

变电站启动调试无线同步测录系统的研制及应用

马 勇¹, 张照辉¹, 陈 光¹, 肖 雷¹, 王小军², 龚引颖²

(1. 国网江苏省电力公司电力科学研究院, 江苏 南京 211103; 2. 北京北创芯通科技有限公司, 北京 100089)

摘 要:针对当前变电站启动调试工作存在的工作量大、效率低、安全性低、数据处理和分析耗时较长等问题,对现有启动调试录波系统进行改造提升,研制了适用于变电站启动调试的分布式无线同步测录系统,该系统具有简单、高效、安全可靠、智能的特点。该系统在江苏省电力公司变电站启动调试实验现场进行了应用,结果显示该系统测录结果满足启动调试技术要求,相对于传统的录波仪系统,该系统具有更好的用户体验。该无线测试系统的研制成功,丰富了运行人员的测试手段,提升了变电站启动调试实验的效率和安全性。

关键词:启动调试;电磁暂态测试;无线录波;分布式测量;同步测试

中图分类号: TM732

文献标志码: A

文章编号: 1009-0665(2016)06-0026-03

为保障新建变电站或新建线路设施中的电力设备和线路正常安全运行,在新站或新线路启动投运前需要进行变电站启动调试实验。启动调试实验的主要内容是对主变或者线路开关进行开合闸电磁暂态测试^[1],目前,启动调试实验主要采用录波仪系统进行暂态录波,测录时录波仪放置在保护室或调试车,从主变套管末屏或断路器末屏放线将电压信号引入保护室或调试车进行测量^[2,3];将录波仪串接进二次回路实现电流测录,这种实验方式在操作不当时可造成二次回路开路,导致重大事故。可见传统方式存在实验部署周期长、效率低、工作量大、安全性低等不足,同时测录的数据需要后期手工录入报表,占用了实验人员大量时间,降低了工作效率,难以适应目前电网快速发展的需要。

针对上述问题,从简单、高效、安全、智能化的角度出发,研制了适用于变电站启动调试的分布式无线同步测录系统,该系统可以对电压电流电磁暂态信号进行分布式无线同步采集和传输,省却了大量放线工作,简化了测量系统;同时由于采用了非侵入式的微型感应式电流探头,测录二次回路电流时,无须拆接屏柜中的二次线路,避免了二次回路开路事故,且更加安全可靠;该系统还具备专业化的启动调试测录系统软件,相对于通用录波仪软件,更加简洁、智能、高效和人性化。

1 系统的组成和原理

变电站启动调试分布式无线同步测录系统由无线基站、电压采集节点、电流采集节点、启动调试无线测录系统软件组成^[4],如图 1 所示。

1.1 无线基站

无线基站提供一个 2.4 G 或 5.8 G 的无线局域网



图 1 分布式无线同步测录系统组成架构

覆盖,所有节点设备都可以通过无线接入该局域网;此外无线基站还具备射频时钟同步功能模块,该模块通过接收 GPS 信号并解析时间,将时间信息转换为 UV 段无线电信号广播到变电站范围的空间,同步协议参考 IEEE 1588^[5]。范围内的室内外都可以接收到该时钟信号,从而可对无法连上 GPS 的节点进行授时同步。

1.2 电压采集节点

单个电压采集节点具有 6 个数据采集通道,在主变启动调试实验中,仅需一个节点即可完成高压侧和低压侧录波任务;在数据传输方面采用了大功率无线模块和定向平板天线,可适应变电站内有钢架设施遮挡无线信号的环境;采用全封闭金属屏蔽外壳,保护内部电路不受外界强电磁干扰影响;采用可方便更换的外置锂电池供电,可连续工作 15 h 以上;节点内部具有独立的节点无线管理系统,实时监测电池电量、温度、设备工作状态,并通过 433 M 无线信号传输到主控端上位机软件显示,上位机软件可远程对设备电源进行开关。如图 2 所示。

节点采样率为 200 kS/s,由 FPGA 实现 6 路同步数据高速采集,同时接受 GPS 或射频时钟同步模块的时钟信号,对采集到的数据进行分帧打包并在帧头打上精确的时间戳,然后传给 ARM 进行数据预处理和



图2 电压采集节点

上传。具备防浪涌、冲击、干扰的保护电路,采用电压互感器和光隔进行了两级隔离,从而最大程度保护设备安全。如图3所示。

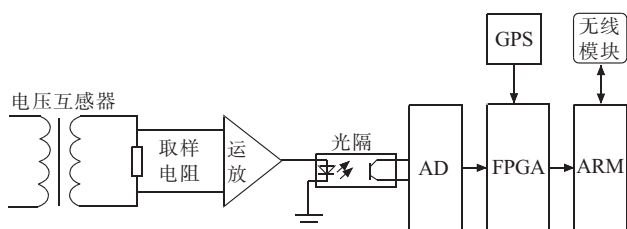


图3 电压采集原理

ARM 中运行 Linux 操作系统和采集录波程序,主要承担临时存储、触发条件判断、触发后重要数据本地备份、数据上传等任务。

1.3 电流采集节点

电流采集节点内部结构基本与电压采集节点一样,不同之处在于电流采集节点采用外置的开合式电流探头采集信号,这种探头小巧轻便,在测量变电站二次电路中的电流时,无须将设备串接到电路中,只需要打开探头并夹在待测线缆上即可,探头体积小重量轻,与被测线路没有任何电连接,对被测线路不会造成影响,操作简单,安全性极高。如图4所示。



图4 电流探头

1.4 无线测录系统软件

无线测录系统软件根据启动调试实验特点设计,可以方便地进行工程创建、录波、波形回放、波形缩放查看细节、分析、自动计算、报表生成等操作。软件界面简洁友好,操作简便,便于新手快速掌握软件使用,可节省大量培训时间。此外,无线测录系统软件还支持当前常用的 HBM、横河录波仪波形格式转换,可将其波

形文件格式转换成本软件支持的格式进行显示处理。如图5所示。

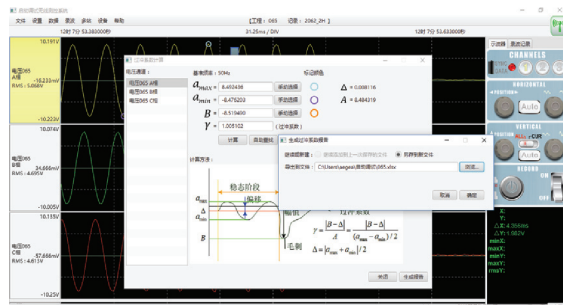


图5 软件界面

2 现场应用

变电站启动调试分布式无线同步测录系统从2014年到2016年,参与了10余次500 kV变电站、2次特高压变电站的启动调试实验,与已成熟应用多年的录波仪系统共同工作。

2015年江苏南京特高压变电站启动调试实验电流测录现场如图6所示。节点后方线缆为传统录波仪系统采集电流信号用到的线缆,无线同步测录系统电流节点只有2根各带3个感应式电流探头的线缆,可以测录2组共6个通道电流信号,电流探头直接钳在被测线路上,无需拆解屏柜中的线路。节点放置在被测线路屏柜下方,采用电池供电,数据通过无线传输,无需放线,实验现场比较简洁。



图6 电流实验现场

江苏泰州特高压变电站启动调试电压测录现场如图7所示。电压节点采用三根双屏蔽短线缆连接到断路器末屏,采集的电压信号通过无线发送到上位机,实验过程中省却了大量的放线工作,提高了工作效率,避免了传统录波仪系统经过路面的线缆遭受碾压断裂的风险。上位机只需要1台具备无线功能的电脑即可完成数据测录工作。

在实验的前期准备和后期收尾工作中,分布式无线同步测录系统由于架构简单,线缆少,具有明显的效率优势;在后期的数据结果处理中,以其智能化、专业化的自动计算功能,为实验人员节省了大量时间。通过



图 7 电压实验现场图

将录波仪的测量波形转换本无线测控软件支持的波形格式并对比 2 种工具的测试结果, 分布式无线测录系统在测量精度、波形准确度方面与录波仪系统基本一致如图 8 所示, 左侧为录波仪波形, 右侧为分布式无线同步测录系统波形。实验结果显示该系统符合启动调试实验技术要求。

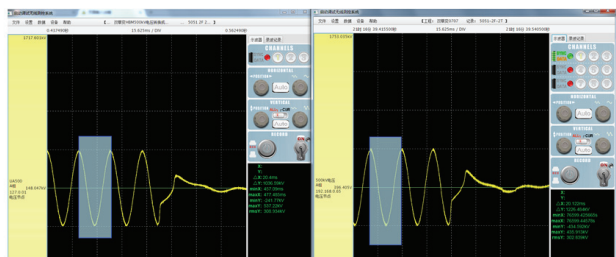


图 8 实验波形对比图

3 结束语

变压器启动调试分布式无线同步测录系统具有以下特点:

(1) 采用分布式无线技术, 测录电压暂态信号时, 免去大量放线工作;

(2) 电流测量时, 采用感应式电流探头, 更安全、方便;

(3) 制化软件系统, 简单易操作, 可自动计算过电压系数、最大涌流等结果并生成报表, 节省大量后期数据读取拷贝和人工计算时间。

利用该系统对比传统的录波仪系统进行现场实验, 结果显示两者结果基本一致, 能够准确反映电磁暂态变化规律, 而分布式无线同步测录系统在安装部署、操作体验、安全性方面具有明显优势。

参考文献:

- [1] DL/T 1041—2007 电力系统电磁暂态现场试验导则[S].
- [2] 李远卓, 王 征. 20~500 V 电网输变电工程启动调试方法解析[J]. 华北电力技术, 2014(7): 14-19, 30.
- [3] 王 虎, 王诗明, 王 华, 等. 500 kV 变电站启动调试分析[J]. 江西电力, 2008, 32(4): 4-7.
- [4] 胡成博, 张 能, 马 勇, 等. 状态监测装置智能校验系统的研制与应用[J]. 江苏电机工程, 2016, 35(1): 70-75.
- [5] 汪祺航, 黄 伟, 吴在军, 等. 基于 IEEE 1588 标准的变电站同步网络的研究[J]. 江苏电机工程, 2010, 29(1): 51-54.

作者简介:

马 勇(1986), 男, 湖北保康人, 工程师, 从事输变电工程启动调试、过电压检测分析、避雷器、电容器设备专业管理工作;

张照辉(1988), 男, 安徽亳州人, 硕士研究生, 从事输变电工程启动调试、过电压检测分析等工作;

陈 光(1986), 男, 山东曲阜人, 工程师, 从事输变电工程启动调试、过电压检测分析及配网专业管理等工作;

王小军(1985), 男, 贵州遵义人, 工程师, 从事电力智能测试系统研究和开发工作;

龚引颖(1981), 男, 湖北蕲春人, 工程师, 从事电力系统软件设计、开发和管理工作。

Development and Application of Wireless Synchronized Measurement and Recording System for Start Debugging of Substation

MA Yong¹, ZHANG Zhaohui¹, CHEN Guang¹, XIAO Lei¹, WANG Xiaojun², GONG Yingyin²

(1. State Grid Jiangsu Electric Power Company Electric Power Research Institute, Nanjing 211103, China;

2. Beijing Creative Chip Expect Technology Co. Ltd., Beijing 100089, China)

Abstract: Considering the heavy workload, inefficiency, low safety, time-consuming in data analyzing and processing in transformer substation start debugging, a distributed wireless synchronized measurement and recording system for the start debugging of transformer is developed. The system is simple, efficient, safe, reliable and intelligent. The developed system has been applied to the transformer substation start debugging in Jiangsu electric power company, and the results satisfy the technique requirements. Compared to traditional wave recorder system, the wireless synchronized measurement and recording system has a better user-experience. The application of this system increases start debugging experiment and enhances the efficiency and safety of start debugging.

Key words: start debugging; electromagnetic transient measurement; wireless wave record; distributed measurement; synchronous testing