

DOI:10.3969/j.issn.1001-4551.2015.03.027

基于无源光网络技术的智能 变电站网络构建研究*

俞辰颖¹, 高亚栋¹, 尹 康¹, 徐俞音¹, 潘国兵²

(1. 国网浙江省电力公司 经济技术研究院, 浙江 杭州 310014; 2. 浙江工业大学 机械工程学院, 浙江 杭州 310014)

摘要:针对智能变电站采用传统“三层两网”网络架构时存在的结构复杂、设备成本高,受间隔层设备隔离和过程层网络覆盖范围有限因素的制约,数据在间隔之间以及过程层直达站控层的传递不够灵活的问题,对变电站数据类型、网络构架以及组网设备等方面进行了研究,提出了一种采用无源光传感网络技术构建的“两层一网”的智能变电站架构。利用无源光纤网络(passive optical network, PON)组建了全站智能化网络,并采用分组交换、并行网络、逻辑 GOOSE/SV/MMS 子网等面向连接技术替代了现有面向对象的以太网构建技术,完成了全站网络的整合。变电站中任意两个设备通过统一网络可以直接实现通信,实现间隔层设备与过程层设备的整合。研究表明,“两层一网”的架构具有结构简单、组网设备少、抗干扰能力强、稳定性好的特点。

关键词:两层一网;无源光网络;分组交换;并行网络;逻辑子网

中图分类号:TM63;TP24

文献标志码:A

文章编号:1001-4551(2015)03-0429-05

Intelligent substation network construction based on passive optical network technology

YU Chen-ying¹, GAO Ya-dong¹, YIN Kang¹, XU YU-yin¹, PAN Guo-bing²

(1. The Economic and Technical Research Institute, State Grid Zhejiang Electric Power Company, Hangzhou 310014, China; 2. College of Mechanical Engineering, Zhejiang University of Technology, Hangzhou 310014, China)

Abstract: Aiming at adopting the traditional “three layer two network” architecture, the intelligent substation was limited by high equipment cost, the interlayer device isolation and process level network coverage for substation data type, network architecture and network equipment and other aspects of the study, a intelligent substation framework constructed was put forward by the network technology of passive optical sensing double layers network. Using the passive optical network (PON) form the station intelligent network, and adopting the packet switching, parallel network, logical GOOSE/SV/MMS sub-networks, connection oriented technology to replace the existing object oriented Ethernet construction technology, the station network was integrated. Any two devices of the substation could realize the communication directly through a unified network, and the integration of spacer device and process level device. The results indicate that double layers network architecture has the characteristics of simple structure, less equipment, strong anti-interference ability and good stability.

Key words: double layers network; passive optical network; packet switching; parallel network; logical subnets

0 引 言

目前,国内智能变电站网络主要基于变电站网络通信和 IEC 61850 系列标准建设^[1-2]。IEC 61850 标准奠定了智能变电站数据共享和设备互操作基础,提出了变

电站内设备、信息分层的概念,从数据结构、功能建模方法和变电站自动化体系层次关系映射等方面进行了详尽的描述和规范^[3-7]。智能变电站数据通信业务主要包括电网数据采集、实时控制(包括继电保护与安全自动化)、设备运行状态在线监测、变电站环境监测等。依据

收稿日期:2014-11-25

基金项目:浙江省科技厅国际科技合作资助项目(2012C24001)

作者简介:俞辰颖(1976-),男,浙江上虞人,高级工程师,主要从事变电站二次方面的研究。E-mail:ycy-128@163.com

通信联系人:高亚栋,男,高级工程师。E-mail:gyd.zj@163.com

IEC 61850 标准《第 5 部分:功能通信要求和装置模型》以及各类通信报文的不同功能和对传输时延的不同要求,可以将数据通信负载分为快速报文(GOOSE)、中速报文(SV)、低速报文(MMS)以及时间同步报文等四类^[8-11]。

智能变电站采用“三层两网”设计时,在过程层与间隔层之间存在持续、大流量的 SV 报文,以及突发、实时的控制命令 GOOSE 报文,这些数据以间隔为单位,多种类型的数据通信业务在间隔之间以及间隔层与站控层之间传递,大量的采集数据需要在间隔层装置中预处理;间隔层以上主要传递 GOOS 报文、MMS 报文以及时间同步报文,数据流量适中但业务类型增加。智能变电站现有的网络采用面向对象的以太网技术构建,跨间隔、跨层级的大流量数据通信能力不足。受间隔层设备隔离和过程层网络覆盖范围有限因素的制约,数据在间隔之间以及过程层直达站控层的传递不够灵活,需要间隔层装置转发,这种限制对跨间隔的保护、测控系统(如母差、备自投等)十分不利。

随着智能变电站发展,跨间隔的系统越来越多,需要构建一个更加灵活、限制更少的通信网络。

依据 IEC 61850 标准的设计思想,现有的智能变电站大多利用工业以太网交换机组建站内物理网络,采用“三层两网”方案,具体为过程层、间隔层、站控层以及站控层网络、过程层网络,针对不同业务组建不同的物理网络^[12-15]。现有变电站网络以设备间隔为单位配置交换机,针对不同业务配置不同类型的工业交换机,变电站交换机数量较多,交换机投资占监控系统的 40% 以上,智能变电站的建设成本非常高。针对该问题,国家电网公司提出了智能变电站系统通信的总体要求,通过采用先进通信技术对现有的工业以太网交换机网络进行性能提升,提高变电站网络的可靠性、安全性。

本研究在智能变电站数据业务分析的基础上,通过 EPON 组建全站无源光网络,简化变电站网络结构

为“两层一网”,提升网络的综合业务接入与处理能力,降低网络建设成本。

1 智能变电站无源光网络设计

1.1 网络设计原则

变电站网络设计涉及多种因素,其主要原则包括:

(1)数据业务分类。变电站中各种数据业务通信要求不同,利用变电站数据业务分类的特性,组建不同特点的通信网络,在多种信息混合的情况下保证实时信息传递的实时性和可靠性是网络设计的基础。信息多样化和传递实时性是通信系统中的一对矛盾体,解决这个矛盾是选择网络通信方案的基本原则。

(2)网络互通和隔离。通信网络应提供 IED 互联的便利性、灵活性,为变电站自动化技术的发展预留空间;同时网络应满足各个系统间隔离的要求,以保证各个专业系统(保护、自动化)互不影响。互通和隔离是一对矛盾,构建变电站通信网络应该妥善解决这个矛盾。

(3)通信系统的建设成本。变电站通信系统的性能与成本是网络设计中的另一对矛盾,较高的性能要求,往往导致较高的建设成本。降低成本的途径一是采用合理的网络结构设计,避免复杂的网络结构,减少通信设备数量;二是采用标准、成熟、流行的技术;三是合理配置网络资源,裕度考虑合理。

1.2 “两层一网”整体构架

本研究根据网络设计原则,综合考虑智能变电站网络性能要求和建设成本,利用数据通信业务分类的特性,组建“两层一网”通信网络。“两层一网”中,两层指站控层、设备层,“一网”指全站 MMS\GOOSE\SV 合一网络。

在“两层一网”两层网络方案中,笔者采用无源光网络技术,组建统一通信网络,“两层一网”物理网络架构图如图 1 所示。本研究通过采用面向连接、接近电路

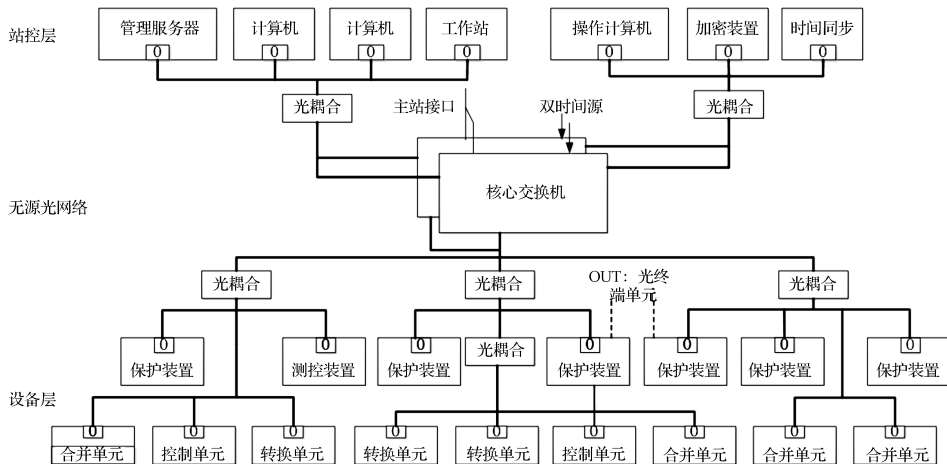


图 1 “两层一网”物理网络架构图

交换特点的交换技术(MPLS-TP)替代以太网技术,构建逻辑网络。通过网络互连使得变电站成为一个整体,变电站中任意两个 IED 设备通过统一网络可以直接实现通信,通过网络互连使得变电站成为一个整体,便于发挥各种自动化保护、测控系统的整体效益;同时,可以充分利用网络提供的广播、组播技术实现保护、测控数据的一对多的跨间隔传递,大幅度提高通信的效率。

1.3 无源光网络的设计

本研究变电站通信网络设计采用“两层一网”结构,通过引入无源光网络技术 PON,将整个通信资源划分为许多小时间片实现数据的传输和交换,其关键技术主要包括无源光网络技术、分组交换技术、并行网络技术和逻辑子网技术等。

(1)无源光网络技术

智能变电站网络引入了无源光网络技术 PON, PON 技术将整个通信资源划分为许多小时间片实现数据的传输和交换,多倍地增加通信资源数量;每一路数据占有一个专属自己的时间片,各路数据之间不产生资源竞争。系统通过无源光网络的应用提高设备集成度和网络覆盖能力,引入高精度时间同步技术以提供具有亚微秒精度的同步控制环境;通过采用多重路径快速保护机制,提高数据传递可靠性,增强网络的鲁棒性和生存能力;通过采用专用业务网络技术,提供传

递高速同步控制为基本业务兼容信息网、多媒体数据业务的综合通信平台。

(2)分组交换技术

为克服以太网交换技术的不足,“两层一网”网络设计中采用面向连接、接近电路交换特点的分组交换技术(MPLS-TP)替代以太网技术作为实时交换机的基本技术体制。分组交换技术采用固定的分组连接,每一个连接固定分配一定的资源,基本保证连接的资源不受干扰;通信网络可以为每两个 IED 设备之间提供固定的连接和固定的带宽。这种技术在数据传递前通过带宽资源分配机制确定资源,在数据传递过程中固定不变,强调面向连接、严格控制、资源独占和通信保障,因此该技术可以保证通信的可靠性,提供固定的通信时延。

(3)并行网络技术

在统一物理网络的基础上,本研究采用并行网络技术,实现 IED 设备由单点接入到双网络接入的转变,提高系统的可靠性和稳定性,并行网络技术示意图如图 2 所示。具体组网中,主备两台完全相同的交换机和接入网络组成并行网络,IED 设备配置 P 模块接口,采用标准的 PRP 方式(即双路并发、主动放弃方式,IEC62439),实现主备网络无缝、无损的保护切换。全站设备以并行网络保护方式接入,实现覆盖全系统的 N-1 保护和全路径端到端的 1+1 保护。

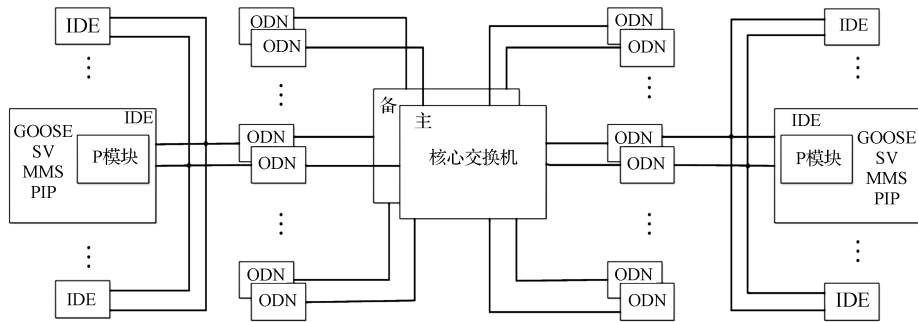


图2 并行网络技术示意图

(4)逻辑子网技术

本研究根据数据业务的类型对通信网络资源进行实质性的划分,依据高级、紧急、快速业务资源专用,低级、慢速业务资源复用,各类业务之间资源占用互不影响的原则,利用可预配置时分复用交换技术,将一个物理网络划分成若干独立的逻辑子网分别传递不同类型的业务,具体示意图如图 3 所示。

本研究通过资源划分,将智能变电站典型业务分成 GOOSE 逻辑子网、SV 逻辑子网和 MMS 逻辑子网 3 个逻辑平面,各业务之间逻辑隔离,互不影响,提高了数据传输可靠性。

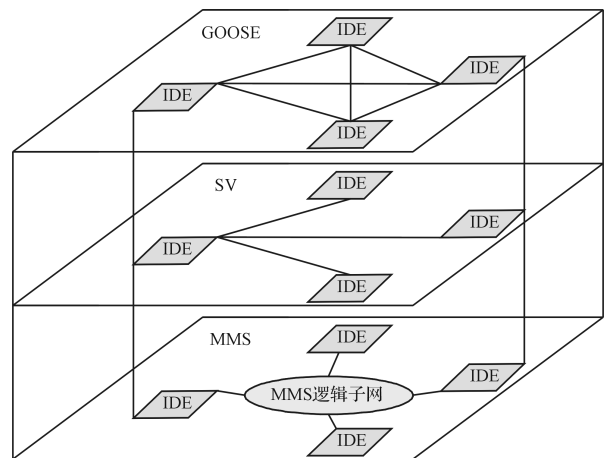


图3 逻辑子网示意图

2 实验结果与分析

以国网公司 220-A1-1 通用设计方案为例,变电站规模为主变 3 台,220 kV 采用双母线接线、出线 6 回,110 kV 单母线三分段接线、出线 12 回,35 kV 单母线分段接线、出线 8 回。本研究采用“三层两网”组网方案,冗余双网配置,全站需配置站控层中心交换机 4 台、间隔层交换机 8 台、过程层交换机 39 台,合计 51 台交换机,网络设备投资约 190 万元。

笔者按本研究“两层一网”组网方案,构建无源光

网络,冗余双网配置,全站设 A、B 两个网,A 网核心交换机冗余配置、双主工作模式,主要接入主变间隔保护一、220 kV 间隔线路、母线保护一、110 kV 间隔和 35 kV 间隔;B 网核心交换机冗余配置、双主工作模式,主要接入主变间隔保护二、220 kV 间隔线路、母线保护二,其配置示意图如图 4 所示。全站共需配置 4 台实时交换机,其现场接线图如图 5 所示。网络设备投资约 60 万元,较“三层两网”方案,交换机数量减少 47 台,投资减少 130 万元。

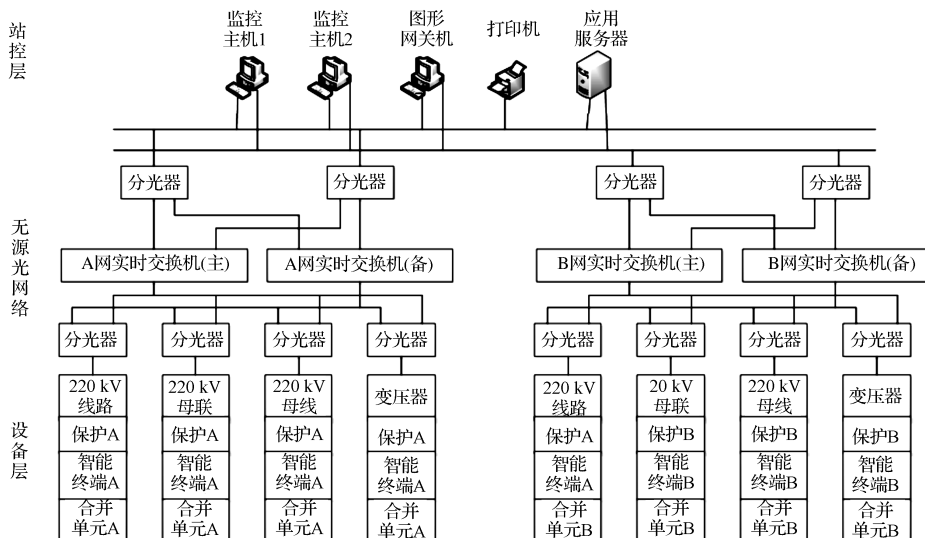


图 4 典型 220 千伏变电站“两层一网”组网图

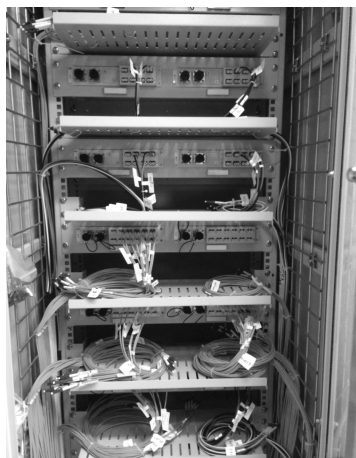


图 5 无源光网络现场接线图

3 结束语

本研究介绍了采用面向连接的分组交换技术和无

源光网络组建的智能变电站“两层一网”网络构架,并将其应用于 220 kV 变电站。结果表明,通过组建全站统一的无源光网络,变电站中任意两个 IED 设备都可以直接实现通信,减少交换机的中转,提高了网络性能;实现了全站间隔层与过程层的整合,全站交换机数量由 51 台减少为 4 台,网络设备投资减少 60% 以上,经济效益显著。

参考文献 (References) :

- [1] 凌万冰,刘 东. 基于 IEC 61850 的智能分布式馈线自动化模型. 电力系统自动化,2012,39(6) :90-95.
- [2] 杨然静,白小会. 数字化变电站技术的发展与应用[J]. 供用电,2010(1) :11-14.
- [3] 国家电网公司. Q/GDW441—2010 智能变电站继电保护技术规范[S]. 北京:中国电力出版社,2010.

(下转第 438 页)

本文引用格式:

俞辰颖,高亚栋,尹 康,等. 基于无源光网络技术的智能变电站网络构建研究[J]. 机电工程,2015,32(3) :429 - 432,438.

YU Chen-ying, GAO Ya-dong, YIN Kang, et al. Intelligent substation network construction based on passive optical network technology[J]. Journal of Mechanical & Electrical Engineering, 2015,32(3) :429 - 432,438.

《机电工程》杂志: <http://www.meem.com.cn>