

# 基于 HPLC 宽带电力线载波技术的配电电压质量 在线监测方法研究

余 敏

(国网四川省电力公司自贡供电公司, 四川 自贡 643000)

**摘要:**在电力配电工作中,电压是衡量电能质量的关键指标之一,也是影响电力设备正常工作的关键性因素。加强对台区低压用户电压质量的监测、管理对提高供电质量、提升供电企业社会形象均具有举足轻重的作用。然而,现有管理手段无法精准监测到用户侧的低电压。为此,提出一种基于 HPLC 宽带电力线载波技术的配电电压质量在线监测设计方案,在现有采集系统的基础上,通过将下行通信方式改为 HPLC 宽带电力线载波技术,完成全范围智能电表电压、电流、功率、相位等计量数据的精准、高频采集,实现配电电压质量的精准在线监测,进而为低电压治理提供数据支撑。

**关键词:**HPLC;在线监测;宽带载波;数据采集;电压质量

**中图分类号:**TM732 **文献标志码:**A **文章编号:**1003-6954(2020)06-0081-05

## Research of Online Monitoring Scheme for Distribution Voltage Quality Based on HPLC Broadband Power Line Carrier Technology

Yu Min

(State Grid Zigong Electric Power Supply Company, Zigong 643000, Sichuan, China)

**Abstract:**In distribution network, voltage is one of the key indicators to measure the power quality, and it is also a key factor affecting the normal operation of power equipment. Strengthening the monitoring and management for voltage quality of low-voltage users in the substation area plays an important role in improving the quality of power supply and improving the social image of power supply company. However, the existing management methods cannot accurately monitor the low voltage, especially on the user side. Therefore, a design scheme for on-line monitoring of distribution voltage quality is proposed based on HPLC broadband power line carrier technology. On the basis of the existing acquisition system, through changing the downlink communication mode to HPLC broadband power line carrier technology, the accurate and high-frequency acquisition of voltage, current, power, phase and other measurement data of smart electricity meters is completed. Furthermore, the precision of distribution voltage quality is realized, and the data for low voltage governance is supported.

**Key words:**HPLC; online monitoring; broadband carrier; data acquisition; voltage quality

## 0 引 言

用电负荷的逐年增加致使部分配电网线路无法满足当前用电需求。在用电高峰期,仍然存在台区及用户电压偏低的现象<sup>[1-4]</sup>。现有研究表明,台区及用户侧的电压偏离会显著影响电流稳定性,进而引发电力火灾及安全事故<sup>[3-4]</sup>。因而在电力配电工作中,电压是衡量电能质量的关键指标与影响电力

设备正常工作的核心因素<sup>[5]</sup>。同时,配变台区是供电环节的最后节点,是直接影响用户供电电压质量的关键。如何加强对台区低压用户电压质量的监测和管理,提升台区配电系统稳定性与可靠性,是供电服务“最后一公里”问题的核心<sup>[6]</sup>,对改善用户体验、提升供电公司社会形象具有良好的促进作用<sup>[7]</sup>。

目前,居民电压质量监测技术主要通过基于配电路径供电区域分类的典型用户电压质量监测完

成,存在着自动化程度不高、覆盖范围有限、准确率较低的问题,无法精准监测到低电压用户,更无法通过系统数据分析低电压产生的原因。如何在现有系统上扩大采集系统数据覆盖范围,提升数据采集质量,对居民配电系统改善及电网安全稳定运行具备重要意义。

智能电表通常装在产权分界点处,是供电企业到电力用户的终端智能化设备。同时为了计算线损,智能电表也会装于配电变压器的出口侧。智能电表的各项计量数据,如用户侧的电压、电流、功率等,可通过采集系统实现精准采集,进而完成对台区低压用户电压质量的监测。然而,现有的采集系统下行通信是采用窄带电力线载波通信技术,频率范围为3~500 kHz,相对较窄的带宽不仅限制了通信服务的传输速率,且无法保证通信链路抗干扰能力,在实际中一次抄表成功率很难突破90%以上<sup>[8]</sup>,主要用于自动抄表、线损计算等基本功能。HPLC是一种高速宽带电力线载波通信技术,频率范围为0.5~12 MHz,相比窄带载波通信速率提升了数十倍,最高可达1 Mbit/s<sup>[9-10]</sup>,是目前智能电网、能源管理等应用的主要通信手段<sup>[11]</sup>。宽阔的频域使得HPLC技术具备传输速率高、实时性强、抗干扰能力优异、传输可靠率高<sup>[12-13]</sup>的优势。同时,现有HPLC模块均配有过零点检测单元,可以记录过零点时刻,从而实现模块的相位识别及台区过零周期特征值获取。随着用电信息数据量的逐渐增加及智能电网对通信实时性要求的不断提高,HPLC技术更能适应现在及未来的数据采集和通信要求<sup>[14]</sup>。

下面,针对现有网络通信技术的不足,基于HPLC宽带电力线载波技术,提出了一种配电电压质量在线监测方案。

## 1 功能实现准备

### 1.1 整体架构

方案整体架构如图1所示。用电信息采集系统主要由主站、通信信道、采集设备3部分组成<sup>[15]</sup>。

目前国网四川省电力公司采用的通信方式依托于集中器进行收集、传递。首先,集中器通过窄带电力线载波通信模块采集智能电表数据,而后再通过

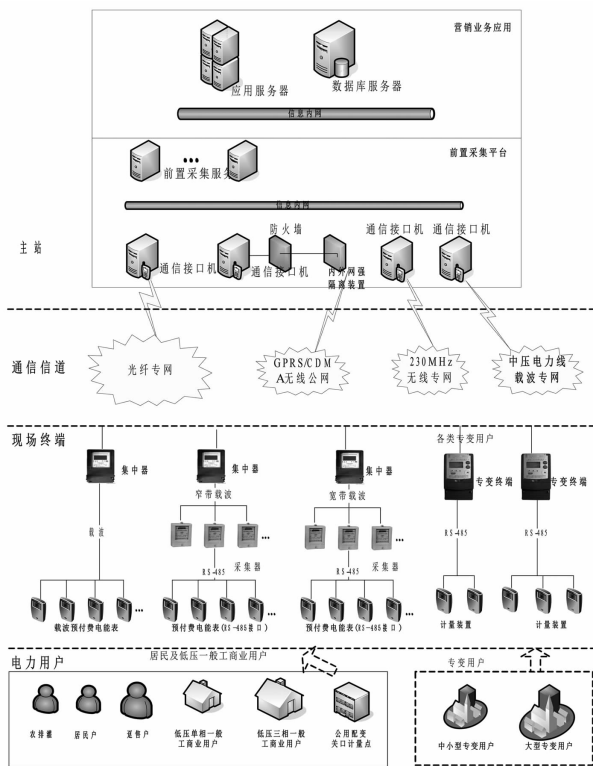


图1 用电信息采集系统架构

4G无线公网将数据传送至采集系统主站。针对现存网络通信技术的不足,将集中器下行通信模块和表计通信模块更换为HPLC宽带电力线载波模块,同时将集中器和智能电表更换为满足Q/GDW 1364—2013及以上功能要求的设备,通过对集中器、模块和主站进行高频采集任务配置,完成每15 min一次的台区侧及用户侧智能电表的电压、电流等相关数据采集<sup>[16]</sup>,进而实现配电电压质量的精准在线监测。利用采集到的数据,通过建立系统数据分析模型,还可以实现低电压产生原因的初步判断。

### 1.2 高频采集任务配置

高频采集的数据交互方式如图2所示。2013版的智能电表本身就存储有每15 min的电压、电流等冻结数据,智能电表和其STA模块之间通过DL/T 645—2007或者DL/T 698.45—2017协议进行通信,STA模块和集中器的CCO下行模块之间通过HPLC协议进行通信,集中器CCO下行模块和集中器之间通过Q/GDW 1376.2—2013协议进行通信,多级传递将电表的冻结数据传输给系统主站。

为了实现高频采集,还需要对集中器、模块、主站进行高频采集任务配置。其中,集中器的抄表任务需要从传统窄带模式下的路由主动、集中器主动抄表机制向宽带模式下的并发抄表机制调整。同

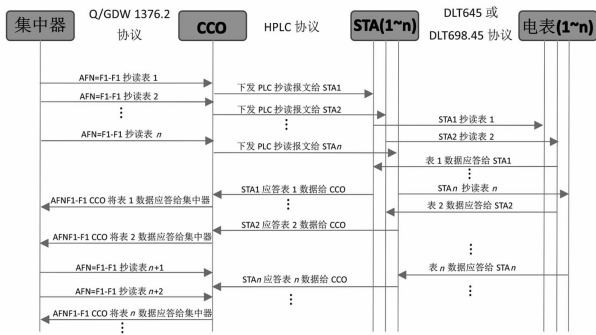


图 2 高频采集数据交互

时,对集中器和表计的采集任务进行合理调度。对集中器而言,需穿插进行短周期任务和长周期任务,避免出现长周期任务挤占短周期任务的现象。对表计而言,普通表计采集任务和重点表计采集任务也要穿插进行,以避免普通表计挤占重点表计采集任务,造成短周期任务或重点表计任务成功率不高的问题。

在高频数据采集中,STA 模块和 CCO 模块没有特殊的开发内容,实现基本的并发抄表功能即可。CCO 收到集中器的报文后,将其封装成 HPLC 协议帧发给 STA。CCO 端需要有一定的数据缓存能力,来存储集中器的连续多帧下行数据。STA 收到 CCO 的 HPLC 应用层协议后解析,若是并发抄表帧且含有多个电表协议报文,则需将多个电表协议报文解析出来后分别与电表进行通信。STA 收到电表的应答后进行缓存,当多帧应答收集完成或者超时间到期后,组装成完整的 HPLC 应用层报文回复给 CCO。CCO 收到 STA 的抄表应答帧后,将抄读结果发给集中器。

## 2 系统功能设计

### 2.1 低电压监测功能

通过 HPLC 宽带载波模块的高频采集功能,将智能电表每 15 min 的电压、电流等冻结数据采集回主站后,通过主站集中数据分析,结合低压界定规范,综合判断电表的低电压状况。依据低电压出现位置,还可以将低电压现象分为台区级低电压和用户级低电压。通过 HPLC 模块的相位识别功能,可以判断低电压所在的相位,并在系统中进行展示。系统的详细功能部署界面见图 3、图 4。

图 3 低电压界面展示



图 4 电压数据展示

### 2.2 低电压原因初步判断

低电压的产生具备典型的系统性,影响决策变量多且繁杂。其中,造成该现象的主要原因有 3 种:三相负荷不平衡、供电半径过长或者线路线径过小、公用变压器负载过重。在具体原因判断上,可结合本系统提供数据进行初步判断,再结合现场运行状况进行综合考虑<sup>[1]</sup>。

#### 1) 三相负荷不平衡

在实际工作开展过程中,由于工作人员技术水平以及现场施工难度等条件的限制,难以实现将单相负荷均匀分布在三相线路上,从而出现三相负荷分布不平衡。三相负荷不平衡会致使各相电压幅值不相等,电压偏低相会出现设备无法正常工作,而电压偏高相会导致设备过额运行,可能会影响设备的使用寿命<sup>[1]</sup>。

在三相负荷不平衡问题的监测上,可在监测低电压的同时同步监测三相负荷不平衡情况,通过采集的配电变压器出口侧量测数据是否出现单相或者两相低电压,以及该变压器的三相电流不平衡度是否持续 2 h 大于 25% 来判断三相负荷不平衡是否是造成低电压产生的原因。系统功能的部署界面如图 5 所示。

台区名称	台区户数	不平衡台区数	占比 (%)	不平衡台区数	占比 (%)
1 岳池县岳池镇	1811	1	0.06	2	0.25
2 岳池县岳池镇	1760	2	0.11	7	3.9
3 岳池县岳池镇	2061	1	0.05	2	1.2
4 岳池县岳池镇	2621	2	0.08	6	2.75
5 岳池县岳池镇	1814	3	0.17	10	9.9
6 岳池县岳池镇	1273	1	0.08	1	2.25
7 岳池县岳池镇	3728	2	0.19	33	163.75
总计	15068	17	0.11	61	141.75

图 5 三相不平衡界面展示

根据考核电表的平均电流偏差度计算结果,自动将平均电流偏差度大于 10% 的相判断为负荷较重的相位,将平均电流偏差度小于 -10% 的相判断为负荷较轻的相位。在系统中可部署一个初步的负荷调整建议,如图 6 所示。

台区名称	台区户数	不平衡台区数	不平衡台区数	不平衡台区数	不平衡台区数	不平衡台区数	不平衡台区数	不平衡台区数	不平衡台区数
1 岳池县岳池镇	1811	1	0.06	2	0.25	...	...	...	...
2 岳池县岳池镇	1760	2	0.11	7	3.9	...	...	...	...
3 岳池县岳池镇	2061	1	0.05	2	1.2	...	...	...	...
4 岳池县岳池镇	2621	2	0.08	6	2.75	...	...	...	...
5 岳池县岳池镇	1814	3	0.17	10	9.9	...	...	...	...
6 岳池县岳池镇	1273	1	0.08	1	2.25	...	...	...	...
7 岳池县岳池镇	3728	2	0.19	33	163.75	...	...	...	...
总计	15068	17	0.11	61	141.75	...	...	...	...

图 6 三相不平衡具体数据展示

对于三相负荷不平衡台区,可以根据系统给出的负荷调整建议,结合每相用户的负荷情况,通过均匀分配三相负荷,提高台区的电压质量。

### 2) 供电半径过长或线路线径过小

部分低压台区网架由于区域变迁已经较为陈旧,在接入新用户时,未考虑负荷均匀分布的问题,只考虑接入方便,将接入点设置在线路末端,出现变压器供电半径过大的情况。由于线路供电距离较长或者是线路老化,线路末端出现了电压偏低的情况。同时部分低电压台区线路线径偏小,导致电压降低、线损率上升,用电设备功率下降。

针对这两种原因,在监测低电压的同时,可以同步监测配电变压器出口侧三相电压。如果某相电压正常( $\geq 220\text{ V}$ )但个别末端用户出现低电压,则可能是由于供电半径过长或线路线径过小导致出现低电压。针对这种情况,可依据系统监测数据,结合 PMS 档案台区低压线路总长度和使用线径大小,采用缩短中低压供电半径、增加线路补偿、更换线径过小线路或者进行负荷转移的方式来解决。

### 3) 配电变压器负载过重

若台区的负荷增长过快,配电变压器容量难以满足台区负荷需要,变压器重载或者过载运行,可能会导致变压器低压侧出现低电压。

针对这种原因,可以通过监测变压器是否持续 2 h 出现负载率大于 80% 的情况和配电变压器出口侧的单相或者两相是否出现低电压来综合判断。对

于配电变压器重过载导致的低电压,可考虑采用变压器增容或者对台区进行拆分、由多台配电变压器并行供电的方式解决。

## 3 结 语

前面研究了 HPLC 宽带载波技术在配电电压质量监测方面的在线监测方案设计与系统应用,解决了以往出现低电压状况时无法实现用户侧电压精准监测的问题。通过更换现有集中器和电表的通信模块,采用 HPLC 宽带载波通信技术,可以实现每 15 min 采集一次电表的电压、电流等数据,并传回系统主站,根据系统提供的低电压数据,可以精准定位每一户低电压用户,缩短低电压问题分析治理周期。目前,该功能在四川省自贡市富顺县电力公司得到了推广应用,为富顺地区的低电压治理提供了数据支撑。在下一步的研究中,可打通采集系统与供服系统的接口,通过采集系统将数据共享给其他专业,综合提升台区线损治理、三相不平衡治理、配电变压器重过载治理的效率。同时,该功能具有进一步优化的潜力。通过计算模型的更新与数据的扩充,可进一步实现低电压产生原因的精准分析,为低电压治理提供数据支撑。

### 参考文献

- [1] 陆伟明,吕梦丽. 台区低电压问题分析及其解决措施[J]. 电工技术,2019(24):60-62.
- [2] 王亚君,孙希阔,赵丽新. 大数据技术在配电网低电压监测中的应用研究[J]. 电子制作,2018(22):91-92.
- [3] 刘志刚,王敏,武艺苑. 电力系统中配电网低电压常见的问题研究[J]. 决策探索(中),2020(5):77.
- [4] 张向荣. 试析农村“低电压”问题及解决措施[J]. 水利电力,2020(8):143.
- [5] 芮正琦. 电力系统中配电网低电压常见问题研究[J]. 建材与装饰,2020(17):222-224.
- [6] 刘宣,刘志康. 基于宽带载波技术的集抄系统中传输延时预测方法[J]. 现代电子技术,2018,41(6):79-81.
- [7] 谭晨,方恒福,马群. 基于区间算法的配变台区电压质量评估方法研究[J]. 供用电,2017,34(11):25-36.
- [8] 马树良,宽带载波智能电表的设计理论[J]. 通信电源技术,2019,36(8):263-264.
- [9] 彭江鹏. 电能表的数据采集方式的比较及发展趋势分析[J]. 中国新通信,2019,21(12):176.

[10] 王鸿玺,唐如意,吴一敌,等. 基于 HPLC 的智能抄表技术在客户侧泛在电力物联网中的研究及应用[J], 电力系统保护与控制,2020,48(3):92-97.

[11] 陶鹏,王鹏,张艳. 不同通信方式对用电信息采集系统采集成功率的影响分析[J]. 河北电力技术, 2017(1): 3-4.

[12] 王凤祥,梁波,孔晶,等. 宽带载波技术应用及效益分析[J]. 国网技术学院学报, 2018, 21(3): 35-38.

[13] 周春良. 电力专用宽带电力线载波通信芯片的设计与应用[J]. 信息技术与网络安全, 2017, 36(11): 34-36.

[14] 薛晨. 中压配电网电力线载波通信系统自适应频点

选择算法[J]. 电力系统保护与控制, 2018, 46(6): 24-29.

[15] 徐文涛. 基于 HPLC 通信技术的用电信息采集系统设计[J]. 微型电脑应用,2020, 35(12): 117-120.

[16] 徐文涛. 基于 HPLC 通信模块的智能电表改进分析[J]. 微型电脑应用,2019,35(11): 156-158.

[17] 李睿. 低压配电网电压质量问题分析与治理[J]. 电工技术,2020(1):110-112.

作者简介:

余敏(1987),女,工程师,硕士,主要从事电能计量技术和用电信息采集技术的应用研究。

(收稿日期:2020-10-23)

(上接第48页)

### 4 结语

经过测试,所提的地址提取匹配方法具备一定的实用性,可以应用于电力企业相关业务场景,但同时该技术主要面向于地址库中包含的地理位置信息,在此条件下能具备一定的准确性、运行速度和灵活优势。

在缺点方面,该方案对于日常可能会遇到的地址信息未包含在地址库内的情况没有进行设计处理,因此未来可以在上述方案的基础上进一步加入“最近地址提取法”<sup>[9]</sup>。现阶段形成思路如下:1)基于独热编码方式对地址库各地址信息进行解析,将文字进行量化处理;2)将处理后的地址库按区县进行分区,减少模型运算量,增加模型数量;3)基于随机森林、人工神经网络等方式定位分区中地址库每个字段的经纬度权重<sup>[10]</sup>;4)对未能直接匹配成功的文章地址信息,进行独热化处理,并按照所属区域纳入模型进行计算,得出其经纬度;5)根据模型计算的经纬度,计算与地址库之间欧式距离或者曼哈顿距离找到最相近地址<sup>[11]</sup>。下一步将继续提升所提方案的全面性及可用性,为电力企业在管理及服务等方面应用提供参考。

#### 参考文献

[1] 陈开昌. 自然语言处理技术中的中文分词研究[J]. 信息与电脑(理论版),2016(19):61-63.

[2] 韩程程,李磊,刘婷婷,等. 语义文本相似度计算方法[J].

华东师范大学学报(自然科学版),2020(5):95-112.

[3] 张磊. 文本分类及分类算法研究综述[J]. 电脑知识与技术,2016(34):225-226.

[4] 王春柳,杨永辉,邓霏,等. 文本相似度计算方法研究综述[J]. 情报科学,2019(3):158-168.

[5] 徐培治,刘晓春,秦首科,等. 网页信息提取方法和装置:CN108399167A[P]. 2018-08-14.

[6] 王瑞波,王钰,李济洪. 面向文本数据的正则化交叉验证方法[J]. 中文信息学报,2019(5):54-65.

[7] 张大威. 微博数据的地理位置信息提取方法:CN105069071A[P]. 2015-11-18.

[8] 石凤贵. 基于 jieba 中文分词的中文文本语料预处理模块实现[J]. 电脑知识与技术,2020,16(14): 254-257.

[9] 刘德喜,聂建云,张晶,等. 中文微博情感词提取:N-Gram 为特征的分类方法[J]. 研究中文信息学报,2016(4):193-205.

[10] 徐聪,张丰,杜震洪,等. 基于哈希和双数组 trie 树的多层次地址匹配算法[J]. 浙江大学学报(理学版), 2014(2):217-222.

[11] 李想. 基于社交媒体的灾害事件提取与时空分析——以地震灾害为例[D]. 兰州:兰州交通大学, 2018.

作者简介:

刘浩宇(1991),男,硕士,工程师,从事数据质量管理、电力大数据分析等工作;

李喆(1989),男,硕士,工程师,从事5G、电力北斗技术试点应用等工作;

余佐超(1990),男,助理工程师,从事信息系统安全防护工作。

(收稿日期:2020-10-09)