

# 稳定控制装置内部通讯方案的研究

李轶群<sup>1</sup>, 杨奇逊<sup>1</sup>, 张涛<sup>2</sup>, 李岩军<sup>2</sup>

(1. 华北电力大学(北京)四方研究所, 北京 100085; 2. 北京四方继保自动化有限公司, 北京 100085)

**摘要:** 随着我国电网互联的趋势, 稳定控制装置得到越来越多的应用。本文根据稳定控制装置的特点, 分析了分布式的稳定控制装置对通讯介质的要求, 指出 CAN 总线是最适合的通讯方案, 并且对应用中的问题进行了分析。该方案经实际证明, 具有可靠性高, 实时性好的特点, 并且使整个稳定控制装置具有极大的伸缩性。

**关键词:** CAN 总线; 稳定控制装置; 通讯

中图分类号: TM712

文献标识码: A

文章编号: 1003-4897(2004)01-0046-03

## 1 稳定控制装置的特点

随着我国全国联网的趋势, 以及西电东送等重大工程的运营, 电网规模变得越来越大, 稳定问题也变得越来越突出。仅以东北电网为例, 东北、华北两大区域电网已于 2001 年 5 月实现联网运行。安全稳定计算研究表明, 就东北电网而言, 联网后电网运行特性发生如下变化:

电网的动态特性明显恶化, 发电机组的摇摆多呈增幅振荡态势, 系统存在弱阻尼问题;

东北电网各主要输电断面安全稳定水平均呈较大幅度的下降。

对于类似的稳定问题, 加装稳定控制装置是较好的解决问题的方案, 是保证电网安全稳定运行的重要手段。可以预见在今后一段时间内, 国内电网必然要在很多地区加装稳定控制装置。

由于各个地区的电网的实际情况有较大的差异, 而稳定控制装置所需要控制的对象又比较多, 所以说电力系统稳定控制装置是电力系统安全自动装置中最为复杂、且不具备通用性的装置<sup>[1]</sup>。文献[4]提出安全稳定控制装置应当满足: 可靠性、有效性、选择性、适应性和经济性。其中“适应性”相对于电力系统中的其他自动装置而言, 对稳定控制装置要求更高。

在对稳定控制装置的研究中, 文献[1]提出了稳定控制装置对模块化结构的基本要求, 并指出模块化结构是稳定控制装置今后发展的必然趋势。文献[1]提出了通过采用分布式、模块化、拼装式结构来构成通用性很强的稳定控制装置。

比较理想的稳定控制装置应具备以下的结构(如图 1): 整个装置采用分布式的硬件结构体系, 按功能模块化, 由策略机模块、通讯管理模块、DI 模

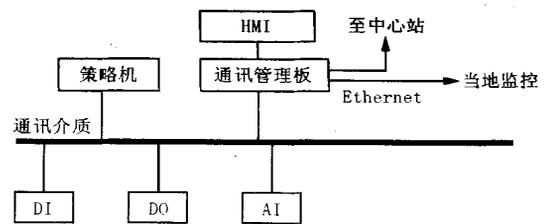


图 1 稳定控制装置的结构

Fig. 1 Structure of stability control equipment

块、DO 模块、AI 模块、HMI 模块构成, 这些模块可以定型批量生产。根据需要, DI、DO、AI 模块的数量可以进行相应的增减。整个装置硬件扩展灵活方便、可靠; 并且有效降低系统风险(任一单元损坏只影响局部)。为了保证整个装置扩展灵活, 就要求各个模块之间的连接应当是通过一种可靠性高的连接方式, 在带宽允许的情况下具有较好的伸缩性, 从而对通讯方式提出了较高的要求。

## 2 不同通讯方案的对比

众所周知, 通讯网络的连接有以下三种拓扑方式: 总线型、星形、令牌环。

总线型网络上, 各个节点相互之间可以任意通讯; 而星形网络处于中心位置的是主节点, 网络上的其他节点相互之间不能相互通讯, 而只能与主节点通讯; 令牌环网络上, 各个节点中只有得到令牌的节点才能够发送报文。在稳定控制装置中应该采用哪种方式应当具体问题具体分析。

按照图 1 中的稳定控制装置的结构, 各个模块之间可能的通讯方式如下:

- 1) AI 模块向策略机模块送模拟量结果;
- 2) AI 模块向策略机模块送故障判别结果信息;
- 3) DI 模块向 AI 模块送开入量信息;

- 4) DI 模块向策略机模块送开入量信息;
- 5) 策略机模块向 DO 模块发出的开出指令;
- 6) 策略机模块向 AI 模块、DI 模块、DO 模块发送的巡检命令。

可见,策略机模块需要同所有的模块进行通讯,而开入模块也需要同除了开出模块以外的所有模块通讯,从而各个模块之间的通讯方式采用总线式的连接比星形方式要好。如果要采用星形接法,以策略机模块为主,则 DI 的报文就需要经过策略机模块来中转。

令牌环网络,则允许各个节点相互之间进行通讯,但是同一时间只有得到令牌的节点才能够进行通讯,从而造成当某个节点有极其重要的报文需要发送但又没有令牌时,则必须等待一定的时间,这对于稳定控制装置要求的速动性是极其不利的,因此令牌网是不可取的。

网络按照通讯模式可以划分为主从式和平等式。主从方式通常是由一个主设备对其他各个设备逐个轮询,这可以保证在一定的时间内,与所有的网络节点进行通讯,而且作为主站的节点可以很容易地控制网络的流量。主设备是通讯的发起者,从设备只能对主设备的问讯进行回答。这种轮询方式会造成各个节点互相影响,使得比较重要的模块无法保证得到较快的响应时间。极端情况下,重要的报文要等待接近整个轮询周期的时间才能上送给主站。因此对于稳定控制装置来讲,主从式的通讯方式是不合适的。平等式的通讯方式则是任意两个通讯设备均可以相互通讯,并且各自的地位是完全相等的,任意一个设备均可以在任何时间主动发起通讯。从而当出现重要信息时,例如 AI 模块判别出线路发生了故障,则 AI 模块可以立即上送而无需等待。但是由于任何时间均有可能存在通讯报文,因此对于平等式的通讯方式必须要考虑报文的冲撞检测,而对于主从式的通讯方式由于各个节点都按照确定的顺序进行通讯,因而可以不考虑报文的冲撞检测,虽然报文的冲撞也有可能发生。

对于平等式的总线型的网络,在通讯的底层报文冲撞检测重发机制方面。Ethernet 是采用 CSMA/CD 机制,这种机制当网络流量比较大时很容易发生网络报文冲撞,当发生冲撞时,各个节点各自延时一个随机的时间再次发送报文,通过这种方式来保证报文能够正确发出。这种方式是无法达到稳定控制装置的实时性要求的。

Lonworks 采用改进的 CSMA/CD 机制,叫做

predictive p-persistent CSMA,仍然属于 CSMA/CD 体系。在各个节点的随机延时方面进行了改进,使得在网络的负荷重的时候增加延时来减少冲撞,在网络负荷轻的时候减少延时。在保证优先级较高的报文较早到达方面的实时性方面有了一定的改善,但并不能保证严格的实时性。

CAN 总线采用的是非破坏性仲裁技术,当两个节点同时向网络上发送报文时,优先级低的报文会主动停止发送而不影响优先级高的报文的发送。这种方式可以保证极高的实时性。优先级最高的报文可以不受影响地直接到达。

现在实际应用中,有多种现场总线。如 Profibus, Lonworks, CAN, RS485, BITBUS 总线等。各种现场总线都有其各自的特点。Profibus 现场总线标准定义了主站和从站两种设备,其总线存取协议包括主站之间的令牌传递方式和主站与从站之间的主从方式。BITBUS 和 RS485 网络上只能有一个主节点,无法构成多主冗余系统,通讯方式是命令响应式(主从式),从节点只有收到主节点的命令后才能响应,一些重要的变位信息得不到及时的上送,使得实时性较差。BITBUS 和 RS485 的纠错能力也较差<sup>[5]</sup>。从前面的分析中我们可以看到这几种网络是比较不适宜作为稳定控制装置的内部通讯网络的。经过综合分析,CAN 网络的特点是比较符合稳定控制装置对于内部网络的要求。

### 3 CAN 总线的优点

控制器局部网 CAN (Controller Area Network) 属于现场总线的范畴,它是一种有效支持分布式控制或实时控制的串行通信网络。CAN 的应用范围遍及从高速网络到低成本的多线路网络。CAN 已经形成了国际标准(ISO11898),现在很多半导体厂商推出的 CPU 中都内置了 CAN 控制器。CAN 被公认为是几种最有前途的现场总线之一,其特点可概括为:CAN 为多主工作方式,网络上任一节点均可在任意时刻主动地向网络上其它节点发送信息,而不分主从,通信方式灵活,且无需站地址等节点信息,利用这一特点可方便地构成多机备份系统;CAN 网络上的节点信息分成不同的优先级,可满足不同的实时性要求;CAN 采用非破坏性总线仲裁技术,当多个节点同时向总线发送信息时,优先级较低的节点会主动地退出发送,而最高优先级的节点可不受影响地继续传输数据,从而大大节省了总线冲突仲裁的时间;CAN 只需通过报文滤波即可实现点

对点、一对多点及全局广播等几种通信方式;CAN 上节点数主要取决于总线驱动电路,目前可达 110 个,报文标识可达 2032 种(CAN2.0A),而扩展标准(CAN2.0B)的报文标识几乎不受限制;采用短帧结构,一帧为 8 个字节,传输时间短,受干扰率低,具有极好的检错效果;CAN 网系统内两个任意节点之间的最大传输距离与其位速率有关。在 1Mbps 的通讯速率下,最大总线长度可达 40 米。CAN 网的可靠性高、抗干扰性强,即使有一条线接地或者与电源短路甚至断线,都可以正常地传输信息。

## 4 方案的可行性

### 4.1 通讯的可靠性试验

由于在稳定控制装置中,整个控制功能是多个插件通过 CAN 网通讯合作完成的,因而 CAN 网的通讯可靠性应当进行验证。在采用 CAN 总线时,进行过大量的满负荷试验和抗干扰试验。其中一项主要的实验项目是在正常时两插件之间每秒交换 1000 帧数据,试验时在 CAN 总线上(CAN 总线外引)施加快速瞬变 4 级干扰,结果发现在干扰施加过程中插件中交换的数据都准确收到,没有一个收到误码,充分证明 CAN 通信的可靠性。根据大量的试验可以证明 CAN 网作为控制网络其可靠性是极高的,CAN 网络抗总线异常的能力很强,只有极少数的总线故障能使通信不正常<sup>[3]</sup>。

### 4.2 通讯的速度、流量问题的考虑

由于 CAN 网在 1M 的传送速率下,传送一帧 8 个字节的命令所花费的时间是 0.15 ms 左右,对于 24 点采样间隔的稳定控制装置来讲,一个采样间隔可以发送 5 条 CAN 网的报文,故 CAN 网的发送时间对于程序的故障判别功能来说基本上毫无影响。

按照分布式设计的稳定控制装置的计算和故障判别均由各智能模块就地完成,与策略机模块间交换的高速数据只是各单元模块的计算结果,如线路故障类型、低频起动、低压起动、开关变位等,总长度一般小于 8 个字节,以事件触发方式及时上送,无需按采样间隔逐点刷新。假设装置有 20 回线路计算,在 CAN 网负担最重的时候,如果检测到某条线路故障,该线路对应的模块发送的故障信息由于有最高优先级,其发送延迟时间小于 0.15 ms(一帧数据的发送时间),而不需要等到 20 个模块的数据等间隔全部收齐。极端情况下,20 条线路均感受到本线路故障,同时向策略机发送故障信息,其最大延迟不会超过 3 ms,即便经过二次确认,也不超过 6 ms。

通常情况下,1 到 3 回线路同时故障,发送延迟远远小于 2 ms,而这时已完全具备采取控制措施的条件。所以在 AI 模块和策略机模块间的通讯流量也不是很大,并且响应时间足够快。

对于各个 AI 插件所计算的电压、电流量、功率、频率等,由于是变化缓慢的量,通常其刷新周期在几秒的数量级,而且可以将其设为优先级很低的报文类型,使其对于其余的报文构不成影响。因而对于 CAN 网络的通讯来说,完全不必考虑速度和数据流量问题。

## 5 结论

在稳定控制装置中采用完全的分布式、模块化结构,是稳定控制装置发展的趋势,也是稳定控制装置适应各种现场条件的最佳方案。在分布式结构中的通讯介质具有极其重要的作用。CAN 总线作为控制网络非常适合在稳定控制装置内部使用。

### 参考文献:

- [1] 孙光辉(SUN Guang - hui). 电力系统稳定控制装置的模块化结构(Modular Structure of Stability Control System) [C]. 第六届全国继电保护学术研讨论文集(Conference of CSEE on Protection). 深圳(Shenzhen), 1996.
- [2] 孙雅明,毛鹏,等(SUN Ya - ming, MAO Peng, et al). 基于现场总线强实时性控制信息传递的研究和仿真(Study and Simulation of Field - bus Based Transfer of Control Information of Strong - real - time) [J]. 电力系统自动化(Automation of Electric Power Systems), 2000, (11): 46 - 48.
- [3] 刘玮(LIU Wei). 智能操作回路设计(Design of Intelligent Controller Circuit, Thesis) [D]. 华北电力大学(北京)(North China Electric Power University Beijing), 2003.
- [4] 张保会,康小宁,袁越,等(ZHANG Bao - hui, KANG Xiao - ning, YUAN Yue, et al). 关于电力系统安全稳定控制装置(系统)基本要求的再探讨(A Proposal Concerning the Fundamental Criteria of Control Equipment for Power System Stability) [J]. 电力系统自动化(Automation of Electric Power Systems), 1995, (9): 60 - 64.
- [5] 张红芳,向金淦,等(ZHANG Hong - fang, XIANG Jin - gan, et al). CAN 总线和 DeviceNet 协议及其在变电站监控系统中的应用(Application of CAN Bus and DeviceNet Protocol in Substation Monitoring and Control System) [J]. 电力系统自动化(Automation of Electric Power Systems), 1998, (6): 52 - 54.

(下转第 67 页 continued on page 67)

XADMIS 服务器对客户计算机响应迅速,经测试 30 台客户计算机同时查询,服务器响应速度未发生明显降低。自投运至今,系统运行稳定,服务器仅发生两次死机。

#### (2) 功能完备、界面友好

XADMIS 严格按照调通所四个专业的业务流程进行开发,与原始实际流程完全相同,研发人员和操作人员进行了充分的技术交流,各专业功能模块较为齐全。服务器采用 Win2000 系统,客户机通过 IE5.0 访问服务器实现各种功能,服务器和客户机的人机界面非常友好,便于系统维护和使用。

#### (3) 提高效率、节约成本

调通所各级管理人员和班组人员在各自权限内使用 DMIS,实现全所资源分级共享,提高了办公效率,如继电保护定值单实现网上审核、批准、查询及打印,大大提高了定值单的审批和下发效率。各专业运行日志等大量书面文档实现无纸化管理,不仅方便管理人员查询,而且可以节约管理成本。

#### (4) 不足之处

由于投入运行时间较短,各级人员的使用水平

仍有待提高,部分专业基础资料仍需继续充实。有些专业功能有待进一步开发,如线路工作票网上传送、许可及审核,调度操作指令的自动按月、年统计分析等功能。

## 6 结论

XADMIS 是陕西省第一套完全针对地区调度业务的管理信息系统。在各方技术人员的共同努力下,系统运转良好,功能趋于完善,较大地提高了调通所的办公效率,已经成为电网调度管理的有力工具。可以讲 XADMIS 的投运使用,较大地推动了西安电网调度管理的现代化进程,调通所的管理水平已有了较大幅度的提高,为西安电网的安全运行做出了贡献。

收稿日期: 2003-01-06; 修回日期: 2003-08-19

作者简介:

刘子瑞(1972—),男,硕士,工程师,从事电力系统运行管理工作。

## The analysis of dispatch MIS in Xi an electric power network

LIU Zi-rui

(Xi 'an High Voltage Electric Power Supply Bureau, Xi 'an 710032, China)

**Abstract:** For example of the Dispatch MIS in Xi an electric power network, the construction goals, operating conditions and functional modules of DMIS are presented. The characteristics and operation of DMIS are also discussed.

**Key words:** dispatch; management information system; power network

(上接第 48 页 continued from page 48)

收稿日期: 2003-03-24; 修回日期: 2003-04-12

作者简介:

李轶群(1974—),男,博士研究生,主要从事电力系统继电保护及自动装置的研究;

杨奇逊(1937—),男,博士生导师,中国工程院院士,长期从事电力系统微机保护及变电站综合自动化系统的研究;

张涛(1971—),男,硕士,主要从事变电站综合自动化及安全控制装置的研究;

李岩军(1973—),男,硕士,主要从事变电站综合自动化及安全控制装置的研究。

## Research on the communication scheme in stability control device

LI Yi-qun<sup>1</sup>, YANG Qi-xun<sup>1</sup>, ZHANG Tao<sup>2</sup>, LI Yan-jun<sup>2</sup>

(1. North China Electric Power University Sifang Institute, Beijing 100085, China;

2. Beijing Sifang Protection Automation Co., Ltd, Beijing 100085, China)

**Abstract:** With the development of inter-connection of China power systems, stability control devices have been widely used. Based on the analysis of the stability control devices' characteristics, this paper points out the CAN(controller area network) bus is one of the most appropriate communication media, and analyzes some problems of the scheme of the CAN communication used in control devices. The real operation shows that the communication is very reliable and strong-real-time, and the devices are of good flexibility.

**Key words:** CAN bus; stability control devices; communication