

# 电力市场的发展与电力网载波通信

姜霞, J. NGUMBIS, 程时杰

(华中理工大学电力系, 湖北 武汉 430074)

**【摘要】** 文章对电力市场的特点及发展状况进行了简单的综述,在此基础上讨论了电力市场对通信的网络功能、高可靠性、接口的标准化所提出的要求,论述了建立基于电力网络尤其是中、低压配电网的载波通信的重要意义,分析了中、低压电力线载波通信的特点,提出了一种利用中、低压配电网实现载波通信网的原理和方法。

**【关键词】** 电力市场; 载波通信

## 1 引言

自70年代末期由美国佛罗里达电力联合集团(FCG)建立和完善电力经济人系统,形成电力市场以来,世界各国纷纷对本国电力工业进行了大规模的体制改造,引入竞争机制,开放电力市场,将传统的自上而下的垂直型垄断管理模式转变为公正、平等的电力自由贸易模式。随着我国社会主义市场经济体制的建立与发展,在中国电力工业中,市场经济体制的形成已经迫在眉睫<sup>[1]</sup>。这对于调节负荷分布和发电成本的不均衡性,缓和电力供需矛盾,挖掘潜力,提高投资利用率有着巨大的意义。随着电力市场的建立,电力用方与电力供方将处于一种平等的双向交流的地位,信息交换频繁,信息量大,这就需要完备的双向网络通信功能。早期的电力线载波通信(PLC)由于受1000bit/s的数据传输速率的限制,使用范围有限。但随着网络技术及信息技术的发展,软、硬件能力的提高,目前低压传输线的数据传输能力已有大幅度的提高,达几十kbit/s。当然,这种数据传输能力相对于专用通讯通道来说,其速率还急需提高。但是,由于这种通道具有某些不可比拟的特性:如实时性强、机械强度高、投资少等,其发展已越来越引人注目。

## 2 电力市场的特点及技术要求

### 2.1 电力市场的特点

电力市场是电价、电力系统运行、负荷管理、供电用电合作、通信和计算机系统的总和,是电力工业经济管理与技术网络的综合体。其本质是在电力工业内部引入竞争机制,其基本原则是公平竞争。在电力市场中,电力是商品,按电价进行交换。按照等价交换的原则,买卖双方寻求最优的性能价格比。

因此,电力市场的两大主要特点一是“平等”,二是“竞争”。

既然是市场,“竞争”是不言而喻的,而电力市场的“平等”则体现在以下三个方面:

供电方与用电方之间的平等伙伴关系。

供电方之间的平等竞争与协作。

用电方之间的平等竞争与协作。

在传统的电力系统中,没有真正意义上的“用户”概念,在单纯的行政手段干预下,用户处于被动的、受调节的、单向可控负荷的地位,买卖双方处于一种极度不平等的关系之中。而在电力市场中,用户作为一个成员参与到电力市场中来,从而建立了供电方与用电方之间的一种平等的买卖伙伴关系。相对于传统电力系统来说,这是电力系统内部关系的一个本质上的飞跃。

同时,买卖双方都在寻求一个最优的性能价格比,因此竞争的焦点自然就落在电价与电力服务质量上。价格作为市场经济的杠杆,在竞争中具有举足轻重的作用。由最初的统一电价、到分时电价、到实时电价、再到承诺电价、合同电价,无不体现着电力市场中电力作为一种商品的经济特性。各供电部门在努力降低供电成本的同时,也在积极开发各种高新技术产业,开展基于电力传输线的网络服务功能。这已经成为世界通信领域以及电力系统领域的一个热门话题。

### 2.2 电力市场的技术要求

随着电力市场的逐步形成,电力调度、电能计费、通信传输等也给各供电公司和电力科技人员提出了一系列新的技术要求,现有的EMS、DMS、SCADA、MIS系统已经不再能完全适应电力市场的需要。归纳起来,主要的技术要求如下:

网络能力

随着电力作为商品进入市场,从供电中心到功率交换节点,一直到用户电表,都需要传输大量的实时信息。这种信息传输具有双向性、实时性、保密性以及高可靠性。用户与供电公司之间的信息流如图 1 所示:



图 1 用户与供电公司之间的信息流

信息传输的双向性保证了买卖双方对交易情况的全局掌握,如同股票市场一样,供电方实时收集本电网各用户对电能的需求情况,进行实时电价计算,以求得到最大的经济效益,并将算得的电价及时反馈给用电方,用户根据各供电公司的电价进行自由选择,并控制自己的用电行为。供电公司也可根据采集的实时数据,进行负荷预测、负荷管理,并根据用户以往的付费情况、用电行为,对用户进行奖惩控制。还可根据用户提出的要求,进行事故预警、状态监控等辅助性服务。

通信可靠性

电量计费是电力这种商品的计量,不仅具有实时性,而且具有公开性,还必须具有高度的可靠性,否则将会引起电力市场的混乱。目前可采取的通信方式有:

- a、无线广播;包括微波、卫星,电台载波调制。
- b、租用电话线路。
- c、租用已有计算机网络、有线电视网、光纤通信网。
- d、利用电力线载波通信,建立基于电力传输线的网络。

对于供电公司来说,采用基于电力线的载波通信方式是投资最少、发展前景最为看好的方式,采用这种方式一方面可以实现用户网与供电网之间通信的无缝联接,另一方面可以保证实时性。但是,为保证通信的高度可靠性,应采用以一种方式为主,多种通信方式为辅的多种通信方式共存的模式。

接口标准化

电力市场对电力系统自动化提出了更高要求。作为供电部门核心的调度中心,需要提供各种标准化接口,如图 2 所示。

标准化通信接口适用于各种不同的通信方式,标准化网络接口,用于实现网络服务功能;标准化数

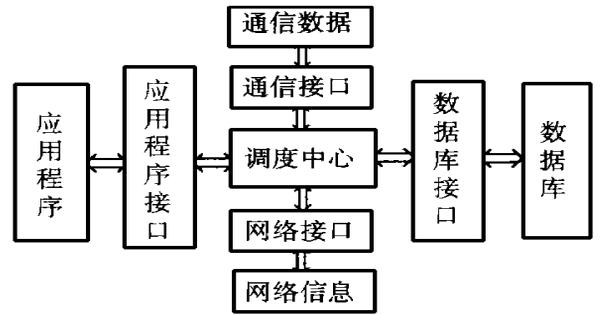


图 2 供电调度中心需提供的各种标准化接口

据库接口,联接实时数据库与商用数据库;标准化应用程序接口,用于进行配电网管理。

### 3 建立电力传输线通信网络的意义

随着电力市场的建立,用电方与供电方处于一种平等双向交流的地位,信息交换不仅量大,而且频繁。一方面供电方需对所辖电网的运行情况进行监测和控制,采集大量的实时数据,计算实时电价,监测电网运行状态,并迅速将信息反馈给用户。另一方面,用户将根据供电方送来的信息,调节自己的用电行为,对市场变化作出响应。这样,就形成了电力市场的良性循环,最终达到电力贸易的一种动态平衡。

这种动态的闭环控制过程正是基于用电方与供电方之间完备的双向网络通信功能之上的。对于供电方来说,不论用电方是工业用户还是居民家庭用户,其用户接口都包含了对用户端的遥测、遥控、遥调功能。当然,在新的网络服务环境下,传统的遥测、遥调、遥控功能已被赋予了新的含义。一方面增强了双向实时信息交流功能,另一方面,随着多媒体技术的发展,增强了网络的服务功能。同时,将应用领域从原有的仅局限于高压电网大用户,扩展到了中、低压配电网的中、小用户。从而实现商业用户、家庭用户、工业用户及供电公司平等地参与电力贸易之中。这不仅会提高电网的使用效率,达到用经济手段调节用电行为,实现自觉统一调度,而且给家庭生活现代化带来了美好的前景。因为,如同今天用户呈指数上升的国际互联网 Internet 一样,电力传输网络也不会仅仅局限于电力市场的使用。人们或许可以用它来打电话、发传真、购物……,这将是一个多么美好的前景!虽然,现在还有许多困难需要克服,还有许多问题需要解决,但是,随着信息技术的不断发展,这不是不可能办到的。如同近百年前我们惊喜于电力带给我们的现代文明一样,不久的

将来,我们也一样会感受到电力线的网络服务功能带给我们高科技的震撼。

### 4 电力传输线载波通信的特点及现状

#### 4.1 电力线载波通信的特点

电力线载波通信技术出现于本世纪 20 年代初,它以电力线为传输通道,是电力系统特有的通信方式,具有以下特点:

通道可靠性高、投资少、见效快且与电网建设同步

电力传输线路机械强度高,不易受外力破坏,不需专门投资架设通信通道,是电力系统通信的天然平台。

通道干扰大、信息容量小

根据 CENELEC 和 IEC 的规定,3k~148.5kHz 是低压电力线载波通信的可用频带<sup>[2]</sup>。这个频带被分为如下两个部分:

a、3k~95kHz 是公用频带。

b、95k~148.5kHz 是专用频带

按照我国规定的每通道占用 4k 带宽,则所能容纳的通道数极其有限。并且,信号传输质量受线路噪声特性及衰减特性的影响。对于 3k~148.5kHz 频带来说,配电网噪声特性受负荷变化的影响很大,这些负荷包括家用电器、电机、商用照明、保安等等。所以与现代迅速发展的数字微波通信、卫星通信、光纤通信、CDMA 通信及数字程控交换机通信相比,传统的电力线载波通信愈加显示出其局限性。

传统电力载波通信仅局限于高压输电网

相比较而言,中、低压配电网具有更多的复杂性

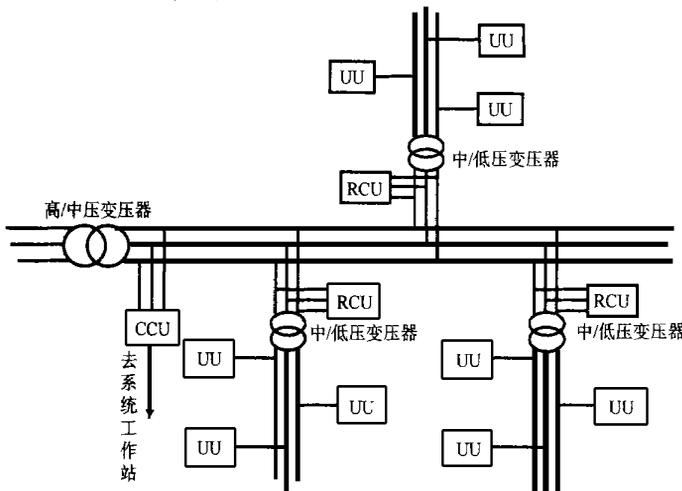


图 3 中、低压配电网载波通信网的实现原理

和时变性特点。根据实验测量,在中、低压配电网中,不同建筑或同一建筑内的不同节点,甚至同一节点的不同时间段,信号在电网中衰减和受噪声干扰的特性都是不相同的,且随负荷的变化呈现出较大的变化。这对于保证电力线载波通信的可靠性来说是一个极大的挑战。

#### 4.2 中、低压配电网载波通信网的实现原理<sup>[3]</sup>

中、低压配电网载波通信网的实现原理如图 3 所示。

该通信网包括以下几个部分:

用户单元(UU:User Unit)

用户单元是基础功能单元,可以用来显示计费信息,也可以控制家用电器状况,还可以向网络传送信息,实现从供电到用电的信息交换<sup>[4]</sup>。有如图 4 所示的几个接口:

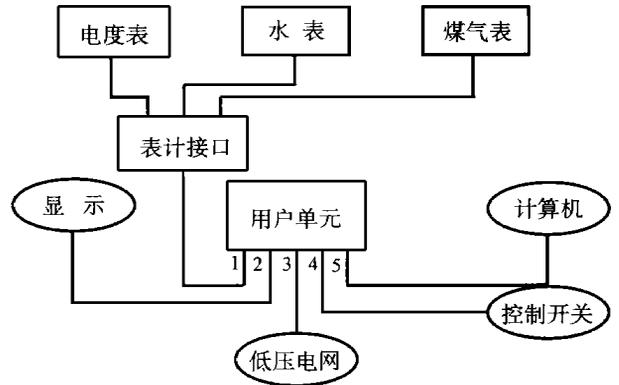


图 4 用户单元应具有接口

Port1 是用来与测量表计相连的接口;

Port2 是用来与显示相连的接口;

Port3 是用来与网络相连的接口;

Port4 是用来与控制相连的接口;

Port5 是用户与计算机相连的接口

远方控制单元(RCU:Remote Control Unit)

此单元装于中/低压配电变压器的低压侧,具有如下四大功能:

a、接收本配电变压器所辖范围内的用户单元通过低压线路送来的数据;

b、通过低压线路的用户单元发送数据和控制信息;

c、接收中压控制单元通过中压线路传来的数据和控制信息;

d、通过中压线路的中压控制单元传送数据。

中心控制单元(CCU:Center Control Unit)

此单元装于高/中压变压器中压侧,具有以下几个功能:

- a、接收低压控制单元通过中压线路送来的数据;
- b、通过中压线路向低压控制单元发送数据和控制信息;
- c、与系统工作站前置计算机之间的通信。

系统工作站(SWS: System Work Station)

采用标准的分布式开放软件环境及客户/服务器模式。分布式系统管理,负责实时数据库、历史数据库、参数库,提供人机接口,计算实时费用。

#### 4.3 中、低压电网载波通信的研究现状及需要解决的问题

目前,随着全球信息技术的发展以及各国电力市场的逐步形成,各国电力公司都在电力网载波通信技术上投入了大量的人力、物力。因为在新的网络环境下,提高服务质量,扩大服务范围,减少投资,降低成本是争取客户,占据市场的根本。国际电联ITU、IEC和IEE也纷纷提出电力载波通信标准。对低压电力线载波通信网的工作频带、抗干扰能力、系统协议及标准接口作了一系列规定。早期的电力线载波通信(PLC)由于受1000bit/s的数据传输速率的限制,使用范围有限。但随着网络技术及信息技术的发展,软、硬件能力的提高,目前低压传输线的数据传输能力已达几十kbit/s。当然,相对于专用通道来说,它的速率还急需提高。但是其固有的特性:实时性强,机械强度高,投资少,已使它的发展越来越引人注目。

1993年英国SWEB公司成功架设了一条远方测量载波通信电力线。采用中低压配电网双向数字载波通信,将电度表、水表、天然气表联接起来,实现了地区范围内远方抄表、自动收费、系统能源管理,在电力线网络通信上迈出了可喜的一步。这也是英国政府自1990年开放电力市场后,电力行业竞争加剧的直接结果。

我国自1992年提出商业化的电网自动化后,近几年已开始了电力市场的准备工作。对中低压电力线载波通信的研究也越来越多,电力系统监控、远方抄表、自动计费、低压负荷管理的发展正如火如荼。

当然,由于电力线路固有的缺点:负荷变化复杂,噪声干扰强,信号衰减大,信道容量小,要实现高质量的电力网络通信还有相当大的困难。但是,不能否认,建立基于电力线的通信网络服务,将会是电力市场自由贸易的一次革命。

## 5 结论

信息技术与网络技术是当今世界最热门的话题,而电力市场是传统垄断电力工业的一次革命。将二者有机结合的基于电力线的网络通信技术则是当今科技领域的一大焦点。如同今天的Internet网络给人们的生活带来了翻天覆地的变化一样,未来电力市场的发展也必将跨越省界、国界,实现全球一体化。如何将供电方与用电方有机地结合起来,实现真正意义的自由贸易,是电力系统通信技术的一大挑战。随着软硬件技术的发展,一度被卫星通信、微波通信等新技术的光芒所掩盖的电力线尤其是低压配电网载波通信技术再次成为各国电力工作者研究的热点。采用中/低压配电网载波通信能实现传送用户数据信息,供电方控制信息,负荷管理,自动计费,远方监控。在与原有MIS、SCANDA系统接口之后能有效地进行能量管理,自由贸易,对电力市场的运行有着举足轻重的意义。

### [参考文献]

- [1] 于尔铿,韩放. 电力市场. 中国电力出版社,1998.
- [2] Dr John Newbury. Communication Requirements and Standards for Low Voltage Mains Signalling. IEEE Transaction on Power Delivery, 1998, 13(1).
- [3] Adrian Patrick, Dr John Newbury and Sean Gargan. Two - Way Communications Systems in the Electricity Supply Industry. IEEE Transactions on Power Delivery, 1998, 13(1).
- [4] Dr John Newbury. Communications Field Trials For Total Utility Metering. IEEE Transactions On Power Delivery, 1996, 11(2).

收稿日期:1999-04-01

作者简介:姜霞(1975-),女,硕士,主要研究方向为电力通信; J. NGUMBIS(1965-),男,硕士,喀麦隆留学生,主要研究方向为电力通信; 程时杰(1945-),男,博士生导师,主要研究方向为人工智能在电力系统中的应用。

## DEVELOPMENT OF THE ELECTRICITY MARKET AND COMMUNICATIONS BASED ON POWER LINE NETWORKS

J IANG Xia, J. NGUMBIS, CHENG Shi-jie

(Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China)

# 采用输电线路双端信号的故障精确定位系统

龚庆武, 雷庆生, 王志梅, 陈允平

(武汉水利电力大学电气工程学院, 湖北 武汉 430072)

**【摘要】** 介绍了一种新型的故障定位系统,该系统采用了输电线路双端电流电压信号进行故障定位,从而消除在对双侧电源线路进行故障定位时由过渡电阻所引起的误差。在文中,首先推导了这种新型故障定位算法的数学模型;然后介绍了其框图,系统中采用了全球卫星定位系统(GPS)作为本地和远端信号的同步信号;第三部分介绍其软硬件的流程图;最后部分是数字仿真结果和分析以及结论。数字仿真的结果表明本算法是一种高精度和高效率的方法。

**【关键词】** 双端信号; 精确; 故障定位; GPS; 同步采样; 硬件; 软件

## 1 引言

随着我国电力工业的飞速发展,电力系统的规模越来越大,输电线路的电压等级越来越高,长度也越来越长,经过的各种环境也纷繁复杂,因此,故障的次数也就不可避免会增加。现有的故障定位方法因只采用单侧的电流、电压信号,无法克服由于对侧助增电流和过渡阻抗所引起的测量误差,即使采用种种修正方法,也无法从根本上消除这种误差,获得精确的故障定位结果<sup>[1][2][3]</sup>。精确的故障定位结果将极大地缩短找寻故障点的时间,提高供电可靠性。所以,为了解决双侧电源线路的故障定位精度问题,最根本的一条就是采用两侧的电流、电压信号。这样就能从理论上解决问题。本文详细阐述了这种新型算法的数学模型、硬件和数字仿真结果。

## 2 数学模型<sup>[4][5]</sup>

现存的故障定位装置都只采用了本侧的电流、电压信号,定位算法大多采用代数方程。由戴维南定理可知,若只采用就地信号,因为两侧的电源电压幅值、相位和阻抗不同时知道,所以对两侧电源线路经过过渡电阻发生的故障,采用传统的方法就无法得到精确的结果。正确的方法应是采用输电线路两侧的信号,对在主保护范围内的故障进行故障定位,需在 0.1s 以内完成,故需采用可以计及过渡过程的微分方程作为数学模型以求得精确的定位结果。这就是本文所介绍的新的故障定位方法的主要思想。此外,传统的方法使用的是正序、负序和零序电流、电压,而我们知道,这些序分量只适用于稳态量,并不适用于暂态量。因此,对于暂态故障的精确定位,本

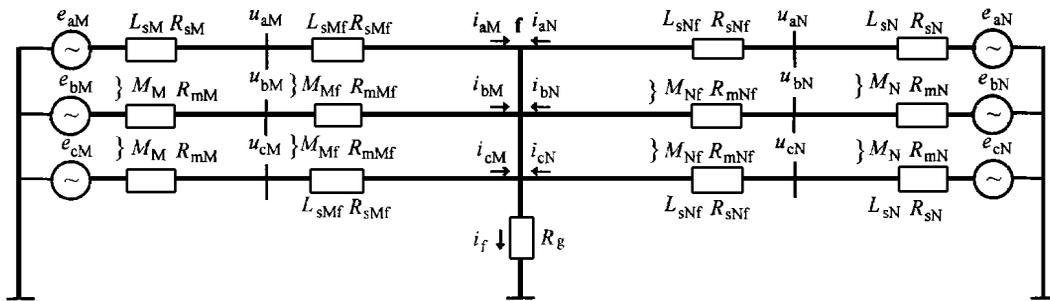


图 1 A 相接地故障系统图

**Abstract** In viewing the features and the development of the electricity market, this paper analyzes the requirements of the electricity market on the communication network with the emphasis on the functional requirements, the high reliabilities and the standards of the interfaces. Based on this, the importance of the low voltage distribution network based carrier communications is introduced. The main characteristics, the basic principles and the method of the realization of such kind of communication networks are discussed.

**Keywords** electricity market; carrier communication