

基于统一支撑平台的 EMS 与 WAMS 集成方案

高宗和¹, 戴则梅¹, 翟明玉¹, 苏大威², 徐春雷²

(1. 国电南瑞科技股份有限公司, 江苏省南京市 210003; 2. 江苏省电力公司, 江苏省南京市 210024)

摘要: 提出了基于统一平台支撑的能量管理系统(EMS)和广域测量系统(WAMS)集成方案, 并结合 WAMS 的特点, 分析了 WAMS 和 EMS 一体化系统对支撑平台的要求。在统一平台支撑下, WAMS 和 EMS 共用历史数据服务器、Web 服务器和人机工作站, 只保留 EMS 和 WAMS 各自的数据采集服务器和应用服务器。这一方案在减少硬件投资的同时, 可以最大限度地减轻维护工作量、提高使用方便性, 有利于 WAMS 应用功能的进一步扩展。该方案的有效性得到了实际工程应用的验证。

关键词: 能量管理系统; 广域测量系统; 支撑平台

中图分类号: TM734

0 引言

能量管理系统^[1](EMS)的广泛应用使运行人员能够及时监视和调整系统的运行状态, 为电力系统运行的安全性和经济性提供了有力的保证。但是, EMS 采集的是稳态、低密度、不同步的电网时间断面信息, 调度人员不能据此监视和控制系统的动态过程。

广域测量系统^[2](WAMS)通过相量测量单元(PMU)对系统进行高密度的同步相量采集, 借助高速通信网络集中分散的 PMU 动态数据, 并在相应的应用软件支持下, 实现对电力系统动态行为的监视和分析, 最终达到安全稳定闭环控制的目的。WAMS 的建立, 实现了电力系统监测、分析和控制功能从静态扩展到动态的飞跃^[3]。

WAMS 与 EMS 这 2 套系统有着相辅相成的关系。它们以同一电网为监视、分析和控制对象, 只是 EMS 面向电网稳态运行, WAMS 面向电网动态过程。2 个系统中所用的电网拓扑结构和设备参数、潮流图和厂站接线图完全相同, WAMS 所需的电网稳态实时数据来自 EMS, WAMS 经分析计算得出的安全稳定预防控制措施, 如发电机有功和无功出力、无功补偿设备、变压器抽头、HVDC 的传输功率等的调节, 都要经过 EMS 的自动发电控制(AGC)和自动电压控制(AVC)以及人工遥控与遥调来实现。

理想的 EMS 和 WAMS 互联方案应满足:

1) 最大限度地利用调度中心各种数据采集途

径, 实现各种信息的整合与共享;

2) 最大限度地减少 EMS 和 WAMS 的维护工作量, 实现 2 套系统的一体化维护;

3) 最大限度地提高 EMS 和 WAMS 的使用方便性, 实现 2 套系统的一体化监控。

基于上述考虑, 本文提出一种基于统一支撑平台的 EMS 与 WAMS 集成方案, 在同一支撑平台上构筑 EMS 与 WAMS 这 2 套系统, 实现了 EMS 与 WAMS 的一体化建设。

1 EMS 与 WAMS 一体化的优势

在一体化平台支撑下, EMS 和 WAMS 这 2 套系统可以共用历史数据库存储电网模型、设备参数和各自的历史数据, 实时数据显示和历史数据保存采用统一的机制, 在同一幅厂站画面上通过应用切换显示 EMS 和 WAMS 应用的数据。统一的支撑平台有如下几个方面的优势。

1.1 集成各种量测数据, 简化接口设计

EMS、WAMS 和故障信息管理系统是调度中心 3 套重要的自动化系统, 分别用于电力系统稳态、动态和暂态过程的监视、分析和控制。实际上, 电力系统的 3 个状态是不可分割的, 这就需要把这些系统采集的各种数据整合到一起, 为调度中心的各个专业部门(调度、运方、保护)提供统一的集成数据平台, 实现对电力系统全过程的监视、分析和控制。

在一体化平台支撑下, 数据库管理系统统一存储和管理 SCADA 和 PMU 采集的数据, 避免了 EMS 和 WAMS 之间的大量数据交互。同时, 通过汇集外部系统, 如故障信息管理系统等的数据(当然, 故障信息管理系统也可以集成在统一支撑平台

上),实现调度自动化二次系统信息的整合。

这样,可以综合利用调度中心各种数据采集途径,构成集 EMS 稳态信息、PMU 动态信息以及继电保护、安全自动装置、故障录波等暂态信息(简称三态数据)于一体的广域信息的集成数据平台,实现数据共享,方便各种高级应用功能的顺利实施^[4]。可能的高级应用包括:安全稳定的在线分析、预警和协调防御^[5-7];利用 PMU 信息和事件顺序(SOE)信息在线分析电网事故;利用保护动作信息、SOE 信息、故障录波文件详细定位故障点及故障相关信息;重演电力系统的动态和暂态过程,通过实测曲线和仿真曲线的比较,对电网进行深入分析和研究等。

1.2 实现一体化维护,减轻维护工作量

随着电网建设的不断发展,EMS 和 WAMS 系统电网模型维护,包括电网的拓扑结构、设备参数和厂站接线图等,给运行维护人员带来沉重负担,避免这 2 套系统重复进行电网模型维护是最低要求。即使 EMS 和 WAMS 作为 2 套独立系统建设,也必须严格遵循 IEC 61970 等国际标准^[8],具有良好的开放性,满足电网模型信息的导入和导出要求:①基于 IEC 61970 的 CIM/XML 文件接口;②基于 IEC 61970 的 CIS 组件接口;③基于 SVG 的图形交换。

在一体化平台支撑下,可以统一建立、存储和管理电网模型与图形,避免了 EMS 和 WAMS 之间的模型与图形的交互。模型和图形的维护在统一平台上进行,可以方便地实现对历史、实时和未来的电网模型与图形的支持,以满足不同应用的需求。例如:安全稳定的在线分析使用实时电网模型和图形;调度预案的安全稳定分析使用未来电网模型和图形;历史电网故障下的仿真研究使用历史电网模型和图形。不仅可以提供电网的详细接线模型,还可以提供基于单线图方式的电网模型,在单线图上方便地增加或删除厂站和线路,进行运行方式和设备参数的即时修改。

另外,在一体化平台支撑下,EMS 和 WAMS 具有统一的数据库维护界面、报警定义界面等,极大地提高了维护的方便性。

1.3 实现一体化监视与操作,方便使用

EMS 和 WAMS 作为 2 套独立系统建设时,尤其当 2 套系统出自不同厂家时,运行维护人员和使用人员必须熟悉和掌握 2 套系统。这 2 套系统具有不同的数据库维护界面和人机交互界面。更重要的是,这 2 套系统具有各自独立的人机工作站,对 EMS 和 WAMS 的监视和操作在不同的人机工作站上进行,调度台上要放置 2 套调度员工作站。

在一体化平台支撑下,这 2 套系统具有相同风

格的人机交互界面,在同一台人机工作站上实现对 EMS 和 WAMS 的监视和操作,在同一幅画面上可以对电网的稳态、动态和暂态行为进行监视,在同一幅厂站图上通过应用切换显示 EMS 和 WAMS 各应用下的数据,极大地提高了使用的方便性。

1.4 共享硬件资源,减少硬件投资

一般说来,当 WAMS 作为独立系统建设时,主站系统典型的硬件配置包括如下 6 个部分:

1)WAMS 前置通信服务器,完成 PMU 数据采集及外部系统的数据汇集功能;

2)WAMS 历史数据服务器,用于存储电网模型、PMU 采集的动态数据及 WAMS 各应用的计算结果等;

3)WAMS 应用服务器,执行 WAMS 基本应用功能,如三态数据的整合与管理、电网运行动态监视、低频振荡监视与分析、扰动识别、故障分析、辅助服务质量分析等;

4)高速计算服务器,由多台高性能计算机并行计算来实现 WAMS 高级应用功能,如安全稳定的在线分析、预警和协调防御等;

5)WAMS 的 Web 服务器,在安全区Ⅲ的 Web 站点建立 Web 服务,利用浏览器工具访问 WAMS;

6)人机工作站,包括维护工作站、开发工作站、方式工作站、调度员工作站等。

很明显,WAMS 的硬件配置与 EMS 非常类似。在一体化平台支撑下,可以最大限度地实现硬件资源共享,如历史数据库服务器、Web 服务器和人机工作站,从而减少硬件投资。

2 EMS 与 WAMS 一体化平台的设计

文献[9]中提到,在新一代 EMS 设计中,平台与应用之间有着清晰的层次关系,平台位于下层,应用位于上层,平台为应用功能的实现提供服务。平台服务的设计是在对各应用的需求进行分析、总结与归纳的基础上进行的,为所有的应用提供从底层通信到上层界面的通用服务。

作为进一步的扩展,在新一代电网调度自动化集成系统支撑平台的设计中,不仅要考虑对 EMS 而且要考虑对 WAMS、故障信息管理系统等的支持,为最终实现调度自动化二次系统的功能整合提供技术保证。换句话说,平台要为各应用系统以及应用系统中各应用功能的实现提供公共服务,包括系统配置与运行管理、网络通信管理、商用数据库管理、实时数据库管理、网络模型管理、用户权限管理、图形画面管理、历史案例管理、报表管理、报警服务、计算服务、Web 信息发布等。WAMS 对支撑平台

提出了更高的要求,如数据库处理速度和效率,对量测量时间标记的处理等。结合 WAMS 的特点,在支撑平台的设计中要考虑以下几个问题。

2.1 客户/服务器模式的体系结构

在同一支撑平台上构筑 EMS 与 WAMS 这 2 套系统,系统规模非常庞大,应用功能众多,传统的分布式系统面临挑战。在分布式系统中,各应用进程和相应的实时数据库都驻留在各节点上,服务器和工作站界限不清,对硬件都有很高的要求。因此,在支撑平台设计中,应严格区分各应用的服务器和客户机。在客户/服务器模式下,一种方案是各节点上都有实时数据库,但只在服务器上启动应用进程,将结果更新到各客户机节点上;另一种方案是只在服务器上有应用进程和实时数据库,而客户机上既没有进程也没有实时库,只是在需要访问实时数据库时,通过远程访问接口访问服务器上的实时库。考虑到一体化系统应用功能众多,采用后一种方案为宜,即瘦客户/胖服务器模式。针对某些实时性要求很高的应用,如实时数据采集与处理服务,为保证获取实时 PMU 数据的高效性,避免过重的网络负载,在需要快速获取 PMU 数据的各应用服务器上分布 PMU 实时数据库和实时数据采集与处理进程。

2.2 数据库管理系统

采用实时数据库与商用数据库相结合的方式,构成支撑平台的核心数据总线层,数据总线层提供一组数据库访问接口,即数据库中间件,为各个应用提供统一的实时数据服务和历史数据服务。

实时数据库管理的目的是在内存缓冲区保存静态的电网模型数据、从 EMS 获取的稳态实时数据和从 PMU 采集的动态实时数据,支持对这些数据的定义、存储、访问和显示。

PMU 采集的数据具有高密度(25 帧/s~100 帧/s)及带时标等特点,并且需要保存一段时间(1 min~5 min)。为了满足各应用的快速访问要求,保证实时数据库的访问效率,可以按 PMU 采集数据的顺序连续存放一段时间(例如 5 min)的数据,并通过直接寻址方式提高访问速度。

实时库中 PMU 实时数据存储定义表结构为:

```
{KEY_ID_STRU yc_id; /* 测点 ID */
int fac_id; /* 厂站 ID */
char table_name[20]; /* 数据存储表名 */
int column_id; /* 数据存储表域号 */
}
```

PMU 实时数据存储格式如图 1 所示,同一时刻不同域的数据按域号连续存储。数据的检索过程为:由实时数据存储定义表中的 yc_id 在找到相应

的数据存储表和域号,记域号为 i ;根据域号 i 和时刻 T_j 确定实时测量值位置偏移为: $(i + 256j) \times \text{sizeof}(\text{float})$ 。

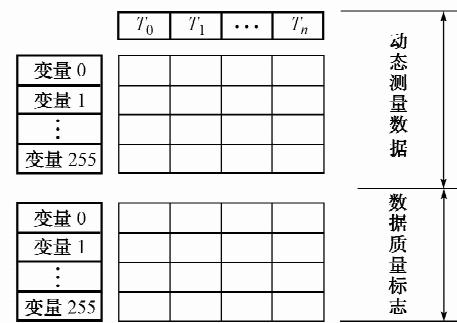


图 1 PMU 实时测量数据存储表
Fig. 1 The storage table for real-time data from PMU

采用大型商用数据库以满足 WAMS 对大容量数据存储和查询的要求。商用数据库中存放的 WAMS 历史数据包括:

- 1) 电网正常运行时,为满足事故追忆的要求,需要保存几天到几十天的全部 PMU 量测数据;
- 2) WAMS 应用功能,如低频振荡分析、辅助服务质量分析等的计算结果需要长期存储;
- 3) 事故过程记录长期存储每个触发事件(包括低频振荡、短路及断线故障、切机及切负荷等扰动)发生前 1 min 到结束后 1 min 的全部或部分相关的 PMU 量测数据;
- 4) 长期存储离线召唤的相关 PMU 100 帧/s 量测数据和暂态录波数据(COMTRADE 文件),可以是扰动识别、故障分析等应用自动触发召唤,也可以是人工召唤并指定保存。

值得一提的是,在支持存储电网正常运行时所有 PMU 量测数据的同时,应该更加强调电网异常状态下各种数据的长期可靠保存。

电网模型数据也存放在商用历史数据库中,不同的应用根据设备属性的不同,将电网模型下装到实时数据库中,以满足不同应用对历史、实时和未来电网研究的需要。

2.3 系统配置与运行管理

系统配置与运行管理的主要目的是维护 EMS 与 WAMS 一体化系统的完整性和可用性,提高系统的运行效率。主要包括应用服务器的冗余配置及主备切换管理、任务和进程的管理、系统资源与状态监视、运行参数及日志的管理等。

虽然 EMS 和 WAMS 构筑在同一支撑平台上,

但仍存在着实时数据共享的要求,例如人机工作站要同时显示 EMS 和 WAMS 的实时数据,WAMS 应用需要访问 SCADA 数据等,这就要求 2 个系统共享各应用服务器的分布信息和主备状态信息,冗余配置管理负责实现这些信息在这 2 个系统之间的可靠传递。

2.4 网络通信管理

在客户/服务器模式下,客户端仅仅需要对服务器端进行远程调用,获得应用的计算结果,故采用基于公共对象请求代理体系结构(CORBA)技术实现点对点数据通信,而消息总线主要用于实现点对多点数据通信。

消息总线基于 OS 网络通信支持,向节点上的所有进程提供可靠的点对多点数据通信。消息总线负责把其驻留节点上各进程的消息分发给一组相关的进程,并接收相关进程发送给本节点中进程的消息。EMS 与 WAMS 之间的点对多点通信都可以通过消息总线来实现。

2.5 图形画面管理

支撑平台提供功能强大的人机界面来展现 WAMS 动态相量数据和低频振荡、安全稳定分析等应用的计算结果,支持全图形、高分辨率、多窗口、快速响应的图形显示,具有平滑移动、无级缩放和移动画面等功能。例如,按时间曲线方式显示某个 PMU 测量值随时间的变化,以仪表图和曲线方式显示 PMU 采集的或稳定分析计算得到的任意两机组之间的功角差等。

2.6 Web 信息发布

支撑平台提供安全区Ⅲ的 Web 服务器的信息同步和信息发布功能。信息同步的目的是将Ⅰ区的电网模型、历史数据、实时数据、图形文件、报表文件等同步到Ⅲ区的 Web 服务器,实现 Web 子系统的免维护。Web 服务器的信息发布功能支持通过浏览器访问 EMS 和 WAMS 的相关画面。

另外,Web 服务提供 WAMS 事件数据下装功能,将事故中相关联的三态数据下装至本地客户机,以满足基于 PC 平台的一些离线应用进行分析研究。

3 EMS 与 WAMS 一体化的实现方案

在一体化平台支撑下,EMS 和 WAMS 共用中心交换机,但为了减少 EMS 与 WAMS 的相互影响,提高网络的通信效率,可划分成不同的虚拟局域

网(VLAN)。由于 WAMS 采集的数据是带时标的动态数据,实时数据量非常大,要求数据采集系统具有高效率的数据处理能力,因此采用单独的 WAMS 前置通信服务器,避免增加 EMS 前置系统的 CPU 负荷,保证 EMS 和 WAMS 前置采集系统的高效性。EMS 和 WAMS 一体化系统的硬件配置如图 2 所示。

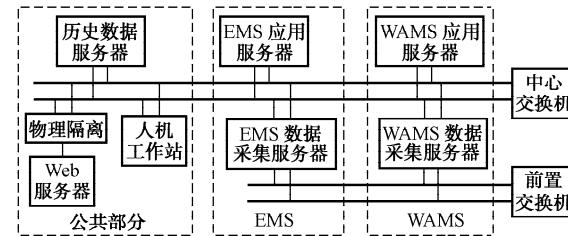


图 2 硬件配置示意图
Fig. 2 The sketch of hardware configurations

4 结语

本文结合江苏电网基于 OPEN-3000 支撑平台的 EMS 和 WAMS 的设计、开发和工程实践经验,提出了 EMS 和 WAMS 的一体化集成方案。在 OPEN-3000 平台的统一支撑下,WAMS 和 EMS 共用历史数据服务器、Web 服务器和人机工作站,只保留 EMS 和 WAMS 各自的数据采集服务器和应用服务器。这一方案,在减少了硬件投资的同时,极大地提高了 EMS 和 WAMS 使用、维护的方便性以及应用功能的可扩展性,向“整合调度自动化二次系统,实现调度决策的智能化”迈出了重要的一步。

参 考 文 献

- [1] 于尔铿,刘广一,周京阳,等.能量管理系统.北京:科学出版社,2001.
YU Erkeng, LIU Guangyi, ZHOU Jingyang, et al. Energy management system. Beijing: Science Press, 2001.
- [2] 罗建裕,王小英,鲁庭瑞,等.基于广域量测技术的电网实时动态监测系统应用.电力系统自动化,2003,27(24):78-80.
LUO Jiangyu, WANG Xiaoying, LU Tingrui, et al. An application of power system real-time dynamic monitoring system based on wide-area measurement. Automation of Electric Power Systems, 2003, 27(24): 78-80.
- [3] 洪宪平.电网动态监控系统设计和建设要点.电力系统自动化,2005,29(9):87-89.
HONG Xianping. Design and construction of power grid dynamic supervisory control system. Automation of Electric Power Systems, 2005, 29(9): 87-89.
- [4] 常乃超,兰洲,甘德强,等.广域量测系统在电力系统分析及控制

- 中的应用综述. 电网技术, 2005, 29(10): 46-52.
- CHANG Naichao, LAN Zhou, GAN Deqiang, et al. A survey of application of wide-area measurement system in power system analysis and control. Power System Technology, 2005, 29(10): 46-52.
- [5] 薛禹胜. 时空协调的大停电防御框架:(一)从孤立防线到综合防御. 电力系统自动化, 2006, 30(1): 8-16.
- XUE Yusheng. Space-time cooperative framework for defending blackouts: Part one from isolated defense lines to coordinated defending. Automation of Electric Power Systems, 2006, 30(1): 8-16.
- [6] 薛禹胜. 时空协调的大停电防御框架:(二)广域信息、在线量化分析和自适应优化控制. 电力系统自动化, 2006, 30(2): 1-10.
- XUE Yusheng. Space-time cooperative framework for defending blackouts: Part two reliable information, quantitative analyses and adaptive controls. Automation of Electric Power Systems, 2006, 30(2): 1-10.
- [7] 薛禹胜. 时空协调的大停电防御框架:(三)各道防线内部的优化和不同防线之间的协调. 电力系统自动化, 2006, 30(3): 1-10.
- XUE Yusheng. Space-time cooperative framework for defending blackouts: Part three optimization and coordination of defense-lines. Automation of Electric Power Systems, 2006, 30(3): 1-10.
- 10.
- [8] 张慎明, 卜凡强, 姚建国, 等. 遵循 IEC 61970 标准的实时数据库管理系统. 电力系统自动化, 2002, 26(24): 26-30.
- ZHANG Shenming, BU Fanqiang, YAO Jianguo, et al. Real-time database management system (DBMS) that conforms to IEC 61970 standard. Automation of Electric Power Systems, 2002, 26(24): 26-30.
- [9] 姚建国, 高宗和, 杨志宏, 等. EMS 应用软件支撑环境设计与功能整合. 电力系统自动化, 2006, 30(4): 49-53.
- YAO Jianguo, GAO Zonghe, YANG Zhihong, et al. Supporting platform design and function integration for EMS application software. Automation of Electric Power Systems, 2006, 30(4): 49-53.

高宗和(1962—),男,高级工程师,主要从事电力系统分析与控制的研究与开发工作。E-mail: gaozh@naritech.cn

戴则梅(1973—),女,高级工程师,主要从事电力系统应用软件和 WAMS 的研究与开发工作。

翟明玉(1969—),男,博士,主要从事电力系统计算机应用的研究与开发工作。

Integrative EMS and WAMS Based on a Unified Supporting Platform

GAO Zonghe¹, DAI Zemei¹, ZHAI Mingyu¹, SU Dawei², XU Chunlei²

(1. NARI Technology Development Limited Company, Nanjing 210003, China)

(2. Jiangsu Electric Power Company, Nanjing 210024, China)

Abstract: The design and development of integrative EMS and WAMS based on a unified supporting platform is proposed. Combined with the characteristics of WAMS, the requirements on the supporting platform are also discussed. Under the unified supporting platform, the historical data servers, Web servers and man-machine work stations are used for both EMS and WAMS, only the data acquisition servers and application servers are retained. This scheme not only reduces the investment in hardware, but also minimizes the maintenance workload, making it convenient for the user. The validity of this scheme has been verified by actual engineering application.

Key words: energy management system (EMS); wide area measuring system (WAMS); supporting platform

第四届 EMS-API 工作组成立大会在京召开

全国电力系统管理及其信息交换标准化技术委员会第四届 EMS-API 工作组成立大会暨四届一次会议于 2006 年 7 月 20 日至 21 日在北京召开。国家电力调度通信中心总工程师辛耀中先生、全国电力系统管理及其信息交换标准化技术委员会刘国定秘书长到会讲话。本届工作组由 10 名成员组成, 分别来自国家电力调度通信中心、国电自动化研究院、中国电力科学研究院、清华大学、积成电子股份有限公司、烟台东方电子信息产业集团有限公司、浙江大学等单位。会议审议了工作组要求和工作组 2006 年的工作计划, 明确了 2006 年 8 月底将在北京举行的国内第 6 次 EMS-API 互操作实验方案; 并就 SVG 标准的最新进展和实际工程应用经验进行了交流和技术讨论, 如 SVG 图形交换的范围, 图元定义和名称的统一等。工作组将结合 IEC 61970-453 标准的新内容尽快形成国内的 SVG 标准规范, 为电网图形数据的共享提供技术支持。2006 年 10 月中下旬, 工作组将举办面向网省调以上的 IEC 61970 标准高级培训班。

(李毅松 国家电力调度通信中心 100031, 曹阳 国电自动化研究院 210003)