

电能质量监测装置在新一代智能站中的工程应用

陈斌, 胡叶宾, 张鹏远, 樊鹏, 孙航飞, 唐宇

(许继电气股份有限公司, 河南 许昌 461000)

摘要: 以新一代智能变电站上海叶塘变工程应用为背景, 简要介绍 WIPM-801 电能质量监测装置的特点和功能。通过对叶塘变电站中电能质量监测装置的测点需求和配置的分析, 提出如何选择合并单元和搭建过程层网络。电能质量监测装置采用独立的过程层网络, 通过在专用交换机上划分 VLAN 传输数据, 针对 110 kV 高压侧和 10 kV 低压侧重点讨论了组网方案。创新接入了 GOOSE 信息, 结合变电站运行方式和电能质量装置监测的数据分析复杂电能质量问题。最后讨论电能指标文件的生成, 转化为 PQDIF 格式, 变电站内和电能监测主站通信地实现。

关键词: 电能质量监测装置; 合并单元; 过程层网络; GOOSE; PQDIF

Application of power quality monitoring device in new generation intelligent substation

CHEN Bin, HU Yebin, ZHANG Pengyuan, FAN Peng, SUN Hangfei, TANG Yu

(XJ Electric Co., Ltd., Xuchang 461000, China)

Abstract: Based on the application of the new generation intelligent substation YeTang, this paper briefly introduces the function of the WIPM-801 power quality monitoring device. Through the analysis of the measure point needs and configuration in YeTang substation, how to choose the merging unit and build the process level framework is put forward. WIPM-801 adopts independent process level framework and distributes VLAN on a special exchange board to transfer data. The key point focuses on framework of 110 kV high side and 10 kV low side. It is the first substation to introduce GOOSE to the power quality monitoring device, based on the combination of the way the substation works and the data from WIPM, we can analyze the complicate power quality problem. Finally, the generation of power index files and how the files transform to PQDIF are discussed, then the implementation plans of the transmission of the substation and the power monitoring station are given.

Key words: power quality monitoring device; merging unit; process level; GOOSE; PQDIF

中图分类号: TM76

文章编号: 1674-3415(2015)18-0150-05

0 引言

随着 IEC61850 标准的推广和数字式互感器的应用, 数字化变电站概念已在工程实践中得到验证。新一代智能变电站已成为建设智能电网的基石和不可逆转的发展趋势^[1-4]。

伴随着经济的快速发展, 电网中非线性负荷用户的比例不断提高, 由此而产生的供电电能质量严重下降, 表现得越来越突出。电能质量严重超标正在大范围地污染供电环境, 危及电网及其供电设备的安全稳定运行, 严重地影响电力企业及广大用户的经济效益。电能质量监测设备是新一代智能变电站内的重要设备之一, 无论从电网安全运行还是从供电质量等方面考虑, 加强对电能质量的监测都显

得十分必要。

本文针对上海奉贤地区的叶塘站来介绍电能质量监测装置的工程应用, 上海奉贤地区叶塘站是给在建的轨道交通 5 号线延长线的供电电源, 轨道交通使用的整流设备将对电网产生大量谐波污染。叶塘变处于向上工程奉贤换流站附近, 特高压奉贤换流站是 ±800 kV 向家坝-上海直流输电工程的受端换流站, 直流额定输送功率 6 400 MW, 直流侧主接线采用(400+400) kV 换流器接线方案^[5-7], 每极采高、低段用两组 12 脉动换流器串联, n 脉动换流器容易产生 $nk \pm 1$ 次谐波, 12 脉动换流器就容易产生 11、13、23、25 次谐波, 影响该地区电能质量。

安装基于城市电网监测的智能变电站电能质量监测分析采集系统, 可对与叶塘站相关的轨道交

通及其他敏感负荷实现全天候实时电能质量在线监测, 可对电能质量污染源进行考核或治理提供必要的技术支持, 对当地电网的实际运行管理提供重要支撑。

1 WIPM-801

许继电气开发 WIPM-8XX 系列是全面支持新一代智能变电站的电能质量监测终端装置。满足国家电网公司《Q/GDW 650—2011 电能质量监测终端技术规范》以及《GB/T 19862-2005 电能质量监测设备通用要求》等系列电能质量相关国家标准的技术要求。全面支持数字化采样输入, 采样率支持 4 kHz 和 12.8 kHz; 采用集中式设计方案, 单台装置可完成多个监测点的监测功能; WIPM-801 电能质量监测具备以下电能质量监测功能: 电压偏差、频率偏差、三相不平衡度、谐波、电压闪变、电压暂降、暂升、短时中断。同时监测智能变电站内多个监测点电网各项基本电参量及稳态电能质量各项指标, 每 1 h 形成 1 个电能指标数据文件; 电能指标数据文件采用 PQDIF 格式上送到电能质量监测网。新一代智能站叶塘变电站投用了三台 WIPM-801 电能质量检测装置。

2 工程测点选取

根据叶塘变的主接线图, 以 1#、2#主变为核心设置电能质量监测点, 如图 1。

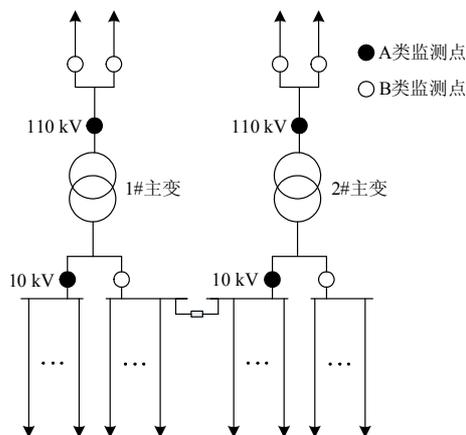


图 1 叶塘变电能质量监测点设置示意图

Fig. 1 Power quality monitoring point of Ye Tang

每台主变高压侧(110 kV)、高压侧两回进线处分别设置电能质量监测点(远期增加一回进线时再增加一个监测点); 其中主变高压侧监测点设为 A 类, 需要同时对电压和电流量进行监测; 110 kV 进

线监测点设为 B 类, 仅需对电流量进行监测。

每台主变低压侧的每个分支分别设置监测点, 对于每台主变而言, 其中一个分支设为 A 类监测点, 另一个分支设为 B 类监测点。

对于 10 kV 侧, 工程实现时电子互感器仅采集电流量, 电压量采用常规互感器, 需要通过母线合并单元来获取。

3 过程层网络

3.1 SV 网络

在智能变电站采样值传输规约中, 专门为电能质量监测定义了一种 12.8 kHz 的采样率。但目前在国内尚没有智能变电站安装电能质量监测装置。主要原因是国内的电能质量终端尚未完全支持 DL/T 860 系列标准, 另一方面原因是由于绝大多数合并单元未能支持 12.8 kHz 的采样率。叶塘变采用独立的过程层网络, 由许继电气提供支持 256 点采样点数的合并单元, 为搭建智能变电站电能质量监测系统构筑基础。过程层应主要采用 100 Mbit/s 以太网解决方案。在 IEC 61850-9-1 附录 B 中针对采样频率给出了推荐数据, 计算公式为

$$N_{\text{mu}} = \frac{V_{\text{DR}}}{50L_{\text{TL}}F_{\text{SR}}} \quad (1)$$

式中: N_{mu} 为 MU 的数目; V_{DR} 为以太网速率; L_{TL} 为最大报文长度(26 字节帧信息字+4 字节优先级标识+8 字节类型码(PDU)+2 字节 ASN.1 长度+2 字节数据块序号+46 字节数据集+23 字节状态字=111 字节×8 位=888 位, 再加上 96 位报文空位符, 共有 984 位); F_{SR} 为采样频率(Hz)^[8]。在 256 点/周期的采样频率下, 100 Mbit/s 以太网速率最多接入 MU 数(理论上限值)为^[8-9]

$$N_{\text{mu}} = \frac{100 \times 10^6}{50 \times 984 \times 256} = 7.93$$

叶塘要监测 8 个间隔, 需要 12 个合并单元, 这样的话需要 1 000 Mbit/s 以太网速率, 为此本站设计了独立的过程网络, 过程层通信的实时性和可靠性是最为关键的问题。鉴于所有的合并器、智能接口、IED 设备都连接在过程层网络上, 数据量尤其是来自合并器的 SMV 采样值巨大, 大的数据传输会消耗网络带宽, 使网络延时, 因此用 VLAN 将信息不相干的设备隔离, 否则网络性能会大大降低, 甚至引起网络堵塞。在本工程中, 是通过带有优先级的 VLAN 来降低过程层网络区域范围内的负载的, 并通过 VLAN 把不相干的设备独立出来。按照间隔和功能来把 SV、GOOSE 划分不同 VLAN。

三台电能质量装置需要在交换机上将所有测

点间隔的VLAN-ID绑定到相应的三个交换机的千兆光口，然后发送至三台WIPM-801的过程层接口插件(NPI)的千兆光口。然后NPI通过内部以太网协

议把数据传给CPU，进行数据的各种计算，得到所需的电能质量监测数据。最后通过通信插件传给站控层网络及开出插件来驱动告警、越限，如图2。

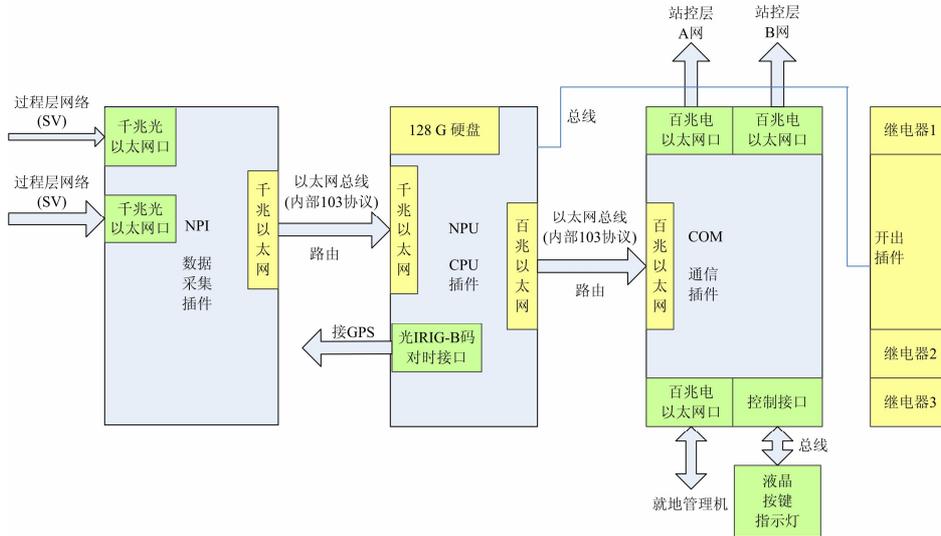


图 2 WIPM-801 电能质量装置硬件图
Fig. 2 Hardware of WIPM-801

3.2 110 kV 侧

110 kV 侧基于 12.8 kHz 采样率的电能质量监测专用过程层网络工程实现方案：

将相应电子互感器中每相传感器对应的两个采集器中的一个设置为 12.8 kHz 采样率输出；并且支持将采样数据抽样到 4 kHz 输出。

新增加合并单元(每个监测点对应 1 个合并单元)，用于接收采集器 12.8 kHz 采样率，抽样同步后以 12.8 kHz 采样率输出。

增加 1 台交换机，用于组建电能质量专用过程层网络；所有基于 12.8 kHz 数据输出的合并单元均接入本交换机。

修改后过程层网络连接示意(以单相为例)如图 3 所示。

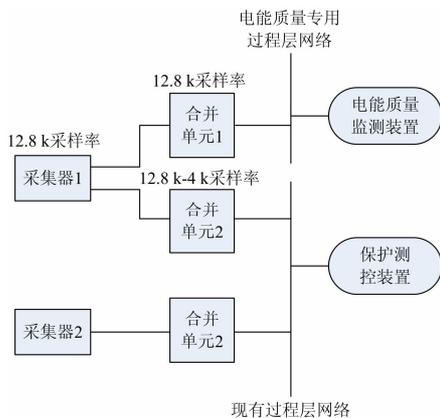


图 3 110 kV 过程层设备修改示意图(单相)
Fig. 3 Process level of 110 kV(single phase)

3.3 10 kV 侧

电流量的过程层网络修改与 110 kV 侧完全相同。

电压量的过程层网络需要重新设置，新增加两台基于传统采样的合并单元(每台主变配置一台，完成主变低压侧两分支母线电压量的采集和输出)；新增加过程层网络如图 4 所示；本期需要增加合并单元 2 台。

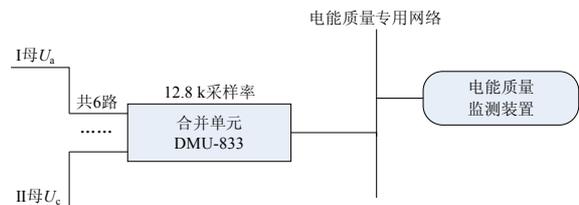


图 4 10 kV 过程层设备修改示意图(一台变)
Fig. 4 Process level of 10 kV

3.4 GOOSE 接入

三台电能质量装置根据不同测点和间隔，分别接入 16 组断路器位置信息。包括 110 kV 各线路间隔，两台变压器高压侧及低压侧各分支，10 kV 线路、母线分段、站用变及电容器间隔。这样可以获取站内的运行信息，如母线的电压波动主要取决于系统潮流中的无功分量^[10]，可以通过母线分段和各线路间隔的断路器位置信息的变化来监测实时的电能质量数据。

以上所述的这些 GOOSE 开入通过过程层交换

机接入电能质量装置, 就可以把整个站运行方式变化和监测终端采集到的数据结合起来, 分析不同运行方式对电能质量数据的影响, 这对解决复杂电能质量问题有重要意义。

4 电能指标文件的生成和 PQDIF

电能质量监测装置都要求有电能指标统计功能, WIPM-801 中对电压偏差、频率偏差、三相不平衡等均要做指标统计要求: 10 周波数据, 数据窗连续而不重叠, 计算出 1 个方均根值; 3 s 15 个方均根值计算得到 1 个平均值。1 min 得到 20 个值, 统计最大值、最小值、平均值、95% 概率值、越限次数, 记录 1 min 的结束绝对时刻, 形成电能指标数据的 1 条记录; 1 天的记录形成自定义格式的数据文件, 并形成自定义格式的日报。

目前, 电能质量监测系统多种多样, 它们可通过许多途径来得到相关信息, 例如质量测试仪, 仿真程序, 故障录波等, 但每个系统都有它自己的交流和控制方法, 还有分析软件, 这些和其他系统是不兼容的。当我们想共享其他系统的数据时, 除了会遇到测量数据交换困难的问题外, 在交换和比较计算机的仿真结果时同样会遇到数据不兼容的问题, 因为仿真工具使用一系列适合他们自身程序的形式和规范。

考虑到现今的电力工程师们的需要, 从不同监测设备和仿真系统把数据传输给各种数据库和分析程序。因此 IEEE 1159 规定一种标准数据交换格式 PQDIF(Power Quality Data Interchange Format)。PQDIF 数据由一组逻辑相关的高层记录组成, 主要包括容器记录(Container)、数据源记录(Data Source)、监测设置记录(Monitor Setting)、观测记录(Observation)组成。电能质量数据映射到 PQDIF 的逻辑层采用 XML 文件进行描述^[9]。

电能质量装置生成的电能指标文件由工具转化成 PQDIF 文件, 可以在就地终端上面展示出来, 为此开发了 PQVIEW 展示软件, 如图 5。

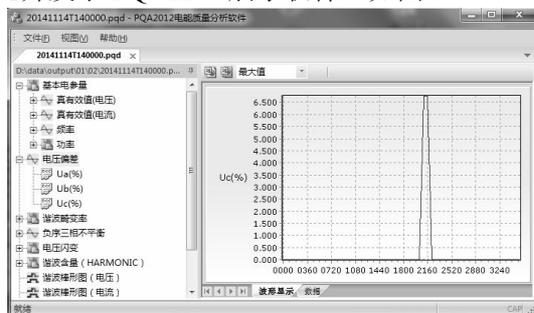


图 5 电能指标展示软件界面图

Fig. 5 Display chart of power index software

5 PQDIF 及站内数据与主站通信方案

为了把叶塘变站内电能质量监测装置的 PQDIF 离线文件通过上海电力公司专网, 上送到上海电科院电能质量监测主站。主要应考虑站内数据与电能质量监测主站通信拓扑, 如图 6。

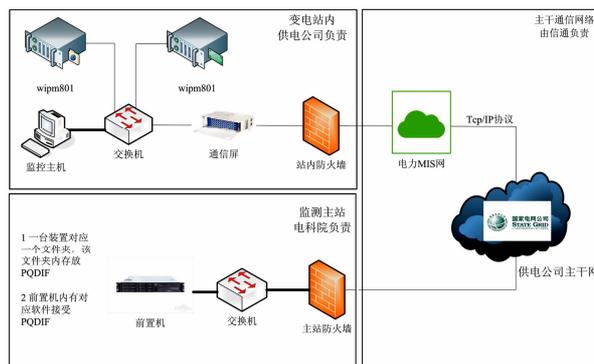


图 6 站内数据与电能质量主站通信方案

Fig. 6 Transmission plan of substation and power quality station

5.1 变电站内

监控主机部署在叶塘变, 配置上海市电力公司给定的 IP, 监控主机连接站内通信屏柜中的专网转出接口, 通过该接口接入供电公司主干通信网络;

监控主机负责:

监测站内电能质量装置 WIPM801 实时数据运行情况;

定时读取电能质量装置 WIPM801 离线数据文件, 并生成 PQDIF 格式文件;

监控主机部署 SFTP 服务端, 以供前置机调用。

监控主机与前置机通信采用 TCP/IP 协议, 需要经过上海电科院信息安全督察组所设防火墙, 通信协议使用 SFTP。

5.2 电能监测主站

前置机部署在汇泰大楼前置机屏柜中(机身尺寸 1U); 前置机 IP 地址由电能质量监测主站内部网络分配。操作系统: Windows2008 R2 企业版。

前置机负责:

定时从叶塘变站内监控主机中读取 PQDIF 文件;

每个电能质量装置 WIPM801 对应一个文件夹, 该文件夹内存放对应装置的 PQDIF 文件。

6 总结

国内目前没有智能变电站支持基于 IEC61850 标准的电能质量监测设备, 也未有在智能站内安装能支持将数据转换为 PQDIF 格式的基于 IEC 61850

标准的电能质量监测设备。国外目前对于电能质量监测网主要侧重于对配电网电能质量(尤其是电压暂降)情况的检测,但对诸如 110 kV 或以上电压等级线路的电能质量监测与分析较少涉及。

本文所讨论的方案是在国网 2013 年 6 个新一代智能站叶塘示范工程中电能质量检测装置的工程应用,期间研制了 12.8 kHz 采样率的合并单元,接入了断路器位置信息的 GOOSE 开入都是国内首例,通过叶塘站的实际应用,将对智能站中电能质量过程层组网提供一种可行方案;电能质量监测设备输出的数据转换为 PQDIF 格式,与现有的电能质量监测网实现成功对接,这对研究智能站实时运行数据与电能质量监测数据相结合的电能质量分析方法有重要意义。

参考文献

- [1] 王璐,王步华,宋丽君,等.基于 IEC61850 的数字化变电站的研究与应用[J].电力系统保护与控制,2008,36(24):90-100.
WANG Lu, WANG Buhua, SONG Lijun, et al. Research and application of digital substations based on IEC 61850[J]. Power System Protection and Control, 2008, 36(24): 90-100.
- [2] 鞠阳.数字化变电站的网络通信模式[J].电力系统保护与控制,2010,38(1):92-95.
JU Yang. Modes of web communication of digital substation[J]. Power System Protection and Control, 2010, 38(1): 92-95.
- [3] 宋丽君,王若醒,狄军峰,等.GOOSE 机制分析、实现及其在数字化变电站中的应用[J].电力系统保护与控制,2009,37(14):32-35.
SONG Lijun, WANG Ruoxing, DI Junfeng, et al. Analysis and implementation of GOOSE mechanism and its application in digital substation[J]. Power System Protection and Control, 2009, 37(14): 32-35.
- [4] 周林,曾意,郭珂,等.具有电能质量调节功能的光伏并网系统研究进展[J].电力系统保护与控制,2012,40(9):137-145.
ZHOU Lin, ZENG Yi, GUO Ke, et al. Development of photovoltaic grid-connected system with power quality regulatory function[J]. Power System Protection and Control, 2012, 40(9): 137-145.
- [5] 王建中.±800 kV 奉贤换流站的结构与功能特点[C]//2011 中国电工技术学会学术年会论文集,2011:782-784.
- [6] 岳丽霖,连美霞.±800 kV 奉贤换流站的结构与功能特点[J].电气技术,2011(12):113-115.
- [7] 杨帆,侯超.换流站直流控制保护系统隐患排查分析[J].黑龙江电力,2013(3):243-246.
YANG Fan, HOU Chao. Analysis and investigation of hidden dangers in dc control and protection system of converter station[J]. Heilongjiang Electric Power, 2013(3): 243-246.
- [8] 易永辉,王雷涛,陶永健.智能变电站过程层应用技术研究[J].电力系统保护与控制,2010,38(21):1-5.
YI Yonghui, WANG Leitao, TAO Yongjian. Process level application scheme in smart substation[J]. Power System Protection and Control, 2010, 38(21): 1-5.
- [9] 常三磊,肖勇,杨劲锋,等.基于 IEC61850 和 PQDIF 的电能质量监测装置研究与设计[J].电力系统保护与控制,2012,40(20):135-139.
CHANG Sanlei, XIAO Yong, YANG Jingfeng, et al. Study and design of power quality monitoring devices based on IEC61850 and PQDIF[J]. Power System Protection and Control, 2012, 40(20): 135-139.
- [10] 姚致清,于飞,赵倩,等.基于模块化多电平换流器的大型光伏并网系统仿真研究[J].中国电机工程学报,2013,33(26):27-33.
YAO Zhiqing, YU Fei, ZHAO Qian, et al. Simulation research on large-scale PV grid-connected systems based on MMC[J]. Proceedings of the CSEE, 2013, 33(26): 27-33.

收稿日期:2014-12-04

作者简介:

陈斌(1986-),男,硕士,工程师,主要研究方向为电力系统继电保护及自动化。E-mail:3909907@qq.com

(编辑 周金梅)