

基于 HPLC 在智能电网数据采集中的应用探讨

柯海波

(国网攀枝花供电公司,四川 攀枝花 617000)

摘要:高速电力线载波通信(HPLC)技术是一种利用电力线作为通信介质进行数据传输的高速电力线通信技术。随着国家电网公司不断扩展的业务需求,基于 HPLC 的高级应用试点以满足国家电网公司快速增长的通信数据需求。HPLC 智能电能表能够具备分钟级数据采集功能,可实现居民用电负荷、电量的实时监测,可广泛应用于任何通过电力线进行高速数据传输的场合,如远程抄表、智能家居、智能楼宇、远程监控、物联网、充电桩及路灯控制等。将 HPLC 基本原理、优势及衍生出的多种深层次的功能应用作为研究重点,深入挖掘用电数据,为居民和企业更好地实施需求侧管理、有序用电提供依据。

关键词:HPLC;高速数据传输;智能电能表;载波通信

中图分类号:TM732 **文献标志码:**A **文章编号:**1003-6954(2021)01-0058-04

DOI:10.16527/j.issn.1003-6954.20210113

Application of HPLC to Data Acquisition in Smart Power Grid

Ke Haibo

(State Grid Panzhihua Electric Power Supply Company, Panzhihua 617000, Sichuan, China)

Abstract:HPLC (high speed power line carrier communication) technology is a kind of high-speed power line communication technology which uses power line as communication medium for data transmission. Based on the expanding business needs of State Grid, cities all over the country are actively carrying out advanced application pilot based on HPLC to meet the rapid growth of communication data demand of State Grid. The smart electricity meters of HPLC have the function of minute level data acquisition, which can realize real-time monitoring of residents' electric load and electric quantity. It can be widely used in any occasion of high-speed data transfer through power line, such as remote meter reading, smart home, intelligent building, remote monitoring, the Internet of things, charging pile and street lamp control, etc. The basic principles, advantages and derived functions of HPLC are the emphases for research, and the power consumption data are deeply excavated, which can provide the basis for residents and enterprises to better implement DSM and orderly power consumption.

Key words:HPLC; high speed data transmission; smart electricity meter; carrier communication

0 引言

近年来,随着人工智能、物联网及通信技术的高速发展,用电信息采集不断地为多系统、多专业提供数据和应用支撑,采集数据类型不断增多,数据采集频率和采集速率要求也越来越高,前期使用的窄带载波通信速率慢、路由变化慢、易受干扰、组网进程慢、只能完成抄读日冻结数据、业务单一等问题凸显严重^[1]。为满足快速增长的通信数据需求,国家电网公司已全面推广高速电力线载波通信(high speed power line carrier communication, HPLC)新技术应用。

1 HPLC 技术简介

HPLC 技术是一种高速电力线通信技术,是指利用电力线作为通信介质进行数据传输的一种通信技术,采用了正交频分复用(orthogonal frequency division multiplexing, OFDM)技术,相比于窄带载波技术,宽带载波技术有更宽的带宽、更强的抗干扰性、更高的通信速率、更多的业务承载能力以及更稳定的网络通信业务^[2]。

高速电力线载波网络是一种实时分布式路由网络,由周期性的信标覆盖整个网络,从而驱动所有节

点实现组网。主节点上电后,会开始发送信标帧,从节点根据主节点信标帧的频段,自适应选择工作频段发起入网请求。所有入网的节点都需要身份验证,称为白名单,只有在白名单的节点才被允许加入网络。入网动作全部由从节点主动发起,主节点进行确认。只有在网节点,才能进行数据业务通信。组网完成后,重要节点仍需要继续维持信标发送,并通过一定的周期网络维护和实时的通信成功率评估、变更路由网络。

2 基于 HPLC 在电能数据采集中的新型功能描述

基于 HPLC 技术,可实现模块互联互通、高频数据采集、停电主动上报、相位拓扑识别、台区自动识别等功能。

2.1 通信模块间互联互通

相对于窄带载波而言,HPLC 高速载波除了通信速率之外,其最大的一个功能就是实现了不同供应商的设备可以相互连接、相互通信,不会影响上层的应用业务,从而解决了窄带时期无法统一采购、统一调配、统一维护的问题。

2.2 电流电压高频数据采集与分析

HPLC 数据采集要求将采集频率从原来的 1 次/d,提升到 1 次/h、1 次/15 min(15 min 曲线),甚至 1 次/5 min(5 min 曲线)。利用 HPLC 通讯速率快的特点,可以有效提升智能电能表采集成功率并保证采集数据质量,同时利用高频数据采集的特性,可以实现对台区下每一用户的电能质量分析。通过对智能电能表电压、电流及电量曲线的大数据比对,可以分析出台区电能质量不合格用户的时间特性和空间特性,为线路和台区改造提供数据支撑。通过高密度的数据采集和大数据分析,还可以实现对用户智能用电和用电行为的分析,提供用能交互和用能增效的方案,进一步提高用电效率^[3]。

从 HPLC 通信角度,主要是提供并发通信的能力,以此来提升应用层通信速率。主要从两方面来并发:1)集中器与电能表之间不采用一问一答制,集中器可以同时抄读多个电能表;2)每帧 Q/GDW 1376.2—2013 协议可以包含多帧电能表协议。

2.3 台区停电主动上报

在 HPLC 子节点通信模块中(如电能表 STA、II

型采集器)配置超级电容,可实现低压户表停电。智能电能表断电后,通过 HPLC 通信单元在规定时间内将停电事件信息实时主动上报集中器并且在智能电能表复电后主动上报复电信息,集中器再上报给主站。主站可以根据上报的电能表停电信息,结合系统档案,及时准确地定位故障类型和故障位置,并通知技术服务人员前往排除故障。由被动抢修变为主动抢修,提高停电故障维修的准确性、及时性,提升客户服务保障能力。通过选取部分台区测试,更换 HPLC 模块后停电事件主动上报平均时长为 37 s,上报准确率可达到 100%。

2.4 台区电能表相位拓扑识别

若供电线路三相负荷不平衡,会增加台区电力线路的损耗,产生零序电流,影响电气设备的安全运行。轻则增加线路和配电变压器的功率损耗,出现局部过热,加速绝缘老化,降低设备寿命;重则会导致配电变压器或用户用电设备烧毁等严重后果。通过 HPLC 通信单元配备的过零检测电路,在正常入网、抄表过程中可实现电能表、采集器相位的智能识别,集中器通过本地通信单元获取电能表相位信息,为台区三相不平衡治理提供基础数据支撑。

基于大数据的相位识别功能:探索通过大数据的方式,分析出台区内节点间的拓扑关系及采集器下表计的相位信息;针对表计间拓扑关系的识别,由于下游节点的电流总和与上游关口节点的数据具有相关性,可以通过电流数据的高频采集进行相关分析;针对采集器下表计的相位识别,可以尝试用集中器的分相电压曲线与采集器下表计分相电压的变化趋势具有相关性的特点,通过电压数据的高频采集进行相关分析;针对台区内所有表计的相位及拓扑关系,可以分析计算台区及各个分支的线损数据,对各类窃电行为都可识别。

由此通过 HPLC 相位识别技术,可以实现自动识别台区电能表相位,提高台区用户电能表相位信息的准确性;能自动识别单相、三相电能表零火线接反,消除接线错误引起的安全隐患,降低安全风险;为台区分相负荷平衡、台区线损和分相线损的计算提供信息支撑,提高供电营销系统信息化、精益化管理水平^[4]。

2.5 台区户变关系自动识别

台区户变关系是保证台区线损计算正确的基本

要求之一,利用 HPLC 的台区自动识别技术,可以准确判断台区下智能电能表所属集中器,有效避免台区串户、跨台区抄表等,提高台区户变关系准确性,提高供电公司台区线损合格率。

台区户变关系识别主要用于电力用户台区归属、户变关系判断及相位识别,为梳理台区户变关系、线损分析和台区精细化管理提供真实、准确的基础数据。在日常线损管控中,通过采集成功率异常和线损合格率低的特征,在数据库中筛选问题台区进行台区识别业务,针对性地根据台区户变关系识别进行线损和采集消缺。

HPLC 通信模块实现台区户变关系自动识别,主要是利用不同台区、不同负荷导致的工频周期差异,通过比对全网络中节点的工频周期等数据,准确判断电能表的供电台区,给出准确可靠的台区归属,可有效辅助供电企业对计量自动化系统档案的管理,为线损治理、台区负载均衡提供准确的依据。

通过 HPLC 台区户变关系自动识别技术,可以解决由于台区归属关系混乱引起的台区抄表成功率低、台区线损计算不准确等问题;可以有效替代台区识别仪,甚至现场停电人工判定台区归属关系的方式,实现自动判定台区归属。

3 HPLC 在智能电网数据采集中的实践应用

HPLC 采用 OFDM 自适应调制方式、并发抄表技术,将给定信道分成若干相互正交的子信道,将高速数据转成并行低速子数据流,在每个子信道上进行调制,各子信道数据并行传输。正交信号可以通过在接收端采用相关技术来分开,减少子信道间的相互干扰,即使在信道受严重干扰时,也能够切换到抗干扰能力好、速率高的调制方式进行数据传输^[5]。

3.1 数据测试方法及场景说明

试点台区为高层小区,台区负荷较稳定,峰谷用电明显,每个台区变压器都是在单元楼地下室通过电缆进入电井入户,现场信号强度稳定且相当,台区台户关系正确,不存在跨台区抄表的情况。数据采集通过用电信息采集系统对单户数据进行点抄记录数据返回时间,取多户平均值测算数据采集平均响应时间。采集成功率分为日冻结

采集成功率和点抄一次采集成功率,均以台区为单位进行统计。日冻结采集成功率为用电信息采集系统制定抄表任务,对每日 0 时电能表冻结数据进行多次采集;最后,对台区下电能表数据采集情况进行统计,点抄一次采集成功率为通过用电信息采集系统手动对台区下所有电能表进行数据单次随机采集,统计电能表数据采集情况。台区线损为台区损耗电量与台区供入电量的比值,合格台区线损标准为 0% ~ 8% 的线损率。

3.2 测试结果分析

所选的攀枝花某高层小区包含 10 个供电台区,台区大小和供电范围相当,通过测试采集平均响应时间、台区数据采集成功率、台区线损合格率及停电上报和相位识别功能进行分析。现场测试数据如表 1 所示。

表 1 高层居民小区测试数据

测试地点	测试项目	测试模块	测试结果
攀枝花某高层居民小区	日冻结采集成功率 / %	窄带载波模块	99.75
		HPLC 模块	100
	点抄一次采集成功率 / %	窄带载波模块	83
		HPLC 模块	100
	抄表平均响应时间 / s	窄带载波模块	3.38
		HPLC 模块	2.12
	停复电上报	窄带载波模块	采集失败
		HPLC 模块	功能良好
	相位识别	窄带载波模块	错误
		HPLC 模块	功能良好
	电流电压采集	窄带载波模块	采集失败
		HPLC 模块	功能良好
攀枝花某三供一业老旧小区改造小区	台区线损稳定性 / %	窄带载波模块	99
		HPLC 模块	100

3.2.1 数据采集平均响应时间

通过对攀枝花某高层居民小区 10 个装有窄带载波模块的不同台区的 600 户进行系统数据采集测试,数据采集通道均经由集中器 4G 模块连接用电信息采集系统主站,窄带载波模块系统数据采集平均响应时间为 3.38 s,相同台区更换 HPLC 模块后系统数据采集平均响应时间为 2.12 s,数据采集平均响应数据提升 37.28%。

3.2.2 采集数据质量及成功率

选取攀枝花某高层居民小区 10 个台区,共计安

装的 600 块智能电能表进行测试。数据采集通道均经由集中器 4G 模块连接用电信息采集系统主站,在原窄带载波通信时,通过采集主站召测测试台区日冻结数据,平均一次采集成功率仅为 83%,电压、电流、停复电上报、相位识别等功能数据存在采集失败或错误。全部更换为 HPLC 通信模块后,平均一次采集成功率达到 100%,每个台区 2 min 内可以完成一次采集数据的召测,抄表成功率 100%,电压、电流、停复电上报、相位识别等功能应用良好。

3.2.3 台区线损合格率

选取攀枝花某三供一业老旧改造台区,结合用电信息采集系统抽取台区线损不合格台区 10 个,开展 HPLC 模块在台区线损中深化应用。在全部更换为 HPLC 通信模块后,台区采集成功率基本稳定在 100%,台区分相线损计算正常。结合用电信息采集系统 HPLC 深化应用数据分析判断,通过现场核实其中 3 个台区线损由不合格达到合格,3 个台区户变关系错误,1 个台区存在窃电情况。

4 结 语

综上所述,HPLC 技术能够提高实时性、通讯速率、抗干扰性、可靠性、安全性、稳定性。在建设坚强

(上接第 19 页)

- [12] Xiuyun Wang, Zhenyuan Lv, Rutian Wang, et al. Optimization Method and Stability Analysis of MMC Grid-connect Control System Based on Virtual Synchronous Generator Technology[J]. Electric Power Systems Research, 2020, 182: 106209.
- [13] 肖芳磊. 中压柔性直流配电网过电压与绝缘配合方案研究[D]. 广州:华南理工大学, 2019.
- [14] 周浩, 沈扬, 李敏, 等. 舟山多端柔性直流输电工程换流站绝缘配合[J]. 电网技术, 2013, 37(4): 879-890.
- [15] 李泓志, 吴文宣, 贺之渊, 等. 高压大容量柔性直流输电系统绝缘配合[J]. 电网技术, 2016, 40(6): 1903-1908.
- [16] 陈晴, 薛源, 王克, 等. 用于海上风电并网的柔性直流系统过电压和绝缘配合研究[J]. 高压电器, 2019, 55(4): 178-184.
- [17] 孙海峰, 郑陈达, 武晓明, 等. 柔性直流换流站宽频模型及雷电过电压计算[J]. 电网技术, 2015, 39(1): 103-109.
- [18] 张宇凡. 某 35 kV 变电站雷电侵入波过电压分析及

智能电网过程中,能够保证实时、高效、安全、稳定、可靠的数据采集要求,有效提升台区采集成功率及台区线损合格率,满足台区下用户精细化管理、数字化管理、智能化管理的的要求,保证低压配电网安全稳定运行的水平,搭建用户与电网沟通桥梁,极大地满足了用电信息采集需求,实现智能电网的全面可持续发展。

参考文献

- [1] 伊玉云. 关于高速电力线载波(HPLC)技术的应用和探讨[J]. 华东科技(综合), 2019(10): 272.
- [2] 肖冬阳. 浅析高速电力线载波技术的采集终端信号加强方法[J]. 技术与市场, 2019, 26(7): 135-136.
- [3] 牛春霞. 电力用户用电信息采集[M]. 北京:中国电力出版社, 2012.
- [4] 吴朝阳, 张希刚, 陈炜. 基于宽带载波和物联网技术的低压集抄系统研究[J]. 电工技术, 2018(22): 63-64.
- [5] 邱志辉, 伍栋文, 刘水, 等. 基于 HPLC 通信模块的智能电表深化应用研究[J]. 江西电力, 2018(10): 25-29.

作者简介:

柯海波(1989),男,大学本科,工程师,研究方向为用电信息采集的深化应用。

(收稿日期:2020-10-12)

防护研究[D]. 郑州:郑州大学, 2018.

- [19] 胡俊俊. 35 kV 输电线路防雷技术分析与应用[J]. 通讯世界, 2017(20): 111-112.
- [20] 陈炜炜, 周懋坤, 詹跃东, 等. 雷电流数学模型仿真及对比分析[J]. 电瓷避雷器, 2019(6): 7-12.
- [21] 刘浩, 陈长富, 杨杰, 等. 基于 PSCAD 的配电线路耐雷水平建模研究[J]. 电工技术, 2019(1): 28-30.
- [22] 交流电气装置的过电压保护和绝缘配合设计规范: GB/T 50064—2014[S], 2014.

作者简介:

陈卓(1990),女,工程师,主要从事智能电网、智慧能源的相关研究;

蒋艾町(1994),女,硕士,助理工程师,从事智能电网技术、综合能源系统的研究工作;

梁亚博(1988),男,本科,工程师,从事智能电网技术、综合能源系统的研究工作;

夏雪(1981),男,硕士,高级工程师,从事电气一次、综合能源系统的研究工作。

(收稿日期:2020-07-08)