

# 智能电能表发展历程及应用前景

郭兴昕<sup>1</sup>, 贾 军<sup>2</sup>, 郭晓艳<sup>2</sup>, 纪 峰<sup>1</sup>, 沈秋英<sup>1</sup>

(1. 江苏省电力公司电力科学研究院, 江苏 南京 211103; 2. 陕西安康供电局, 陕西 安康 725000)

**摘 要:** 简叙了电能表的起源, 并根据电能表的结构原理和功能特点, 将我国电能表发展历程归纳为感应式交流电能表、电子式交流电能表、电子式多功能电能表以及智能电能表 4 个阶段, 并介绍了智能电能表作为用电信息采集系统的终端设备提供的采集数据在智能电网中的应用前景。

**关键词:** 电能表; 发展历程; 智能电能表; 采集数据; 应用前景

**中图分类号:** TM933

**文献标志码:** B

**文章编号:** 1009-0665(2012)01-0082-03

电能表是一种累计发出或消耗电能量的计量仪表, 主要用于供电企业与电力客户、各大电网关口或发电厂与电网变电所之间结算有功和无功电能, 以及用于供电企业统计线损、网损。电能表的出现和发展已有一百多年历史, 随着科学技术的飞跃发展, 电能表已从感应式交流电能表发展到电子式交流电能表, 再到电子式多功能电能表, 截止目前到智能电能表, 我国电能表正朝着信息互动化、用电智能化的方向发展。

## 1 电能表的起源

最早的电能表是德国人艾迪生在 1880 年用电解原理制成直流电能表, 即安时计。到了 1888 年, 交流电的发现和运用对电能表的发展提出了新的要求, 意大利科学院的物理学家弗拉里斯提出用旋转磁场的原理来测量电能量。1889 年, 匈牙利岗兹公司一位德国人布勒泰制作成总重量为 36.5 kg 的世界上第一块感应式电能表。1905 年出现了增加非工作磁路改进成 90° 的方法, 使电能表的各项参数有了很大提高。随后性能较好的高导磁材料的出现, 大大减轻了电能表的质量并缩小了其体积, 每只表的质量降到了 1.5~2 kg, 而且降低了其功率消耗。上世纪 30 年代开始, 电能表采用铬钢、铝镍合金代替原来的钨铜, 并通过降低电能表转盘的转速来降低其损耗, 同时改善了电能表的负荷特性。当时, 国外的感应式电能表的过负荷能力达到 600% 以上, 而且采用双宝石轴承和磁力轴承, 电能表寿命延长至 15~30 年。至此, 感应式电能表在电能计量中已经得到了广泛的应用。

## 2 智能电能表发展历程

智能电能表作为智能电网的终端设备, 代表着未来节能型智能终端的发展方向。智能电能表是由

收稿日期: 2011-08-31; 修回日期: 2011-10-09

传统电能表逐步发展起来的。我国电能表发展到智能电能表, 大致经历了 4 个发展阶段。

### 2.1 感应式交流电能表

从上世纪 20 年代开始, 我国各发电厂、供电部门和用电客户均采用国外进口和国产的感应式单、三相交流有功电能表。

#### 2.1.1 结构原理

感应式交流电能表采用带有电流、电压铁芯线圈, 利用三磁通电磁感应原理使圆盘转动, 以机械计数器显示方式累加记录有功电量。

#### 2.1.2 功能特点

- (1) 利用三磁通电磁感应原理使圆盘转动, 以机械计数器显示方式累加记录电量;
- (2) 功能单一, 具有有功或无功电能计量功能;
- (3) 频率范围窄, 非线性负载计量误差大;
- (4) 结构简单、安全、准确度不高;
- (5) 负载电流范围小, 过载能力低;
- (6) 安装垂直度要求高, 电能表倾斜度应  $\leq 3^\circ$ 。

### 2.2 电子式交流电能表

20 世纪 60 年代末, 日本发明了时分割乘法器并提出了其功率测量原理, 实现了全电子化电能计量装置, 日本横河株式会社生产了 2885 型数字功率变换器, 受到全世界的关注。在这个原理基础上, 我国研制出单相和三相电子式数字功率电能标准表。随着电子技术的进一步发展, 模拟-数字转换技术和大规模集成电路的逐步完善, 促使各种性能和功能的电子式电能表逐步成为电能计量的主力军。

#### 2.2.1 结构原理

电子式交流电能表是以微电子电路为基础, 将被测电压、电流接入电能表后, 经乘法器、P/f 转换、计数显示控制输出一个电能计量标准脉冲, 当输入功率改变时, 输出脉冲也跟着改变, 经微处理器、在时间上再累加(积分)起来就可测得电能值。

#### 2.2.2 功能特点

(1) 以微电子电路为基础,完成电能计量的计算功能;

(2) 功能较多,可实施多时段、多费率、预付费电能计量;

(3) 频率范围宽,负载误差曲线平坦;

(4) 适应于模块化制造工艺,准确度较高;

(5) 负载电流范围宽,过载能力达8倍以上;

(6) 安装垂直度要求不高;

(7) 具备通信功能,便于抄表及通信。

### 2.3 电子式多功能电能表

从本世纪初开始,发展了一种新型的集多种计量要求与多种功能于一体的电子式单、三相多功能电能表,不仅可减少电能表数量、减少安装电能表屏数,同时可以减小TA二次实际负载、提高TA的计量精度,特别是变电所的旁路开关、互馈线路的电能计量。

#### 2.3.1 结构原理

电能表工作时,A,B,C三相电压、电流经取样电路分别取样送到计量芯片进行处理,CPU将处理后的数据根据需要送至显示部分、通信部分等数据输出单元。

#### 2.3.2 功能特点

(1) 采用专用计量芯片,完成电能计量的计算功能;

(2) 能计量正反向有功、无功电能、四象限无功电能,可设置费率;

(3) 最大需量测量功能;

(4) 事件记录功能;

(5) 清零、电量冻结功能;

(6) 负荷记录功能;

(7) 瞬时电气参量测量功能。

### 2.4 智能电能表

随着全球性智能电网和国家电网公司电力用户用电信息采集系统的建设,电能表不再仅作为单一计费仪表而存在,正向智能化、系统化、模块化和多元化的系统终端发展。随着自动抄表系统与负荷控制系统逐步合并升级成用电信息采集系统,并向高级量测体系(AMI)过渡,智能电能表作为信息系统内部最末端的设备,已成为最具发展潜力的电工仪器仪表产品之一<sup>[1]</sup>。

智能电能表是智能电网的智能终端,已经不是传统意义上的电能表,智能电能表除了具备传统电能表基本用电量的计量功能以外,为了适应智能电网和新能源的使用,其还具有信息存储及处理、实时监测、自动控制、防窃电、多种数据传输模式的双向数据通信等功能,支持双向计量、阶梯电价、分时电

价、峰谷电价等实际需要,也是实现分布式电源计量、双向互动服务、智能家居、智能小区的技术基础。

#### 2.4.1 结构原理

智能电能表由测量单元、数据处理单元、通信单元等组成,是属于多功能电能表范畴,但又不同于一般的多功能表电能表,因为它本身含有功能较强的微控制器(MCU),就像一台小型的电脑一样,自动化和智能化的功能更丰富、更强大<sup>[2]</sup>。

#### 2.4.2 功能特点

(1) 具有多功能表所有特性;

(2) 有费控功能,可通过CPU卡、射频卡、载波、公网等方式实现费控;

(3) 统一费控智能电能表信息交换安全认证;

(4) 事件记录功能更加完善;

(5) 通信方式多样,支持信息互动;

(6) 可实施阶梯电价功能。

## 3 智能电能表应用前景

随着国家坚强智能电网建设的进展,作为用户端的智能电能表的需求也会大幅度地增长。根据国家电网公司的要求,建设“全覆盖、全采集、全费控”的采集系统,居民用户信息采集得到大规模应用。2009年国家电网公司制订了12项国家电网公司智能电能表企业标准,统一电能表型式及功能要求。国家电网公司智能电能表大规模集中招标也于2009年年底启动,截止今年9月,国家电网公司已组织开展9次智能电能表集中招标,单相电能表招标总数量达9967万只,三相电能表招标总数量达912万只。在今后几年,国网公司将以每年4~5个招标批次的固定模式集中招标智能电能表。

作为用电信息采集系统的终端设备,智能电能表是最基础的数据来源。智能电能表可采集的数据包括有功、无功正向、反向电能量数据;电压、电流、频率、功率、功率因数等一系列的负荷记录;有功、无功正向、反向各费率时段最大需量数据;定时冻结、瞬时冻结、日冻结、约定冻结数据;失压、断相、失流、逆相序、掉电、需量清零、编程、校时、远程控制拉闸、开表盖、电表清零等事件记录数据。

随着电力用户用电信息采集的深入,智能电能表提供的采集数据也必将在智能电网中得到深层次运用。在不久的将来,将在信息社会中发挥更大的作用,具有广阔的应用前景。

### 3.1 配电网状态估计

目前,配网侧的潮流分布信息通常很不准确。随着电力系统规模的不断扩大,电力工业管理体制市场化进程的加快,对估计预测精度的要求也越来越

高。通过在用户侧增加测量节点,将获得更加准确的负载和网损信息,从而避免电力设备过负载和电能质量恶化。通过将大量测量数据进行整合,可实现未知状态的预估和测量数据准确性的校核<sup>[3]</sup>。

3.2 电能质量和供电可靠性监控

无论从电网运行的需要考虑,还是从供电用户的需要考虑,加强对电能质量和供电可靠性的监控都十分必要。采用智能电能表能实时监测电能质量和供电状况,从而及时、准确地响应用户投诉,并提前采取措施预防电能质量问题的发生。

3.3 用户侧负荷分析建模及预测

基于智能电能表所获得的用户侧基础信息和用电信息,可以对各类用电分别进行典型性分析、趋势分析;并且在完成各负荷类型特性分析的基础上,结合气象因素对不同类型或者不同用户的历史负荷数据分别进行相关因素分析及主成分分析;并在此基础上建立合理的负荷预测模型,对用户侧的负荷进行中短期预测;再加入社会、经济、政治等因素后,建立相应的预测模型,利用组合法可以实现对用户侧的负荷进行预测。

3.4 防窃电平台建设

根据不同低压配电网络的拓扑结构以及智能电能表采集数据的种类和性质,可以提出网络防窃电平台的系统框架。有效防止窃电以及破坏电能计量设备行为的发生。对随时发生的计量设备故障和运行安全隐患,可通过即时上传计量参数、故障现象等信息,方便计量人员及时准确地判断和处理设备故障和事故隐患。

3.5 用户能量管理

通过智能电能表采集的信息,可以构建用户能量管理系统,从而为各种用户提供能量管理的服务,在满足室内环境控制(温度、湿度、照明等)的同时,尽可能减少能源消耗,实现节能减排的目标。

4 结束语

智能电网的建设必将淘汰所有感应式电能表及功能简单、不具备分时分类计量、双向计量、双向通信功能的电子式电能表。取而代之的是功能完善的智能电能表。智能电表的大量使用将会使得智能电网的节能、高效、安全的性能得到更充分的体现。

参考文献:

[1] 薛昌波,周飞龙. 智能技术在电能计量领域的展望[J]. 中国计量,2010(4):31-33.  
[2] 李保玮. 智能电表简介[J]. 新技术新产品,2010(3):70-73.  
[3] 孙 杰. 智能电表在智能电网中的应用分析[J]. 中国新技术新产品,2010(21):155.

作者简介:

郭兴昕(1981),女,陕西安康人,工程师,从事电力计量终端质量评估方法研究工作;  
贾 军(1971),男,陕西安康人,工程师,从事变电运行检修工作;  
郭晓艳(1977),女,陕西安康人,工程师,从事变电运行检修工作;  
纪 峰(1981),男,江苏南京人,工程师,从事电力计量终端质量评估方法研究工作;  
沈秋英(1979),女,江苏吴江人,工程师,从事用户侧负荷预测研究工作。

Development and Application Prospect of Smart Electricity Meter

GUO Xing-xin<sup>1</sup>, JIA Jun<sup>2</sup>, GUO Xiaoyan<sup>2</sup>, JI Feng<sup>1</sup>, SHEN Qiu-ying<sup>1</sup>

(1.Jiangsu Electric Power Company Research Institute, Nanjing 211103, China;

2. Shaanxi Ankang Power Supply Bureau, Ankang 725000,China)

**Abstract:** The origin of electric energy meter was introduced in this paper firstly. According to the structural and functional characteristics of electric energy meters, the development process can be classified into four phases: inductive AC electric energy meter, electronic AC electric energy meter, electronic multi-functional electric energy meter and smart electric energy meter. Application prospects of acquisition data in smart grid provided by smart electric energy meters are discussed, where those meters act as the terminal equipment of electricity consumption acquisition system.

**Key words:** electric energy meter; development process; smart electric energy meter; acquisition data; application prospect

未来十大新能源(3)

(9) 微生物。世界上有不少国家盛产甘蔗、甜菜、木薯等,科学家利用微生物发酵,可将它们制成酒精,用其稀释汽油所配制的乙醇汽油,功效可提高 15%左右,而且制作酒精的原料丰富,成本低廉。科学家还研究成功利用微生物制取氢气,开辟了能源的新途径。

(10) 潮汐能。因月球引力的变化引起潮汐现象,导致海水平面周期性地升降,因海水涨落及潮水流动所产生的能量成为潮汐能。潮汐能是以势能形态出现的海洋能,是指海水涨潮和潮落形成的水的势能。