



智能电网研讨课 课程论文

论文题目：智能电表简要介绍

任课教师： 汤 奕

学 生： 杨 瑾 (16011403)

吕晓娜 (16011404)

成 旭 (16011415)

李 坚 (16011320)

2014-11



智能电表简要介绍

杨瑾，吕晓娜，成旭，李坚

(东南大学电气工程学院, 16011403, 16011404, 16011415, 16011320)

Brief Introduction to Smart Meters

摘要: 随着国家智能电网发展战略的确定,其重要的基础设施智能电表成为了智能电网发展的启动项目,承担着原始电能数据采集、计量和传输的任务,是实现信息集成、分析优化和信息展现的基础。由于缺乏统一标准,国际上对智能电表还没有明确和统一的定义和要求。为此,本文通过与传统电表比较归纳了智能电表的概念,阐述了其国内外的发展现况和功能应用等,并简要介绍了智能电表的技术发展趋势。

关键词: 智能电表, 高级量测体系

ABSTRACT: Along with the State intelligent grid development strategy to determine, its critical infrastructure intelligent meters has become the start-up projects of the intelligent grid development, bearing the tasks of the original energy data acquisition, measurement and transmission. It is the basis of achieving information integration, analysis and optimization as well as information show. Due to absence of unified specification, there is still no unified and determinate definition and requirement to the smart meter. For this reason, the concept of smart meters is summarized by comparison with the traditional meter. Its status of development at home and abroad as well as functional applications are expounded. In addition, technology trends of smart meters are briefly introduced.

KEY WORDS: smart meter; advanced metering infrastructure (AMI)

0 引言

随着电力市场化改革的推进、气候变化的加剧、环境监管要求日趋严格及国家能源政策的最新调整,电力网络跟电力市场、用户之间的协调和交换越来越紧密,电能质量水平要求逐步提高,可再生能源等分布式发电资源数量不断增加,传统电力网络已经难以支撑如此多的发展要求。为此人们提出了发展智能电网(smart grid)的设想,以实现在传统电网基础上的升级换代。

智能电表作为智能电网建设的重要基础设备,是目前众多其他国家智能电网建设的启动项目。它是安装于电力用户侧的智能终端设备,具有双向通信、采集数据、远程预付费、窃电监测、停电监测、远程维护升级、控制用户设备等作用。其具备的连续通信功能可以用于电力系统中的实时监控,并可以作为需求侧的管理接口,从而实现对需求侧的实时管理控制,同时它良好的双向性,能够保证用户实时掌握用电情况。

智能电表所产生的效益是和每个家庭每个人是直接相关的,它能通过提供实时用电信息引导节约用电,另外也可以通过分时或阶梯电价,进一步降低用电高峰时刻的用电情况,从而实现节能减排的目标。

本文将对智能电表的定义进行归纳,阐述了其国内外的发展现况和功能应用等,并简要介绍了智能电表的技术发展趋势。

1 智能电表的概念

智能电能表是以最新的计算机应用技术、现代通信技术、量测技术为基础的进行数据采集、数据处理和管理的先进计量设备。

智能电表不同于传统电表之处在于它是双向实时通信，具有互动的特征，能够提供实时数据，为实施阶梯电价提供了可能。因此，智能电表在设计中强调了更强的信息处理、交互、计量和通信能力。

智能电表将改变以往人工抄表的历史，工作人员只需点点鼠标就可掌握用户用电情况。对于用户来说，用起来会更加便捷，用户可以提前在电表预存一定数额的电费，这样在相当一段时间之内都不用再往银行或者营业厅跑了。此外，用户还可以定期从银行直接往电表内转账划钱。而通过信息交互功能，用户可以对家中用电情况一清二楚。当电表中的余额少于一定的数值时，电表会提醒用户即使付费。

智能电能表是在电子式电能表的基础上，近年来开发面世的高科技产品，主要是由电子元器件构成。其工作原理是先通过对用户供电电压和电流的实时采样，再采用专用的电能表集成电路，对采样电压和电流信号进行处理，并转换成与电能成正比的脉冲输出，最后通过单片机进行处理、控制，把脉冲显示为用电量并输出，原理见图 1.1



图 1.1 智能电表工作原理

2 智能电表国内外现状

2.1 德国

德国作为欧盟的最大经济体拥有 4340 万电力用户。德国能源市场非常分散，主要包括 4 家大的公用事业公司和 800 个市政单位。德国政府在 2008 年 6 月颁布了新法案：从 2010 年起，德国电力客户可以选择智能电表的厂家和电表，但必须自费；同时新建筑必须安装智能电表。管理部门规定了安装智能电表所需的最小功能、数据格式和统一的商业模式，但并没有最后期限限制。

2.2 英国

根据英国政府披露的计划，到 2020 年，每个英国家庭都必须安装“智能电能表”以降低能源耗用量，并为低碳“智能电网”铺平道路。消费者可以通过更加留意能源的消耗量，从所节省的开支中获益；新型智能电能表可以发送家庭和小型企业的实时用电量和用气量信息。

2.3 西班牙

西班牙的 3 个电力公用事业公司几乎垄断了整个电力市场份额(Endesa 占 40%多，Iberdrola 占 30%多，Union Fenosa 占 10%多，其他约占 4%)，拥 2000 多万的客户。西班牙政府在 2007 年 8 月出台了相关法律，要求截止到 2014 年，所有经销商需要有高级表计管理(advanced meter management, AMM)操作系统，截止到 2018 年，所有机械式电表都要换成智能电表，要能实现有功/无功计量、最大需量测量、用电负荷特性采集、电源管理、分时计费、远程抄表、远程断/供电、远程编程等功能。

2.4 中国

从2008年12月开始,中国国家电网公司就开始着手编写智能电能表技术规范,并进行了多次意见征询修改,赋予了智能电能表新的内涵。2009年9月,关于智能电能表的规范标准完成审定,国家电网公司对智能电能表有了明确的型式规范和功能规范,智能电能表正式开始推广应用。

3 智能电表的功能应用

3.1 结算和帐务

通过智能电表能够实现准确、实时的费用结算信息处理,简化了过去帐务处理上的复杂流程。在电力市场环境下,调度人员能更及时、便捷地转换能源零售商,未来甚至能实现全自动切换。同时用户也能获得更加准确、及时的能耗信息和帐务信息。

3.2 配网状态估计

目前,配网侧的潮流分布信息通常很不准确,主要是因为该信息是根据网络模型、负载估计值以及变电站高压侧的测量信息综合处理得到的。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。

3.3 电能质量和供电可靠性监控

采用智能电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。传统的电能质量分析方式在实时性和有效性上都存在差距。

3.4 负荷分析、建模和预测

智能电表采集的水、气、热能耗数据可以用来进行负荷分析和预测,通过将上述信息与负荷特性、时间变化等进行综合分析,可估算和预测出总的能耗和峰值需求。这些信息将为用户、能源零售商和配网调度人员提供便利,促进合理用电、节能降耗以及优化电网规划和调度等。

3.5 电力需求侧响应

需求侧响应意味着通过电价来控制用户的负荷及分布式发电。它包括价格控制和负荷直接控制。价格控制大体上包括分时电价、实时电价和紧急峰值电价,来分别满足常规用电、短期用电和高峰时期用电的需求。直接负荷控制则通常由网络调度员根据网络状况通过远程命令来实现负载的接入和断开。

3.6 能效监控和管理

通过将智能电表提供的能耗信息反馈给用户,能促使用户减少能源消耗或者转换能源利用方式。对于装有分布式发电设备的家庭,还能为用户提供合理的发电和用电方案,实现用户利益的最大化。

3.7 用户能量管理。

通过智能电表提供的信息,可以在其上构建用户能量管理系统,从而为不同用户(居民用户、商业用户、工业用户等)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,实现减少排放的目标。

3.8 节能

为用户提供实时能耗数据,促进用户调节用电习惯,并及时发现由设备故障等产生的能源消耗异常情况。在智能电表所提供的技术基础上,电力公司、设备供应商及其他市场参与者可以为用户提供新的产品和服务,例如不同类型的分时网络电价、带回购的电力合同、现货价格电力合同等。

3.9 智能家庭

智能家庭是指将家庭中不同装置、机器和其他耗能设备联接在一个网络中，并根据居民的需求和行为、户外的温度以及其他参数来进行控制。它可以实现供热、报警、照明、通风等系统的互联，从而实现家庭自动化和家电等设备的远程控制等。

3.10 预防维护和故障分析

智能电表的测量功能有助于实现配网元器件、电能表以及用户设备的预防维护，例如检测出电力电子设备故障、接地故障等导致的电压波形畸变、谐波、不平衡等现象。测量数据还能帮助电网和用户分析电网元件故障和网损等。

3.11 预付费

相对于传统的预付费方式，智能电表能提供成本更低，更加灵活和友好的预付费方式。

3.12 电表管理

表计管理包括：安装表计的资产管理；表计信息数据库的维护；对表计的定期访问；确保表计的正常安装和运行；确认表计存储的位置和用户信息的正确性等。

3.13 负荷远程控制

通过智能电表可实现负荷的整体联接和断开，也可以对部分用户进行控制，从而配合调度部门实现功率控制；同时用户也可以通过可控开关实现特定负荷的远程控制。

3.14 非法用电检测

智能电表能检测出表箱开启、接线的变动、表计软件的更新等事件，从而及时发现窃电现象。对于窃电高发区，通过将总表的数据和其下所有表计数据进行比对，也可以及时发现潜在的窃电行为。

3.15 其他

智能电表能为用户提供电网故障、停电、电能质量、能耗、能效信息和推荐用电方案等增值服务，提高了能源市场竞争和效率，并为频率、电压和无功功率控制等应用提供了技术条件。

4 智能电表技术的发展趋势

目前，智能电表的智能主要体现在抄表和付费便捷化，离真正意义的智能电表还有很长的路要走。目前国内的智能电表只称得上是电子电表，还算不上智能电表。智能电表最大的特点就是交互，就是用户和供电企业的信息交互。信息交互的关键是管理，管理更加便捷和人性化，人性化的管理要求芯片的信息处理能力更强。智能电表的发展要采用先进计量体系，必须走模块化、网络化以及系统化的方向。

4.1 采用先进计量体系(AMI)

智能电表也将超向采用先进计量体系(advanced Metering Infrastructure; AMI)，并成为未来家庭区域网络(HAN)的组成部分。AMI 系指利用各种通讯方式，将客户端电表资料传送到控制中心的技术，透过双向通讯达成各种远程资料读取、提供、设定及控制等多种功能之系统。AMI 除了改善传统人工抄表不经济、不精确与不实时之缺点外，尚具备多功能，例如：支持各种不同电价费率、提供用户能源使用信息并引导自发性节能、支持传送信号进行用户负载控制，以因应电价改变的自动响应、支持故障侦测与远程开/关管理、改善负载预测、用户用电品质管理等。

AMI 相较于传统机械电表，优点在于具备双向通讯功能，因此 AMI 可连结用电、发电甚至是储电系统等多方信息相互流通，辅助电网朝向电力系统之高速公路发展，达到随上随下的功能。因此 AMI 主要优点在于促成节能减碳目标实现、改善供电品质以及提升经济效率，因此在国家、电业、用电户三方面各能提供多方面的效益。

在国家面 AMI 可促成需求面管理，以及再生能源并网，因此有助于国家达成节能减碳政策目标。而对于电业而言，AMI 可提供负载控制通讯功能，快速量测、诊断电力质量，

来实现电网自愈功能(self-healing),提升供电品质;并可透过时间电价机制之搭配,实现尖离峰平滑,以减缓新建电厂的压力;同时更容易获得用户的用电资料,故可提供更多创新服务。最后在用户面,AMI 搭配显示器可使用电信息透明化,使用电户能掌握更多信息,进行能源管理;并加强用户与电力系统之灵活互动,使用电户可同时扮演发电者与电力消耗者的角色,有助于健全电力市场运作。

4.2 模块化

智能电表采用功能模块化设计有以下优点:其一是只需通过更换部分功能模块就可以实现电能表的升级换代,而无需更换整个电能表,从而摆脱了传统电能表设计中那种因不可更改导致的成批调换和淘汰,乃至整个系统需要重构的厄运;其二是由于功能的模块化和结构的标准化,使得供用电管理部门在选购电能表时不必过分依赖某一电能表厂家产品,并为规范电能表的研制与开发提供可能;其三是可以通过现场或远程升级更换故障模块的方法,提高可维护性并节省维护费用。

4.3 网络化

网络化可以实现将各种场合的电能数据进行实时采样和存储,并经有线或无线网络的传输,将信息实时或非实时的输送到用电信息管理系统中,通过数据共享和分析实现供用电管理部门对异地用电信息的实时或非实时的测量和监控。通过网络化,可以将智能电表的部分功能从接入层上移到网络层和数据管理平台层,通过数据共享和综合分析实现智能电表的功能,简化智能电表的设计。目前,可利用的通信网络有:电力线载波(PLC)网、光纤与同轴电缆(HFC)网、固定电话(PSTN)网、无线移动(GSM/GPRS/CDMA)网。近日,国家电网公司和中国电信集团公司在京签署战略合作框架协议,双方将在电网和通信领域开展合作,以共建电力光纤到户工程为着力点,合作推动坚强智能电网建设。电力光纤入户工程在技术上实现了只需一次施工,一个通道,一次性解决缆线入户的问题,可取代以往电线、网线、电话线和有线电视等多条线路的多次施工[3]。三网融合的目的就是资源共享,为电能信息数据的传输提供了稳定可靠和价格低廉的数据传输信道和网络,为智能电表的网络化和系统化及其自动抄收的实现奠定了网络化基础。

4.4 系统化

系统化是综合利用成熟的计算机技术和电力系统自动化技术,在数据控制管理平台实现海量用电数据的有效分析、处理与管理。在网络化和系统化的推动下,用电信息管理系统可以向着分布性和开放性的方向发展,使得用电信息管理功能的扩展更加灵活,性能不断提高,使用更加简便。

参考文献

- [1] 林宇锋,钟金,吴复立.智能电网技术体系探讨[J].电网技术,2009,33(12):8-14.
- [2] 王思彤,周晖,袁瑞铭,易忠林.智能电表的概念及应用[J].电网技术,2010
- [3] 张高龙.智能电表技术及市场[J].智能电器技术专题