

光缆智能监测系统在电力系统中的应用

袁 辉¹ 张元明² 吴让俊³ 刘婉妮⁴ 曾春晖⁵

中国电力工程顾问集团华北电力设计院有限公司 北京 100120

摘 要: 光纤通信作为电力系统主要的传输方式, 承载电网调度、保护等重要的生产信息。光缆作为光纤传输的介质, 其性能的好坏直接影响电力系统运行的稳定性。本文提出了一种基于B-OTDR技术的光缆监测系统, 利用光纤传感技术对光纤的重要参数进行实时监测, 实现光缆资源精细化管理, 提高维护效率。

关键词: 光缆智能监测、B-OTDR、光纤传感、精细化管理

0 引言

电力通信光缆是电网通信业务运行不可替代的线路资源, 光缆纤芯的状态直接影响承载业务的运行状态, 电力通信网已经发展成为一个以光纤为基础媒介的现代化光通信网络, 220kV 及以上线路光纤覆盖率达到100%, 电力光缆主要随输变电工程配套一次线路建设, 构成的电力通信网络具有传输容量大、损耗低、距离长、防干扰的等特点, 有效保障了电网的安全、可靠、稳定运行。

1 概况

随着新型电力系统、泛在电力物联网体系的不断完善, 通信系统保障需求日益增多, 为了提高通信系统运行的可靠性, 更好的发挥通信对电网的支撑作用, 通信运行人员采用多种管理和监测手段, 但仍然缺乏行之有效的对通信基础光缆的在线监测方法。目前主要通过日常维护和人工测试、检修等方式对光缆进行维护, 工作繁重, 运维成本很高。当前光缆运维主要存在的问题如下:

(1) 光缆覆盖广阔, 在运光缆数量多, 维护和监视困难。

(2) 频繁发生光缆被外力破坏(恶劣天气、冰冻、雷电、野蛮施工)等情况, 但因故障定位不准, 导致故障响应不及时。

(3) 光缆套管进水, 冬季冰冻后衰减增大, 不能及时发现, 导致最终业务中断。

(4) 管道光缆、ADSS光缆等被小动物啃咬, 造成光缆中断。

(5) 部分地区因气候较冷、地线复杂、山地较多, 光缆运行环境较为恶劣。

通讯作者: 袁辉, 1983.8.8, 女, 汉, 山东菏泽, 职称: 高级工程师, 职务: 一级设计师, 毕业院校: 华北电力大学, 硕士研究生, 研究方向: 通信工程专业, 长期从事电力通信系统的研究, 邮箱: 49163952@qq.com

光缆运维人员缺乏光缆监测手段, 光缆运维人员缺少获取光缆纤芯状态的途径, 光缆故障定位困难, 光缆运维人员无法直接获取光缆网络的故障信息。

2 光纤传感技术

2.1 分布式光纤传感

光纤传感技术以光纤为媒质, 光波为载体, 感知和传输外界被测量信号的新型传感技术。基于OTDR的分布式光纤传感技术主要包括常规OTDR、C-OTDR、B-OTDR。

表1 技术方案对比

名称	OTDR	C-OTDR	B-OTDR
技术	光时域反射技术	相关光时域反射测量技术	布里渊光时域反射技术
原理	分析光纤中后向散射光或前向散射光的方法测量因散射、吸收等原因产生的光纤传输损耗和各种结构缺陷引起的结构性损耗。	通过检测背向散射光可以掌握光缆及EDFA的工作状态, 完成OTDR不能完成的长距离多跨段光纤检测。	分析光纤中的布里渊散射光的频移变化量与光纤所受的轴向应变和温度之间的线性关系。将OTDR与布里渊光时域反射技术结合。
测量参数	损耗	损耗	应变、温度、损耗
适用场景	光纤线路监测	海底光缆等长距离光缆监测	管道、沿海光缆等应力、温度影响较大的光缆监测
盲区	盲区会随着脉冲展宽的宽度的增加而增大, 增加脉冲宽度虽然增加了测量长度, 但也增大了测量盲区	盲区是不可避免的。COTDR通过相干光引起后向瑞利散射光加强, 增大测试范围。	

基于常规OTDR和C-OTDR的光缆智能监测：采用相干光时域反射检测技术，经过独特编码调制的连续弱激光脉冲组，光检测器接收反射回来的检测脉冲组，系统解调之后，通过特定的算法运算，获得光纤的长度、损耗、接头、故障位置等参数，可支持100km以内光缆的监测。

基于B-OTDR的光缆智能监测：采用布里渊光时域反射技术，利用光纤中的布里渊散射光的频移变化量与光纤所受的轴向应变和温度之间的线性关系。将一个光纤变成数千个用于温度和拉力测量的“虚拟”传感器，可以同时测试这两个重要参数，通过特定的算法运算，在监测光纤长度、损耗的同时可以监测光纤的温度、舞动、覆冰、结构应力变形等信息，可支持200km以内光缆的监测。

2.2 技术特点

(1) 安全高，精度高。光纤传感技术利用光纤中后向的瑞利散射和布里渊散射来监测外界的温度和应力变化。由于外界环境对光纤自身的影响，待测量的物理量通过光纤作用于传感器上，使光波导的属性(光强、频率、偏振态、波长等)被调制，解调出光纤所有位置点上的温度和应力信息。

(2) 高灵敏，抗干扰。由于光纤传感器检测系统很难受到外界场的干扰，且光信号在传输中不会与电磁波发生作用，也不受任何电噪声的影响。

(3) 长距离、全方位。可构建大规模的传感网络，实现大范围连续场实时监测和监控，在长距离连续测量方面具有无可比拟的优势。

3 系统设计

3.1 监测原理

建设感知光纤传感网，研究新型光纤传感技术在光缆在线监测中的应用，把光纤本身作为传感器，采集光纤内传输的光信号光学基础参量，建立光学参量与架空光缆线路温度，拉力，风致振动，覆冰状态之间的关系，可全面监控、直观展示光缆网络状态，大大减少光缆运维人员数据维护工作量、提升光缆网络监控效率、提高光缆网络运行可靠性。

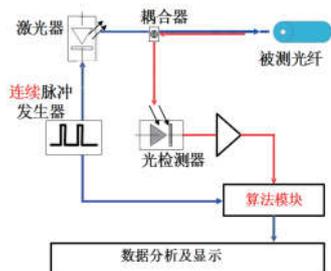


图2 工作基本原理

对光纤监测存在以下2种方式：

(1) 利用备用芯对光纤进行监测。监测设备监测光（1625nm波长）直接接入备用光纤，对备用光纤进行监测。

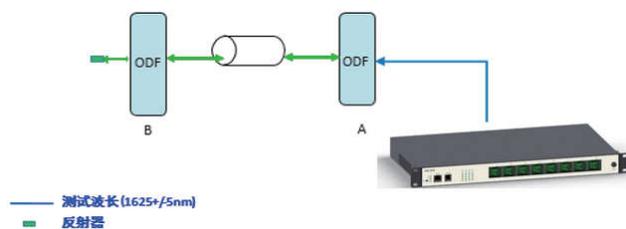


图3 备用纤芯监测

(2) 利用在运芯对光纤进行监测。通过合波分波光器件将监测光（1625nm波长）与业务光耦合入同一光纤内，对该光纤进行监测。

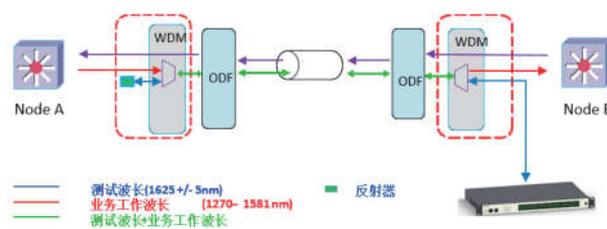


图4 在用纤芯监测

3.2 监测功能

以电力通信光缆运维管理业务为导向，可通过信息化与智能化技术手段提升工作效率和质量。对技术支撑手段的需求主要包括光缆资源管理、光缆状态监控、光缆故障处置、光缆风险预控、光缆运维管理和光缆运行统计分析等方面。

(1) 光缆资源管理：需要提供光缆相关资源的电子化管理，满足光缆资源精细化、图形化的管理需求。功能界面操作便捷，数据易维护、易查询。

(2) 光缆状态监控：需要提供光缆运行状态监测功能，实时光缆运行状态实时监视、光缆故障及时上报。满足运维人员对光缆的监视需求。

(3) 光缆故障处置：需要提供光缆故障智能诊断功能，包括故障原因分析、故障点定位和GIS地理位置定位等。

(4) 光缆风险预控：需要提供光缆风险隐患分析和预警，提前预知光缆故障，减少光缆产生故障的概率。

(5) 光缆运维管理：需求提供光缆运维工作信息化管理功能，满足光缆巡检、光缆施工等相关工作的管理需求。提供移动终端设备，实现巡检光缆线路跟踪等需求。

(6) 光缆运行统计分析：需要提供光缆各类资源、

运行记录的统计分析,灵活输出报表。

4 结语

通过引入基于B-OTDR的分布式传感技术,实现对架空线路的全方位实时监测,对光缆衰耗、温度和应力的健康监测可以有效的管理和预警,降低光缆的破坏带来的损失,极大降低人工巡检劳动强度,提高光缆监测水平,更进一步地完善光缆运维方式,提供更多、更全面、更先进的技术支撑手段,实现光缆资源精细化管理,提高维护效率,从而持续改善通信部门的运维管理

水平,为电网安全稳定运行提供更可靠保障。

参考文献

- [1] 张增文. 通信传输中光缆监测系统的应用研究. 网络安全技术与应用,2021,2:131-133.
- [2] 李荣伟,李永倩.COTDR技术在电力系统光缆监测中的应用.中国新通信,2010,31(11):61-64.
- [3] 王轶锴,陈伟,杨振昊.光纤监测系统设计[J].电子设计工程.2015,(23).113-115.