

基于云服务的高压直流分压器远程校准系统



唐海涛¹, 王晓飞¹, 王家福^{2*}, 邵海明²

1. 北京信息科技大学, 北京 100192

2. 中国计量科学研究院, 北京 100029

【摘要】 传统的高压直流分压器校准方法是将仪器送到上级检定机构, 或者检定人员到现场进行检定, 时间成本巨大并且被检器在运输过程中有损伤的风险, 而远程校准可以完美解决这些问题。基于 QT 开发控制端、现场端软件, 通过套接字实现控制端、现场端软件与云平台的通信, 再利用云平台转发消息实现控制端与现场端的通信。使用萤石云实现现场画面实时监控及语音通话, 以此保证校准的合法性。验证结果表明, 基于云平台的高压直流分压器远程校准系统可以实现远程校准的目的。

【关键词】 远程校准; 高压直流分压器; QT; 云服务

DOI: 10.12338/j.issn.2096-9015.2021.0607

【引用本文】 唐海涛, 王晓飞, 王家福, 等. 基于云服务的高压直流分压器远程校准系统 [J]. 计量科学与技术, 2022, 66(4): 120-124, 73.

Cloud-Based Remote Calibration System for High Voltage DC Voltage Dividers

TANG Haitao¹, WANG Xiaofei¹, WANG Jiafu², SHAO Haiming²

1. Beijing Information Science & Technology University, Beijing 100192, China

2. National Institute of Metrology, Beijing 100029, China

Corresponding author: WANG Jiafu, Email: jiafu.wang@nim.ac.cn

【Abstract】 The article aims to realize the remote measurement calibration of the high voltage DC voltage divider. The traditional calibration method is to send the instrument to the higher-level verification organization or the verification personnel to the site for verification, which is time-consuming and has the risk of damage during transportation, while remote calibration can perfectly solve these problems. Based on QT, we developed the console and fieldside software, realized the communication between the software of both sides and the cloud platform through sockets, and then used the cloud platform to forward messages to realize the communication between the two sides. The Ezviz Cloud is applied to realize real-time monitoring of on-site images and voice calls to ensure the legality of calibration. The verification results show that the cloud-based remote calibration system of the high-voltage DC voltage divider can achieve the purpose of remote calibration.

【Key words】 remote calibration, high voltage DC voltage divider, QT, cloud service

0 引言

随着直流输电技术的发展, 高压直流分压器在电力系统中的使用越来越广泛, 保证其精度对电力系统的稳定运行具有重要意义^[1-5], 因此必须定期对高压直流分压器精度进行校准。传统的校准方法是将分压器送到上级计量检定机构或者检定人员携

带标准器到现场进行检定, 但这种校准流程存在许多问题。

1) 运输损伤。在仪器装卸以及行车过程中, 难免发生磕碰, 导致仪器损坏。

2) 检定效率低。由于各种原因, 客户送检时间大多集中在一年中某个特定时间段。大量仪器集中

基金项目: 国家重点研发计划项目(2016YFF0201202)。

作者简介: 唐海涛(1996-), 北京信息科技大学硕士研究生, 研究方向: 高压计量、温度场及电场仿真等, 邮箱: tanghaitao587@163.com; 通讯作者: 王家福(1983-), 中国计量科学研究院副研究员, 研究方向: 高压大电流计量技术研究, 邮箱: jiafu.wang@nim.ac.cn。

送检一方面会使检定等待时间过长,另一方面无法送检的大型仪器需要检定人员频繁出差,导致检定效率进一步下降。

3) 影响生产效率。生产单位将被检器送至上一级检定机构时,被检器短则 7 日,长则一个月无法投入生产,必定会影响其正常生产效率,降低企业效益。

4) 数据溯源性差。传统模式下人工记录检定数据不仅效率低,而且人工记录大量数据难免出错,且纸质检定数据不易保存,溯源性差。

针对上述的问题,本文着重研究一种远程校准系统,解决传统校准流程中的缺陷。

1 总体结构与功能

基于云服务^[6]的高压直流分压器远程校准系统

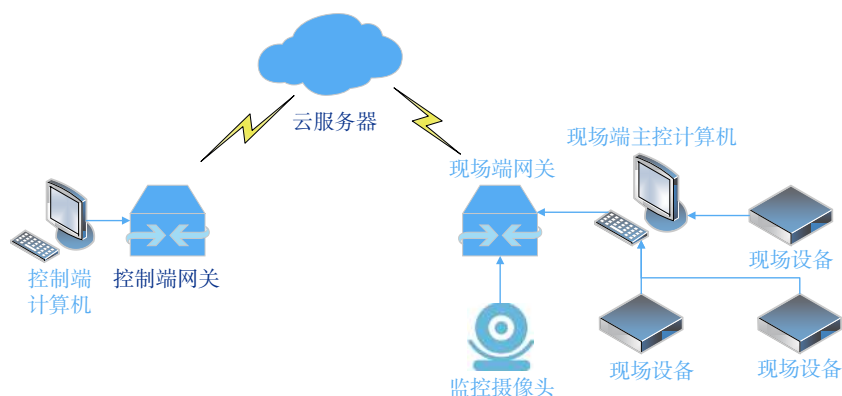


图 1 系统结构示意图

Fig.1 Schematic diagram of system structure

2 软件设计与实现

2.1 PC 端上位机结构

软件分为实验室控制端、现场端上位机软件^[7]以及云端^[8]三个部分,基于 Windows 下的 QT Creator 开发环境。

软件结构示意图如图 2 所示。初始化完成后两端设备发送 TCP 连接请求^[9-10]到平台端口,收到连接成功指令后,发送封装的报文与平台交互,设备与平台通信协议选择 EDP^[11](Enhanced Device Protocol)。两端上位机界面如图 3 所示,实验室控制端向被控设备发送相应的指令,被控设备收到指令后开始采集温湿度数据及电压并将其发送到控制端,控制端接收到数据后将其显示在数据记录表格中的相应位置。待数据采集完成后,控制端点击“处理”按钮,输入数据处理所需要的参数,设定后点击确定,程序自动进行数据处理,点击“导出”按钮,将界面中的表格

主要分为实验室控制端、云端、现场端三个部分。系统结构框图如图 1 所示。实验室控制端主要包括一台 PC(Personal Computer),以及接入互联网的网关设备供 PC 连接互联网;实验室控制端不受固定位置的约束,在任意可以联网的位置都可进行操作;云服务器由某互联网公司提供,供实验室控制端与现场端上传保存数据以及两端通信。现场端主控计算机通过 GPIB/NET/USB/RS485 等方式与摄像头、标准器、DUT 以及现场的其他设备连接,获取实测数据和视频流。

现场端设备将采集的数据通过约定的通信协议,推送到云端服务器,云服务器再将数据转发到实验室端,操作人员就可以在远端实验室完成控制和监视。由此,即可实现现场数据/视频的远程采集/监视。

导出为 Excel 文件保存。到此检定基本完成。

2.2 云平台设置

云服务器使用移动 OneNET 云,OneNET 性能强、效率高、使用简单,在端到端应用中具有明显的优势。其工作流程如图 4 所示。

设备接入流程分为以下几步:

- 1) 注册 OneNET 账号;
- 2) 选择 EDP 协议;
- 3) 创建产品 HVDC,在产品下新增两台设备分别连接实验室控制端与现场端;

4) 两端 PC 分别发送 TCP 连接请求到平台指定端口,平台设备状态显示在线后即可发送封装的报文与平台交互。

云平台与设备间的通信通过 QT 的 QTcpsocket 库实现。需要注意的是,QTcpsocket 库的 write 函数的参数列表可直接也必须给出所发送 EDP 数据包

的大小。连接流程图如图 5 所示。

云平台可将接收到的数据保存在云平台以便查

阅,并且以折线图的方式展示,可清晰观察到数据的变化趋势,如图 6 所示。

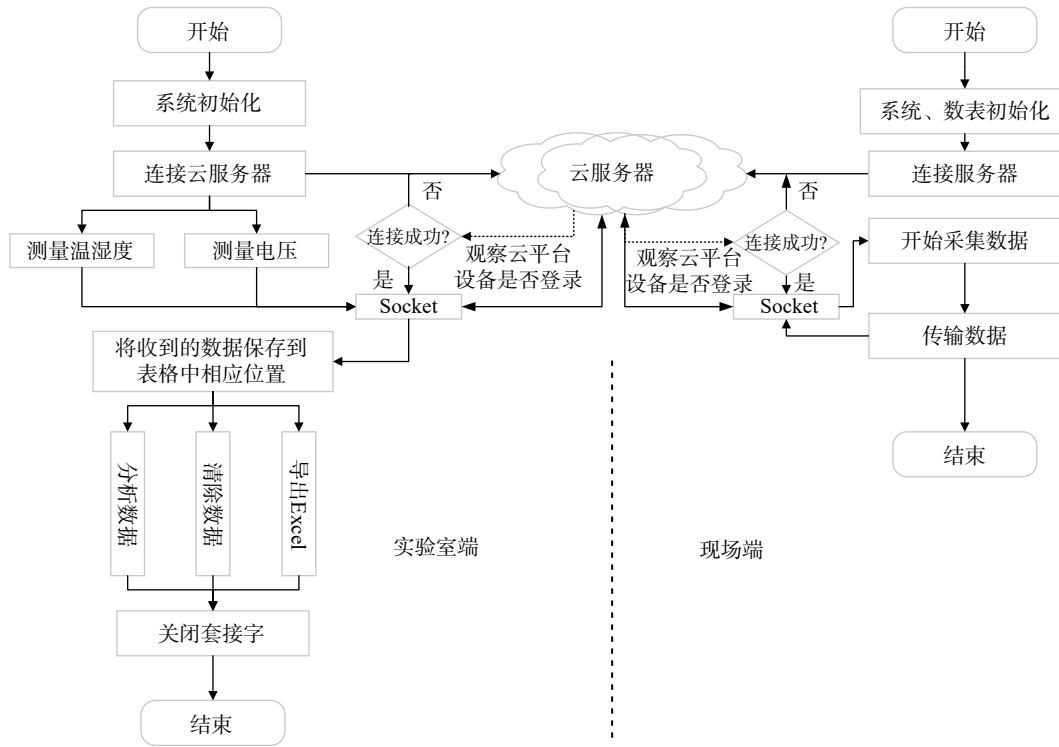


图 2 软件结构示意图
Fig.2 Schematic diagram of software structure

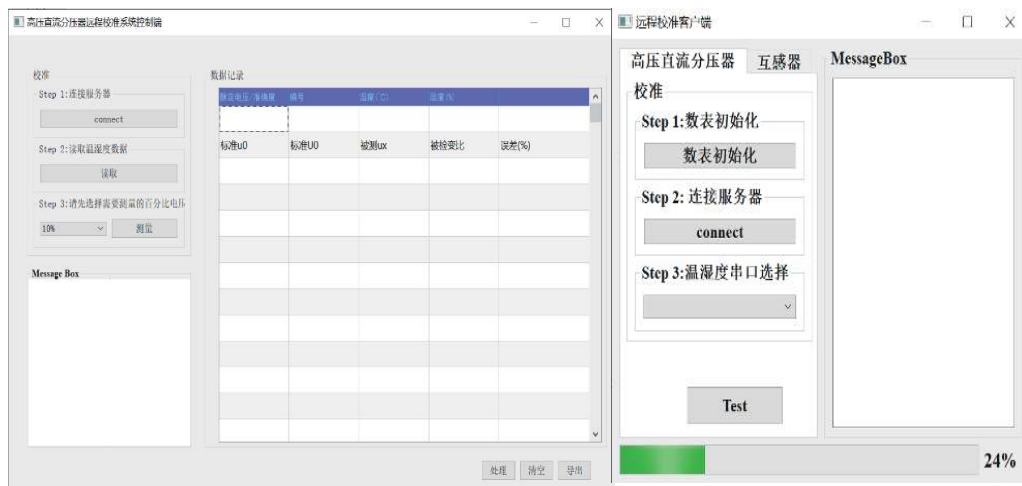


图 3 控制端上位机界面(左)和现场端上位机界面(右)
Fig.3 PC interface from the control side (left) and PC interface from the fieldside (right)

3 硬件结构

基于云服务的高压直流分压器远程校准系统硬件^[12]结构框图如图 7 所示。硬件系统由 PC、标准器、被检器、温湿度传感器、数字万用表、高压源、摄像头以及云端服务器组成,如图 8 所示。

PC 通过 GPIB 连接数字仪表(1~3),数字仪表之间则由 GPIB 连接线互联,温湿度传感器使用 485 转 USB 串口连接至电脑端口,网络摄像头使用网线直接连接至网关,直流高压发生器控制升压器产生高压加于标准器与被检器高压端。PC 控制信号源

产生同步信号控制数字表 1、数字表 3 开始同步采样^[13], 通过 GPIB 将采集的数据传输到 PC 处理。

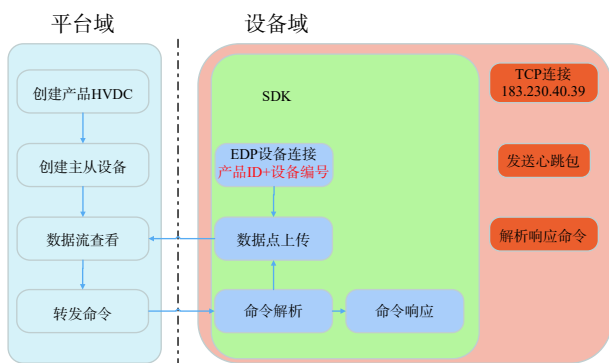


图 4 设备域及平台域流程图

Fig.4 Flow chart of device domain and platform domain

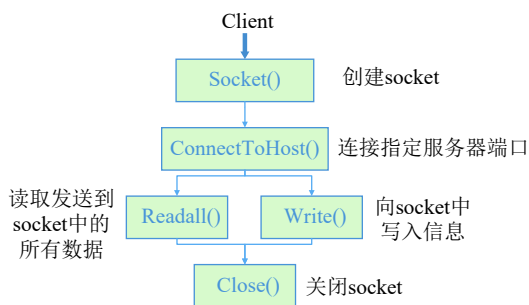


图 5 通信流程图

Fig.5 Communication flow chart

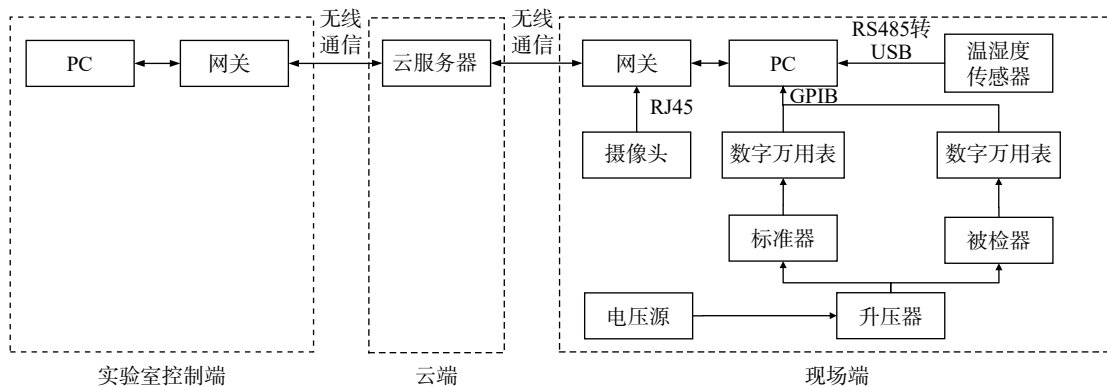


图 7 硬件结构框图

Fig.7 Block diagram of hardware structure

4.2 实验数据及分析

表 1 为经系统采集并处理的高压直流分压器校准数据。标准器采用中国计量科学研究院电磁所研制的 150 kV 标准, 被检器为客户送检仪器, 电压等级为 50 kV, 准确度等级为 0.05。由表中数据可以看出, 经远程校准系统采集的数据稳定且无精度丢失, 基本完成了远程计量校准的目的。

4 实验方法及数据分析

4.1 电压比法检定直流高压分压器

实验采用电压比法^[14]检定直流高压分压器, 其原理如图 9, 直流高压分压器的检定点为被检直流高压分压器额定电压的 10%、20%、50%、80%、100% 以及 -10% 共 6 个点位。从数字表 V_0 得到标准二次侧电压 u_0 , 乘上标准分压器 F_0 的变比可得到一次侧的标准电压 U_0 ; 再由一次侧电压 U_0 比上被检分压器的二次侧电压 u_x , 得到被检仪器的变比。用求得的被检分压器变比与其标称变比, 计算相对误差。



图 6 云平台温度数据折线图

Fig.6 Line chart of cloud platform temperature data

图 9 中, B 为直流高压电源及调压控制和保护装置; F_0 为标准直流高压分压器; F_x 为被检直流高压分压器; V_0 与 V_x 为直流数字电压表。

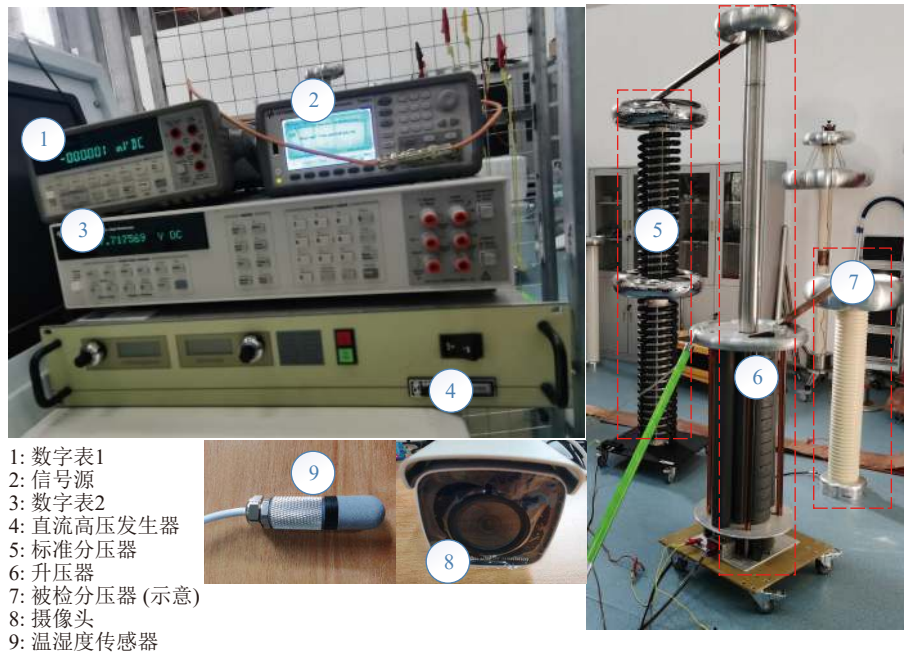
5 结论

文章实现了基于云服务的高压直流分压器远程校准系统。系统特点如下:

- 1) 实现简单, 可拓展性强。无需搭建并维护服务器, 直接将服务器搭设在互联网公司提供的云服务器中。基于 NI 的 Visa^[15-18] 接口协议, 以弱化标

准器、DUT(Device Under Test) 甚至现场其他设备接口方式不同带来的技术问题。

2) 操作简单。连接好硬件设备后, 现场端仅需按照提示顺序完成 3 步操作即可, 操作简单方便。



1: 数字表1
2: 信号源
3: 数字表2
4: 直流高压发生器
5: 标准分压器
6: 升压器
7: 被检分压器 (示意)
8: 摄像头
9: 温湿度传感器

图 8 硬件实物图

Fig.8 Physical view of the hardware

表 1 高压直流分压器校准数据

Tab.1 Calibration data of HVDC voltage divider

电压百分比	标准 u_0/V	标准 U_0/V	被检 u_x/V	被检变比	误差/%
10%	-0.337 136 1	-5 057.68	-0.505 869 65	9 997.981 330	-0.020
20%	-0.667 517 9	-10 014.00	-1.001 597 00	9 998.056 987	-0.019
50%	-1.666 785 0	-25 004.90	-2.500 959 00	9 998.128 380	-0.019
80%	-2.671 738 4	-40 081.10	-4.008 856 20	9 998.138 152	-0.019
100%	-3.333 599 6	-50 010.30	-5.001 934 90	9 998.182 987	-0.018
-10%	-0.335 974 2	-5 040.24	-0.504 158 67	9 997.337 409	-0.027

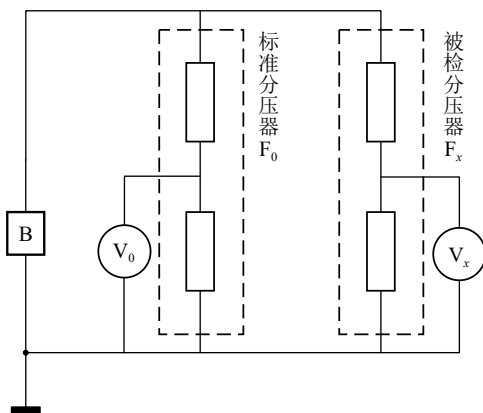


图 9 电压比法检定原理图

Fig.9 Schematic diagram of calibration using the voltage ratio method

3) 效率高。如有多套标准器, 计量人员可在实验室实现一对多服务, 同时控制多台设备开展校准工作。

参考文献

[1] 汤广福, 罗湘, 魏晓光. 多端直流输电与直流电网技术 [J]. 中国电机工程学报, 2013, 33(10): 8-17, 24.
 [2] 龙兆芝, 李文婷, 刘少波, 等. 特高压冲击电压分压器线性度测量方法比较 [J]. 电测与仪表, 2019, 56(15): 119-126.
 [3] 袁清云. 特高压直流输电技术现状及在我国的应用前景 [J]. 电网技术, 2005(14): 1-3.
 [4] 陈可, 张英敏, 李俊松. 直流电网网架结构对潮流分布的影响研究 [J]. 电测与仪表, 2020, 57(19): 14-20, 26.