

# 数字化变电站自动化系统中以太网交换机的选择

林明宇

(重庆电力高等专科学校电力系, 重庆 400053)

**摘要:** 以太网交换机是数字化变电站自动化系统中的关键性部件, 它的性能和可靠性直接影响到变电站自动化系统的功能, 但在实际的变电站自动化工程中, 对以太网交换机的选用却往往重视不够。该文提出了在变电站自动化系统中的以太网交换机与继电保护设备是同等重要的观点, 并从抗电磁干扰、环境温度、实时性和可靠性等方面分析了对在变电站自动化系统中使用的以太网交换机的要求, 提出了对以太网交换机的选择建议, 期望能够引起变电站自动化系统工程人员的重视, 从而提高变电站自动化系统的可靠性。

**关键词:** 变电站自动化系统; 以太网交换机; 要求; 选择

## Selecting ethernet switches for digital substation automation systems

LIN Ming-yu

(Chongqing Electric Power College, Huangjiaoping, Jiulongpo, Chongqing, 400053, China)

**Abstract:** Ethernet switch is the key component in a digital substation automation system, which performance and reliability direct impact on the functions of substation automation system. But in the practical project of substation automation system the selection of Ethernet switches is often not enough paid attention to. In this paper the point of view is put forward that the Ethernet switch and relay protection equipment is same important in substation automation system, and on the aspects of EMI Immunity, environment temperature, Real-time Control and reliability, it researches the requirements for the Ethernet switches in substation automation applications and brings forward a suggestion for selecting Ethernet switches, to expect arising from the substation automation systems engineering staff attached great importance to improve the reliability of the substation automation system.

**Key words:** substation automation system; ethernet switches; requirement; selecting

中图分类号: TM76 文献标识码: B 文章编号: 1674-3415(2009)01-0093-03

## 0 引言

目前 IEC61850 标准已成为变电站通信网络和系统的唯一国际标准, 我国为了使变电站自动化系统的建设符合国际标准, 已开始采用等同于 IEC61850 标准的 DL/T 860 系列标准, 其目的就是要实现变电站中各种由不同厂家生产的 IED 设备(如继电保护设备)之间的互操作和系统的无缝连接, 以降低变电站自动化系统的建设成本, 并为构建电力企业信息平台创造必备条件。IEC61850 标准规定采用以太网作为变电站自动化系统的基本通信网络<sup>[1]</sup>, 因此对以太网的关键部件—以太网交换机的选用, 就成为变电站自动化系统建设不可忽视的一个因素。然而在实际的变电站自动化工程中, 对以太网交换机的选用却往往重视不够, 这就造成系统出现通信不稳定甚至中断的现象, 严重影响了变电站自动化系统的功能。

## 1 对变电站自动化系统中的以太网交换机的要求

对变电站自动化系统中的以太网交换机的要求就是在变电站的环境中能够正确工作, 而不出现损坏、复位或通信错误, 并且应能满足变电站自动化系统对实时性的要求。

### 1.1 对抗电磁干扰的要求

变电站自动化系统中的以太网交换机将安装在变电站控制室或开关场内, 处于与继电保护设备相同的电磁干扰环境中, 因此在考虑其抗电磁干扰性能时, 应与继电保护设备相同。

通常, 在变电站中的电子设备受到电磁干扰的途径主要有下述几种:

- 机壳
- 信号口
- 交流电压输入和输出口

## 直流电压输入和输出口

### 信号地

对于以太网交换机而言,采用光纤作为网线可以将信号接口和信号地引入的电磁干扰降至最小,但无法减小其它途径的电磁干扰。因此在 IEC61850 标准中专门规定了变电站中通信设备的抗电磁干扰要求。IEC61850-3 的 5.7 节规定通信设备必须能承受变电站中各种类型的电磁干扰,所以变电站自动化系统中使用的以太网交换机仅满足对工业环境规定的一般抗电磁干扰要求是不够的,变电站中通信设备的抗电磁干扰要求应满足 IEC 61000-6-5 标准的规定<sup>[2]</sup>。相应地,在我国变电站自动化系统中使用的以太网交换机,对通过电源线和信号线进入的传导性干扰应能通过 GB/T 17626.6-1998 中 3 级感性干扰测试、DB/T 17626.5-1999 中 4 级浪涌测试、GB/T 17626.4-1998 中 4 级快速瞬变测试和 GB/T 17626.12-1998 中 3 级振荡波测试,对辐射型电磁干扰能满足 GB/T 17626.3-1998 中的 3 级标准,对可能来自电源线或环境辐射的工频干扰,应满足 GB/T 17626.8-1998 和 GB/T 17626.10-1998 的相关规定<sup>[3]</sup>。

### 1.2 对环境温度的要求

DL/T 860.3-2004 (IEC61850-3) 标准规定在变电站中运行的通信设备(如以太网交换机)应能满足 GB/T 15153.2-2000 标准(等同于 IEC870-2-若悬河 2:1996)推荐的环境温度要求。在 GB/T 15153.2-2000 标准中将设备工作场所分为四类<sup>[4]</sup>:

类型 A: 空调场所

类型 B: 封闭的加热或制冷场所

类型 C: 遮蔽场所

类型 D: 室外场所

在变电站中运行的以太网交换机大多数都处于 C 类环境(遮蔽场所),所以在选择以太网交换机时,也应考虑 C 类的条件要求。对环境类型 C 的工作环境温度,又细分为四种,即 C1、C2、C3 和 Cx:

C1:  $-5^{\circ}\text{C} \sim +45^{\circ}\text{C}$

C2:  $-25^{\circ}\text{C} \sim +55^{\circ}\text{C}$

C3:  $-40^{\circ}\text{C} \sim +70^{\circ}\text{C}$

Cx: 特定

对变电站自动化系统中的以太网交换机,应根据实际情况,要求其满足 C2、C3 或者 Cx(如  $-25^{\circ}\text{C} \sim +85^{\circ}\text{C}$ )规定的工作环境温度范围,例如安装在变电站控制室内的交换机,可要求其满足 C2 标准,安装在开关场的交换机可要求其满足 C3 或 Cx 标准。

### 1.3 实时性要求

变电站自动化系统对数据传输的实时性有很高的要求。为了保证数据传输的实时性,要求数据在通过交换机端口传输时的时延尽可能小,并可以让实时性要求高的数据包优先传输,且能自动过滤不需要传送的数据。所以为了满足变电站自动化系统网络通信的实时性,在选择变电站自动化系统中使用的以太网交换机时,应要求交换机具有下述特性:

(1) 支持 IEEE802.3x 全双工以太网协议。全双工数据传输模式能同时支持两个方向的数据发送和接收,在交换机端口上不会发生信息“碰撞”,因此舍弃了半双工以太网的 CSMA/CD 机制,从而大大降低了数据传输时延。

(2) 支持 IEEE802.1p 优先级排队协议。IEEE802.1p 优先级排队协议是对网络的各种应用及信息流进行优先级分类的方法,每个通过交换机的数据包可被分配一个队列优先号数(优先位),有更高优先位的数据包被允许首先通过,这可确保对实时性要求高的信息流优先进行传输,从而保证变电站自动化系统对实时性的要求。

(3) 支持 IEEE802.1q VLAN 协议。根据变电站自动化系统中的 IED 设备对实时性要求的高低不同,将其分组到不同的虚拟局域网(VLAN),可进一步改善系统安全性和带宽利用效率,从而进一步保证系统的实时性。

(4) 支持 IGMP Snooping / Multicast Filtering。具有这种性能的交换机能够使广播数据帧(如 GOOSE 帧)仅与相关的端口通信,而不送到其它与其无关的端口,从而增加网络带宽,提高系统的实时性。

### 1.4 网络结构性要求

变电站自动化系统对网络的可靠性也有很高的要求。为了提高网络的可靠性,通常会采用环网结构、星状双网结构或者环网和星状网的混合结构等能提供冗余链路的网络结构,这就要求以太网交换机支持 IEEE802.1w 快速生成树协议。一般的以太网交换机不能提供冗余链路,因为如果提供了两条以上的链路,就必然会形成一个环路,在环路中传送的信息就将循环地被重复识别转发,最终占据整个带宽,造成网络阻塞,因此必须选用支持 IEEE802.1w 快速生成树协议的以太网交换机,这种以太网交换机执行一种在 IEEE802.1w 快速生成树协议中定义的 Spanning Tree 算法,能使冗余端口置于“阻断状态”,使得接入网络的设备在与网络中其它设备通信时,只有一条链路生效,而当这个链路

出现故障无法使用时, IEEE802.1w 协议会重新计算网络链路, 将处于“阻断状态”的端口重新打开, 从而既保障了网络正常运转, 又保证了冗余能力, 提高了网络的可靠性。

## 2 数字化变电站自动化系统中以太网交换机的选择

通过以上分析可以看到, 为了保证变电站自动化系统的正常工作, 在选择以太网交换机时, 要选择通过了相关的抗电磁干扰测试, 并能满足实际安装位置的变电站环境温度要求的以太网交换机, 而不能选用商用交换机甚至一般的工业交换机。同时为了满足变电站自动化系统对实时性和可靠性的要求, 应根据数字化变电站的实际物理组网方案, 选择支持 IEEE802.3x、IEEE802.1p、IEEE802.1q、IEEE802.1w 和 IGMP Snooping / Multicast Filtering 的二层或三层交换机。例如, 数字化变电站自动化系统组网采用变电站总线加过程总线的组网方案, 并且变电站总线采用环网而过程总线采用面向间隔的星状网结构时, 构成变电站总线的以太网交换机就需要选择支持上述五种协议的交换机, 而构成过程总线的以太网交换机则只需要支持 IEEE802.3x 即可。如果系统组网采用变电站总线与过程总线合并为一个物理网的方案, 则系统中的以太网交换机都应该支持 IEEE802.1p 优先级排队协议, 以确保对实时性要求高的信息流优先进行传输。如果这个合并的物理网络是一个环网或者安排有冗余路径, 那么系统中的交换机还应该支持 IEEE802.1w 快速生成树协议。

(上接第 92 页 continued from page 92)

人为再发一次远方跳闸令, 使合后继电器励磁变位成功, 充电灯熄灭。

在线路正常送电后, 断路器合闸状态, 重合灯还是灭的, 用短接线短接一下监控远方合闸节点 4D66-4D68, 人为再发一次远方合闸令, 使合后继电器变位成功, 充电灯 15 s 后正常点亮。证明以上分析是正确的。

## 4 结论

通过以上的分析和试验, 我们可以得出该故障的主要原因在于现地操作断路器时合后继电器不能够同时被励磁变位, 从而导致重合闸不放电, 不对应启动重合。

针对目前不能远方监控分合断路器的情况下, 若要分合断路器, 我们提出以下解决方案, 可有效

## 3 结束语

以太网交换机是数字化变电站自动化系统中的关键性部件, 它的性能和可靠性直接影响到变电站自动化系统的功能, 所以在系统中的以太网交换机与继电保护设备是同等重要的, 因此对以太网交换机的选择必须给予足够的重视。

## 参考文献

- [1] International Electrotechnical Commission, IEC61850-8-1 Communication networks and systems in substations – Specific Communication Service Mapping (SCSM) – Mappings to MMS (ISO 9506-1 and ISO 9506-2) and to ISO/IEC 8802-3, 2004.
- [2] International Electrotechnical Commission, IEC61850-3 Communication networks and systems in substations – General requirements, 2002.
- [3] 中华人民共和国国家发展和改革委员会, DL/T 860.3-2004 变电站通信网络和系统 第 3 部分: 总体要求 [S], 2004.
- [4] 国家质量技术监督局, GB/T 15153.2-2000 远动设备及系统 第 2 部分: 工作条件 第 2 篇: 环境条件 (气候、机械和其它非电影响因素) [S], 2000-01.
- [5] 曾华荣. 现代网络通信技术[M]. 成都: 西南交通大学出版社, 2004.
- [6] 王廷尧. 以太网技术与应用[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2005.
- [7] 小野濑一志[日]著, 张秀琴译. 局域网技术[M]. 北京: 科学出版社, 2003.

收稿日期: 2008-03-08; 修回日期: 2008-04-09

作者简介:

林明宇 (1957-), 男, 副教授, 从事电力系统自动化教学和科研。E-mail: cqlmy@tom.com

避免现地手跳又重合和重合以后不充电的故障发生。即黄霞 2 开关在合闸状态时确认充电灯是常亮的, 证明合后继电器保持在合闸状态, 若不亮应短接一下监控远方合闸节点 4D66-4D68, 人为再发一次远方合闸令, 使合后继电器变位到合闸状态, 充电灯正常点亮。若要进行现地断开黄霞 2 开关的操作, 之前应先退出黄霞线保护重合闸出口连片, 待黄霞 2 开关投运后再投上连片。

收稿日期: 2008-03-14; 修回日期: 2008-04-12

作者简介:

宋健壮 (1982-), 男, 本科, 助理工程师, 从事电厂电气二次工作; E-mail: songjianzhuang@xiaolangdi.com.cn

马应成 (1972-), 男, 高级工程师, 从事电厂电气二次工作。