

杆塔接地参数大数据云平台及 信息化测量仪的设计与应用

王牧浪 彭红刚 邱 焯 徐 研
(广州供电局有限公司 广东 广州 510000)

摘要: 为进一步提高输电线路杆塔接地运行维护工作的效率,设计开发了 1 套用户可查询的杆塔接地参数大数据云平台 B/S 系统(Browse/Server 系统)和一种信息化杆塔接地电阻测量仪。实现了在测量现场就能将测得的相关信息直接上传至云端服务器,把测量得到的“离线结果”转化为“线上数据”。一方面有效提高了杆塔接地运行维护的工作效率和准确率,同时也做到了对运行维护工作的全业务流程记录,有利于对运行维护工作的监督管理,并为接地装置的运行状态评估、故障风险分析提供了数据支撑。最后,应用该信息化设备进行了现场测量试验研究,通过与接地电阻表法及不同接线方法的测量结果对比分析,指出了该设备的优势所在。

关键词: 杆塔接地电阻;大数据云平台;信息化测量仪;测量分析

中图分类号: TM932 文献标志码: B 文章编号: 1003-6954(2020)04-0042-05

DOI:10.16527/j.cnki.cn51-1315/tm.2020.04.010

Design and Application of Big Data Cloud Platform and Informatization Measuring Instrument for Tower Grounding Parameters of Transmission Line

Wang Mulang, Peng Honggang, Qiu Xuan, Xu Yan
(Guangzhou Electric Power Supply Co., Ltd., Guangzhou 510000, Guangdong, China)

Abstract: In order to further improve the efficiency of grounding operation and maintenance of transmission line towers, a set of Browse/Server system of big data cloud platform for grounding parameters of towers which can be inquired by users and an informatization measuring instrument for grounding resistance of towers are designed and developed. Relevant measured information is directly uploaded to the cloud server at the measurement site, and the "offline results" obtained from the measurements are converted into "online data". On the one hand, the working efficiency and accuracy of grounding operation and maintenance are effectively improved, and at the same time, the whole business process of operation and maintenance is also recorded, which is conducive to the supervision and management of operation and maintenance, and provides data support for the operation status assessment and fault risk analysis of grounding device. Finally, the field measurement test is studied by using the proposed informatization equipment, and its advantages are pointed out by comparing and analyzing the measurement results with the tramegger method and different wiring methods.

Key words: tower grounding resistance; big data cloud platform; informatization measuring instrument; measurement analysis

0 引 言

输电线路杆塔的接地电阻是表征其接地系统性能的重要指标。在输电线路的运行维护工作中,保证杆塔接地电阻在合理的区间内,从而使输电线路具有较高的耐雷水平,能有效减少雷害事故,并限制线路接地故障条件下杆塔附近的接触电压和跨步电

压,防止人畜触电事故。因此,一般输电线路杆塔接地状态的运行维护工作主要可以分为以下 2 个部分:一是杆塔接地电阻的测量,即根据相关标准规范(如 DL/T 887—2018《杆塔工频接地电阻测量》、DL/T 741—2019《架空送电线路运行规程》等)开展输电线路杆塔接地电阻的测量工作,得到线路杆塔的接地电阻参数;另一个是杆塔接地电阻测量数据的管理分析,即基于杆塔接地参数测量结果,依照标准要求校核接地装置的电阻是否满足对应条件下的

基金项目:中国南方电网科技项目(输电线路杆塔接地参数大数据云平台研究 GZ_JKJXM20170029)

要求,进而分析杆塔接地装置运行状态,定制整条线路的接地运维方案^[8]。

近年来,虽然地区电网公司对输电线路接地装置越来越重视,投入了大量的人力、物力对存在隐患的杆塔接地装置进行排查、改造,但在实际生产运行维护过程中仍然存在许多问题亟待研究解决。例如测量中工作量大、耗时长、效率低,在对历史测量数据存疑、难以取信时无法核查测量现场的相关条件。

下面提出了一种基于移动互联技术的信息化杆塔接地电阻测量仪与南方电网公司杆塔接地装置状态数据云平台的通讯连接方案。该方案能在现场测量的最后一个环节中将得到的相关信息直接上传至云端服务器,将测量得到的“离线结果”直接转化为“线上数据”。

1 杆塔接地参数大数据云平台的设计

设计该平台系统的主要目的是收集、统计、分析、展示输电线路杆塔接地装置的重要参量。该系统的整体设计包括以下 3 个层级:测量及数据采集层、服务器层以及远程用户层,如图 1 所示。

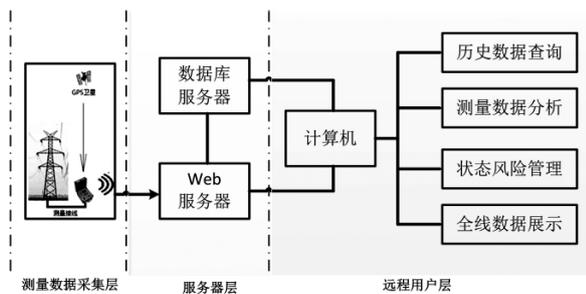


图 1 接地参数云平台系统整体结构

测量及数据采集层主要任务包括接地参数的测量、结果数据的上传和对应杆塔信息的匹配填报。服务器层的主要任务包括接受数据采集层的上报数据、连接远程用户层的查询指令,进行数据库的管理、统计、分析。远程用户层的主要任务是开发相应 B/S 系统供用户进行实时数据查询。

所设计的信息化杆塔接地电阻测量仪是云平台系统的测量及数据采集层的重要设备。信息化测量仪,首先需要准确测量得到杆塔的接地参数;随后与系统服务器层建立网络通信连接,将现场测量得到的接地参数及匹配的杆塔信息进行分别存储管理;最后通过远程用户层实现线路杆塔接地参数的历史数据查询、分析及杆塔接地装置状态评估和全线接

地状态展示等。

接地参数大数据云平台系统的用户查询界面主要设计了“历史数据查询”“测量数据分析”和“全线数据展示”等 4 大功能模块。所设计相关功能模块的用户界面如图 2 所示。



(a) 历史数据查询模块系统界面图



(b) 测量数据分析模块系统界面图



(c) 全线数据展示模块界面

图 2 接地参数云平台系统整体结构

2 信息化杆塔接地电阻测量仪的设计

2.1 整体设计方案

现有设备一般只能在现场测得“离线数据”,由于测量人员在手动记录中往往对测量条件记录得不全面、不统一,使得数据上传的效率低且有一定的错误率。因此对传统的异频法接地电阻测量设备基于移动互联网技术进行信息化改造,即在测量的最后一个环节将得到的相关信息直接上传至云端服务器,把测量得到的“离线结果”直接转化为了“线上数据”,提高了运行维护工作效率并减少错误率。

信息化杆塔接地电阻测量仪的系统设计框图如

图3所示。测量时,中央处理器模块发送一个信号指令给异频激励源模块,异频激励源模块分别产生一个47 Hz和53 Hz的异频电流源,并输入布置的测量回路中,如图3中过程1、过程2。

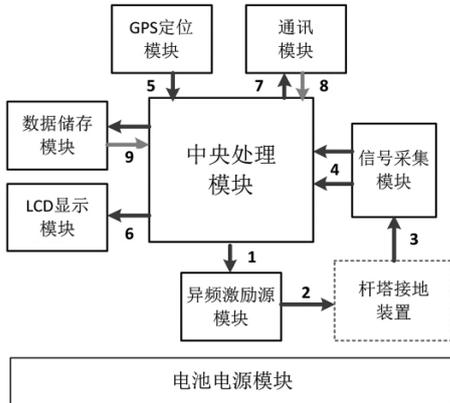


图3 信息化杆塔接地电阻测量仪的系统设计框图

同时,通过信号采集模块对杆塔接地装置的电压、电流信号进行测量采集,并将测得的电压、电流信号传输至中央处理器模块(过程3、过程4)。另外,GPS定位模块将设备的地理位置信息传送至中央处理器模块(过程5)。中央处理器模块通过计算处理得到一系列测量的最终数据,并传送至LCD显示模块和数据存储模块,实现人机交互(过程6)。随后,通讯模块将本次测量的最终数据上传至远端监控中心的服务器中(过程7)。最后,当中心服务器收到测量的最终数据后,发送“测量成功”的指令返回至通讯模块并通过显示模块告知操作人员(过程8)。另外,操作人员也可通过显示操作系统,对存储模块中的历史测量数据进行查询读取(过程9)。

测量操作人员在杆塔接地电阻测量回路的布置中可根据现场实际条件及测量精度要求,自行选择采用三极法或回路法进行回路布置,并将对应方法通过设备通讯模块上传至服务器。

所开发设备的外观及内部集成电路板如图4所示。

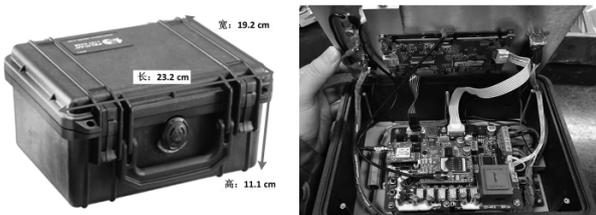


图4 信息化杆塔接地电阻测量仪

2.2 测量仪与云平台的通信方案设计

信息化杆塔接地电阻测量仪与云平台服务器层

的通信方案根据搭建网络的不同属性(内网或外网)可以分为以下2种。

2.2.1 云平台部署在外网

当创建的杆塔接地装置状态数据云平台部署在外网时,信息化测量仪可基于自身的通信模块通过外网直接实现与“云平台”的通讯。测量数据上传方式如图5所示。在该条件下,测量过程中设备与“云平台”两者间的双向数据交换通信全部在外网完成,如图5中的过程①和过程②。“云平台”获取测量数据之后,与“4A系统”(南方电网公司生产管理平台)基于特定的内网通信协议实现接口通信,如图5中的过程③。

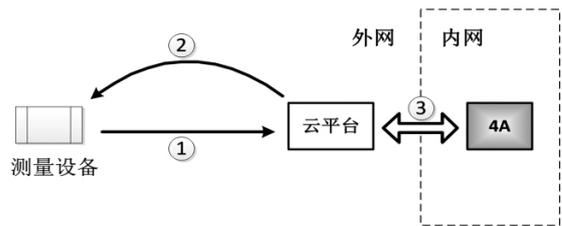


图5 “云平台”部署在外网时的数据上传方式

“云平台”部署于外网时,具有如下3个特点:

- 1) 测量设备能与“云平台”在测量的过程中就可以进行双向的数据交换,且数据通信过程中的时效性强,能避免因数据传送延时导致的各种问题;
- 2) 整个系统在每次测量过程中涉及到的通信环节最少,且完全不涉及内网现有的复杂通信协议,整个测量系统的主程序最为简单;
- 3) “云平台”及其数据库部署在外网,存在数据外泄等网络安全风险,需要相关行政许可和安全认证。

2.2.2 云平台部署在内网

当创建的杆塔接地装置状态数据云平台部署在内网时,信息化测量仪则需借助内网手机终端间接实现与“云平台”的通信。此时测量数据上传方式如图6所示。

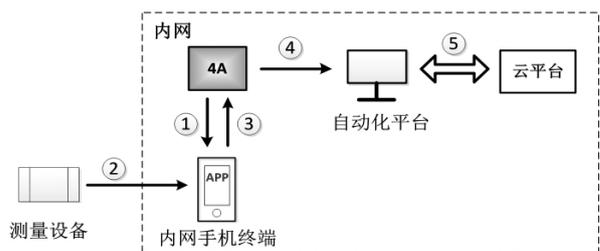


图6 “云平台”部署在内网时的数据上传方式

此时的工作流首先由“4A系统”发起,“4A系统”在内网中下发某次(批)的接地测量任务,并将

待测杆塔的相关数据信息发送至项目开发的内网手机相关 APP 中,如图 6 中的过程①。在完成现场测量后,信息化测量仪将测量结果信息转化成二维码数据型式,测量人员通过内网手机扫码,将测量结果与被测杆塔的相关信息绑定,并回传至“4A 系统”,如图 6 中的过程②和过程③。“4A 系统”再将测量信息同步传送至广州局电网自动化平台,如图 6 中的过程④。最后,布置在内网的“杆塔接地数据云平台”与“自动化平台”基于内网通信协议实现接口通信,如图 6 中的过程⑤。

“云平台”部署于内网时,具有如下 3 个特点:1) 结合“4A 系统”的任务单,通过内网手机扫码上传,对接测量数据。增强了现场测量数据上传的稳定性和确定性,且数据流转都在内网中,网络安全风险小;2) 每次测量前需要在“4A 系统”填报运维测量计划,并开发相关内网手机 APP 接收下发的测量任务单;3) “云平台”直接部署于广州局电网自动化平台中,有利于数据在内网系统中的同步交换和展示。

3 信息化接地电阻测量仪的现场实测应用

为了验证所研发的信息化测量设备的现场测量情况,对部分在运行超高压输电线路杆塔的接地电阻进行了实地现场测量。每次测量,项目组首先采用了所研制的信息化测量设备基于回路法进行现场测量;随后再采用 ZC-8 系列接地电阻测量仪(以下简称摇表)基于三极法进行了测量。

3.1 实测杆塔现场条件

1) 220 kV 甲线一回 31 号杆塔

220 kV 甲线一回 31 号杆塔为同塔双回耐张塔。杆塔所在线路走廊建设有 3 条 220 kV 同塔双回输电线路,周围空间电磁环境复杂。线路走廊两侧为城市道路,三极法放线中只能按平行于线路走廊的方向布置,如图 7 所示。

2) 220 kV 乙线二回 9 号杆塔

220 kV 乙线二回 9 号杆塔为单回耐张转角塔。杆塔所在线路走廊建设有 3 条 220 kV 同塔双回输电线路,周围空间电磁环境复杂。同时,该基杆塔在集中输电走廊的端口位置,有 6 回输电线路从各个方向汇流至此,经耐张转向并入同塔双回输电走廊。因此,三极法测量时无法严格地按垂直于输电线路

的方向布置放线,如图 8 所示。



图 7 220 kV 甲线一回 31 号杆塔现场情况



图 8 220 kV 乙线二回 9 号杆塔现场情况

3) 110 kV 丙线 31 号杆塔

110 kV 丙线 31 号杆塔是干字型单回直线钢管塔。杆塔一侧为公路,另一侧为一片平整工地。该条件有利于三极法的放线要求,如图 9 所示。



图 9 110 kV 丙线 31 号杆塔现场情况

3.2 实测数据分析

针对上述 3 组杆塔,分别采用信息化测量设备

基于回路法进行测量和采用 ZC - 8 摇表基于三极法进行测量。杆塔接地电阻的测量结果及测量用时如表 1 所示。

表 1 不同方法对应测量结果的对比

线路及杆塔编号	ZC - 8 摇表			异频法信息化测量设备	
	放线长度 /m	测量用时 /min	接地电阻实测值 /Ω	测量用时 /min	接地电阻实测值 /Ω
220 kV 甲 线一回 31 号杆塔	100/(60) 100/(50)	65	2.1 ^① 1.9 ^①	12	1.87
220 kV 乙 线二回 9 号杆塔	160/(80)	90	2.4	9	2.76
220 kV 丙 3 线 1 号 杆塔	100/(50)	60	0.9	9	0.11

注: ①表示采用摇表测量时摇表的读数指针两边摆动不定。

通过测量数据分析可以看到:

1) 在电磁环境复杂的地区,若采用摇表法测量杆塔的接地电阻,由于受到地中工频杂散电流的影响,摇表的读数指针会出现两边摆动不定现象,从而使得测量结果精度较差;此时,若采用所研发的设备,则能有效避免地中工频杂散电流的影响,准确、稳定地测得杆塔接地电阻^[6]。

2) 根据 DL/T 475—2017《接地装置特性参数测量导则》的测量要求,若采用 ZC - 8 摇表按三极法布线测量,则 5 人小组每基塔的平均测量时间为 63 min;但若采用所研发的设备按回路法布线测量,则 5 人小组每基塔的平均测量时间仅为 9 min。不仅能节省测量时间 86%,还能大幅降低测量人员的工作强度。

4 结 语

1) 开发了一套杆塔接地参数大数据云平台 B/S 系统。该云平台系统一方面接受数据采集层的测量结果上报;另一方面,根据远程用户层的查询指令,进行数据库的管理、统计、分析。系统的应用能有效提高接地运维的工作效率和准确率,并实现对运维

工作的全业务流程记录,有利于对运维的监督管理。

2) 结合杆塔接地参数大数据云平台中“测量及数据采集层”的需求,开发了一种基于异频法的信息化杆塔接地电阻测量仪。该设备实现了在测量现场就将测得的相关信息直接上传至云端服务器,将测量得到的“离线结果”转化为“线上数据”,有效提高了接地测量的工作效率和准确率。

3) 通过现场测量应用,表明所研制的信息化测量设备具有工程适用性强、测量精度高等特点。该设备的应用能有效推进了电网接地运行维护的信息化和数据化,为科学实施运维改造提供数据支撑。具有广阔的工程应用前景。

参考文献

- [1] 杜洋,李龙江,段炼红. 输电线路杆塔接地阻抗测量方法探讨[J]. 电测与仪表, 2009, 46(2): 84 - 87.
- [2] 柴守江,潘文霞. 不拆卸接地线的杆塔接地电阻测量方法[J]. 电网与清洁能源, 2016, 32(3): 45 - 49.
- [3] 王海生,曹建强,刘文恒,等. 针对直击雷和感应雷的输电线路杆塔冲击接地电阻测量装置的应用[J]. 内蒙古电力技术, 2017, 35(2): 50 - 53.
- [4] 赵立英,王敏珍. 输电线路杆塔接地状态在线监测技术研究[J]. 现代电子技术, 2019, 42(12): 100 - 103.
- [5] 何云峰,赵若涵,张榆,等. 输电线路杆塔冲击接地阻抗测量[J]. 四川电力技术, 2012, 35(5): 85 - 88.
- [6] 王东焯,吴传玺,韦德福,等. 强干扰下对特高压输电线路参数的异频法准确测量[J]. 东北电力技术, 2017, 38(4): 24 - 26.
- [7] 王成,王峰,王宜强,等. 输电线路杆塔接地电阻的测量方法分析[J]. 湖南电力, 2012, 32(2): 39 - 42.
- [8] 杆塔工频接地电阻测量: DL/T 887—2018[S]. 2018.
- [9] 接地装置特性参数测量导则: DL/T 475—2017[S], 2017.
- [10] 吴田,刘凯,黄金领,等. 500 kV 输电线路杆塔接地电阻季节变化特性测量与分析[J]. 电力科学与技术学报, 2014, 29(1): 65 - 69.

作者简介:

王牧浪(1994),助理工程师,本科,主要从事地区高压输电线路运维管理工作。

(收稿日期:2020 - 05 - 22)