

光缆线路自动监测及管理系统设计方案

池瑞军¹, 胡封东¹, 杨芳利², 张自雨², 魏明霞², 裴孟翔²

(1. 许昌电业局, 河南 许昌 461000; 2. 许继昌南通信公司, 河南 许昌 461000)

摘要: 介绍了光缆线路自动监测及管理系统的开发背景, 阐述了系统设计方案。系统采用光功率触发 OT-DR 测试的设计方案, 实现真正意义上的实时监测。针对光缆线路情况, 系统设计出多样化的测试方式。软件方面, 系统采用完全面向对象的设计思想, 完全图形化的操作界面。应用先进、成熟的软件技术增强系统开发和维护能力。介绍了硬件、软件各模块详细设计及系统特点。

关键词: 光缆网络; 光时域反射测试; 实时监测

中图分类号: TN913.7 **文献标识码:** B **文章编号:** 1003-4897(2004)17-0067-03

0 概述

随着光纤通信技术的发展, 光缆传输网的大规模建设, 光纤通信在通信的各个领域中起着愈来愈重要的作用。与此同时, 光缆的维护与管理问题也日渐突出。随着光缆数量的增加以及早期敷设光缆的老化, 光缆线路的故障次数在不断增加。传统的光缆线路维护管理模式的故障查找困难, 排障时间长, 每年因通信光缆故障而造成的经济损失巨大。因此, 实施对光缆线路的实时监测与管理, 以降低光缆阻断的发生率、缩短故障历时显得至关重要。

在此市场背景下, 许继昌南通信有限公司进行了充分的市场调研和用户需求分析, 开发了适合光缆传输网络应用的 GX-3000 光缆线路自动监测及管理系统。光缆线路自动监测及管理系统是一套集光学测量技术、网络通信技术、软件技术以及地理信息系统(GIS)于一体的多学科综合光纤传输网络监测系统。系统能实时监测全网各个光缆段的运行情况, 动态显示光缆线路传输性能的劣化情况, 及时发现光纤故障, 准确定位故障点位置并以多种形式告警, 在 GIS 地图上显示故障地点、距离、性质、所需抢修资料等等。及时发现光缆故障隐患, 预防光缆线路阻断或全阻障碍发生, 大幅度地降低和压缩光缆障碍历时。同时系统能够提供大到光缆网, 小到设备上的每个端子的全面管理, 包括各个局站、机房设备、光缆光纤、传输设备的资源状况等。

1 硬件系统方案

1.1 系统组成

系统是由监测中心(MC)和监测站(MS)两大部分组成。监测中心可级联为省级监测中心 PMC、地区级

监测中心 DMC。1 个 PMC 可以控制多个 DMC, 1 个 DMC 可以和多个 MS 相连。根据用户需要还可增设各级监测终端(MT), 如: 部监测终端(MMT)、省监测终端(PMT)。各部分通过 TCP/IP 协议, 采用数据通信网——DCN 网、DDN 网、分组交换网等方式连接。当数据通信网络不通时, 系统自动切换到备用的公用电话拨号网络进行连接。如图 1 所示。

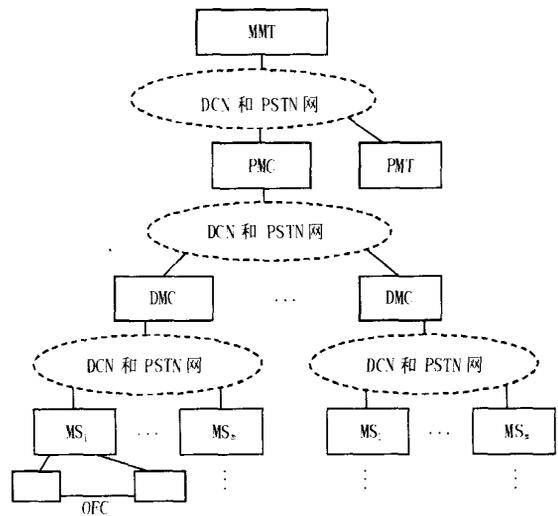


图 1 系统结构图

Fig. 1 System architecture

1) 监测中心

监测中心主要由服务器、监测工作站、路由器等设备组成一个监控局域网。服务器上运行 SQL Server 数据库服务、Web 服务以及光缆监测服务(包括数据分析与处理服务、通信服务等), 工作站上运行监测系统客户端程序, 提供人机接口, 实现对光缆的监控和管理, 完成整个光缆网络的监测维护操作。

2) 监测站(MS)

监测站完成采集所有光路的实时光功率值,并上传给中心,执行监测中心下发的各种测试命令,驱动 OTDR 及光开关完成测试,并回传测试曲线数据。监测站由监测主机(工控机)、OTDR 模块、程控多路光开关、光功率监测单元等其他设备(如:WDM、FL-TER)组成。

1.2 硬件实现

光纤监测是利用光时域反射(Optic Time Domain Reflectometer, OTDR)对光缆线路进行测试得到故障点位置及线路信息。OTDR 发射不同于通信传输波长的检测光信号,由 WDM 复用到传输网的光纤中,测试得到监测光纤的背向散射曲线,此曲线不仅反映了光波在传输过程中的正常衰耗,也可以精确地反映光纤的物理接头、弯曲断裂等特征,得到故障点的准确定位。同时通过对长期特征数据的分析,可确定光纤的劣化程度,以提前预防突发事件的发生。

每个监测站要监测该站的几十条甚至数百条光缆,即使 OTDR 不停地循环监测,当监测到某缆的故障,时间延迟仍有几十分钟。而且,每时每分不停地循环测试,将导致监测设备和光开关老化,严重影响使用寿命。因而,单一使用 OTDR 循环监测不是理想的方案,必须引入告警监测模块。系统采用光功率触发 OTDR 测试的设计方案,首次将光端机收光功率的变化纳入监测范围。通过光功率采集单元对被测光纤的光功率进行采集,当收光功率变化超过告警门限时,光功率监测控制模块立即将告警信号传送到 RTU(工控机),使之自动启动 OTDR 及光开关进行故障定位测试,OTDR 发出的测试光通过程控光开关和 WDM(波分复用)加到被测光纤上进行测试。在被测光路的末端通过滤波器将测试光滤掉,以免其进入光端机影响正常通信。同时将测试的曲线数据上传监测中心,监测中心进行曲线分析,得出故障点的定位信息、故障点类型、告警级别,并结合地理信息系统(GIS)和全球卫星定位系统(GPS),在各级监测中心的监控屏幕上以地图的形式准确地显示出光缆的路由和故障点位置;并用多种方式告警,包括在各级监测中心发出声光报警,自动拨叫值班电话和发送手机短信等。真正做到了变被动维护为主动维护。

光功率监测不但监测光纤特性的衰耗而且监测发送端输出功率的衰减,扩大了监测范围,大大降低了造价。光功率监测只有在确定有可能存在光缆故障的前提下,即光功率达到一极告警才启动 OTDR 测试,大大减少了 OTDR 使用次数,延长了设备的使

用寿命。

光功率告警模块不是很复杂,可靠性较高,无须增加维护设备,与光纤的全程衰耗相比,其介入衰耗也可忽略。由于其高灵敏度和高速的特性,它能够以微秒的速度跟踪通信系统的状态,从而实现真正意义上的实时监测。

1.3 组网方案

根据光纤网络的长度和线路的拓扑结构,结合 OTDR 的监测距离,可以将网络监测分为一般网路监测、分歧网路监测、长线网路监测。对于长线路光缆,设置一个监测站对其进行专门监测;一般网路,则跨站设置监测站,跨站的个数由 OTDR 的监测距离决定;而对于有分支的光纤网路,为了减少 OTDR 的使用量,当 OTDR 监测范围还未用尽时,特在分歧点处设置级联光开关,以把上级监测站发来的监测光分配到被测光纤段中。

针对光缆网络的资源情况和城域网距离短等情况,系统设计了多样化的测试方式:在纤监测、备纤监测、跨接测试技术、光功率在纤监测与 OTDR 备纤测试相结合的方式。根据网络的拓扑结构、光纤线路的长度和光缆的资源利用情况,结合 OTDR 的监测距离,选择不同的监测方式。设置监测站及设备数量,以最小的投资、最合理的方案完成所有光缆线路的监测。

2 软件设计方案

本软件系统根据开放性、可扩展性、易维护性的设计原则,对系统进行合理的划分,对各个组成部分在整个系统中的位置以及相互之间的交互进行合理的安排,从而便于各个具体功能的实现。监测中心软件系统采用 C/S 结构与 B/S 结构相结合的方式。C/S 结构的系统主要用于控制中心,使操作员对光缆进行全面监控和测试;B/S 结构的系统主要用于满足管理人员、远程或移动用户对监测系统的访问要求。

从总体上划分为服务器端软件和客户端软件,服务器端软件主要提供监测服务,包括通信、规约解析、数据分析、告警处理、Web 服务等模块。客户端软件提供界面显示与操作功能,包括一系列相互联系又相对独立的软件模块,通过整合实现界面程序的完整功能。

在本系统的软件开发中,应用先进而又成熟的软件技术:组件技术和 OO 技术。

1) 组件技术

基于组件的软件开发致力于通过组装现有软件组件的方式来建造大型软件系统。增加系统的灵活性和可维护性,这种方法可以降低软件开发成本,加快系统生成的速度,减轻大型系统支持和升级所带来的维护负担。面向组件的分析和设计(组件化程序设计技术)更加注重应用系统的体系结构、总体和全局。这就要求我们从应用系统的全局出发,构造合理的体系结构,将应用划分为独立的逻辑组件,而且这种划分既要尽可能符合系统的应用逻辑和业务要求,还要具备独立性、通用性、适应性等特性。至于某个具体组件的设计,仍然需要采用结构化程序设计或面向对象的程序设计技术。组件技术强调基于复用的开发方法,设计出高质量的通用组件,既满足当前目标系统的需要,同时也能够方便地为其他应用系统所使用。

2) OO 技术

OO 技术以对象作为最基本的元素,它将软件系统看成是离散的对象集合。一个对象既包括数据结构,也包括行为。一般情况下,一个对象与现实世界的一个事物相对应。对象技术的最大优点是帮助分析者、设计者及用户清楚地表述概念,互相进行交流,并作为描述、分析和建立软件文档的一种手段。显然,这将大大提高软件的易读性、可维护性、可重用性,进而使得从软件分析到软件设计的转变非常自然,因此可大大降低软件开发成本。另外,OO 技术中的继承、封装、多态性等机制,直接为软件重用提供了进一步的支持。OO 技术开辟了通过有效的软件重用来达到提高软件生产率的新篇章。

采用这两种技术使系统更具有合理性、灵活性和可维护性。整个系统软件分为以下功能模块。软件功能模块图如图 2 所示。

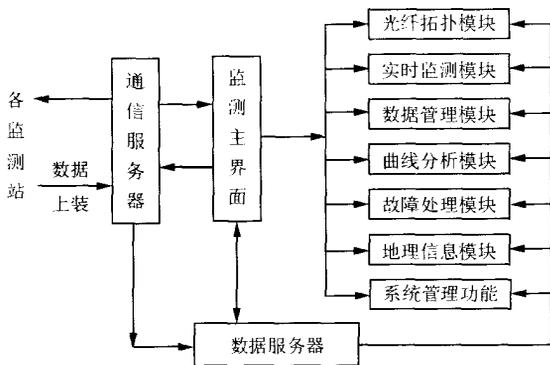


图 2 软件功能模块

Fig. 2 Software design of functional module

光纤拓扑模块:包括整个光缆网络拓扑结构及

光缆线路的实时状态,包括图形编辑器;实时监测模块:包括光功率实时监测和测试两部分;曲线分析模块:实现了 OTDR 曲线分析功能;数据管理模块:系统数据库的管理、维护及用户所有的修改、操作;地理信息模块:系统提供地理信息定位和管理功能;故障处理模块:过滤分类告警事件,自动生成告警报告及所有故障处理;管理功能模块:具备安全管理、故障管理、性能管理、配置管理及网络资源管理功能等。

3 系统特点

系统采用完全面向对象的设计思想,在通信设备、通信系统的描述方面采用了对象化数据定义方法。在系统图形界面的设计上采用了对象化图形方式,即将图形元素与图形元素的组合定义成图形对象。

完全图形化的操作界面,以图形化的方式实时显示光功率值,且能在图形界面进行测试操作。Web 浏览器风格的用户界面。灵活方便的绘图系统和强有力的系统开发和维护能力。

系统使用 GIS 地理信息化系统开发地理化通信网络系统图;利用 Web 技术通过 Internet 来管理系统。全面、强大的管理功能:网络资源管理及传输设备、局站、机房管理等。

系统实用的断纤拓扑调度功能和光缆性能评估能力为光缆网提供决策依据,大大提高监测的实时性和可靠性。动态显示网络实时数据,图形操作界面一目了然。变故障被动寻找为报警主动通知,极大地压缩了光缆故障历时;化被动维护为主动预警,避免了隐性故障造成的损失。

分级体系优化用户投资,模块结构方便按需扩容。彻底改变光缆维护模式,大大降低了光缆维护的设备损耗和运行费用。

4 结束语

本文介绍了光缆线路自动监测及管理系统的设计方案,目前此系统已通过国家信息产业厅鉴定,并获得国内同类产品领先水平,主要技术指标达到国际同类产品的先进水平的良好评价。随着光纤网络的飞速发展,光缆线路监测的重要性将更加突出,也使光缆线路监测与管理系统成为一个新亮点而得到空前的发展。光缆线路监测及管理系统也将在技术上不断完善,更好地服务于传输网。

(下转第 74 页 continued on page 74)

口电路本身的特性。针对电路的可能的弱点,估计最大的浪涌电流并留有足够的裕量,选择合适的瞬态抑制器。要兼顾经济性和可靠性,并且重视共模骚扰的抑制。

参考文献:

- [1] 500 kV 变电所保护和控制设备抗扰度要求 (Immunity Requirement for Protection and Control Equipment in 500 kV Substation) [Z]. 2000.
- [2] IEC Immunity Standards 1000-4-5,浪涌冲击抗扰性试验 (Surge immunity test) [S].
- [3] Dev Paul. Low Voltage Power System Surge Overvoltage Protection[A]. Industrial and Commercial Power Systems Technical Conference. 2000. 21-29.
- [4] Chiste A, Funke J. Electronic Systems Protection via Advanced Surge Protective Devices[A]. Telecommunications Energy Conference. 2002. 22-26.
- [5] Emeler K, Pfeiffer W, Schoen D, et al. Surge Immunity of Electronic Equipment [A]. International Symposium on Elec-

tromagnetic Compatibility. 1999. 90-93.

- [6] 韩青 (HAN Qing). 瞬态脉冲骚扰及抑制方法 (Transient Pulse Disturbs and Its Suppressive Technology) [A]. 电力系统电磁环境与电磁兼容学术研讨会论文集 (Proceedings of the Conference on EM Environment and EMC), 2002. 102-107.
- [7] 钱振宇 (QIAN Zhen-yu). 瞬变电压吸收器件 (Transient Voltage Absorber) [J]. 上海电器技术 (Shanghai Electric Appliance Technology), 1995, (4): 27-36.

收稿日期: 2003-11-15; 修回日期: 2003-12-22

作者简介:

张三庆 (1973 -), 男, 硕士研究生, 研究方向为电力系统电磁兼容; E-mail: ziyi-yun@163.com

古雪松 (1961 -), 男, 实验师, 主持电磁场与电磁兼容实验室工作;

崔翔 (1960 -), 男, 教授, 博士生导师, 主要研究方向为电磁场理论及其应用、电力系统电磁兼容、光纤传感技术等。

Measurement and prohibition of surge on microprocessor based protective relay

ZHANG San qing, GU Xue song, CUI Xiang

(North China Electric Power University, Baoding 071003, China)

Abstract: This paper makes an analysis of the characteristic of the surge disturbance. A number of Surge Protective Devices (SPD), such as gas tube arresters, metal oxide variators, transient voltage suppressors (TVS), are tested. And their main technical parameters, including response time, the level of the residual voltage, maximum peak pulse current and life times, are compared. Consequently a series of tests are performed on a microprocessor based protective relay taking account of the standard of IEC 61000-4-5. Then the responses of surge disturbance on each port of the relay are measured. According to the analysis of the data gained, some advice is put forward to restrain the surge disturbance. Diverse protective measures should be taken since the surge disturbance applied on each port differs and the circuit characteristic of each port varies.

Key words: surge disturbance; protective relay; port; EMC

(上接第 69 页 continued from page 69)

参考文献:

- [1] YDN 010-1998, 光缆线路自动监测系统技术条件 (Optical Cable Auto Monitoring System Technique Qualification) [S].

作者简介:

池瑞军 (1971 -), 男, 工程师, 从事光缆监控方面的应用研究;

胡封东 (1971 -), 男, 工程师, 从事光缆监控方面的应用研究;

杨芳利 (1974 -), 女, 工程师, 从事电力通信网监控和光缆监控方面的产品研发。E-mail: fangliyi@xjgc.com

收稿日期: 2004-02-06; 修回日期: 2004-02-25

The design of optical cable auto monitoring and management system

CHI Rui-jun¹, HU Feng-dong¹, YANG Fang-li², ZHANG Zi-yu², WEI Ming-xia², PEI Meng-xiang²

(1. Xuchang Electric Power Bureau, Xuchang 461000, China; 2. Changnan Communication Company, Xuchang 461000, China)

Abstract: This paper expounds the development background and its design scheme of optical cable auto monitoring and management system. The proposed system adopts the design of the light power spring OTDR test, which makes system monitoring realtime. Aiming at fiber optical cable's status the system includes manifold test modes, the software which possesses perfect object-oriented software design and graphical interface adopts advanced technique for system development and maintenance. The paper relates the designs of hardware and software module and system characteristics.

Key words: optical cable network; optical time domain reflect testing; real-time monitoring