机外部。考虑到利用微机进行集中抄表系统管理的需要, 设计有相应的硬件接口。

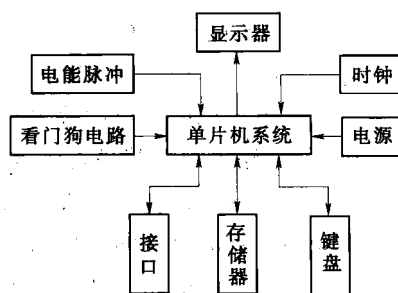


图 1-6 智能化分时计量
电能表原理框图

1. 单片机

单片机是智能化分时计量电能表的核心, 其主要功能是接收用电量信息, 对其进行相应处理, 然后显示处理结果。智能化分时计量电能表整体性能的优劣, 很大程度上取决于单片机软硬件的性能。市场上单片机的种类很多, 一般的单片机都带有程序存储器 ROM、数据存储器 RAM, 也有的还带有可编程只读存储器 EEPROM、实时时钟 RLC、看门狗电路和异步串行接口等。这些功能部件大大便利了分时计量电能表的设计, 简化了外围电路, 并提高了电能表整机的可靠性。

2. 显示器

分时计量电能表的显示器有多种, 较常用的是 LED 数码管和 LCD 液晶显示板, 第三种是 FIP 荧光数码管。LED 数码管是最常用的显示器件, 显示器字形和电路结构如图

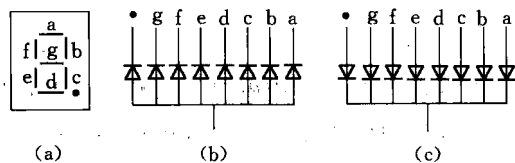


图 1-7 显示器电路结构图

(a) 显示器结构; (b) 共阴极 LED; (c) 共阳极 LED

1-7 (a) 所示, 每个 (位) LED 由七个发光字段加一个小数点组成, 称为七段码显示器 (也有的称为八段码)。七段码 LED 由 8 个发光二极管组成, 具体又有共阴极和共阳极两种电路形式, 分别如图 1-7 (b)、(c) 所

示。驱动不同的字段, 就可以显示各种字符。为实现多个数码管显示, 在驱动上常采用动态扫描方式。LCD 液晶显示板利用液晶体的特性产生显示效果, 驱动时必须用交流方波, 驱动电路有单一寻址和多路寻址两种形式。