

[智能变电站]

一起智能变电站保护装置过程层网络交叉隐患分析及改进措施

文/杨绍鹏 胡长国
广东电网有限责任公司佛山供电局

过程层网络是智能变电站的重要基础，直接关系到全站数据的采集与断路器控制的可靠性，智能变电站现场大量使用光纤，要求现场对光纤两侧使用的一致性。分析了一起因光纤两侧使用不一致引起的过程层网络交叉隐患，并提出了使用一种基于自同步编码光纤对芯装置的验收方法，提高了验收效率，保证了过程层网络结构的准确性。

智能变电站保护装置采用常规模拟量电缆采样和GOOSE光缆网络跳闸的保护模式。与传统的常规变电站相比，智能变电站采用大量的光纤替代二次回路中的电缆，保护装置、过程层网络交换机和智能终端通过光纤物理连接，实现二次回路的信息传输，通过网络传输开入开出、采样等信息，实现全站信息数字化、通信平台网络化和信息共享标准化的基本要求。智能变电站过程层通信涉及GOOSE网络的实现与智能终端的使用，过程层网络涉及全站的开入量数据和开关的控制，对全站的稳定运行起着重要作用。智能变电站光纤数量众多，光纤链路复杂，给验收、运维带来了新的挑战。在大量使用光纤过程中，难以确保光纤两侧对应，一旦光纤两侧使用不一致，可能造成继电保护装置接收或发出信息不及时，导致保护装置或开关出现拒动作或误动作，存在较大的安全隐患。

智能变电站组网概述及隐患分析

智能变电站网络系统基本遵循IEC 61850标准构建，并将通信网络在功能逻辑上分为站控层、间隔层及过程层，全站的网络架构呈现“三层两网”，站控层网络实现站控层内部及站控层和间隔层之间的数据传输，过程层网络实现间隔层设备和

过程层设备之间的数据传输，如图1所示。“三层两网”是智能变电站的核心架构，站控层和过程层网络独立，报文相互隔离，确保了安全的信息交互和稳定的报文走向。

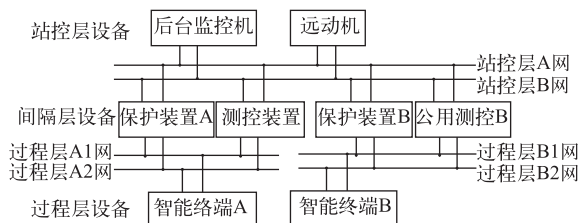


图1 智能变电站的“三层两网”网络架构

根据设计规范要求，智能变电站中保护装置及相关设备（如智能终端、网络设备及跳闸线圈等）均进行双重化配置，110 kV及以上电压等级过程层网络应为每套保护、测控冗余配置双网。GOOSE双网冗余的通信方法要求GOOSE报文的发送方和接收方通过双网相连，两个网络同时工作，GOOSE A、B网变位报文先到就先更新数据，晚到数据丢弃，即正常GOOSE报文情况下，StNum增加，先到数据先处理。因此，网络双重化配置下同一保护装置、智能终端的GOOSE A1、A2网光纤传输的数据完全相同，若同一装置的A1、A2网光纤接线错误造成GOOSE A1、A2网交叉，此类故障在正常情况下不

易被发现。

由于过程层设备与间隔层设备的通信依赖于全站配置描述（SCD）文件中的GOOSE订阅关系，即GOOSE虚回路，虚回路中只描述了GOOSE报文的发送及接收装置，并不包括GOOSE报文实际经过的物理回路（如光纤、交换机等）。当虚回路出现故障时，GOOSE报文接受装置触发GOOSE断链告警，但仅依靠IED端口的报文异常告警并不能诊断异常故障的类型和故障的位置，无法定位造成断链故障的物理节点，不利于网络故障的快速恢复，增大了现场人员的排查消缺难度。出现GOOSE A1网单套交换机网络故障时，由于GOOSE双网冗余配置，保护装置、智能终端等GOOSE A2网单网运行并不影响正常功能，但若此时保护装置或智能终端出现GOOSE A1、A2网光纤接反，现场人员在排查过程中需要拔出GOOSE A1网光纤（实则为A2网光纤），或该光纤同时出现故障，将会造成GOOSE光纤网络跳闸的双重化配置功能失效，在110 kV及以下开关只配置单套保护的情况下，此时电力系统发生故障导致开关拒动作，严重危害二次设备安全可靠运行。

改进措施

上述隐患是由于智能变电站现场使用大量光纤，缺乏准确、便捷的光纤对芯方法，导致光纤两侧使用不一致、标签错误等情况，造成网络交叉。为了确保现场人员在调试验收过程中GOOSE A1、A2网光纤接线正确，且在光缆发生故障时能够快速、准确地定位光缆备用芯，本文提出使用光缆对芯装置进行验收、消缺。

光缆对芯装置包括光源输出端和检测端。光源输出端包括第一电源电路、第一中央处理单元和8路红光输出电路；检测端包括第二电源电路、第二中央处理单元、8路红光输入电路和显示模块。装置系统模块示意图如图2所示。

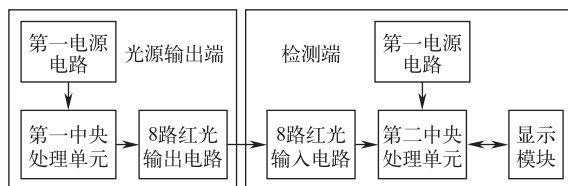


图2 装置系统模块示意图

光源输出端的中央处理单元连接8路红光输出电

路，单路红光输出电路由第一中央处理单元控制，通过三极管驱动激光发射管输出设定编码，输出带有通道信息、时钟信息的自同步编码信号的红光。自同步信息编码流程为：

1) 识别信息确定同步码、标志码和通道编码。同步码为1111，在同步码后增加标志码0，进行8路八通道0、1、2、3、4、5、6、7的编码的二进制编码处理，如图3所示。

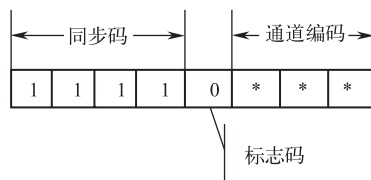


图3 识别信息图示

2) 光源输出端对识别信息进行IEEE 802.4曼彻斯特编码。

3) 编码以同步码的编码信息上升沿确定同步时钟CLK，通过编码信息的两个上升沿之间的时间间隔确定CLK的周期 T ，如图4所示。

4) 8路红光输出模块依次循环发送光码，光码带有时钟、通道信息。

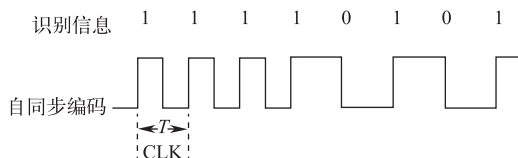


图4 识别信息11110101进行自同步编码示例

检测端的中央处理单元连接8路红光输入电路，单路红光输入电路由激光接收管接收，输出高低电平，连接到第二中央处理单元，进行信息解码识别，通过指示灯同步直观显示接收信息状态，达到判断信息的目的。检测端处于等待接收状态，8路红光输入模块接收识别信息后，对识别信息通过确定同步码、标志码和通道编码进行光码信息解码。等待接收状态中，当接收到一个正跳变时钟时开始记录时间，连续收到3个等间隔跳变，获得间隔时间 T ，识别同步码；再获取到最后正跳变时钟延长 $T/2$ 开始用 T 获取标志码和通道信息编码进行判别，如图5所示。解码完成后，识别光源输出端的红光输出通道，进行对芯分析。

（下转第109页）

参考文献

- [1] 刘希峰, 安滨, 陈彬彬, 等. 1 000 kV特高压泉城站主变压器特点解析[J]. 山东电力技术, 2017, 44(2): 37-42.
- [2] 余昌佳. 变压器局部放电超声波信号分析与定位研究[D]. 南京: 东南大学, 2019.
- [3] 刘鹏华, 刘华臣, 崔家祥, 等. 特高压站换流变压器油色谱异常故障分析及处理[J]. 内蒙古电力技术, 2021, 39(5): 40-43.
- [4] 贾骏, 陶风波, 杨强, 等. 复杂多径传播条件下变压器局部放电定位方法研究[J]. 中国电机工程学报, 2022, 42(14): 5338-5348.
- [5] 张超, 刘国强, 芦竹茂, 等. 特高压交流变压器噪声干涉及衰减特性[J]. 高压电器, 2022, 58(10): 1-7.
- [6] 杨玥, 康琪. 变压器在线油色谱异常状态快速辨识边缘装置关键技术研究[J]. 内蒙古电力技术, 2022, 40(2): 50-56.
- [7] 杨玉新, 杨海超, 姚谦. 特高压变压器出线装置的结构及故障分析[J]. 变压器, 2020, 57(12): 32-35.
- [8] 刘泽洪, 卢理成, 周远翔, 等. 变压器升高座区域电弧故障与压力特性研究[J]. 中国电机工程学报, 2021, 41(13): 4688-4698.
- [9] 池明赫, 夏若淳, 罗青林, 等. 油纸绝缘典型缺陷局放特性及缺陷类型识别[J]. 电机与控制学报, 2022, 26(02): 121-130.
- [10] 谈翀, 杨在葆, 韩凯, 等. 一例1000 kV单相自耦变压器局部放电故障的诊断与分析[J]. 变压器, 2021, 58(7): 59-62.
- [11] 张翰林, 李祎春, 陈应龙, 等. 大型变压器绝缘件监造典型案例剖析[J]. 电气应用, 2021, 40(10): 66-69.

(上接第97页)

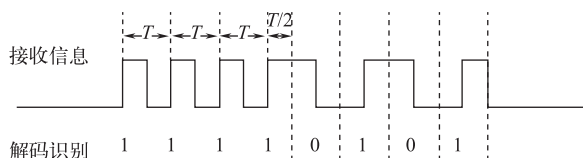


图5 识别信息11110101进行自同步解码图示

该装置可同时接入若干光纤, 进行多种光纤接口的转换, 适用于变电站内各种类型的光纤接口, 光源输出端和检测端无线通信进行对芯识别, 现场使用过程中只需一人即可完成对芯, 在一侧接好线后, 调试人员只需位于另一侧即可完成检测和查看多条光纤的对芯结果, 在提高工作效率的同时, 保证了现场光纤使用的准确性。

结束语

本文通过智能变电站的网络结构, 分析了因两侧光纤使用不一致造成的过程层网络交叉隐患, 提出了用光纤对芯装置进行验收的改进方案, 提高了光纤接线的准确性, 保证了网络结构的正确性, 避

免了因网络交叉、网络故障造成的断路器拒动作情况的发生, 保障了电力系统的安全稳定运行。EA

(收稿日期: 2023-08-10)

参考文献

- [1] 樊陈, 倪益民, 窦仁辉, 等. 智能变电站过程层组网方案分析[J]. 电力系统自动化, 2011, 35(18): 67-71.
- [2] 罗凌璐, 彭奇, 王德辉, 等. 智能变电站过程层网络监控方法[J]. 电力系统自动化, 2018, 42(11): 151-156.
- [3] 李颖, 王维权, 张良, 等. 保测合智纵向集成的智能变电站过程网故障诊断与定位方法[J]. 机电工程技术, 2023, 52(5): 77-80, 127.
- [4] 牛亮, 王沙沙, 李满春, 等. 智能变电站二次回路故障智能诊断技术研究[J]. 电气应用, 2022, 41(3): 22-27.