鲁西换流站监控 LAN 网架构及冗余化配置分析

Analysis on LAN Network Architecture and Redundancy configuration of Luxi Converter Station

吴建山

Jianshan Wu

南方电网有限责任公司超高压输电公司天生桥局 中国·贵州 兴义 562400

Tiansheng Bridge Bureau, Ultrahigh voltage Transmission Company, China Southern Power Grid Co.,
LTD., Xingyi, Guizhou, 562400, China

摘要: 建立在 IEC 61850 标准和通信规范基础上的高压、超高压换流站。监控 LAN 网承载着间隔层设备与站控层设备的数据交互。监控 LAN 网设备运行的稳定性决定着换流站监视控制功能的可靠性。鲁西换流站监控 LAN 网架构及冗余化配置分析,旨在提高换流站监控 LAN 网运行可靠性、维护便利性。

Abstract: Based on IEC 61850 standard and communication specification, hV and UHV converter stations are established. The monitoring LAN network carries the data communication between the equipment in the interval layer and the equipment in the station control layer. The stability of monitoring LAN network equipment determines the reliability of the converter station monitoring and control function. Analysis of the LAN network architecture and redundancy configuration of Luxi converter station is aimed at improving the reliability and convenience of maintenance of the LAN network.

关键词: 监控 LAN 网; 结构优化; 可靠性

Key words: monitor LAN network; Structural optimization; reliability

DOI: 10.36012/etr.v2i9.2663

引言: 随计算机网络技术快速发展, IEC 61850 标准和通信规范在变电站、换流站中的应用与推广。基于 RJ45 或光纤通信接口及 TCP/IP 协议的快速以太网技术在换流站监视、控制数据采集集中广泛应用。监控 LAN 网就承载着间隔层内控制保护设备与运行人员控制系统间的数据交互。同时也是调度机构实现换流站监视控制的承载网络。监控 LAN 网是换流站监视控制中重要的组成部分。其运行的可靠性与稳定性与换流站监视控制功能密切相关。

1 换流站监控 LAN 网组网方式

鲁西换流站监控 LAN 网采用双网独立冗余化配置, 分为监控 LAN 网 A、监控 LAN 网 B。一般采用

10/100/1000Mbit 以太网, 星型组网方式。两个网络相互独立, 物理隔离。单台控制保护装置同时连接至监控 LAN 网 A、监控 LAN 网 B, 采用 IEC 61850 协议^[1]通过监控 LAN 网与 SCADA 系统通信。图 1 为鲁西换流站监控 LAN 网 A 拓扑图(监控 LAN 网 A、B 结构基本一致, 本文以监控 LAN 网 A 结构为例进行说明)。

鲁西换流站有换流单元一、二、三控制保护室, #1、#2、#3 继电器室共 6 个小室, 每个小室监控 LAN 网 A 由一台或多台交换机组成, 实现各小室内控制保护设备的接入。交换机之间采用双绞线进行级联汇聚后由光纤连接至站公用设备间中心节点交换机。未使用 IEC 61850 协议的控制、保护设备则需通过规约转换装置进行规约转换后接入监控

图 1 鲁西换流站监控 LAN 网 A 拓扑图

LAN 网交换机。SCADA 系统服务器、工作站则接入站公用设备间内的监控 LAN 网 A 交换机。

2 换流站监控 LAN 网架构分析

2.1 星型组网方式

鲁西换流站监控 LAN 网采用星型组网方式,中心节点交换机位于站公用二次设备间内,各继电器室、控制保护室内监控交换机均通过光纤汇聚接入该交换机。该交换机承载着各控制保护室内所有控制保护设备的通信数据转发。若该交换机故障将会导致网络整体瘫痪,影响范围波及整个监控网络。同时,该交换机转发数据量较大、设备负荷较大,易造成数据通信异常,进而影响换流站有功功率调整等重要控制功能及对站内一、二次设备的监视控制。但站内监控 LAN 网为双重化冗余配置,单套网络故障后,将实时自动切换至备用 LAN 网,不影响监控数据,但可靠性降低,需尽快恢复双套网络运行。

可考虑将各小室的监控 LAN 网交换机分别接入站公用设备间的不同监控 LAN 网交换机, 单一设备故障影响范围将会大大缩小。

2.2 IP 地址划分

鲁西换流站有三个换流单元、多条交流线路，相关控制保护设备数量较一般换流站多，基于 IEC 61850 协议的通信，要求每个控制保护设备均需分配唯一的 IP 地址。鲁

西换流站采用 C 类 IP 地址进行关控制保护设备的 IP 地址划分, 子网掩码为 255.255.255.0, 共 253 个地址可用。目前空闲 IP 地址数量已较少, 考虑到后续交流线路扩建、相关设备智能化改造, IP 地址需求将会越来越大, 将会出现 IP 地址匮乏的问题, 后续可考虑修改 IP 地址子网掩码的方式对 IP 地址进行扩容。以满足扩建、相关设备智能化改造的需求。

2.3 网络安全防护要求

近年来网络安全形势严峻，态势感知系统等网络安全设备的接入，要求监控 LAN 网交换机进行响应配置实现网络流量及相关控制保护设备监视。这要求监控 LAN 网交换机具备可配置能力，交换机选型时尽可能选择主流设备厂商，对相关网络安全设备支持较好，同时，设备配置后可根据实际使用需求决定交换机端口的开放或关闭，可有效降低因设备接入而导致的网络安全风险，某种情况下比物理封堵来得更有效率。且随着网络安全的深入要求，选用主流厂家交换机，可配置性、易用性、可维护性支持更好，更便捷。

2.4 通信协议分析

SCADA 与设备层^[2]（与测控、极控系统控制保护装置）通信规约一般为 IEC 61850 及 IEC 104。IEC 61850 及 IEC104 均为主从模式，基于 TCP/IP 实现。即监控 LAN 网为为 SCADA 与设备曾通信的承载网络。但鲁西换流站首次

图 2 为 SCADA 与控制保护装置通信交互示意图

采用常规直流与柔性直流混合运行方式，设备层设备供货商与种类众多，某些厂商设备只能提供 ProfiBus 规约或者厂商自有通信协议，由于监控层乃至换流站监控系统架构是基于 IEC 61850 建模，所以其他一些协议需通过规约转换装置转换为 IEC 61850 通信协议，实现 SCADA 对相关设备的监视控制。图 2 为 SCADA 与控制保护装置通信交互示意图

在实际运维过程中，可能是不同厂商协议交互或规约转换装置性能欠缺。采用规约转换装置与监控系统通信的装置出现通信中断、上送信息时标会出现错误等问题，且问题发生概率较大。严重影响设备层设备与 SCADA 之间的通信。建议后续站点建设过程中，应尽量采用支持 IEC 61850 通信规约的装置，尽量实现控制层设备与 SCADA 之间尽量通过监控 LAN 网直联，并直接采用 IEC 61850 通信协议实现信息交互，避免过多中间环节带来的通信异常等问题。

3 监控 LAN 网冗余化配置分析

鲁西换流站采用完全独立、冗余的两套监控 LAN 网系统^[3]，分为监控 LAN 网 A、监控 LAN 网 B。两个网络分别与主备控制保护装置、工作站、服务器连接，充分保证了设备运行的可靠性。监控 LAN 网的冗余切换机制如图 3 所示。

正常情况下，SCADA 服务器分别向 A、B 网发送初始化报文，A、B 网络上所有装置在收到初始化报文后会向服务器发送回应报文，服务器收到所有装置的回应报文后，认为双网通信正常，在双网通信均正常的情况下，服务器将默

认使用 A 网，此时，服务器向 A 网所有装置发送 A 网使能报文，装置收到使能报文后，将数据向 A 网进行发送（此时所有装置均不向 B 网发送数据）。同时，服务器仍以心跳报文的形式始终对所有装置 A 网及 B 网的链路连接情况进行周期性检测。

SCADA 服务器对装置通过 A 网发送的数据报文及 A、B 网的运行状态周期性的进行检测，若服务器对某台装置发送的数据报文校验错误或未收到该装置数据报文，则认为该装置 A 网中断，此时当服务器检测到该装置 B 网正常时，服务器会向该台装置发送 B 网使能报文，装置将数据切换至 B 网进行发送（网络上仅本台装置 A 网数据异常，服务器发送的 B 网使能报文仅对该装置有效，因此，也仅该装置切换网络进行数据发送，其余 A 网正常的装置仍使用 A 网发送数据），服务器将再次对装置 B 网发送的数据进行检测，若正常，继续使用 B 网数据（在下一次服务器向装置发送 A 网使能报文时才会进行切换），若仍存在异常，将报出该装置 LAN 网双网中断信息。LAN 网中断恢复后，服务器会再次对网络进行初始化，若 A、B 网均无异常，则优先使用 A 网进行数据传输，若有一套网络未恢复，则使用另一套已恢复的网络。当正在使用的网络没有任何异常时，任何时候服务器都不会主动切换网络，而是保持在当前网络运行，直到发生故障时才会切换。

监控 LAN 网的冗余机制是对每台装置而言的，所谓的 A、B 网切换，均在装置侧完成，服务器实时检测装置发送的数据是否正常，在出现数据异常的情况下，发送使能报文

图 3 监控 LAN 网冗余切换机制

到相应的装置，装置将数据切换至另一网络进行发送。采取这样分布式的冗余方式，实现整个网络的冗余，更加充分的利用网络资源，大大提高了网络可靠性。

4 结语

本文对鲁西换流站监控 LAN 网架构及冗余化配置进行了总结分析，结合运维过程中出现的问题，对监控 LAN 网架构，组网设备选型等提出优化，为后续站点建设及设备运维提供参考或意见。

参考文献

- [1] 马祖富. 基于 libIEC61850 开源库的电力通信可行性分析. 机电信息. 2019 年 12 期 第 1-4 页.
- [2] 高一冉, 樊文倩. 基于 libIEC61850 开源库的电力通信可行性分析. 西部皮革. 2016 年 24 期 第 156-157 页.
- [3] 刘涛, 李婧靓, 李明, 等. 南方电网鲁西背靠背直流异步联网工程控制保护系统设计方案 [J]. 南方电网技术, 2014, 8 (6): 18-22