

基于异构物联网的输电线路智慧巡检方法

史思红,何祥龙,王 富,王 强

(国网四川甘孜州电力有限责任公司,四川 康定 626000)

摘要:为解决高海拔地区输电线路运行维护检修存在的传感器供电可靠性差、无移动信号区域数据传输难度大的问题,文中提出了一种基于异构物联网的输电线路智慧巡检方法。首先,研究了风光协同的传感器供电技术,实现了高海拔地区恶劣环境下输电线路监测传感器的可靠供电;其次,建立了异构的输电线路物联网,实现了输电线路无移动信号传感器的数据采集。在此基础上,通过深度学习对所采集数据样本进行分析,实现对输电线路的智慧巡检;最后,将所提方法在某无信号地区 110 kV 线路的现场运行,其结果验证了所提方法的有效性和可行性。

关键词:输电线路;异构网络;智慧巡检;风光协同;传感器;可靠供电

中图分类号:TP 393 **文献标志码:**A **文章编号:**1003-6954(2021)06-63-04

DOI:12.16527/j.issn.1003-6954.20210613

Intelligent Inspection Method of Transmission Line Based on Heterogeneous Internet of Things

Shi Sihong, He Xianglong, Wang Fu, Wang Qiang

(State Grid Ganzi Electric Power Supply Company, Kangding 626000, Sichuan, China)

Abstract: In order to solve the problems about poor reliability of sensor power supply and difficult data transmission existing in operation and maintenance of transmission line in high altitude area, a intelligent inspection method of transmission line based on heterogeneous Internet of Things (IoT) is proposed. Firstly, the sensor power supply technology of wind-photovoltaic cooperation is studied, and the reliable power supply of transmission line monitoring sensor in high altitude area under harsh environment is realized. Secondly, the heterogeneous IoT for transmission line is established to realize the data acquisition of transmission line without mobile signal sensor. On this basis, through analyzing the collected data samples by deep learning, the intelligent inspection of transmission lines is realized. Finally, the proposed method is applied to a 110 kV line in no signal area, and the results verify the effectiveness and feasibility of the proposed method.

Key words: transmission lines; heterogeneous network; intelligent inspection; wind-photovoltaic cooperation; sensors; reliable power supply

0 引言

高海拔地区输电走廊错综复杂,多处于高寒地区,地广人稀、环境极其恶劣,线路运行维护难度大、成本高,故障处理实效性低。大部分区域的输电线路运行维护作业方式还相对落后,信息化手段不足,不得不采用传统人工巡视方式,按照计划开展线路巡视和故障排查工作。然而,人工巡视故障排查难

且耗时耗力,在无信号地区开展线路维护、检修、抢修、改造工作难度极大,风险极高,电网公司在组织安全生产和人员安全保障中面临巨大的生产压力,传统的运行维护模式投入成本与效益不成正比,难以保证输电线路的运行维护工作质量,无法实现供电的安全可靠。

国内外许多学者对高海拔地区输电线路智慧巡检做了大量研究。智能运检体系采用了各类设备状态传感器、在线监测装置、智能穿戴、移动终端、北斗

定位等感知手段,从而实现了线路监测的智能化^[1-3]。由此可见,输电线路智慧巡检取得了一定的成绩,但运营商公网通信覆盖有限,大量输电线路传感器存在通信盲区和接入壁垒,致使数据信息及电网资产的作用和价值难以显现,“全面感知”的整个通信链发展受到严重阻碍^[4]。同时,输电线路传感器采用单一来源的光伏供电,供电可靠性差,数据采集难度大,严重制约了输电线路智能巡检工作的开展。

1 输电线路智慧巡检框架

为解决高海拔地区输电线路运行维护检修存在的传感器供电可靠性差、无移动信号区域数据传输难度大的问题,设计了一种基于异构物联网的输电线路智慧运行方法,架构分为传感器协同供电、异构物联网数据传输和输电线路智慧巡检 3 个环境,架构如图 1 所示。

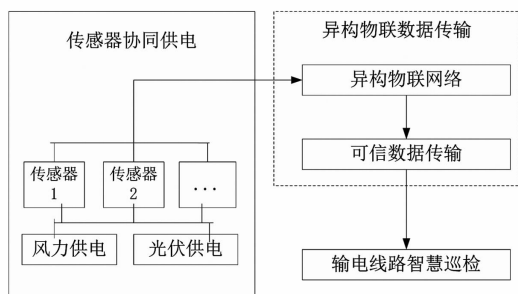


图 1 系统框架

2 输电线路智慧巡检方法

2.1 传感器协同供电

在输电线路塔顶部署有摄像头、各种传感器和无线微波中继等设备,但却没有市电供应,因此需要在塔顶处设计塔顶设备的供电方式。设计采用风力和太阳能互补供电方式保证供电稳定的同时也可以降低功耗成本;使用磷酸铁锂蓄电池作为后备电力供电,在电力充足时可以将多余的电力存储蓄电池中,在天气状况不好、供电能力较差时使用蓄电池中的电能对设备供电。

太阳能供电系统由光伏阵列、蓄电池和太阳能控制器组成,太阳能板是所有能量的来源,由于受灰尘、辐射、天气以及光伏电池老化等因素影响,太阳能阵列输出功率小于每个光伏电池输出功率之和,该现象称为不匹配损失。为减小光伏阵列不匹配损失,改变电池组件的连接方式能够增加光伏阵列的整体功率输出^[5],因此采用光伏阵列建模的方式进行研究,将最大功率跟踪算法加载到太阳能控制器上,实现光伏阵列输出最大功率。加载了最大功率跟踪算法的太阳能控制器能够控制蓄电池的充电电流和电压,使充电效果达到最佳状态,从而让蓄电池能够快速、平稳、高效充电,并控制充电过程的电量损耗、维持蓄电池的长时间使用。

设计选择采用风光互补控制设备调节风力发电和太阳能电池供电之间的平衡;采用充放电保护装置作为电流和电压的稳定装置,将稳定的电流输入到主控设备实现对无线中继设备的最终供电。该供电方案整体供电效果可以达到通讯设备对于电力的需求,同时供电相对稳定,环保无污染,供电效率高,不需要长距离输电,和现有供电设备之间不存在电磁兼容问题,非常适合输电线路无人区场景。

2.2 异构物联网数据传输

2.2.1 异构物联网

为解决高寒、高海拔、无人区等无信号区域的无线通信问题,并结合数据的维度为各类智慧应用服务提供通信支撑,设计了一种由窄带宽本地通信网络层和高带宽骨干通信网络层构成无线通信链路的双层异构通信网络架构。本地通信网络层采用低功耗的 Zigbee/LoRa 无线网络,支持各类传感器数据的接入。

骨干通信网络层由塔间高性能高带宽微波通信网桥系统组成,实现高清视频等多媒体数据的远程中继^[6],本地通信网络和骨干通信网络设备均具备状态监测和故障诊断能力,系统物理架构如图 2 所示。

整体系统结构采用 CS 架构,包括后端服务、中间控制器(intelligent terminal control, ITC)和前端设备控制器(intelligent data control, IDC)。ITC 处于中间层,即对于 IDC 而言,ITC 属于应用服务器;对于

后端服务来说,ITC 属于客户端。后端服务接收 ITC 数据,同时向 ITC 发送控制指令。ITC 接收前 IDC 的数据并转发给后端服务;同时接收后端服务指令,解析相关内容,发送到对应的 IDC,并且对数据进行安全隔离,提高内外网数据安全性。后端服务可以控制多个 ITC,通过宽带进行通信;每个 ITC 下辖多个 IDC,每个 IDC 通过无线网桥与 ITC 进行通信。

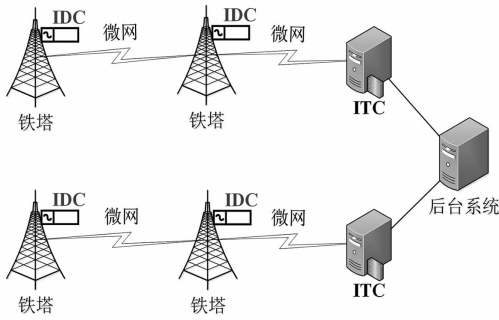


图 2 系统物理架构

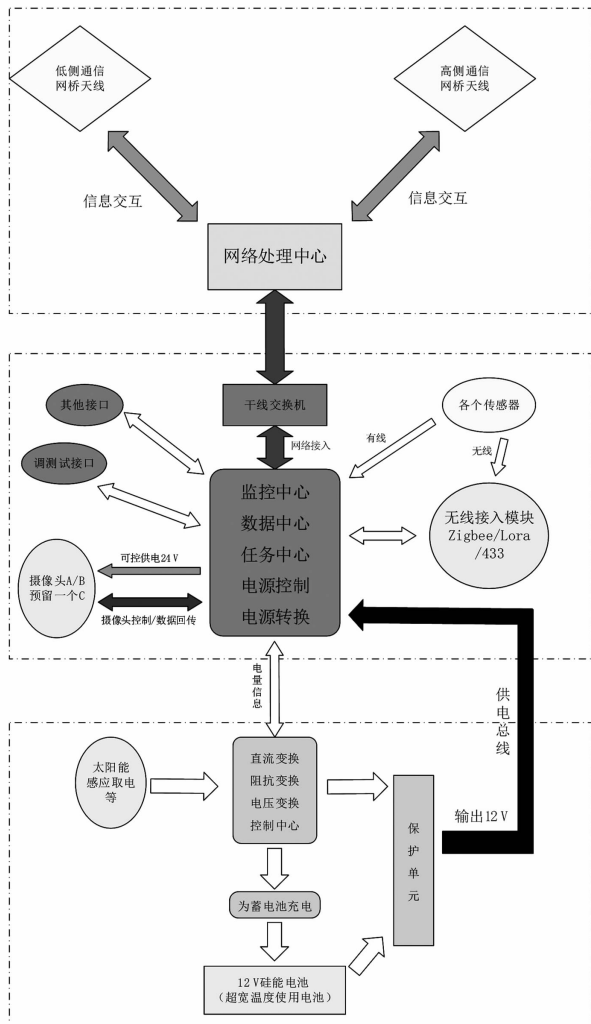


图 3 IDC 功能架构

IDC 功能架构如图 3 所示。IDC 主要由电源模块、网桥模块、无线接入模块、集成数据控制器组成。电源模块为整个设备提供总电源,通过感应取电或太阳能等为电池充电,也为其他模块提供电源输入。网桥模块为自主网络的基础单元,各个网桥模块组成网络,实现各个铁塔设备与主站及服务器的网络连通。无线接入模块能够将外部传感器上传的数据传输回来。集成数据控制器是整个设备的核心部分,接收各个模块数据并存储数据和转发数据到网桥。

双层异构物联网的组网设备具有为各类传感数据通信及协议的集中管理、转发及标准化为国网 I1 协议的能力,可数据中转和控制设备,可接入/转发 Zigbee 传感网络数据和 LoRa 传感网络数据,具有 10/100/1000 M 的 RJ45 和 RS485/RS232 等多种接口。双层异构无线通信链路具有信号加密功能保证信息传输安全,多跳链状 Mesh 自组建高速高带宽骨干网络拓扑,可收集无人、无公网信号地区的数据并传输至几十上百千米以外的数据集中站(如光纤接入点、有 4G/5G 网络信号接入点),统一汇聚后传输至监控中心服务器。Mesh 自组网络保证通信畅通和超低的数据掉包率,可避免因网络不稳定而丢失重要数据报文。

借助低功耗双层异构物联网和各种传感器实现无信号区输电线路状态的全面感知和全业务链数据的高速安全传输,在应用平台完成数据汇聚和共享,并结合大数据、人工智能等技术,进行智能分析和处理,实现智慧应用,助推输电线路运维新模式的形成和跨行业推广。

2.2.2 可信数据传输

智能巡检过程中需要将前端采集的高清视频通过多跳 Mesh 无线传输和光纤有线传输接力方式传输到监控中心进行分析和处理。为保证在无线通道情况下高清视频实时、高质量的传输,采用 HEVC 编码方式进行可信数据传输。

2.3 输电线路智慧巡检

在输电线路智慧运检中运用物联网、云计算、大数据、图像识别等技术手段,通过在线监测设备、无人机、遥感卫星、互联网等多源数据融合实现智慧输电线路全面感知系统;对数据进行统一的采集、处

理、存储和分析形成数据管理标准,建立国网内的无线信号地区智慧输电线路数据管理标杆;面向输电线路运行、大修、技改提供决策支持和预测分析,实现从状态检修走向数据检修。

为保证线路稳定运行,提高运行维护观冰工作的准确性,在输电线路加装覆冰、视频监控、测温等在线监测装置,覆冰、测温等在线装置采集的数据通过 Zigbee 方式传到塔顶的汇聚节点,汇聚节点间通过 5.8 GHz 微波通信网桥组成接力骨干网传输到就近变电站,然后通过光纤传输到监控中心。

3 场景分析

选择某 110 kV 线路,采用所提方法进行场景验证,该输电线路全长 61.418 km,按单回路架设,于 1993 年投入运营。全线导线采用 $1 \times \text{LGJ} - 120$ 钢芯铝绞线,地线采用 GJ - 35 镀锌钢绞线双地线。全线共有 223 基杆塔,其中直线杆塔 164 基、耐张杆塔 59 基。该条线路由于处于高海拔地区,无移动运营商网络信号,数据不能有效传输,仅能通过供电公司人工巡线。

1) 提高输电线路巡视效率

对比以往供电公司人工巡线,所提方法大幅提升了线路巡视效率;并在人员配置上,以智能化设备代替巡视人员前往现场,运用大数据、云计算、物联网等技术代替人工处理,大幅减轻了人工负荷,出工量仅为原来的 10%。具体效率对比如表 1 所示。

表 1 传统人工巡视和智慧运检对比

指标	传统人工巡视	输电线路智慧运检
数据采集频率	84 张/(年·杆塔)	4064 张/(年·杆塔)
巡视频率	12 次/(年·杆塔)	417 次/(年·杆塔)
异常信息反馈量	1.4 个/(年·km)	2.7 个/(年·km)(大约是人工巡视发现缺陷的 2 倍)
巡视人员配置	12 人/50 km	1 人/50 km
故障反应效率	2 d 发现故障点	30 min 发现故障点

2) 降低输电线路跳闸事故发生概率

2020 年仅产生 4 次其他故障跳闸,相对于 2019 年产生的 7 次故障跳闸有大幅度降低。线路及时告警功能保障了线路正常运行,降低了跳闸风险,减少了停电造成社会经济损失的风险。

4 结论

针对高海拔地区输电线路运行维护检修存在的传感器供电可靠性差、无移动信号区域数据传输难度大的问题,通过对输电线路运行环境和智慧运检需求分析,设计了一种传感器协同供电模块和异构物联网数据传输架构,实现了输电线路监测数据的传输,最后将异构物联网络应用于高寒无人区新塔线的输电线路智慧运检。

试点结果证实了基于异构物联网络的输电智慧运检能够大幅度提高输电线路巡视效率和降低输电线路跳闸事故发生概率。

参考文献

- [1] 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.
- [2] 叶俊健,邓伟锋,徐常志,等. 基于深度强化学习与图像智能识别的输电线路在线监测系统[J]. 工业技术创新,2020,7(3):72-75.
- [3] 赵振兵,齐鸿雨,聂礼强. 基于深度学习综述[J]. 广东电力,2019,32(9):11-23.
- [4] 魏明. 通信传输网络发展规划新思路探索[J]. 广东科技,2013,22(14):31-32.
- [5] 罗磊. 独立光伏发电 MPPT 算法及混合储能仿真研究[D]. 成都:西南交通大学,2018.
- [6] 唐冬来,杨颖,李平,等. 基于病源信息熵的电网施工人员高原病监测评估平台研究[J]. 电力信息与通信技术,2021,19(3):112-119.

作者简介:

史思红(1986),女,硕士研究生,高级工程师,研究方向为电力调度、运检、信息通信自动化的运行维护和管理;

何祥龙(1988),男,工科学士,工程师,研究方向为电力通信及信息系统检修维护;

王富(1988),男,工科学士,工程师,研究方向为电力信息通信;

王强(1989),男,工科学士,工程师,研究方向为通信及信息系统检修维护。

(收稿日期:2021-06-11)