

设计与制造

电力通信光纤远程切换及自动轮询监测系统设计

刘永彤

(厦门电力工程集团有限公司远程通信分公司 361000)

摘要:现阶段,电力成为重要能源之一。为了保证各行各业电力需求,电力智能化发展成为重点。变电站作为电力系统的重要组成部分,是电力通信信号的重要传输节点,通过该区域的物理层光纤跳接,满足设备通信需求。在现代化技术支持下,变电站智能化水平日益提升。然而,变电站分布较为广泛,远程光纤切换或者监测需要耗费更多人力、物力、财力等提供支持。针对这一现象,文章提出一种电力通信光纤切换及自动轮询监测系统设计思路,以光开关技术为基础,实现智能切换,并为自动轮询监测目标实现提供支持。旨在为我国电力通信管理安全性和可靠性提升提供更多支持。

关键词:电力通信;光纤切换;自动轮询监测;系统设计;光开关技术

Abstract: At this stage, electricity has become one of the important energy sources. In order to ensure the power demand of all walks of life, the intelligent development of power has become the focus. As an important part of the power system, the substation is an important transmission node of power communication signals, and meets the communication needs of equipment through the physical layer optical fiber jumping in the area. With the support of modern technology, the level of intelligence of substations is increasing day by day. However, substations are widely distributed, and remote fiber switching or monitoring requires more manpower, material resources, financial resources and other support. In view of this phenomenon, this paper proposes a design idea of power communication optical fiber switching and automatic polling monitoring system, which is based on optical switch technology to realize intelligent switching and provide support for the realization of automatic polling monitoring goals. It aims to provide more support for the improvement of the safety and reliability of China's power communication management.

Key words: power communication; Fiber switching; Automatic polling monitoring; system design; Optical switch technology

引言:电力系统中,变电站发挥重要作用,是保证电力通信的重要节点,随着电力智能化发展,电力通信设备也不断优化,但光纤跳纤工作仍依靠人工开展,再加上,为了保证各区域电力供应,变电站分布较为分散、广泛,光纤网络结构较为复杂,一旦出现故障,则需要人工前往故障区域人工跳纤,排除故障之后需要再次人工移除临时跳纤,这种方式已经无法满足时代发展需求。并且随着电力通信系统的不断发展和扩张,其对可靠性和稳定性的要求也日益增加。故障发生时,电力通信系统的迅速切换和实时监测变得至关重要,是保障电力设备的正常运行和电力供应连续性的关键。基于此,为了满足上述需求,借助先进技术,构建智能化系统,实现电力通信光纤远程高效切换和自动轮询监测有积极作用。

1 研究内容概述

变电站是电力系统中不可或缺的部分,其发挥电力调控、电力通信、电力质量改善等作用。其中电力通信方面,光纤是基础,现阶段,业务光纤已经实现远程监控,但故障发生时,仍需要人工前往故障发生点,人工排除故障,且对于未接业务的空余纤芯无法实现远程在线监控,这无形中埋下安全隐患。基于此,本文以光开关技术为基础,基于其逻辑原理,提出一种32进纤和32出纤之间的光路切换方式,并依托其实现32纤芯自动轮询监测。确保故障发生时,临时跳纤可以尽快形成光纤网络结构,故障恢复后,可以高效实现光纤自由跳接,迅速切换为原有光纤网络结构。监测单元实时监测各纤芯连接状态(包括已接光纤和空余光纤),一旦出现故障,系统可以自动示警,确保光纤资源实现智能化配置和简化人工管理难度。

2 系统结构设计

2.1 需求分析

需要实现如下三项功能:第一,实现光纤资源远程管理。可以自动将光纤损耗参数、跳接资料等上传服务器,保证光纤资料完整、精确保存在数据库中,便于随时查阅。第二,实现光纤资源远程调配。可以实时监测光纤状态,并在故障发生时,确保临时光纤可以形成临时光纤网络结构,当故障恢复后,可以迅速切换为原有光纤网络。第三,具备实时监控光纤运行状态的能力^[1]。

2.2 主要结构组成

设计的系统结构如下图1所示。结合图1来看,主要包括四大模块,分别是主控电路模块、光时域反射模块、光开关切换控制电路模块和电源管理模块。四个主要模块依靠现场总线技术实现连接,实现工程集成和一体化管控。通过规范输入指令,便可以操纵系统实现光纤切换和自动化监测。

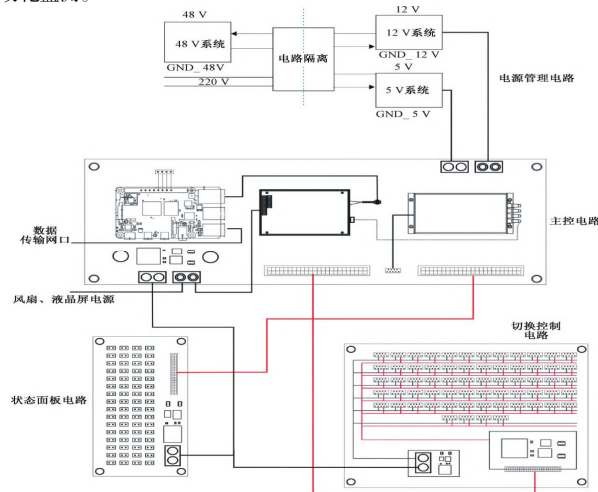


图1 系统结构图示

2.2.1 主控电路模块设计

其主要功能是保证光路运行状态,即使电源等出现故障,电力通信仍可以稳定进行,不会出现中断等威胁。在架设该模块时,以32路机械式光开关为基础,该设备具备掉电锁存功能,其可以满足上述需求,就算电源暂时出现问题也不会影响光路运行。在设计时,出于简单、便于操作等功能需求,采用现场可编程门阵列(Field-Programmable Gate Array, FPGA)设计9路IO接口控制信号^[2]。

2.2.2 光时域反射模块设计

设计方案中,基于光开关切换技术的光纤远程切换,需要光时域反射模块提供支持,除此之外,该模块还发挥确保自动轮询监测功能得以实现的作用。因此,在设计阶段,主控电脑、光时域反射模块需要保持

连接, 光时域反射模块的 RJ45 口是与主控电脑连接的接口, 与光开关连接依靠 1*32 连接。其中主控电脑发挥编写程序、确保其完成测量的作用。

依托该模块手动测量过程如下: 主控电脑以预先程序为基础, 驱动 1*32 路光开关, 切换到需要测量的纤芯位置, 返回执行命令信息。然后主控驱动光时域反射模块激光器发挥作用, 发射 1310~1550 波长范围内的激光, 此时光时域反射模块主控接收返回的光信号, 解析返回给主控电脑, 最后, 主控电脑存储并分析接收的信号, 并将检测获得的信息直观化展示。如采用自动测量模式, 仍按照上述步骤进行, 无需人工调整其中细节, 整体全部依靠程序设定进行。

2.2.3 光开关切换控制电路模块设计

光纤远程切换采用光开关阵列模型, 设计方案中采用 64 组 1*32 路光开关, 通过阵列模型, 实现 32 芯进出光纤自由切换。32 进纤端共有 32 个 1*32 光开关, 32 出纤端也是如此, 由 32 个 1*32 光开关组成。整体依托光开关阵列, 按照如下格式排列: 第一个进口是一个 1*32 光开关, 保持单端口进入, 从 32 端口出, 而 32 端口分别连接到出纤端各光开关接口, 依次实现光纤跳接。以此类推, 第二个进口端、第三个进口端等均为 1*32 光开关, 每个端口的出口连接到出纤端的 32 路光开关接口上, 最终便可以实现整体光纤跳接^[3]。其整体逻辑如下图 2 所示。

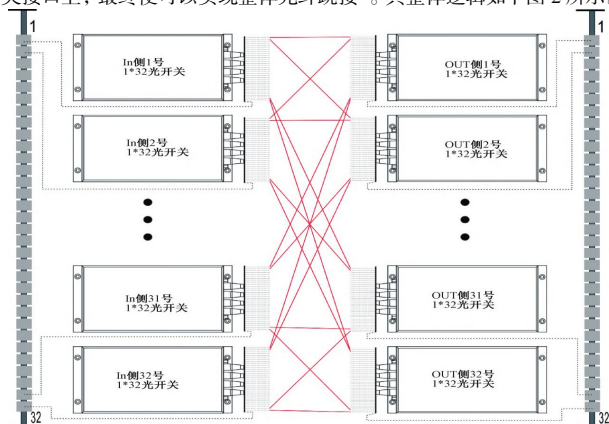


图 2 光开关切换控制电路模块设计逻辑运行图示

2.2.4 电源管理模块

基于该装置的重要性, 其需要具备长期稳定运行能力, 因此, 在设计过程中, 为了降低电源风险干扰, 设计双路供电方式, 且设计互为备份的电源分配单元, 其中供电端子极为重要, 在设计时, 供电端子的第一路供电端和监控模块 1 的主路进线端和监控模块 2 的备份进线端连接在一起, 供电端子的第二路供电端和监控模块 1 的备份进线端和监控模块 2 的主路供电端连接在一起, 监控模块 1 的出线端子和插座模块 1 的进线端子连接在一起, 监控模块 2 的出线端子和插座模块 2 的进线端子连接在一起。光路自动切换阵列和轮询检测系统该结构设计, 有效保证一套电源分配单元可以分为两路电源为系统供电, 避免其中 1 条线路出现问题时, 另一条线路仍可以正常发挥作用。

2.3 系统电路设计

该系统设计过程中, 光开关是重要部件, 应用的 32 路光开关具备掉电锁存功能, 也就是在电源由于意外情况干扰, 突然出现故障时, 系统仍可以发挥效用。避免对电力通信产生影响。32 路光开关需要 9 路 IO 接口实现信靠控制, 为了简化电路, 采取 FPGA 设计方法进行思考^[4]。

电路设计中以 EP4CE10E22C8 作为控制模块的主控芯片, 该芯片具备 91 个通用 IO 接口, 足以满足需求, 其中 2 个设计为串口, 其他接口可以实现控制 9 个光开关的目标。同时, 为了保证电路板硬件一致性, 每个控制模块只负责控制 8 个光开关, 共应用 72 个 IO 接口, 拓展 2 个串口。另外, 设计中以 C8051F060 作为 OTDR 模块的控制芯片, 从而确保光时域反射模块功能得以发挥。并且考虑到系统稳定性需求, 在其中增设电压监测部件, 整体电路设计如下图 3 所示, 依托该部件, 实现

电压异常数据自动记录和及时反馈。

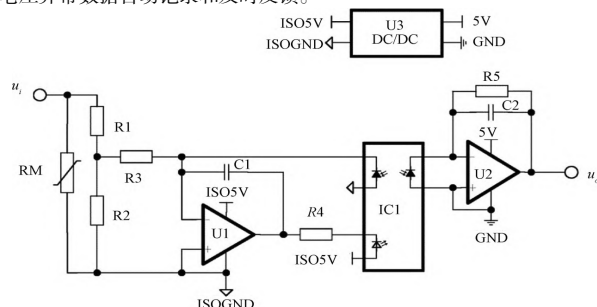


图 3 电压采样监测电路图示

2.4 应用协议设计

该部分内容主要负责确保系统可以精准接收指令, 准确执行任务。为了达成这一目标, 针对主控制器依托应用协议设计指令, 主控制器接收的光纤路依靠指令进行识别, 所谓的指令就是按照一定算法分解的信息, 想要实现光开关智能控制, 需要保证指令可以细化分解, 具体到光开关控制模块。

主控制器接收的命令为光纤上传的修改指令, 不同光开关的状态合成的指令存在差异, 因此, 预先对每个光开关进行编码, 便可以通过接收的指令分析编码, 从而了解其具体状态。

设计中, 对光开关相应控制模块进行编辑, 按照 modbus 协议封装, 采用 6 号指令代码下发, 每个控制模块控制 8 路光开关, 以 4 个一组为标准、连续的寄存器为控制寄存器, 每个控制寄存器可以控制 2 个光开关, 此时便可以根据接收的指令信息从而准确切换光开关^[5]。

控制模块收到 16 号协议指令, 确定其发送对象, 确定后结合控制寄存器的新值, 对光开关进行设置, 然后将其返回给主控制器, 而光时域反射模块控制器接收指令信号后, 实现模块初始化, 然后监测光纤状态, 接收返回数据并以 16 号命令将数据发送给主控制器相应寄存器, 此时操作完成。

3 系统功能设计

远程监测系统的主要功能包括光路巡检、确定故障点等, 除此之外, 还具备对光芯远距离跳接、便于运行人员维护维修的作用。具体来看, 系统功能需要包括以下几方面: 第一, 光纤远程跳纤监测。以设计的系统为基础, 确保电缆布线实现智能化切换, 具备远程操控功能, 可以由运行人员远程操控关系概念, 实现任意两光纤的跳接。如果光纤出现故障, 可以自动判断实际情况, 选择最优解决方法, 并快速完成光纤切换, 尽可能避免影响电力通信^[6]。第二, 光纤轮询监测和自动数据采集。传统模式下, 相关数据需要工作人员携带相关设备, 前往变电站内, 实地监测收集相关数据, 由于数据量庞大、复杂, 往往一个区域需要 3~5 天时间才能完成, 偏远地区由于地理和环境因素限制, 收集时间会再次延长, 且存在很多安全隐患, 而借助系统, 可以依托光纤衰减和光路路由信息, 自动收集数据, 通过预先设定, 自动化定义光巡时段, 对链路进行周期性巡查, 从而大幅度提升信息准确性和安全性、排除潜藏风险。第三, 故障定位。通过光时域反射模块可以更为准确判断故障发生点, 并及时示警, 提醒相关人员尽快处理^[7]。

4 应用案例分析

为了证明该系统的有效性和科学性, 再次以某公司为例, 该公司在近期安装了光纤远程切换及自动轮询监测系统之后, 下属某变电站光缆通道出现故障, 依托该系统辅助完成应急抢修任务, 其具体情况如下: 在 2023 年 1 月 12 日, 公司值班人员发现 A 变电站发生站点丢失故障, 其光缆拓扑结构如下: A 站点通过 A 站点—B 站点 24 芯全介质自承式光缆的 1、2 芯跳接至 B 站点—C 站点的 1、2 芯连接至 C 站点设备。

发现故障之后, 相关人员立刻依靠监测系统识别故障发生位置, 最终发现是 B 站点—C 站点之间出现光纤断点。为了进一步确定故障位置, 对 B 站点—C 站点的第 3、4 光纤位置进行测试, 最终结果证明一切正常。基于此, 可以判断故障发生区域, 此时发挥系统优势, 将断裂的光纤断开, 将业务光纤跳接到第 3、4 光纤上, 将 B 站点侧 C 站点至 A 站点的业务光纤跳接到 C 站点—B 站点光缆第 3、4 纤芯上, 此时业务恢复正常。

结合上文这一案例分析，其应用效果如下表 1 所示。最终发现该系统具备可以高效保证电力通信安全性和稳定性，具备实用价值。

表 1 应用效果总结表

优点	具体效果
缩短光缆跳纤时间，提高维护效率	原来需要人工进行跳纤，往往需要几个小时才可以恢复业务运行，但现在依靠系统，20 分钟左右，就可以完成跳纤工作，完成业务运行
缩短光缆故障处理时间	系统检测到故障时，会立即将相关信息反馈到网管系统中，进而向值班人员示警，此时工作人员可以快速做出相应。同时借助系统运维人员可以手动完成光纤远程切换或者发挥系统优势，自动化切换，这可以大幅度缩减故障处理时间
提升光缆资源管理能力	系统可以实时监测光纤运行状态，从而为运维人员进行光缆资源管理和配置提供参考

结语

综上所述，本文结合现阶段电力通信实际情况，提出一种电力通信光纤远程切换及自动轮询监测系统架构设计思路，为电力通信系统可靠、稳定运行提供了一种可行路径。构建的系统以光开关为基础，充分发挥了光纤通信技术的优势。为了验证该系统的科学性和有效性，以实

际应用案例为基础加以验证，最终结果表明，通过远程切换和实时监测功能，能够有效应对电力通信故障，提高了电力通信系统的稳定性和连续性。

参考文献：

[1]路成龙.同步数字体系光纤通信通道保护环在电力系统中的应用[J].上海电气技术,2022,15(4):6-9+30.
[2]于海广,闫继龙,郑岩.电力通信光缆常见故障处理及维护方法[J].吉林电力,2022,50(6):52-54.
[3]王晓军,尹卿,田锦华等.基于业务的电力通信网关键点识别[J].电力大数据,2022,25(12):18-27.
[4]朱健.电力信息通信一体化运维体系分析[J].电子技术,2022,51(12):308-309.
[5]杨宁.电力通信光缆大数据分析平台案例分享[J].中国新通信,2022,24(24):13-15.
[6]任立平,曾思博,刘功贵.基于电力载波通信的助航灯光单灯监控系统研究与应用[J].照明工程学报,2022,33(6):87-92.
[7]梁洪浩,伍少成,王波,等.一种改进的电力通信协议优化方法与应用[J].沈阳工业大学学报,2022,44(6):607-612.

（上接第 155 页）

为推动社会的协调与可持续发展，需要进一步提升整体生产水平，而生产力的整体提升，离不开 TFP 的提升，结合实际的发展需求，给出以下几点建议。

其一是要明确研发与创新的激励方向与方法，政府相关部门一方面要大力鼓励研发，另一方面需要创新更重要的是要让创新落实到实处，相关部门应当将工作重点放在生产一线，了解生产情况与市场需求，针对性促进短期内 TFP 的提升。政府相关部门还应关注专业人才队伍的建设、场地环境的优化、先进经验的学习与借鉴等等，为避免国外采用技术垄断、技术打压等方式威胁我国的经济的发展，更要积极鼓励研发创新，强化产业研发自信。

其二是要重视供给侧支持。要对供给侧结构性改革加以落实，刺激生产力的提升，要实现资源的最优配置，要考量供给侧结构性相关的劳动力、土地、资本、创新等要素，保证供给质量，优化流通结构，实现发展目标。

其三是重视扩张性货币政策的运用。研究结果显示，在短期与中期目标下，广义货币供应量能够体现出对 TFP 的正向促进作用，其增长率对企业投资扩大以及研发、创新有利，能够促进全国 TFP 水平的整体提升。

其四是需要重视对利率的控制。实证结果证明了高利率对 TFP 提升的短期与长期影响是负面的。特别是对于中小型企业来说，高利率意味着企业需要面对更大的信贷压力，而研发与创新工作需要以充分的周转资金为支撑。因此为确保 TFP 的中长期提升，利率的调整重要且必要。央行应当以保障市场稳定作为核心目标，为减轻社会企业的信贷压力，应结合实际需求一定程度降低利率。此外，为针对部分长期得不到支持

的弱势领域与企业给予针对性支持，政府可以设立相关的专项基金，也可适当降低创新领域与企业的融资门槛，或是适当增加这类领域或是企业的授信额度，企业的信贷压力小，TFP 才能切实得到提升。

综上所述，当今社会应当认识到，科学采用扩张型的货币政策，对 TFP 起到的促进作用是不容忽视的。无论是出于提升企业生产与经营效率的目的，亦或是出于确保生产资料利用率的目的，扩张型的货币政策都是当前有利的政策^[9]。

结语：

本文结合模型分析，探讨了当前的国内技术发展趋势，总结了货币政策对 TFP 影响的传导机制。在此基础上，通过实证结果的分析以及与实际经济情况的对比，得出了货币政策影响的原理、过程等结论，提出了相应的政策建议，旨在探寻我国新时期经济发展的可行路径，找到促进经济增长的新方法。

参考文献：

[1]周开元,沙德春,花俊国等.货币政策不确定性与农业企业全要素生产率[J].技术经济与管理研究,2023(08):111-115.
[2]项春艳.数字经济发展与企业全要素生产率[D].安徽财经大学,2023.
[3]陈小亮,陈伟泽,陈彦斌.全要素生产率对货币政策有效性的影响研究——理论机制与数值模拟[J].数量经济技术经济研究,2023,40(04):203-224.
[4]薛龙,张雪婷,欧阳志刚.货币政策不确定性与制造业企业全要素生产率[J].金融与经济,2022(02):3-12.
[5]代鹏图.货币政策对全要素生产率影响的动态计量分析[D].吉林大学,2019.