

# 配电自动化中的光纤载波混合通信方案

焦振有<sup>1</sup>, 焦艳莉<sup>1</sup>, 李严平<sup>2</sup>, 焦邵华<sup>3</sup>, 刘万顺<sup>3</sup>

(1. 东北电力学院电力系, 吉林市 132012; 2. 华为技术公司北京研究所, 北京 100085;

3. 华北电力大学(北京)电力系, 北京 100085)

**摘要:** 针对配电自动化实施中的热点问题——配电网通信进行了讨论, 提出了建立在光纤、电力线载波的混合应用基础上的混合通信方案。文中进一步讨论了主干网的光纤通信方案, 包括光纤以太网和光纤环网, 给出具体应用的组网结构; 对于分支线路的通信系统, 文中提出建立在网络化电力线载波基础上的辅助通信方案, 提出网络化的实现方式和基本原则; 认为混合通信方案将是配电网通信的趋势。

**关键词:** 配电自动化; 通信; 光纤; 载波

**中图分类号:** TM73      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1003-4897(2002)07-0044-03

## 1 引言

配电自动化是建立在通信系统基础上的集测量、监控、保护与管理于一体的信息化系统。目前国内的配电自动化系统一般分三层: 主站、子站、馈线<sup>[1]</sup>。依据配网规模的大小, 主站层还可再分为主站和区域站两层。

在主站与子站之间, 由于信息量大, 要求高速可靠的通信通道, 但节点又不多, 目前一般采用光纤通信, 包括光纤以太网和光纤环网。这两种光纤通信方式的造价相近, 光纤环网更成熟一些, 但以太网是发展方向, 其技术实现及相关设备目前都已得到实践检验, 正在推广应用。

子站与馈线通信网一般统一考虑, 馈线网结构复杂, 情况多样, 各地的特点不同, 很难找到一种统一的通信模式。目前采用光纤、电力线载波、双绞线、无线等混合型通信方案的应用实例越来越多。不同通信方式的技术特点参见表 1。常见的结构为: 以光纤构建干线通信网络。通过电力线载波、双绞线、无线等辅助通信方式, 将干线 TIU、支线的 FIU 或 TIU, 连接到干线 FIU, 由其通过高速光纤通道, 将信息上传到子站、主站, 干线 FIU 应具备这种集中转发的能力。

馈线通信网采用光纤通信, 也同样分为光纤以太网、光纤环网, 这两种光纤通信方式的造价相近。在辅助通信方式中, 电力线载波是一种值得关注的通信手段, 具有良好的应用空间, 特别适用于城乡结合部的长支线。对于低压 (220/380V) 的抄表系统, 电力线载波抄表是最好的方式, 性能价格比最高。

随着配电自动化技术的不断推广与应用, 以光

纤通信为主干网、以电力线载波为分支网的混合通信模式正在形成, 下面就光纤通信与电力线载波通信的混合应用方案进行讨论。

表 1 配电网通信方式比较

通信介质	数据速率	投资	运行费用	覆盖范围	改动的灵活性	前景
DLC	中	低	低	大	大	好
光纤	高	高	低	小	小	好
电话	低	中	高	大	中	差
双绞线	中	中	低	小	小	差
无线	中	低	低	中	中	差

## 2 配电自动化的光纤通信

### 2.1 光纤环网作为主干网的应用

在配电自动化系统中光纤网通常是组成环状网, 该方案结构简单, 可靠性强。采用光纤自愈环网通信方式时, 网络由各节点双向闭环串接而成。正常时, 一环路工作另一环路备用, 若其中某一段光纤因施工等意外原因而开断, 则可以利用光纤双环网的自愈功能, 继续保持通信联系, 这种通信具有较高的可靠性。光纤环网主干网实现方案如下:

(1) 主站与子站之间采用单模光纤, 应用光纤转换模块, 以光纤以太网方式相连, 通信速率 100Mbps;

(2) 子站与干线上环网柜、开闭所、FIU 之间采用单模光纤, 通过光纤双环相连 (采用单模双发双收的光 MODEM) 实现带自愈的双环通信;

(3) 干线 TIU, 支线 FIU、TIU, 通过电力线载波就近连到干线的 FIU, 由 FIU 集中转发信息至光纤主干网;

(4) 抄表系统的数据由集中器汇总并转发给

TTU。

终端层环上设备与子站交换信息,环间通过主站-子站光纤以太网交换信息;干线 TTU,支线 FTU、TTU,通过电力线载波连到干线的 FTU,进入到本通信网。对于一个子站,通过本站环和主站-子站光纤以太网获取本子站范围内的信息,从而完成 DA 功能。该混合通信方案参见图 1。

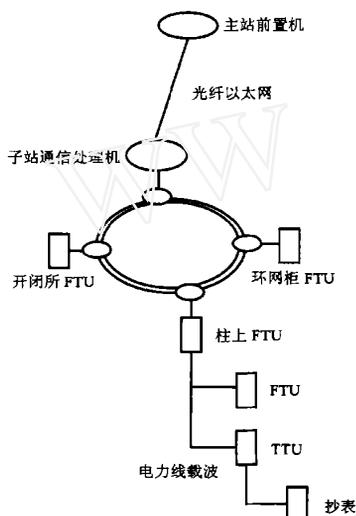


图 1 以光纤环网为主干网的混合通信方案

## 2.2 光纤以太网作为主干网的应用

光纤以太网高速灵活,技术资源丰富,代表光纤通信的发展方向。配电自动化中有些问题光纤环网难于解决,只能采用光纤以太网。例如当子站管理的 FTU 范围发生变化时,即有些 FTU 本属于子站甲管理,由子站甲负责与之通讯,运行方式发生变化后,变为子站乙管理,由子站乙负责与之通讯,这种情况,光纤环网无法处理;对于馈线系统保护功能,要求 FTU 之间、FTU 与子站之间快速交换信息(在 100ms 之内),也只有光纤以太网才能达到这种要求。光纤以太网主干网的实现方案如下:

(1) 主站与子站之间采用单模光纤,采用光纤转换模块,以光纤以太网方式相连,通信速率 100Mbps;

(2) 子站与干线上环网柜、开闭所、FTU 之间采用光纤,采用专用通信处理机和网络交换机,通过网络交换机与主干线 FTU 采用光纤通信,其中 FTU 内要加装智能光纤接口;通过通信处理机完成变电站 RTU 接入, GPS 接入,当地维护/或远传、电子设备接入等功能;

(3) 干线 TTU,支线 FTU、TTU,通过电力线载波就近连到干线的 FTU,由 FTU 集中转发信息至光纤主干网。

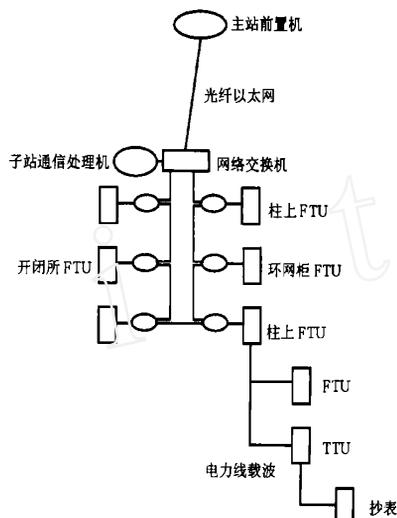


图 2 光纤以太网配网系统通信示意图

## 3 电力线载波通信

### 3.1 配电网电力线载波新技术

近年来出现的以数字信号处理(DSP)解码技术为核心的窄带多频芯片级载波技术成为配电网电力线通信的重要实现手段。该技术从原理上突破了现有的电力线扩频 DLC 的局限性,具有 -80dB 绝对电平的接收能力,采用了专用的耦合方式,能够具有强大的网络管理功能,并充分考虑了 NDLC 的可靠性<sup>[3]</sup>,为馈线自动化、自动抄表系统提供了强有力的通信支持。

### 3.2 网络化的电力线载波

从网络结构来看,配电网可以看作一个自由拓扑的总线网。由于线路长,分支多,几乎不可能做到每两个节点之间都能直接相互通信;由于节点众多,节点的管理是一个重要的问题。作者从通信系统的组态、可扩展性、传输距离及通信节点的可靠性方面提出网络化电力线通信结构的 3 个原则,提出应用于配网的电力线载波通信的实用化框架,组网方案如图 3 所示。

#### (1) 面向对象的设计思想

面向对象技术是软件工程的重要概念,也是分层、分布式控制的重要思想。电力系统本身就是分层、分布式的系统。配电网更是按变电站、馈线、开关(变压器)、负荷分层分布的。配电网每一条馈线上的节点(NODE)组成一个子网(SUBNET),隶属于同一个变电站的各馈线子网组成一个区域(DOMAIN)。于是,配电网上的任一节点地址均可由 DOMAIN、SUBNET、NODE 三个地址唯一确定。不同变电站之间的节点由变电站之间相联络的联络开关处

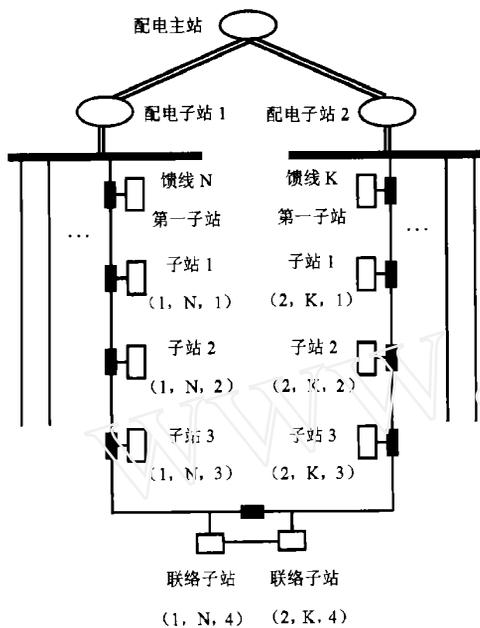


图3 NDLC组网示意图

的联络节点,利用数字桥相互分离,使得隶属于这两个变电站的节点之间未经联络节点的允许不能通信。一般情况下,只有隶属于同一条馈线上各节点才可以且有必要相互通信,这些节点相当于被封装在一条馈线里;如果在网络重构或其他特殊情况下,某节点需要与其它馈线节点、其它变电站通信,则必须经过联络开关处的联络节点进行。每条馈线上的第一子站相当于该馈线上的子网管理节点,它一方面记录着该馈线上各子站节点的地址、性质等信息,另一方面承担了与配电主站相连的路由器功能。

基于面向对象思想,整个系统可以具有良好的可扩展性。如果要增加一个节点,只需将其地址、性质在该节点所属馈线的第一子站注册即可;如果要增加一条馈线,也只需将该馈线的地址在该馈线所属变电站主站注册即可。

#### (2) 自动设置中继

在数字化电力线通信系统中中继节点是必需的。中继节点设置的最理想情况是由主站自动设置。主站通过第一子站询问某远方子站节点多次无应答时,自动下载定值使得中间某个能收到询问命令的子站节点变为中继节点。中继节点的硬件与普通子站节点完全一样,仅仅在软件流程中多走了一个接收并转发信息的功能模块;由于中继节点转发的信息是数字信息,因此只会带来信号的增益不会带来失真,并且对于同一帧报文,一个中继节点只转发一次,因此也不会过多地增加网上的通信压力。这样,只要每两个最近的节点能相互通信,整网的节

点就能相互通信,而这一条件是很容易满足的。

#### (3) 节点全网漫游

提高网络化电力线通信系统的可靠性可以理解为一个以中压电网自由拓扑为基础的总线型局域网上如何保证节点不丢失。每一节点在原则上都有能力与其他任意节点通信,如果配电子站1的子站3(1,N,3)不能与它所在的馈线的通信管理节点——第一子站通信(如因断线等原因),网络管理中对该节点的自检将发现该节点丢失,首先通信管理节点试图通过自动改变中继重新找到该节点未能成功,然后该节点自己检测到被丢失,主动向它所在馈线的联络子站(地址为1,N,4的数字桥)申请漫游,桥节点将它的漫游申请汇报给配电子站2的通信管理节点(地址为2,K,1的第一子站),这个通信管理节点对漫游来的新节点重新注册并通知配调中心,配调中心将通知配电子站1原有的节点(1,N,3)已经漫游到配电子站2去了。至此完成节点的漫游,网络化电力线通信系统通过“自愈”实现可靠工作。

## 4 结论

在配电自动化的三层体系结构中,主站与子站之间,最好采用高速光纤以太网方案,依据可靠性要求不同,投资不同,分别可采用树状结构、单环结构、双环结构,这三种结构目前都有专业厂家的产品支持。

子站与馈线通信网可以采用光纤、电力线载波混合通信网,光纤通信可分为两种:光纤以太网、光纤环网,这两种光纤通信方式的造价相近。光纤以太网更有发展前景。基于DSP解码的芯片级电力线载波技术实现的网络化配电网电力线通信系统是一种非常适用于分支线路和城乡结合部电网的通信手段,网络化的载波系统能够自由设置中继,实现节点漫游和通信自愈。对于低压(220/380V)的抄表系统,电力线载波抄表是最好的方式,性能价格比最高。

#### 参考文献:

- [1] 配电自动化及管理系统功能规范行业标准[S]. 2001.
- [2] 焦邵华,刘万顺,郑卫文,等. 配电网载波通信的衰减分析[J]. 电力系统自动化,2000,(8).
- [3] 焦邵华,刘万顺,郑卫文,等. 配电网线路故障时的载波通信衰减分析[J]. 电力系统自动化,2000,(9).

收稿日期: 2001-11-20;

修回日期: 2002-04-30

(下转第50页)

### 3 结论及前景展望

CCLZ-100型低压电力载波集中抄表系统符合《低压电力用户集中抄表系统技术条件》,现已在国内十余个单位投入运行,运行情况良好,统计表明该系统具有如下特点:采用扩频载波通讯技术,抗干扰性能好,可靠性高;安装调试简单,运行维护方便,对电网污染小且成本低廉;具有对时功能,抄收的表底数带有时标特性,可为配网提供准实时数据和各种典型统计数据;系统的电量冻结功能,可以保证抄收数据的及时性,提高线损计算的准确度,为窃电分析提供依据。对系统稍加扩充,便可完成对煤气表、自来水表的自动抄收,从而推进智能化小区的建设。

#### 参考文献:

[1] 张恺,李祥珍,等.自动抄表系统应用模式的探讨[J].

电网技术,2001,(5):41-45.

- [2] 李庚.扩频通信及其在电力系统中的应用[J].电力系统通信,1995,(5):16-20.
- [3] INTEREST in AMR is keen, but commitment is lean[J]. ELECTRICAL WORLD, September 1993, :59-60.
- [4] Ju - Sang Lee, Seok - Jun, et al. DEVELOPMENT OF AUTOMATIC METER READING SYSTEM FOR HOME UTILITY. ICEE, 2001, (7) :22-26.
- [5] N Miur, H Sato. AUTOMATIC METER READING SYSTEM BY POWER LINE CARRIER COMMUNICATIONS[J]. IEE PROCEEDINGS, Vol. 137, Pt. C, No. 1, 1990.

收稿日期: 2001-12-05

作者简介: 王艳(1978-),女,硕士,研究方向为电力系统自动监控; 刘素英(1944-),女,教授,研究方向为电力系统运行与分析; 李玉忠(1944-),男,高级工程师,从事电力系统营销及用电管理。

### Automatic meter reading system via low voltage power line carrier

WANG Yan, LIU Su-ying, LI Yüzhong

(Shandong University, Jinan 250061, China)

**Abstract:** In this paper automatic meter reading system via low-voltage power line carrier is presented by taking the CCLZ-100 system as an example. The hardware and communication, including data acquisition, concentrator, spread spectrum communication via low-voltage power line and communication between concentrators and the master workstation are described. In addition we also explained a scientific structure of meter reading systems and functions of its each module.

**Key words:** AMR; centerized meter reading; wave carrier via low-voltage power line; spread spectrum communication

(上接第46页)

作者简介: 焦振有(1943-),男,高级工程师,从事电力系统微机保护的学与科研; 焦艳莉(1974-),女,硕士,从

事电力系统分析的教学与科研; 刘万顺(1941-),男,教授,博士生导师,从事电力系统继电保护及配电自动化的研究。

### A mixed communication scheme of distribution automation based on optical fiber and distribution line carrier

JIAO Zhen-you<sup>1</sup>, JIAO Yan-li<sup>1</sup>, LI Yan-ping<sup>2</sup>, JIAO Shao-hua<sup>3</sup>, LIU Wan-shun<sup>3</sup>

(1. Electric Power Institute of Northeast China, Jilin 132012; 2. Beijing Research Institute of Huawei Technique Ltd., Beijing 100085; 3. North China Electric Power University, Beijing 100085, China)

**Abstract:** This paper presented the communication scheme of Distribution Automation System. A mixed communication scheme based on optical fiber and the new Digital Network Distribution Line Carrier (NDLC) is proposed. It also discussed optical fiber Ethernet communication technique and optical fiber loop network in Distribution Automation System in details.

**Key words:** distribution automation; communication; optical fiber; distribution line carrier