

基于光功率的智能化光纤在线动态监测系统

陈 峥³, 吴 双², 王圣杰³, 王福生², 闫舒怡¹, 陈小宁³

(1. 国网宁夏电力有限公司, 宁夏 银川 750001;

2. 国网宁夏电力有限公司 信息通信公司, 银川 750001; 3. 宁夏信通网络科技有限公司, 银川 750000)

摘要: 为满足当下电力通信运维需求, 提出一种基于光功率的智能化光纤在线动态监测系统。在系统主站端架设监测中心与前置机模块, 链路经自动保护单元光功率监测器 (OLP) 使各子站端点连接站点的成套终端, 再使用光功率监测器 (OPU) 经 IP 网络捕获在线光功率值与预设阈值进行比对, 实现系统智能在线动态监测。实践结果表明: 该系统在 40 ms 内能完成故障链路的快速保护倒换, 并准确定位。

关键词: 电力光通信; 通信光纤; 在线监测系统; 动态监测; 光缆

中图分类号: TN913 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-5561(2023)06-0083-04

DOI: 10.13921/j.cnki.issn1002-5561.2023.06.017

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Intelligent optical fiber on-line dynamic monitoring system based on optical power

CHEN Zheng³, WU Shuang², WANG Shengjie³, WANG Fusheng², YAN Shuyi¹, CHEN Xiaoning³

(1. State Grid Ningxia Electric Power Co., Ltd., Yinchuan 750001, China;

2. State Grid Ningxia Electric Power Co., Ltd. Information and Communication Company, Yinchuan 750001, China;

3. Ningxia Xintong Network Technology Co., Ltd., Yinchuan 750000, China)

Abstract: In order to meet the needs of current power communication operation and maintenance, an intelligent optical fiber on-line dynamic monitoring system based on optical power is proposed. A monitoring center and a front-end module are set up at the main station of the system, and the link is connected to the complete set of terminals of the station through the automatic protection unit optical power monitor (OLP), and then the optical power monitor (OPU) is used to capture the online optical power value and compare it with the preset threshold through the IP network to realize the intelligent online dynamic monitoring of the system. The practical results show that the system can quickly protect the faulty link and locate it accurately within 40 ms.

Key words: power optical communication, communication fiber optic, online monitoring system, dynamic monitoring, optical cable

0 引言

当下电力光通信网的应用日渐广泛, 光通信网监测系统则是保障电力系统正常生产、管控、维护、运营的重要手段。近年来, 针对光纤故障监测方面的研究颇多。然而, 光纤故障监测最终的应用效果并不理想。2020 年, 李振兴等人^[1]对基于幅值特征和 Hausdorff 距离的配电网故障定位方法进行研究。2021 年, 王玲等

人^[2]根据分布在网络上的智能量测器提供的监测信息, 提出了一种基于状态估计残差比的配电网误差段定位方法, 虽然进一步缩小了故障查找的范围, 但还是不够精准。为了改善故障定位效果, 2022 年, 王毅等人^[3]基于以往故障定位方法的弊端, 并结合人工智能 (AI) 技术, 提出了一种基于神经双网络的故障段定位方法, 该方法具有较强的抗干扰能力, 可以提升定位盲区的识别率。但是, 上述方案在光缆突发掉线或因多路由段断网发生故障的情况下, 也会导致系统定位的识别率差、响应冗长, 给电力通信网络的日常运营和维护带来了巨大的压力。本文提出基于光功率的智能化光纤在线动态监测系统, 以提升智能运维设备的水平, 实现创新和应用^[4]。

收稿日期: 2023-07-08。

作者简介: 陈峥 (1987—) 男, 河北廊坊人, 硕士, 副高级工程师, 宁夏电机工程学会会员。主要从事电力通信系统建设和运维工作, 研究方向为电力系统数据中心建设、电力通信系统动力环境监控和同步时钟网规划等方面。



陈峥,吴双,王圣杰,等: 基于光功率的智能化光纤在线动态监测系统

1 基于光功率的智能化光纤在线动态监测系统

目前,随着宁夏电网信息通信的高速发展,已形成庞大的以光纤通信为主干,通信光缆为辅助的电力通信传输网。其中,主干层为光纤传输网,由八大光纤自愈环网组成,辐射至6个地市供电局、所有直调电厂、220 kV及以上变电站^[5],在网络构造上实现了“管理分层、运行分环”的形式。然而,多年来受限于传统电力通信网运维效率低下的原因,影响了光纤通信网的发展需求。为了满足不断增长的通信需求和保障网络的安全性、稳定性,使整个电力通信网系统能以其高效、准确和实时的监测能力提供全方位的监控和管理支持,本文提出基于光功率的智能化光纤在线动态监测系统。

1.1 系统通信站点分布

本文提出的光功率智能化光纤在线动态监测系统主要涉及主站端与子站端的配置,即:在宁夏地市供电局区调通信机房与光纤通信网主节点上的各变电站之间添加了智能化光纤自动切换保护单元(简称 OLP),系统部分通信站点分布示意图如图 1 所示。通过将即时监测到的数据传输回给控制中心,智能动态在线监测平台将实现对各通信站光缆运行情况作精准评估与自动快速保护^[6]。

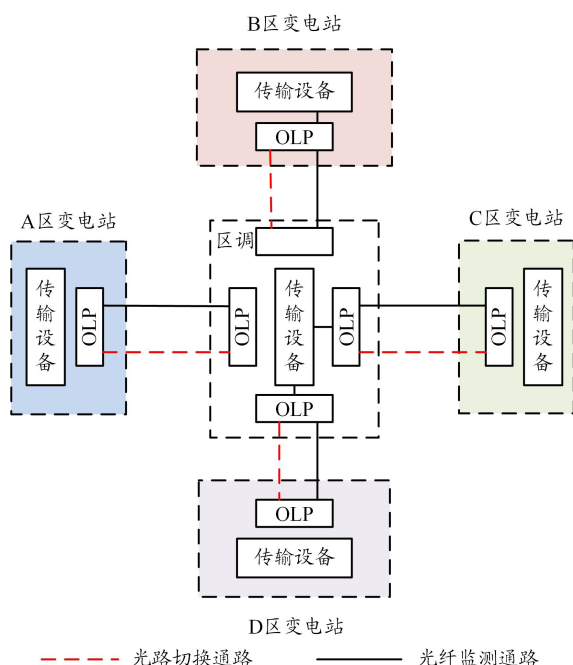


图1 系统部分通信站点分布示意图

1.2 系统结构

1.2.1 系统搭建

基于光功率的智能化光纤在线动态监测系统的

结构如图2所示。系统主控板在主站端上,在通信机房内设前置机,其内嵌入通信模块和电源模块,并通过交换机连接到监测中心的通信室中,让各子端点连接上站点的成套终端^[9]。监测中心主要是起到分析数据、处理并存储所有加密到计算机消息的作用。

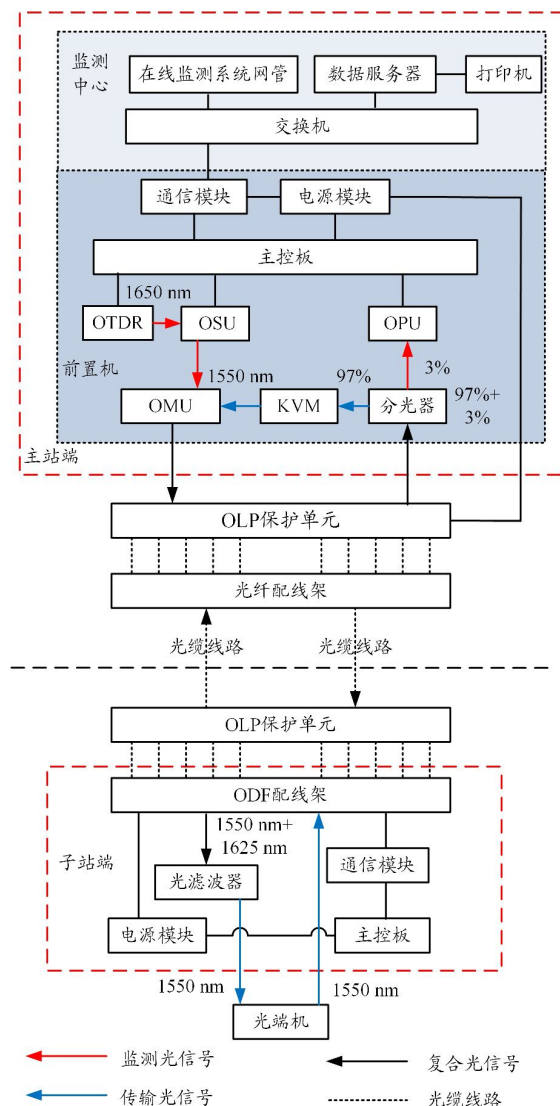


图2 基于光功率的智能化光纤在线动态监测系统结构图

主站端由监测中心和前置机组成。其中,监测中心包括交换机实时在线监测系统网管、数据库服务器以及网络打印机;前置机单元由光脉冲测试器(OTDR)、程控多路光通道控制器(OSU)、光功率监测器(OPU)、光合波器(OMU)、键盘、视频或鼠标串行设备(KVM)光端机、分光器及通信模块、供电装置等元器件组成。

子站端作为受监测站点分布在各变电站,其配置远程监测终端,由 ODF 配线架、光滤波器、通信模块、电源模块、主控板等单元组成。

1.2.2 系统监控方式

系统有 2 种监控方式:在线动态监测和光纤线路自动切换保护装置,具体介绍如下:

1)在线动态监测。首先,OPU 经 IP 网络将捕获的光功率值上传到监测中心进行数据的预处理分析,并通过与预设的光功率阈值进行比对筛选,实现对光功率的实时动态监测。一旦 OPU 感知到实时的光功率值超过系统预设阈值($-10\sim-28$ dB)时,将触发系统的警报提醒,并自动记录报文的相关要素;同时,OPU 向 OSU 发出请求切换光路指令。然后,OTDR 开始检测待测光纤,使通信传输过程中不同的光波长经光纤放大器(OA)放大后,由 OMU 导回到交换机中,其利用的是瑞利背向散射法与菲涅尔反射原理相结合对光纤测试,从而捕获到光通量的衰减度、损耗值、平均量、衰减分配等数据^[8]。最终,监测中心对 OTDR 反向散射结果进行显波分析处理并输出反向散射曲线,进而能高效、准确地显示出故障点位置,供运维工作人员判断故障原因,为快速抢修提供依据。

2)光纤线路自动切换保护装置(OLP 保护单元)。若出现传输光路异常或经 OPU 检测到光功率不足或没信号时,在线监测系统网管将发出报警指令,同时自动向 OLP 保护单元发出保护倒换指令,将故障光路自动切换成备用通道,执行动作完成时间预定为 48 ms,实现快速将服务通道恢复到正常状态,装置结构如图 3 所示^[9]。可以看出,OLP 保护单元分别装置在主站与子站中,在主站中与光功率监测单元、传输系统构成一套智能监控机制,在子站与传输系统则构成反馈机制。主站与子站间经 ODF 架分成主用光路与备用光路,从而形成一个智能化光纤在线动态监测的闭环结构。

1.2.3 系统功能实现

本文提出的系统可以实现的功能如下:

1)及时准确地报送故障推文,同步显示出准确光缆故障点,帮助运维人员快速地对故障进行分析与排除,有效降低事件发生所带来的影响。

2)系统能定期对光纤网路进行实时巡检,以便及

时捕捉链路的光通量情况,纠查出微弱的信号源差异表现。尤其是针对运营时面临的诸多问题,系统允许进行选择测试、周期性测试、针对干扰因素的防御测试,从而起到一定的预警作用^[9]。

3)系统提供可视化分析界面,能直观地看到光缆衰减范围和损耗程度分布的图形;同时,它在误差分析方面有了巨大的改进,能够与历史数据进行实时比较,及时定位光缆线路运行状况,更易于纠错,并便于数据验证。

4)系统具有更智能化的光路保护功能,允许主路光纤线路自动平滑地切换至备用光路,并实现与在线实时监控系统无缝结合,确保整个电力光通信网的安全与稳定运营。

2 实践结果分析

2.1 保护倒换

在一次巡检时,发现某供电局区调通信机房与光纤通信网主节点上的 B 区变电站出现警报,系统显示为“SW 信源弱”。查看报文后发现该通道的收光功率低于预定阈值,无法满足正常电力通信所需。为了防止中断时间过长带来的负面影响及其存在的扩大影响风险,在线监测系统触发快速自愈指令,在 40 ms 内完成了故障线路倒换至备用信道的操作,确保通信业务的正常运行^[9]。

2.2 精准测量

系统应用期间,收到一例平台中心发送的光缆周期性监测与历史数据值比对异常情况的预警信息—发现 C 区二次发电厂的通信光缆中一处纤芯光功率出现衰减。C 区二次发电厂的通信光缆出口的三级塔 A 处为标准损耗值为 -1.436 dB,四级塔 B 处的实测损耗值为 0.261 dB,两者之间差异为 -1.697 dB,反射无效距离为 $1.728 4$ km。通过实测数据中测量值与标准值进行对比发现,在恒定的坡度上出现了一个小的曲线差异处的“峰值”(AB 之间距离)。在系统分析的基础上,对端前侧的反射扰动排除后,经过实地调查和确

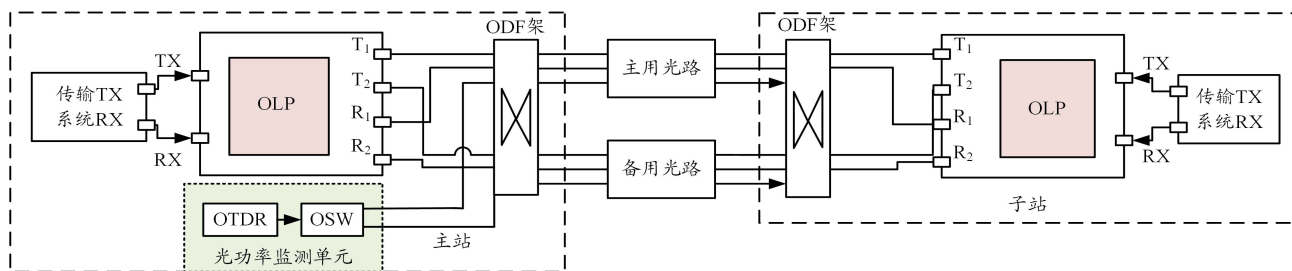


图3 OLP 保护单元结构图

陈峥,吴双,王圣杰,等:基于光功率的智能化光纤在线动态监测系统

认,故障点位于整条光缆的三级塔 A 点与四级塔 B 点之间,测量精确度为 10 m,这是由于光纤接头的接触不良导致的。

2.3 故障处理

本文将传统系统人工维护方式与所提系统智能维护方式的故障处理流程进行对比分析,2 种维护方式流程图如图 4 所示。可以看出,传统系统人工维护方式需要依赖人工测量和传感器布置,工作量大、步骤繁琐且存在一定误差和限制;而所提系统的智能维护方式则根据实时监测光纤中的功率信号微弱变化就可以掌握光纤的每个点位传输情况,从而实现对故障位置精确定位^[11]。

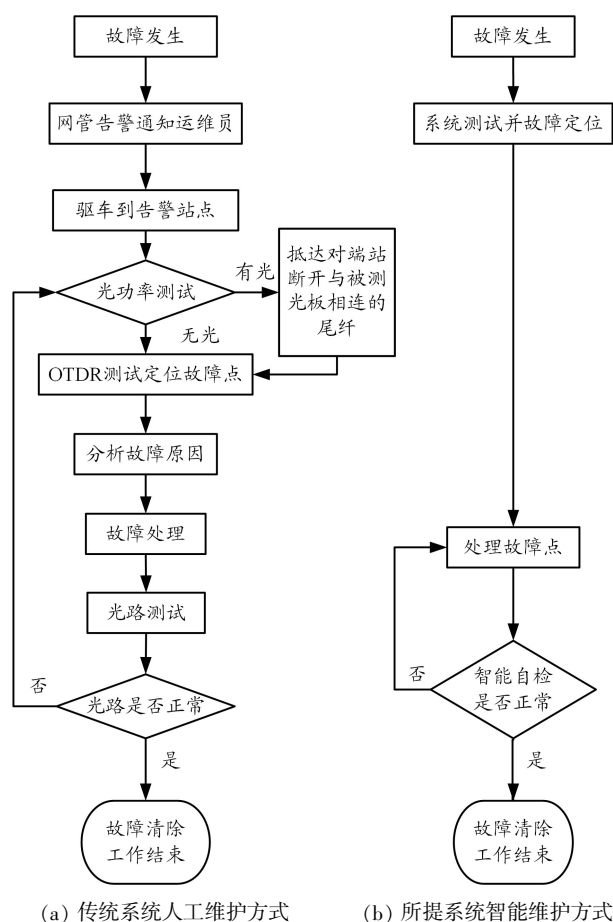


图 4 2 种维护方式的比较

3 结束语

本文提出的基于光功率的智能化光纤在线动态监测系统不但可以对现存铺设的光缆资源进行高效管控,而且能进一步帮助运维人员快速发现和解决故障,提高网络的可靠性和稳定性;有效识别和应对安全威胁,保护电力通信网的安全性;同时,优化链路通光性能和合理利用资源,提高通信效率和质量。光纤在线动态监测系统为电力通信网提供了强大的监测和管理能力,能够适应日益复杂的通信需求和安全挑战。未来,随着技术的进一步发展,光纤在线监测系统应从“被动向主动”和“智能向智慧”方向发展,将在电力通信网中发挥更加重要的作用,推动电力通信网络的创新与升级。

参考文献:

- [1] 李振兴,王朋飞,王新,等. 基于幅值特征和 Hausdorff 距离的配电网故障定位方法[J]. 电力系统自动化,2020,44(7):169-177.
- [2] 王玲,邓志,马明,等. 基于状态估计残差比较的配电网故障区段定位方法[J]. 电力系统保护与控制,2021,49(14):132-139.
- [3] 王毅,李曙,李松浓,等. 基于自校验孪生神经网络的故障区段定位方法[J]. 电子技术应用,2022,48(7):60-66,73.
- [4] 孙春. 光纤在线监测系统的研究与实现 [D]. 杭州:浙江工业大学,2015.
- [5] 张洁龙. 国网宁夏固原供电建成 10G 光纤通信网络[EB/OL]. (2022-09-22)[2023-07-20]. <https://m.bjx.com.cn/mnews/20220922/1256600.shtml>.
- [6] 田洋,潘红. 智能化光纤在线监测系统在电力通信网中的建设应用内蒙古电力技术[J]. 内蒙古电力技术,2015(20):243-244.
- [7] 徐晨. 光缆线路自动监测系统研究 [J]. 工程建设与设计. 2018(22):82-83.
- [8] 李兢,黄坚. 光缆线路自动监测系统研究 [J]. 通信技术,2017,50(4):832-836.
- [9] 朱波,王磊. 光缆监测系统技术及应用[J]. 邮电设计技术,2015(7):57-61.
- [10] 郭利超,马朝霞,周云锋,等. 通信光缆监测管理一体化平台设计与实现[J]. 计算机测量与控制,2022,20(8):2213-2216.
- [11] 李燕,龙洋. 电力系统通信技术[M]. 北京:中国电力出版社,2016.