

基于物联网的电气绝缘特性实验平台设计

张鑫, 牟龙华, 徐志宇

(同济大学 电子与信息工程学院, 上海 201804)

摘要: 在传统物联网基础上, 提出一种基于物联网的电气绝缘特性实验平台的设计方案。采用物联网三层结构, 设计了一套由智能绝缘参数测试仪、数据合并单元及云服务器组成的电气绝缘特性实验平台。该平台采用先进的嵌入式技术、LoRa 无线通信及 4G 广域通信技术, 实现电气绝缘特性实验数据的采集、远程传输、云存储、管理及分析。

关键词: 物联网; 高电压技术; 电气绝缘特性实验

中图分类号: G642.0 **文献标识码:** A **文章编号:** 1002-4956(2018)10-0170-04

Design of experimental platform for electrical insulation characteristics based on Internet of things

Zhang Xin, Mu Longhua, Xu Zhiyu

(School of Electrical and Information Engineering, Tongji University, Shanghai 201804, China)

Abstract: Based on the traditional Internet of things, this paper proposes a design scheme of the experimental platform for electrical insulation characteristics based on Internet of things. Based on the three-tier structure of the Internet of things, an experimental platform for electrical insulation characteristics is designed, which consists of an intelligent insulation parameter tester, a data merging unit and a cloud server. This platform adopts the advanced embedded technology, LoRa wireless communication and 4G wide area communication technology to realize the collection, remote transmission, cloud storage, management and analysis of the experimental data for the electrical insulation characteristics.

Key words: Internet of things; high voltage technology; experiment of electrical insulation characteristics

近 10 多年以来, 物联网一直是科技界大热的名词^[1-2]。随着电子、通信、计算、网络等众多学科领域的发展, 物联网从虚无缥缈的幻境成为触手可及的现实。伴随着信息化、智能化技术的发展浪潮, 高校高电压教学实验平台也应该顺应时代的发展^[3-5]。针对电气设备绝缘特性实验设备及实验教学中存在的问题, 依据物联网技术的关键要素, 提出一种基于物联网的电气绝缘特性实验平台的设计方案。通过设计智能绝缘参数测试仪、数据合并单元, 经由 LoRa 无线局域网络及 4G 广域网络, 将实验数据上传至云平台, 实现电气绝缘特性实验数据云存储, 并可由后台 PC、移动终端进行实验数据追溯与分析。本设计不仅可以替代现有的

ZC36 型高绝缘电阻测量仪, 完成高电压技术教学中绝缘特性实验, 而且可以实现实验历史数据云存储, 便于学生对电气设备绝缘状况进行拓展性研究, 提升高校高电压实验信息化教学、管理水平。

1 电气绝缘特性实验平台设计方案

在高校开设的高电压技术实验课程中, 电气设备绝缘电阻与泄漏电流测量实验是非常重要的实验科目^[6-7]。目前, 各高校高电压实验室通常采用以 ZC36 型高绝缘电阻测量仪为代表的模拟式高阻计(简称为高阻计)来完成绝缘电阻与泄漏电流测量实验。这类高阻计通过在试品薄膜的 2 个电极上施加一定的直流电压, 再由实验者人工读取并记录泄漏电流变化值及绝缘电阻值。虽然该装置在 2 年的实验教学中基本能够满足教学实验需求, 但仍存在以下问题:

(1) 经济性。高阻计通常用作科研实验, 通过面板上的机械拨段开关来选择测试电压与电流倍率。由

收稿日期: 2018-03-15

基金项目: 同济大学第十二期实验教学改革专项基金项目

作者简介: 张鑫(1979—), 男, 河北怀安, 博士, 工程师, 主要从事高电压与绝缘技术方面的研究。

E-mail: ei_zx@tongji.edu.cn

于学生人数多、操作频繁等原因,拨段开关损坏非常多,几乎每学期课程结束都需要更换全部拨段开关。同时,由于学生操作时对所加电压缺乏事先预计,造成仪器的电流计超量程损坏率相当高,因此,实验仪器需要经常更换零部件,甚至直接报废,经济损失较大。

(2) 准确性。高阻计采用指针式 μA 表指示泄漏电流,非常容易受到测试高压的干扰,导致指针有时飘忽不定,不利于学生的实验观测、记录。

(3) 真实性。高阻计只能测量薄膜型试品的绝缘电阻及泄漏电流,无法对真实电气设备(如电力电缆、避雷器等)进行实验,导致学生对实验真实对象缺乏形象、真实的认知,无法满足电力系统工作岗位的需求。

(4) 拓展性。目前绝缘特性本科教学实验只需学生记录一次实验的相应结果,进而评估试品的绝缘特性。但电气设备绝缘特性实验具有很大的拓展空间,除了单次测量外,还需要结合历次实验记录,通过综合分析来判断设备的电气绝缘状况。而现有的高阻计无法实现历史数据的保存,不能满足进一步拓展学生关于设备绝缘特性数据分析能力的需求。

1.1 物联网的关键技术

根据 ITU《互联网报告 2005:物联网》,ITU 将“物联网”形容成为一个无所不在的,在任何时间、任何地方,任何人、任何物体之间都可以相互联接的计算及通信网络。物联网层次结构图如图 1 所示。

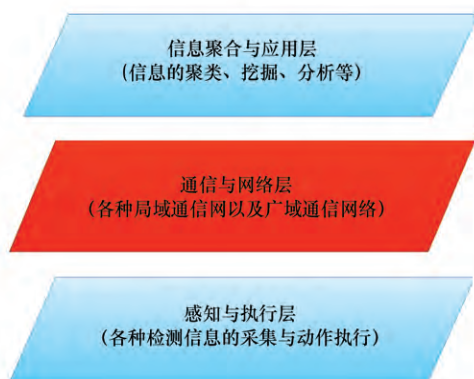


图 1 物联网层次结构图

物联网包括感知与执行层、通信与网络层、信息聚合与应用层。感知与执行层主要是完成各种传感及检测信息的采集与动作执行;通信与网络层包括各种局域通信网以及广域通信网络;信息聚合与应用层主要完成信息的聚类、挖掘、分析与呈现等^[8]。

在感知与执行层,涉及的关键技术包括材料与器件技术、嵌入式软硬件技术等;在通信与网络层,涉及的关键技术包括无线局域通信技术、广域网通信技术等;在信息聚合与应用层,涉及的关键技术包括云存

储、信息分析与协同技术等^[9-10]。

1.2 基于物联网的电气绝缘特性实验平台

一个完整的物联网系统应该具备以下特点:

(1) 感知层应该具备配置有无线通信接口的智能检测/采集装置,能够针对检测对象实现信息采集;

(2) 通信与网络层应该首先采用自组织的无线局域网络,在任何时间、任何地点,不依赖公用基础网络实现感知层装置的检测信息汇聚,进而利用 4G 等无线广域网络将信息上传至云服务器;

(3) 信息聚合与应用层应该采用云存储方式存储数据信息,便于任何具有权限的 PC、移动终端在任何时间、任何地点通过互联网访问数据,并根据需求在后台 PC 或移动终端进行数据分析。

基于此,提出了基于物联网的电气绝缘特性实验平台,如图 2 所示,分为 3 个层次。

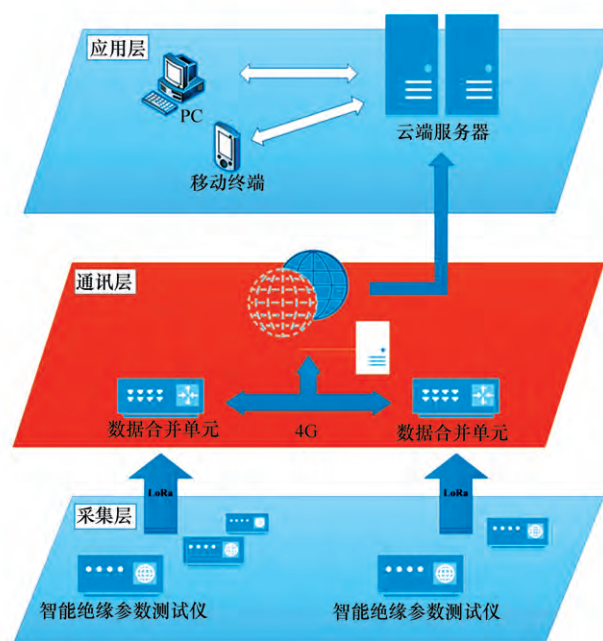


图 2 基于物联网的电气绝缘特性实验平台

(1) 采集层。智能绝缘参数测试仪实现电气设备绝缘电阻与泄漏电流的测量及本地存储,并可通过 LoRa 将数据传至数据合并单元。

(2) 通信层。通信层面可分为 2 层:智能绝缘参数测试仪与数据合并单元采用 LoRa 方式形成自组织的无线局域网络,该网络不依赖基础通信网络,采取自组织网络架构将各测试仪存储的绝缘电阻、泄漏电流传输至数据合并单元;数据合并单元与云服务器构成广域通信网络,数据合并单元通过 4G 通信方式将信息上传至云服务器进行云存储。

(3) 应用层。采用后台 PC、移动终端与云存储相结合的方式,由阿里云服务器进行云存储,并由后台 PC、

移动终端调取云存储数据进行实验数据追溯与分析。

2 电气绝缘特性实验平台硬件设计

2.1 智能绝缘参数测试仪

智能绝缘参数测试仪的硬件结构设计如图 3 所示,以 STM32F103VCARM 处理器为核心,结合高精度模数转换器 AD7705、线性光耦 HCNR200 检测设备的泄漏电流,并采用“二次控制一次”的方式,通过板载继电器控制测试高压的投送,以保证实验者的人身安全。同时,测试仪具备 LoRa 无线接口,用于与数据合并单元组成无线局域网络,传输实验数据。

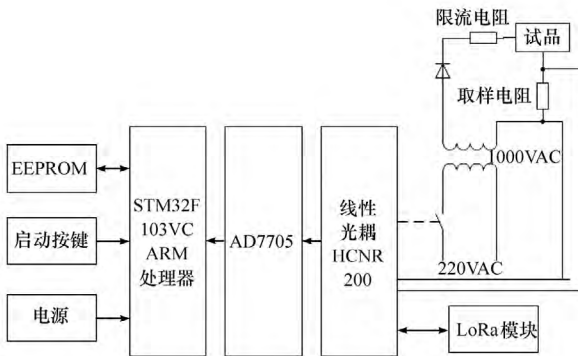


图 3 智能绝缘参数测试仪结构图

2.2 数据合并单元

数据合并单元的硬件结构设计如图 4 所示,STM32F103VCARM 处理器通过 LoRa 无线模块调取嵌入式绝缘参数模块中的实验数据,并经 4G 网络以网络透传模式上传至云服务器进行云存储。

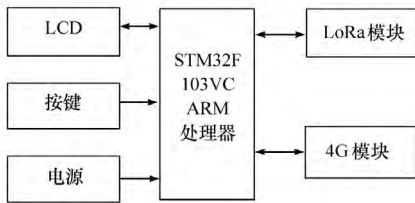


图 4 数据合并单元结构图

LoRa 是一种基于扩频调制与解调的超远距离无线传输技术,采用包括 433、868、915MHz 等全球免费频段,实现了超低功耗、超远距离无线通信。LoRa 将频谱扩展通信技术与 GFSK 调制技术融合,这使得网络中的不同终端只要使用不同的扩频序列,既可保证用一样的频率同时发送数据,也不会相互干扰^[11-12]。本设计中选用 ZM470SX-M 型 LoRa 无线通信模块构成无线局域网络,实现数据合并单元与智能绝缘参数测试仪间的数据传输。ARM 处理器与 LoRa 通信模块以 SPI 方式连接,其接口电路如图 5 所示。

4G 模块选用 USR-LTE-7S4 工业级 4G 模块,实

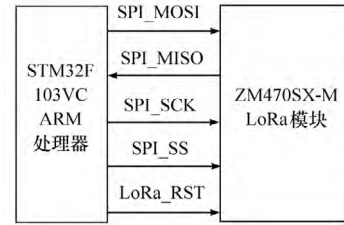


图 5 ARM 处理器与 LoRa 通信模块接口电路图

现专用路由器与云服务器间的广域数据传输。ARM 处理器与 4G 模块以 UART 串口方式连接,其接口电路如图 6 所示。

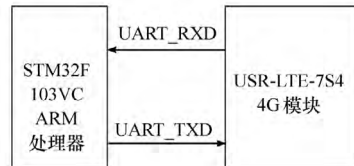


图 6 ARM 处理器与 4G 通信模块接口电路图

3 电气绝缘特性实验平台软件设计

根据平台总体设计,平台软件设计分成 3 个子系统,即采集层子系统、通信层子系统和应用层子系统。

3.1 采集层子系统

采集层子系统软件流程图如图 7 所示。

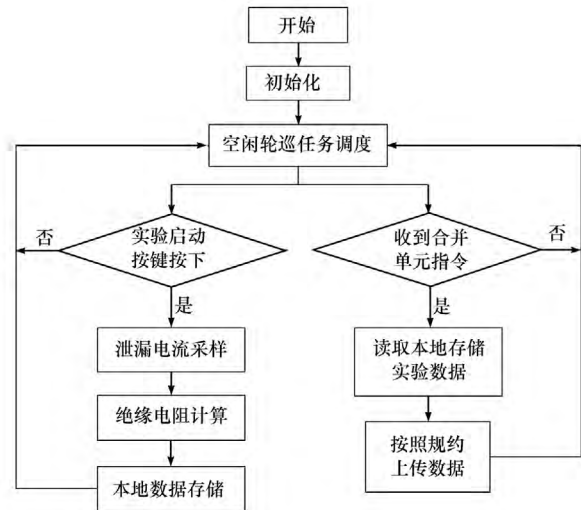


图 7 采集层子系统软件流程图

采集层子系统主要作用是完成实验电气设备泄漏电流测量及绝缘电阻计算。绝缘参数测试仪启动按键一经按下,继电器 K1 触点闭合,通过外部升压器投入 1 000 V 电压,测试仪开始以 5 s 为周期自动检测待测样品的泄漏电流,30 s 后结束检测,将泄漏电流值与计算得到的绝缘电阻加时间戳存储至 EEPROM 中;随时等待数据合并单元的指令,根据指令将泄漏电流值与绝缘电阻上传至数据合并单元。

3.2 通信层子系统

通信层子系统主要负责收集、整合绝缘参数测试仪采集的数据,并将数据发送至云服务器,等待下一步处理。本软件制定了一套适合本平台的自定义异构网络通信协议,数据合并单元与绝缘参数测试仪之间组成星型网络结构,一个数据合并单元对应多个绝缘参数测试仪,通过 LoRa 无线网络下发指令至采集层设备,进而收取绝缘参数测试仪上传的实验数据,并对数据包进行拆包和重新组包。同时,随时等待云服务器指令,通过 4G 广域网络将实验数据上传至云服务器。通信层子系统软件流程图如图 8 所示。

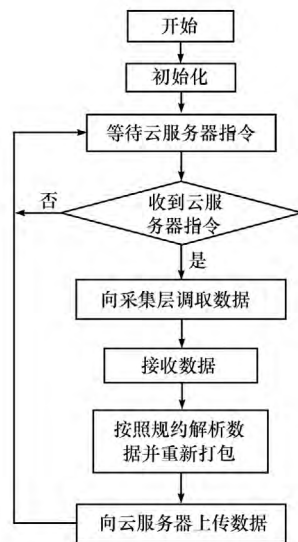


图 8 通信层子系统软件流程图

3.3 应用层子系统

应用层子系统位于整个平台的顶端,主要负责对整个平台进行管理,接收下端传输的实验数据,完成云存储,并将数据进行分析、处理及应用。其划分的功能模块如图 9 所示。

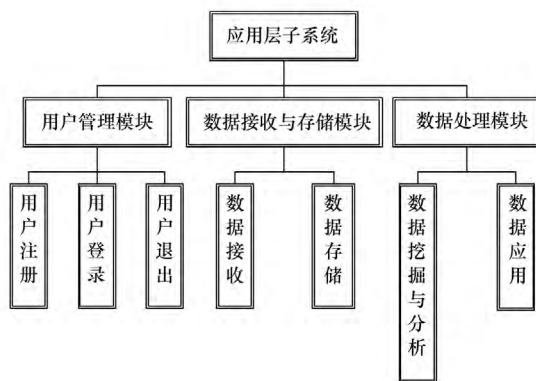


图 9 应用层子系统模块图

(1) 用户管理模块。系统通过用户管理模块,为

用户提供系统服务。用户通过注册在数据库中建立个人的全信息字段,实现对网站服务的接入与使用。

(2) 数据接收与存储模块。该模块利用虚拟串口,通过 4G 网络与数据合并单元进行交互,接收其发出的实验数据,并将数据存储至云存储服务器的数据库中,供后台 PC、移动终端使用。

(3) 数据处理模块。后台 PC、移动终端中的数据管理模块可以通过对云存储服务器中实验数据进行数据挖掘和分析,建立长效机制的电气设备绝缘特性模型。利用历次实验记录,综合分析来判断设备的电气绝缘状况,拓展学生关于设备绝缘特性数据分析能力。

4 结语

根据对物联网关键技术的理解,本文采用典型的物联网 3 层结构,提出了一种基于物联网的电气绝缘特性实验平台设计方案。与传统电气绝缘特性实验平台相比,智能绝缘参数测试仪可以完全替代现有 ZC36 型高绝缘电阻测量仪。同时,LoRa 无线局域网和 4G 广域网络相结合的方式可以实现绝缘参数测试仪、数据合并单元及云服务器之间灵活的物联交互,进而完成电气绝缘特性实验数据的远程存储、管理与分析,对提高高电压技术实验的真实性、准确性、可拓展性及实验系统信息化管理具有积极的现实意义。

参考文献 (References)

- [1] 胡永利,孙艳丰,尹宝才. 物联网信息感知与交互技术[J]. 计算机学报,2012,35(6):1147-1163.
- [2] 熊茂华,熊昕,陆海军. 物联网技术及应用开发[M]. 北京:清华大学出版社,2014.
- [3] 朱耀勤,郑成武. 基于物联网技术的实训实验室建设[J]. 实验技术与管理,2017,34(3):232-236.
- [4] 孙江,刘存海,李荫. 基于物联网和主动学习模式的开放实验室建设[J]. 实验技术与管理,2017,34(3):163-165,175.
- [5] 陈修亮,张秀山,史蓓蕾,等. 军队院校物联网实验室建设探索与实践[J]. 实验技术与管理,2017,34(4):247-250,261.
- [6] 吴广宁. 高电压技术[M]. 北京:机械工业出版社,2013.
- [7] 王景春. 高电压技术实验指导书[M]. 北京:中国电力出版社,2009.
- [8] 曹鹏,陈小建. 物联网浅谈[J]. 中国新通信,2010(10):10-16.
- [9] 杨磊,梁活泉,张正. 基于 LoRa 的物联网低功耗广域系统设计[J]. 信息通信技术,2017(2):40-46.
- [10] 陈海明,崔莉. 面向服务的物联网软件体系结构设计及模型检测[J]. 计算机学报,2016,39(5):853-871.
- [11] 王阳,温向明,路兆铭. 新兴物联网技术:LoRa[J]. 信息通信技术,2017(1):55-59.
- [12] 龚天平. LoRa 技术实现远距离、低功耗无线数据传输[J]. 电子世界,2016(10):115-117.