基于分布式测点的智能变电站核相系统

李云鹏[1]，王　鹏[1]，汤汉松[2]，张　炜[2]
（1. 国网南通供电公司，江苏 南通 226000；
2. 江苏凌创电气自动化股份有限公司，江苏 镇江 212009）

摘　要：为适应数字化的采样值传输方式，解决目前智能变电站现场调试时缺乏专业核相设备、核相工作不易实施的问题，文中提出了一种基于 WIFI 无线传输网络的智能变电站分布式核相系统。介绍了核相系统的系统架构及具体实现方案，研究了分布式数字化核相时采样值自适应传输、无线区域化同步及相位测量方法等关键技术。实验表明，基于无线通信实现的分布式核相系统相位采集精度较高，核相结果准确，操作方便，能够满足智能变电站现场全站核相的功能需求。

关键词：智能变电站；核相；分布式；自适应传输；区域同步；过零点
中图分类号：TM933　　**文献标志码：**A　　**文章编号：**2096-3203(2018)06-0120-06

0　引言

核相工作是变电站投运、改造扩建及运维检修过程中不可或缺的重要步骤。核对电网相序是电力系统安全运行的前提，通过现场核相试验，防止保护装置异常动作，避免不同相序的电源系统并网或变压器合环时损坏电气设备，甚至引起输电系统事故[1-2]，是确保变电站顺利投运和稳定工作的可靠保障。

早期的核相工作主要采用有线接地测量方式，在相序校核侧直接人工测量电压差或相位差，测试精度较低，操作复杂，容易造成设备损坏或发生安全事故[3]。随着对核相准确度及实施效率要求的提高，核相技术的实现方法也在不断发展。新兴的无线核相设备携带方便，测试操作简单，有效避免了现场的各种安全隐患，但其采用的射频无线通信技术易受变电站高压及电磁辐射的干扰，数据传输率较低，仍无法满足输配电网新建或运维过程中对核相技术的全部需求[4-8]。特别的，随着国内智能变电站建设的快速发展，传统的模拟量采样值电缆传输方式逐渐被数字量光纤传输方式替代，变电站电气节点的采样信号在传递方式上发生了改变，对智能变电站的相位校核技术也提出了新的要求[9]。

国内外对数字化采样核相技术的研究报道不多，目前工程上适用于智能变电站的专用核相设备较少，采样核相基本依靠数字化继电保护测试仪来实现，对数字化采样尤其是电子式互感器传输协议的兼容性不够；缺乏针对性的核相功能，无法同时核对多个间隔电气量的相位；缺乏统一的相位基准，核相结果随时间的波动较大；需要外部时间同步信号接入，现场核相操作繁琐。本文对数字化采样的核相技术展开讨论，以期解决现阶段智能变电站采样核相中存在的问题，为智能变电站的现场测试工作提供新思路。

收稿日期：2018-07-29；修回日期：2018-08-14
基金项目：国家自然科学基金资助项目(51707034)

1　分布式智能变电站核相系统

如图 1 所示，基于分布式测点的智能变电站核相系统由一台核相主机与若干分布式放置的采样终端组成。核相主机负责数据计算，与采样终端交互数据且同步时钟，同时还可直接采集变电站的站用电源作为核相的基准相位。采样终端按采样间隔分布式的就地放置，获取该间隔内电子式互感器或合并单元输出的数字化采样，上送至主机实现核相。核相主机与各采样终端间通过无线以太网方式通信数据。

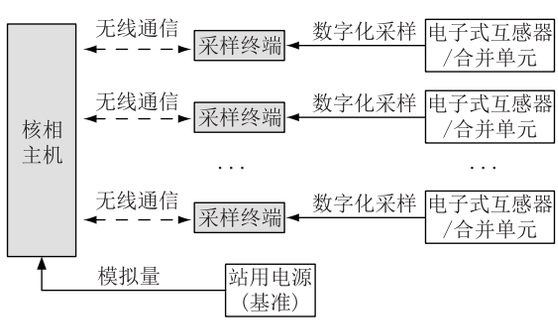


图 1　智能变电站多点核相系统架构

Fig.1　Architecture diagram of multi point phase detection system for intelligent substation

分布式核相系统可同步采集变电站内多个测试节点的电气信息，具备完整的系统性相位校核功

能。采用集中控制与分布采样结合的方式,在保持被测系统采样传递链路完整性的前提下,按采样间隔划分测试对象,就地并行实现信号采集,采样间隔相互独立,均可与站用电源模拟量进行相位比对,保证了变电站内多组电气量同步核相时的实时性与准确性[10-11]。

考虑智能变电站现场过程层设备的分布情况,整站同步核相测试时,核相主机与采样终端间放置的距离可能较远,若两者间采用有线方式通信,不仅增加了核相时通信线路的铺设成本,还加大了人力开销,不利于现场测试的实施。采用无线传输网络实现核相主机与各采样终端的数据通信及时钟同步,系统架构简洁,测试方法灵活,不依赖于被测系统的区域化数据传输技术,可覆盖变电站内所有采样间隔,提高整站核相工作的效率。

2 核相系统实现方案

核相系统的硬件结构如图 2 所示,采样终端采用精简指令集架构的中央处理器(PowerPC)与现场可编程门阵列(FPGA)双处理器架构。PowerPC 微处理器开发灵活,对外围元器件的支持性较好[12],主要负责核相系统的相位数据分析,时钟同步算法及人机接口交互;FPGA 可编程门阵列实时性强,具备硬件级的多路数据并发处理能力[13],用于系统内部时钟及任务中断的维护,对数字化采样数据链路的编解码,以及各类 IO 模块的驱动。核相主机采用与采样终端类似的硬件方案,但移除了光纤以太网和光纤串口的接收控制模块,并增加了对站用电源模拟量采集的 AD 转换模块。

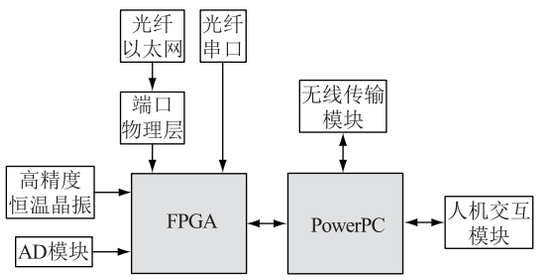


图 2 硬件结构

Fig.2 Hardware structure diagram

核相系统的无线通信方案采用 2.4 G 的 WIFI 无线局域网传输技术。与 GPRS、RF433 等电力系统常用的无线通信方式相比,WIFI 无线数据传输方式的传输速度快,覆盖范围较广,在传输信号偏弱或存在信号干扰的情况下能自动调整通信带宽[14-15],可有效保障数据传输的可靠性,更适合变电站现场核相测试的需要。

核相系统采用单向数据接收的离线测试模式,不具备向被测系统注入数据的能力,杜绝了对变电站原始采样信息的影响。核相系统内部采用经无线保护访问第 2 版-高级加密标准(WPA2-AES)算法加密的以太网传输安全机制,同时结合点对多点媒体介入控制层(MAC)锁定的局域网加入策略,保证了无线数据传输的安全性。

核相系统的软件流程如图 3 所示。以核相主机时钟作为整个核相系统的时间标准,核相开始后,由核相主机发送时钟信号,各采样终端接收到时钟信号后,与核相主机交互数据,完成核相系统的时钟同步,同步后的采样终端将实时采集的采样数据打上时标并上送至核相主机。核相主机可采集站用电源作为整个核相系统的物理相位基准,其余的数字化采样值均参照该基准确定相位。核相主机根据各间隔采样值的上送时间,对电气信号进行二次采样,同时对数字化采样传输延迟进行补偿,最后计算出每个采样值通道与模拟量基准通道的相位关系,实现全站系统核相。

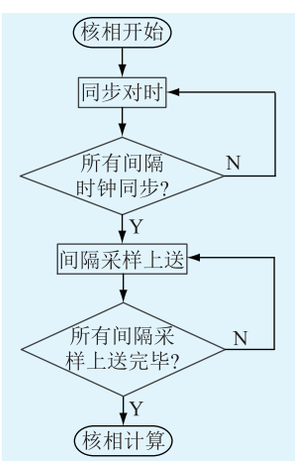


图 3 核相系统软件流程

Fig.3 Software flow of the phase detection system

3 数字化分布式核相的关键技术

3.1 FT3 采样自适应传输

数字化采样包括电子式互感器采样和合并单元采样两类,与合并单元发送的 IE C61850-9 以太网采样值不同,电子式互感器的采样传输基于 IEC 60044-8 标准规范(以下简称 FT3 协议),不同厂家或型号的电子式互感器,输出的数字化采样在采样频率、编码方式,传输波特率及数据集长度等方面都可能不同[16-17]。如何兼容各种 FT3 采样信息的接收,是实现数字化核相的技术难点。

如图 4 所示,自适应的 FT3 采样接收步骤为:

(1) 编码方式判定。根据曼码与非曼码的编码

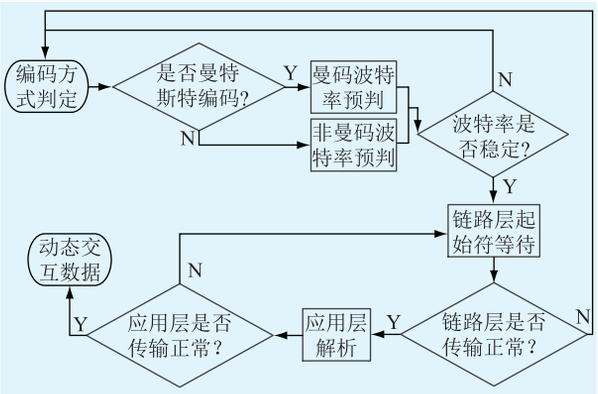


图 4　FT3 协议自适应传输策略

Fig.4　Adaptive transmission strategy for FT3 protocol

区别，对于同步编码（曼码），数据传输时伴随同步时钟，物理层信号的最大变位时间 T_{cmax} 等于同步时钟的周期 T_{sc}；对于异步编码（非曼码），数据信息中不含同步时钟，物理层信号的最大变位时间 T_{cmax} 不超过一帧报文的传输时间 T_{frm}。由于 T_{frm} 远大于 T_{sc}，通过检测物理层信号的最大变位时间 T_{cmax}，可确定传输信号的编码方式，即：

$$\begin{cases} \text{CODE - SYN} & T_{cmax} \leqslant K \\ \text{CODE - ASYN} & T_{cmax} > K \end{cases} \tag{1}$$

式中：T_{cmax} 为传输信号的最大变位时间；K 为变位判定阀值，一般取同步编码方式下最大同步时钟周期的 2 倍。

（2）波特率检测。FT3 协议链路层传输前须准确获取数据传输的波特率。通过原始信号的最小变位时间 T_{cmin} 设定数据的传输波特率，按该波特率持续监测信号传输的稳定性。考虑接收时钟的抖动及发送与接收时钟的时域偏移，计算信号变位时间的范围，若被监测信号的变位时间越限，则认为当前设定的波特率不正确，重新检测信号波特率。波特率监测判据如下：

$$\begin{cases} T_c > T_{br} - 0.5T_{clk} - T_{clkjit} \\ T_c < T_{br} + 0.5T_{clk} + T_{clkjit} \end{cases} \tag{2}$$

式中：T_c 为信号的实际变位时间；T_{br} 为设定波特率对应的变位时间；T_{clk} 为系统时钟的周期；T_{clkjit} 为系统时钟的抖动值。

（3）链路层传输。FT3 协议的链路层包括起始符、有效数据、循环冗余校验（CRC）校验码三部分，可采用相同的链路解析机制。由特定的帧起始符（0x0564）开始一帧链路传输，按固定的数据块字节长度接收数据，在每个数据块的末尾接收 CRC 校验码，当所有数据块接收完毕，结束本帧链路传输，返回等待下帧数据的起始符。

（4）应用层解析及校验。链路层数据开始接收后，同步解析对应的报文类型码，由类型码确定接收报文的协议类型及数据集长度，并采用对应的应用层解析方案。当接收到 CRC 校验码时，进行应用层数据校验，确认数据传输的正确性。

（5）动态数据交互。为适应不同的采样频率，需采用动态地址机制实现接收数据的存储及交互。每中断数据交互开始后，由前次中断最后一点数据的写入地址确定本次中断接收数据的存储基地址 A_{wb}。当一点采样数据接收完毕且校验正确后，基于 A_{wb} 计算数据存储的写入地址 A_w；当外部系统请求读取采样数据时，判断该采样点传输是否有效，并由采样点序号映射数据的读出地址 A_r，持续数据传输，直到 A_r 等于 A_w 或者外部系统主动停止数据访问。

3.2　基于 WIFI 的区域同步

采样终端上送数据的同步性是核相的关键。基于 WIFI 的无线通信方式在变电站现场会受干扰影响，为保证不同间隔采样数据的相位精度，须从时间标记、样本过滤、时钟校正等方面考虑。

（1）硬件级时间标记。采样信号由光纤接收器进入，经链路层传输控制后，进入软件应用层，对数据接收时间的标记包括软件标记和硬件标记两类。软件时标实现简单，但准确性不高，延迟抖动较大；硬件时标在链路层传输过程中获取时间，不受软件系统任务调度的影响，实时性强，更接近实际的物理传输时间。对于接收时间标记，还应在捕获到有效帧后，回溯至帧数据起始符首位数据的到达时刻。

（2）时间样本过滤。WIFI 无线同步机制受以太网传输稳定性的影响较大，为获取更好的同步效果，需对接收到的以太网报文进行组播地址过滤，只订阅来自有效 MAC 地址的对时报文，降低软件的数据处理负荷。同时对时间样本数据进行最小值及均值化筛选，首先取每组样本数组的最小值参与计算，避免无线信号干扰导致传输时间增大，然后通过固定时间窗的最小值样本计算出样本均值，并用该值对后续输入样本进行筛选过滤，反复迭代计算有效的时间数据，消除传输距离微小变化、软件抖动和算法误差等因素对传输时间的影响。均值化筛选计算公式如下：

$$\begin{cases} T'_n = T_n \quad 0.8\overline{T} < T_n < 1.2\overline{T} \\ \overline{T} = \sum T'_n / N \end{cases} \tag{3}$$

式中：T_n 为经最小值过滤的样本数据；T'_n 为筛选后的样本；N 为采样点数据窗；$\overline{T}$ 为筛选后样本均值。

(3) 频率校正。通过测量平均路径延时来调整主、从时钟的频率偏差,主时钟以固定频率向从时钟发送同步报文,从时钟记录到达报文的频率,计算频率修正系数:

$$C_t = \frac{T'_t - T'_{t-1}}{T_t - T_{t-1}} \tag{4}$$

式中:C_t为本次频率修正系数;T'_t为从时钟本次获取的报文到达时刻;T'_{t-1}为从时钟前次获取的报文到达时刻;T_t为主时钟本次报文发送时刻;T_{t-1}为主时钟前次报文发送时刻。

从时钟通过该频率修正系数对自身的时钟频率进行修正,为防止过调振荡,应采用平滑的调节方法,如下式:

$$f_t = f_{t-1} + K \times \left(\frac{f_{t-1}}{C_t} - f_{t-1} \right) \tag{5}$$

式中:f_t为本次校正后频率;f_{t-1}为前次校正后频率;K为调节系数。

(4) 延迟校正。锁定主、从时钟的频率后,利用过滤后的时间样本数据,反复计算主、从时钟间的延迟差并修正从时钟,使主、从时钟间延迟收敛,实现从时钟对主时钟的跟随。时钟延迟计算公式如下:

$$T_d = T_r - T_t - \left[\frac{(T'_r - T'_t) + (T_r - T_t)}{2} \right] \tag{6}$$

式中:T_d为主、从时钟延迟差;T_r为对时报文到达时刻;T_t为对时报文发送时刻;T'_r为返回报文到达时刻;T'_t为返回报文发送时刻。

主、从时钟间延迟收敛后,从时钟通过内部的高精度恒温晶振和软件算法继续维护时钟节拍,当监测到与主时钟的偏差超出阀值后,重启时钟同步过程。

3.3 改进的过零相位检测法

过零法是一种常用的信号相位差检测方法,通过监测信号过零点的时间差,计算信号间的相位关系。过零检测法实现简单,但由于对信号的离散采集无法获取真实的过零点时刻,这种相位计算方法存在一定的误差[18]。

通过暂态相位补偿对传统的过零检测法来进行改进。如图 5 所示,信号 1 的理论过零时刻为T_1,信号 2 的理论过零时刻为 T_2,由于离散化采样的误差,现假设软件实际采集到的信号过零时刻分别为 T'_1和 T'_2。当检测到信号 1 过零点时,采用经汉宁窗的傅氏滤波计算信号 1 在 T'_1时刻的基波相位φ'_1和信号频率f;当检测到信号 2 过零点时,同样计算信号 2 在 T'_2时刻的基波相位 φ'_2,可得两个采样信号过零点对应的暂态相位补偿时间为:

$$\Delta t = (\varphi'_2 - \varphi'_1)/2\pi f \tag{7}$$

式中:Δt 为相位补偿时间。则信号 1 与信号 2 过零点的实际延时为:

$$\Delta T = T'_2 - T'_1 - \Delta t \tag{8}$$

式中:ΔT 为补偿后的信号过零点时间差;T'_2为采集到的信号 2 过零点时刻;T'_1为采集到的信号 1 过零点时刻。

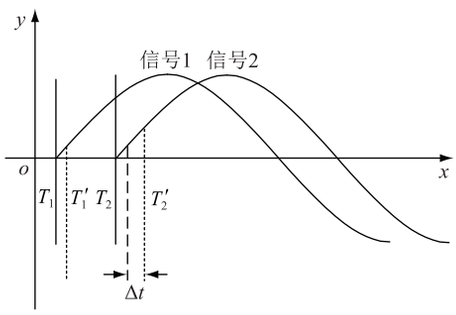


图 5 改进的过零相位检测法

Fig.5 Improved phase detection method with zero-crossing

通过补偿后的信号过零点延时 ΔT,计算信号间相位差,可获取更准确的信号相位关系,实现不同采样信号的相位核对。

4 实验测试

如图 6 所示对分布式核相系统的功能进行验证。

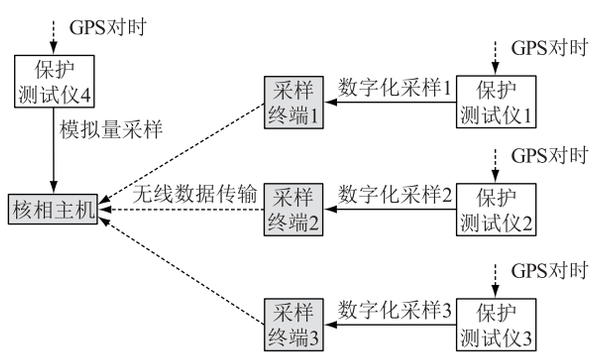


图 6 测试系统架构

Fig.6 Wiring diagram of the test system

通过多台经 GPS 对时的继电保护测试仪同步输出相同有效值和相位的电流采样信号,其中 1 台输出模拟量,接入核相主机作为采样基准,另外 3 台输出数字量(采样传输协议分别为 IEC61850-9-2、DLT282 同步编码和 DLT282 异步编码),模拟 3 个间隔的采样数据分别接入对应的采样终端。改变核相主机与采样终端的放置位置,记录相位测试结果。

在室内进行测试，核相主机与各采样终端放置在同一房间内，间距约 10 m，无线传输路径间无阻碍。所有保护测试仪输出数据配置为“电流有效值”5 A，“电流相位”0°，“频率”50 Hz。以核相主机的本地采样作为相位基准，实验记录如表 1 所示。

表 1　室内 10 m 测试数据

Tab.1　Test data of indoor 10 m

序号	频率/Hz	有效值/A	相位/(°)
信号 1	50.000	5.003	0.001 9
信号 2	50.000	5.001	0.001 1
信号 3	50.000	5.002	−0.007 9

在室内进行测试，核相主机与各采样终端放置在不同房间，间距约 50 m，无线传输路径间有墙壁阻碍。保护测试仪输出不变，以核相主机的本地采样作为相位基准，实验记录如表 2 所示。

表 2　室内 50 m 测试数据

Tab.2　Test data of indoor 50 m

序号	频率/Hz	有效值/A	相位/(°)
信号 1	50.000	5.002	−0.131 1
信号 2	50.000	5.002	−0.089 2
信号 3	50.000	5.001	−0.097 3

在室外进行测试，核相主机与各采样终端间距约 200 m，无线传输路径间无明显阻碍。保护测试仪输出不变，以核相主机的本地采样作为相位基准，实验记录如表 3 所示。

表 3　室内 200 m 测试数据

Tab.3　Test data of indoor 200 m

序号	频率/Hz	有效值/A	相位/(°)
信号 1	50.000	5.002	−0.118 4
信号 2	50.000	5.001	−0.139 1
信号 3	50.000	5.002	−0.115 4

由实验数据可知：在各种测试环境下，分布式核相系统的采样结果稳定，各间隔采样的有效值误差小于±0.1%，相位误差小于±0.2°。核相系统性能可满足智能变电站全站核相的要求。

5　结语

智能变电站采用数字化采样，提升变电站数据共享灵活性，但对采样核相工作也提出新问题。针对智能变电站采样传输的特性及整站核相技术的难点，本文提出一种基于分布式测点的智能变电站核相系统，基于 WIFI 无线传输技术实现智能变电站全站间隔的同步采样和信息汇总，可提升核相工作经济性与适用性，保障智能变电站建设与发展。

参考文献：

[1] 欧阳青. 输变电工程投运现场核相试验方法[J]. 电力安全技术，2002，4(2)：25-27.
OUYANG Qing. Phase detection test method for operation field of power transmission project[J]. Electric Safety Technology，2002，4(2)：25-27.

[2] 骆明川. 站用变系统改造核相异常原因分析及解决方法[J]. 电工技术，2010(9)：64-65.
LUO Mingchuan. Analysis and solution of abnormal causes of transformation of nuclear phase in station with variable system[J]. Electric Engineering，2010(9)：64-65.

[3] 青志明，周丽娟，李洪权，等. 安全核相仪的研究与开发[J]. 西南师范大学学报，2010，35(6)：142-146.
QING Zhiming，ZHOU Lijuan，LI Hongquan，et al. The research and developmet of security phase-check instrument[J]. Journal of Southwest China Normal University，2010，35(6)：142-146.

[4] 张金波，王　俊，范梅荣，等. 实用高压电力线路无线核相仪的设计[J]. 电力自动化设备，2005，25(10)：65-67.
ZHANG Jinbo，WANG Jun，FAN Meirong，et al. Design of wireless phase detector for high voltage power transmission line[J]. Electric Power Automation Equipment，2005，25(10)：65-67.

[5] 罗华峰，陆承宇，宣晓华，等. 基于全景信息扫描的智能变电站远动装置遥信配置快速校核技术[J]. 浙江电力，2018，37(2)：42-47.
LUO Huafeng，LU Chengyu，XUAN Xiaohua，et al. A quick verification technology for remote signal configuration of RTU in intelligent substation based on panoramic scanning[J]. Zhejiang Electric Power，2018，37(2)：42-47.

[6] 朱　勋，童斐斐. 老旧变电站的防洪改造措施探讨[J]. 浙江电力，2016，35(1)：35-37.
ZHU Xun，TONG Feifei. Discussion on flood control transformation measures for old substation[J]. Zhejiang Electric Power，2016，35(1)：35-37.

[7] 周华良，郑玉平，杨志宏，等. 面向智能变电站三网合一网络的 PRP/HSR 实现方案[J]. 电力自动化设备，2018，38(10)：216-223.
ZHOU Hualiang，ZHENG Yuping，YANG Zhihong，et al. Implementation scheme of three-in-one network based on PRP/HSR in smart substation[J]. Electric Power Automation Equipment，2018，38(10)：216-223.

[8] 冯悠扬. 基于北斗授时系统的智能高压无线核相仪的研究和实现[D]. 南京：东南大学，2015.
FENG Youyang. Research and implementation of intelligent high-voltage wireless phase-detecting system based on BEIDOU timing[D]. Nanjing：Southeast University，2015.

[9] 寇英刚，范　洁，杨世海，等. 一种基于实际工况的数字化电能表校验方法及其误差分析[J]. 电力工程技术，2017，36(6)：53-57.
KOU Yinggang，FAN Jie，YANG Shihai，et al. A calibration method and error analysis of digital energy meter based on actual working condition[J]. Electric Power Engineering Technology，2017，36(6)：53-57.

[10] 李艳丽,王晓军. 分布式系统测试方法的研究和应用[J]. 计算机技术与发展,2011,21(3):205-208.
LI Yanli, WANG Xiaojun. Research on distributed system testing method and its application[J]. Computer Technology and Development,2011,21(3):205-208.

[11] 李 澄,袁宇波,陆玉军,等. 智能变电站分布式同步采样组网技术[J]. 电网技术,2014,38(1):47-52.
LI Cheng,YUAN Yubo,LU Yujun,et al. A networking transferring scheme of distributed synchronized sampled data for smart substation[J]. Power System Technology,2014,38(1):47-52.

[12] 王长清,岑 凡,蔡惠智. 基于 PowerPC 架构多核处理器嵌入式系统硬件设计[J]. 微计算机信息,2010,26(17):6-7.
WANG Changqing, CEN Fan, CAI Huizhi. The hardware design of embedded system for multi-core processor based on PowerPC architecture[J]. Microcomputer Information,2010,26(17):6-7.

[13] 赵玉灿,李 彦,陈玉林,等. 基于 FPGA 的多通道行波高速采集录波系统设计[J]. 电力工程技术,2017,36(3):67-70.
ZHAO Yucan,LI Yan,CHEN Yulin,et al. High speed acquisition and recording system design for multi-channel traveling wave based on FPGA[J]. Electric Power Engineering Technology,2017,36(3):67-70.

[14] 曹 晶,卞宇翔,冯 宝,等.电力无线专网通信终端接入工勘测试体系研究[J].电力工程技术,2018,37(3):97-101,105.
CAO Jing, BIAN Yuxiang, FENG Bao, et al. Research on access engineering exploration test system of power wireless private network communication terminal[J]. Electric Power Engineering Technology,2018,37(3):97-101,105.

[15] 谢 黎,黄国方,沈 健. 数字化变电站中高精度同步采样时钟的设计[J]. 电力系统自动化,2009,33(1): 61-65.
XIE Li,HUANG Guofang,SHEN Jian. Design of high accuracy synchronous sampling clock in digital substations[J]. Automation of Electric Power Systems,2009,33(1): 61-65.

[16] 葛遗莉,李广华,冯亚东,等. 数字化变电站采样值传输协议分析[J]. 广东电力,2010,23(6):23-27.
GE Yili,LI Guanghua,FENG Yadong,et al. Analysis on sampled value transmission protocols in digital substations[J]. Guangdong Electric Power,2010,23(6):23-27.

[17] 张海宁,周忠宁,冯佳男,等.基于多源数据及模糊匹配的安稳运行状态智能巡检系统[J].电力工程技术,2017,36(6):96-99.
ZHANG Haining, ZHOU Zhongning, FENG Jianan,et al. Intelligent inspection system based on multi source data and fuzzy matching for power security and stability state[J]. Electric Power Engineering Teachnology, 2017, 36(06):96-99.

[18] 叶 林,周 弘,张 洪,等. 相位差的几种测量方法和测量精度分析[J]. 电测与仪表,2006,43(4):11-14.
YE Lin,ZHOU Hong,ZHANG Hong,et al. Measurement methods for the phase shift detection and their accuracy analysis[J]. Electrical Measurement & Instrumentation,2006,43(4):11-14.

作者简介:


李云鹏

李云鹏(1978—),男,本科,高级工程师,从事电力系统自动化及电力信息化工作(E-mail:leeyunpeng@sina.com);

王 鹏(1982—),男,硕士,高级工程师,从事电力系统自动化及变电站自动化工作;

汤汉松(1974—),男,本科,高级工程师,从事智能电网和电子式互感器工作。

Phase Detection of Intelligent Substation Based on Distributed Measuring Point

LI Yunpeng[1], WANG Peng[1], TANG Hansong[2], ZHANG Wei[2]

(1. State Grid Nantong Power Supply Company,Nantong 226000,China;
2. Jiangsu Lingchuang Electric Automation Co.,Ltd.,Zhenjiang 212009,China)

Abstract:In order to adapt to the transmission mode with digital sampling value, to solve the problems that the phase detection is not easy to be implemented by the lack of professional phase detection equipment for intelligent substation, this paper proposes a distributed phase detection system for intelligent substation which based on WIFI wireless transmission network. Introduces the system architecture and implementation scheme of the phase detection system, researches the key technology of distributed digital phase detection, such as adaptive transmission of sampling value, area synchronization with wireless and phase measurement. The experiments show that the phase acquisition precision of the system based on wireless communication is high, the result of the phase detection is accurate and the operation is convenient, it can meet the functional requirements of the whole substation phase detection in the intelligent substation.

Key words:intelligent substation;phase detection;distributed;adaptive transmission;area synchronization;zero-crossing

(编辑 钱 悦)