

江苏电网省地县一体化电量智能采集系统研究

熊政¹, 彭栋², 仲春林¹

(1.江苏方天电力技术有限公司,江苏南京 211103;2.江苏电力调度控制中心,江苏南京 210024)

摘要:文中提出的江苏电网省地县一体化电量智能采集系统,以省集中的建设模式实现了江苏电网“发、输、变”各环节电量信息的全覆盖准实时自动采集,接入全省全部各类电厂、35 kV及以上变电站共3000余座。并对采集的电量原始数据按照可定义的公式规则准实时计算出各线路电量、电厂结算电量、各市县供电量、网损等各类电网运行数据。系统已成为江苏电网电量信息的准实时数据中心,在电网电量管理业务中发挥重要作用。

关键词:电网;一体化;电量;采集系统

中图分类号: TM732

文献标志码: B

文章编号: 1009-0665(2014)02-0056-04

江苏电网电量计量管理模式的发展经历了3个阶段。最初在上世纪90年代末,某些市县试验性建设了小型孤立的电量采集系统,小范围的取代人工抄表的工作,但应用功能单一且孤立系统之间无任何联系。后来在地市层面将这些孤立系统统一起来,形成了“13+1”的分区系统模式,采集范围得到扩展,但系统主站分地区设立,建设和运行维护成本高,数据存储和应用功能分散,数据难以共享,系统之间转发数据消耗大量资源,数据及时性和一致性很难保证。当今随着电力通信网络的全面覆盖、计算机技术的快速发展,使得建设全省集中的一体化电量采集系统成为可能^[1],一体化系统主站全省惟一,建设与运行维护成本较低;数据全省集中存储,便于共享,有利于充分挖掘数据价值;丰富统一的功能模块在全省推广应用,促进标准化工作开展,便于省地县公司之间人力和技术资源共享;统一权限控制,有效防止失密。

本文提出的江苏电网省地县一体化电量智能采集系统,以实现“四化”为系统建设目标。(1) 一体化:建设全省集中模式的省地县一体化电量系统,为发展方式的转变提供技术支持;(2) 实时化:建立高性能、高可靠的准实时系统,满足日报统计和电厂结算的实时性、准确性要求,提高安全生产保障能力;(3) 智能化:实现设备故障智能定位、电量智能修补替代、和计量差错智能校核;(4) 规范化:依托一体化系统推行统一的电量采集技术标准,规范电网电量管理工作。

1 系统架构

系统按照“采集分布、数据集中、应用集成”的建设原则,实现对全省电厂上网关口、35 kV及以上变电站全部电能表的自动采集、计算与分析。系统总体结构如图1所示。

(1) 主站端:主站部分由省调二区主站、省调三

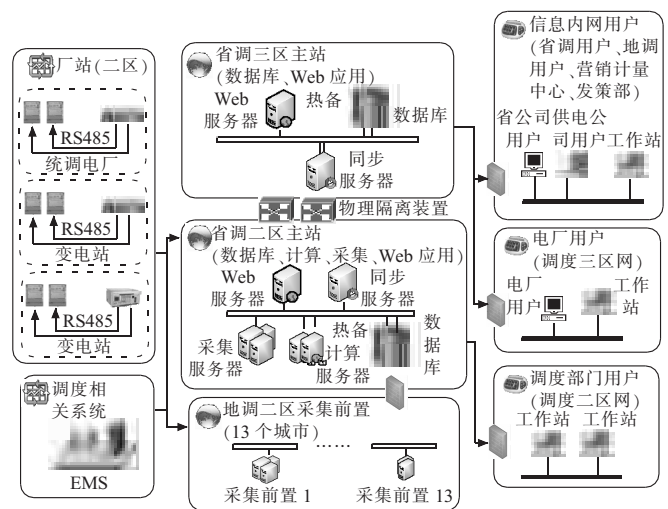


图1 系统总体结构

区主站以及地调二区采集前置组成。

(2) 厂站端:厂站端设备有采集设备、电能表及网络设备组成,主要运行于二区网络。

(3) 用户端:由于系统的用户涉及较广,有调度部门用户,主要在二区工作;有营销、发策部门用户,主要在信息内网工作;有电厂的查询用户,主要在三区使用,因此系统的二区主站和三区主站同时提供功能相同的应用服务,数据与指令通过物理安全隔离装置进行跨区传输。

2 系统主站设计

从系统业务功能角度,全省一体化电量系统可以分为8个功能子系统,如图2所示。

2.1 数据库子系统

数据库子系统是整个系统的核心。由于全省只有一套数据库系统,因此对数据库的可靠性、安全性、高可用性、高效性都提出了更高要求。本数据库子系统的设计上采用DB2 9.7大型商用数据库,硬件架构采用双小机加双存储的高可用架构,如图3所示。由于本系统需要

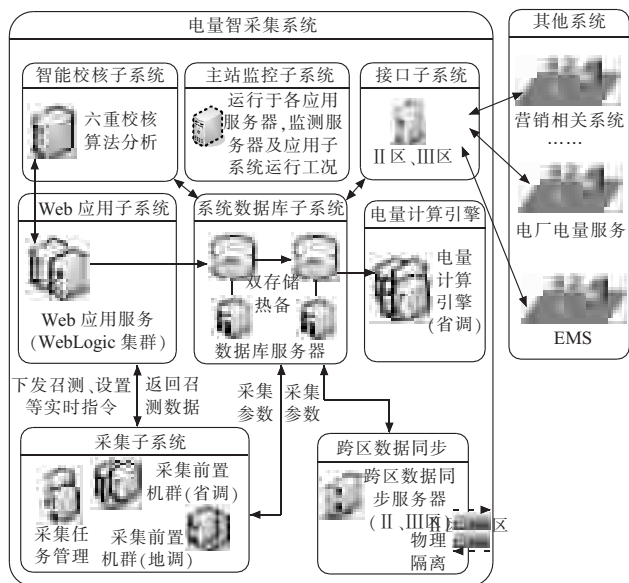


图2 主站子系统组成

同时构建二区和三区的完整应用。数据库在二区和三区进行完全相同的部署，再通过正向和反向物理隔离装置进行数据库的双向数据同步，这样虽然只用一个数据库，但一份数据同时保存在4个磁盘阵列中，数据的完全可以保证安全可靠。

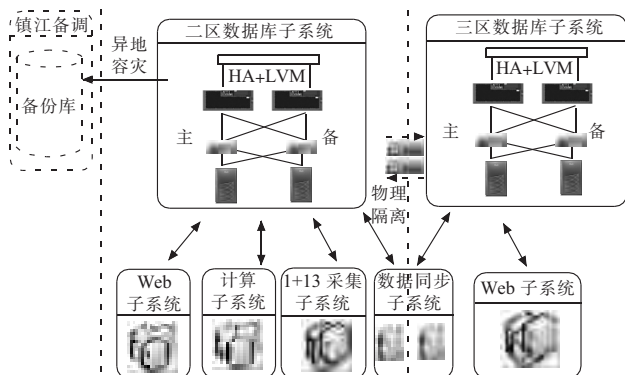


图3 数据库子系统结构

2.2 采集子系统

采集子系统负责将现场数据自动采集并存储到系统数据库中。数据采集全省统一任务管理，采集前置分布在各省市，以提升系统采集容量，减少省地间数据的交互环节，保证数据的一致性、准确性与实时性，如图4所示。

(1) 采集任务统一生成与管理功能：采集任务管理全省集中，全省任务生成14个任务队列，通过灵活的任务配置规则，可定义采集周期、采集对象、采集数据项等，可实现失败任务自动补采、失败任务重试，执行情况统计。

(2) 采集任务分布式并发执行功能：采集机实现多机热备与积木式平行扩展，保证采集可靠性与高性能，每台采集机的任务调度线程从任务队列检索任务，

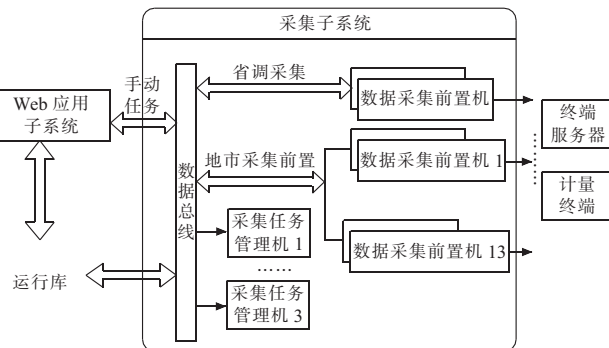


图4 采集子系统结构

以通讯信道互斥、优先级、时间点为主线调度采集线程并发执行，动态管理并发线程数，采集到数据进行内存缓存后批量提交，提高入库效率，减轻数据库压力，采用组件化设计，可灵活更新规约插件、调度逻辑、执行规则、通信组件。

(3) 省地互备、广域分布的集群采集技术：采集前置分布在各市调，分担数据采集信道压力，各前置间采用自动负载均衡与故障自动转移技术，保障数据采集可靠性；地调采集前置可接替省调前置工作，省调采集前置也可接替地调前置工作，实现省地采集互备。

(4) 设备故障智能定位功能：采集子系统设计了完善的通信过程监控功能，包括厂站设备的Ping状态，网络端口状态，通信报文的详细记录与自动分析功能，通信采集失败时系统将记录此次通信的完整过程，智能的判断故障环节。

2.3 计算子系统

为了实现计算过程可控的目的，计算引擎在设计上采用了基于计算计划队列管理模式；另外，从计算效率的角度考虑，计算引擎必需具备多任务并行处理的能力，所以，在设计上采用基于任务队列的计算调度模式。计算引擎将定时计算要求、事件相关及用户干预都最终解释为计算计划并按照优先级排序进行处理。引擎根据优先级逐一执行计算计划，将待执行的计算计划分解为计算任务。为进一步提升计算引擎的性能、充分利用硬件资源、提升系统可扩展性，计算引擎采用并行计算与数据库存储过程计算相结合的计算架构。数据库存储过程对于计算算法相对简单但数据吞吐量较大的计算类型有较高的效率，采用存储过程计算方式，计算在数据库服务器上执行，省去了数据库到计算服务器之间的传输大量数据的网络传输时间，同时也充分利用了数据库小机的强大计算能力。

2.3.1 电量公式计算功能

系统支持用户自定义计算公式的计算方法。所谓公式，是指由变量（计量点增量、子公式运算结果等）、运算符（如+、-、×、÷等）、函数（如MAX、ABS等）以及逻辑判断（if...else、for循环等）组成的表达式。系统根

据表达式的定义,自动获取输入分量,按照预定的运算符、函数、逻辑判断,将运算完成的结果和质量标记,保存至结果数据库中。典型的公式定义:

$$E=\max((A+B)-(C+D),0) \quad (1)$$

式(1)中: E 为某电厂上网电量; A 为镇厂镇龙5211线正向有功电量; B 为镇厂龙江5212线正向有功电量; C 为镇厂镇龙5211线反向有功电量; D 为镇厂龙江5212线反向有功电量。计算涉及2项关键性技术:公式解析和历史公式。其中,公式解析是指如何根据公式定义的表达式,分解为可被计算引擎运算的可执行程序;公式解析所涉及的变量分解、运算符识别、函数运算、逻辑判断等技术都是公式计算所必须解决的技术性问题。另外一项关键性技术“历史公式”,是指对公式存在生命周期的处理能力,如表1所示。

表1 公式定义的历史形态

| 公式段 | 有效时段 | 公式表达式 | 备注 |
|-----|---------------------------|---------|-----------------------------------|
| 1 | 2012-01-01至 2012-05-31 | $a+b$ | a, b, c 代表某个电量,如某条线路的正向有功或反向有功等 |
| 2 | 2012-06-01至 2013-05-31 | $a+c$ | |
| 3 | 2013-06-01 至今 | $a+b+c$ | |

表1所示的公式,在不同的历史时期具有不同的表达式,如在2012年6月1日至2013年5月31日期间,公式使用“ $a+c$ ”作为其运算表达式。而在此时间段之前或之后,公式都有不同的定义(表达式)。所谓“历史公式”,就是需要能够记录公式在不同时期的表现形态,并能够根据这些时期的公式定义计算结果并保存。在系统重现计算时,计算引擎应能够自动获取公式在各个时期的表达式及分量输入,计算结果需要还原公式的历史情况。

(1) 计算表达式是为实现对复杂公式计算,支持常用数学表达式及逻辑运算,计算引擎在架构上选择使用动态语言作为公式计算的解析和执行单元。动态语言(如Python, Ruby, Groovy等)是相对于编译语言(如C, C++, Java等)而言的,动态语言不需要编译,就能够根据给定的表达式执行运行。目前,动态语言的技术已经非常成熟并且有着广泛的应用。将动态语言运用于电量公式计算,可以最大限度地获得表达式的灵活性,甚至说可以支持任意复杂度地公式计算需求。但由于动态语言本身是一套完整的编程系统,支持文件操作、硬件资源访问、打开网络等底层调用,如果不加以限制,可能对计算引擎的运行的稳定性造成影响,甚至,恶意的代码可能造成更加严重的后果。所以,计算引擎在引入动态语言的同时对其进行了限制,只开放满足于公式计算的部分功能。这种限制表现在多个层次,首先,在表达式定义时需要表达式的合法性进行

验证,过滤允许范围内的关键字;其次,在表达式执行前,再次进行关键字过滤,防止通过其他途径录入非法表达式;最后,公式执行部分运行于“沙箱”中,从运行环境(Runtime)层面屏蔽表达式访问禁止的资源。

(2) 支持的函数是因计算引擎主要用于电量相关的数学计算,则目前计算引擎的公式表达式提供对常用数学函数的支持,如 $\min(a, b)$, $\max(a, b)$, $\text{abs}(a)$, $\sin(a)$, $\cos(a)$, $\log(a)$, $\text{sqrt}(a)$ 等。

2.3.2 电量智能修补替代功能

计算引擎在设计和实现过程中,充分发挥智能计算理念,利用智能化处理手段分析解决数据处理过程中常见问题,尽量减少系统运行过程中的人工干预,降低系统运维人员的工作量。(1) 电量自动替代。对于偶发的采集故障情况数据未能及时采集入库,为了能及时得到相对准确的电量数据,系统引入了电量替代机制,电量替代包括辅表电量自动替代、EMS功率积分电量替代、线路对端电量替代。(2) 电量智能修补。电量智能修补与电量自动替代的区别是智能修补的电量是准确的而自动替代的电量是近似准确的。电量智能修补包括智能自动置数和旁路代电量修补。

智能自动置数主要用于解决底码缺失情况下的电量计算。由于前一时间点底码缺失导致增量缺失的情况,如果存在当前底码,需要向前查找到上一次正常采集的底码值。根据缺失前后采集数据底码差值,计算缺失期间增量(增量=(采集点底码-前次采集点底码) \times TA变比 \times TV变比);将增量按一定比率(平均、辅表电量曲线、EMS功率曲线或对端电量曲线等)摊派到缺失计量点增量。

2.4 智能校核子系统

系统设计了多重电量智能校核算法:母线平衡监视、主变平衡监视、发电机出口平衡监视、EMS电量校核、线路对端电量校核。通过数据智能校核功能可以自动及时的发现计量故障与异常。从而确保电力系统计量关口电量数据的准确性、计量装置的可靠性;减少由于计量误差、计量故障等因素导致的电量数据缺失、计量失真等情况,为关口计量管理工作提供技术支撑,提高关口管理水平。

(1) 主辅平衡校核。电力系统计量关口通常有多块电能表同时运行,用以确保数据的连续性和稳定性。其中主表为计费电能表,以主表计量信息为计费依据,以辅表信息来比对主表计费的合理性。通过主辅表间的电量校验,判断表计是否运行正常。计算公式为:

$$R=(A-B)/A \times 100\% \quad (2)$$

式(2)中: R 为平衡率; A 为主表电量; B 为辅表电量。

(2) 线路对侧平衡校核。根据关口电能表和线路对侧电能表的电量平衡关系,实时考察计量表计、线路

运行工况和厂网间输电线路线损情况。利用所采集的电能量数据,通过计算分析确定线损是否异常,判断是否存在计量装置故障、失准、窃电等。计算公式为:

$$R=(A-B)/A \times 100\% \quad (3)$$

式(3)中: R 为线损率; A 为关口侧电量; B 为线路对侧电量。

(3) 母线平衡校核。根据能量守恒定律输入母线的电量与输出母线的电量加上传输转换过程损耗的电量应该是一致的。通过输入母线前电量数据和输出母线的电量数据进行校验,可以判断关口的整体运行状况。计算公式为:

$$R=(A-B)/A \times 100\% \quad (4)$$

式(4)中: R 为母线平衡率; A 为输入母线电量; B 为输出母线电量。

(4) 发电机出口与主变高压侧平衡校验。与上同理,发电机出口电量、厂用电量与主变高压侧电量之间存在平衡关系。计算公式为:

$$R=(A-B-C)/A \times 100\% \quad (5)$$

式(5)中: R 为发电平衡率; A 为发电量; B 为主变高压侧输出电量。

(5) 积分电量校验。表计计量电量数据同 EMS 功率积分电量进行校核。计算关口表计数据和 EMS 功率积分电量在同一时段内运算的结果比较,可通过偏差值判断表计计量出现异常。计算公式为:

$$R=(A-B)/A \times 100\% \quad (6)$$

式(6)中: R 为积分校验率; A 为表计计量电量; B 为功率积分电量。

2.5 跨区数据同步子系统

生产控制区(二区)与信息管理区(三区)通过电力专用物理隔离装置(正、反向)实现数据跨安全区同步,利用数据库触发器功能^[1],通过正、反向隔离装置的文件摆渡通道实现数据量较小的档案数据双向同步;利用业务数据的增量变化规则,通过正向隔离装置的单向 Socks 连接通道实现大数据量的采集与计算数据二区到三区的单向同步。这 2 种方式结合的方案既满足二、三区完整应用的需求又保证了数据传输的高效。

2.6 Web 应用子系统

Web 子系统采用多层架构、全局视角设计,统一规划设计各项业务功能,提高易用性与可维护性。Web 子系统分区部署,二、三区同时发布,满足二、三区不同用户使用需要,并面向全省电厂发布数据,通过 F5 实现服务器集群,保证系统高可用性并均衡访问负载。Web 应用与后台采集、计算等子系统业务紧耦合、软件松耦合设计,Web 页面实现与现场设备间的实时数据召测与通信,实现图形化的公式定义与即时计算。

Web 总体上采用轻量级框架的多层结构设计,具

体的技术上采用 ExtJS+Struts2+Spring+iBatis (JDBC) 的集成混合架构。结构上可以分为界面表示层、业务逻辑层和数据持久层。界面表示层上采用流行的用户体验较好的 ExtJS 框架+JSP 页面,流畅的页面功能,强大的页面控件,精美的页面展示,为用户打造动态易用的页面。业务逻辑层采用 Struts2 和 Spring 框架,高效的处理页面层传递的任务命令,并进行处理封装。数据持久层采用了 iBatis 轻量级半自动类型框架,可以灵活的和数据库通信,且和数据库类型无关。

2.7 接口子系统

接口子系统通过统一的 Web Service 方式,为交易中心、发策部、营销部、运检、信通等多个部门提供二十余类数据接口。根据 Web 系统配置权限,可实现不同用户通过调用不同的方法,获取自己被授权的数据,并且可以根据登陆服务器的 IP 地址限制访问用户。接口通过负载均衡器(F5)实现服务器集群,保障接口可靠性,并可分担访问压力。

2.8 主站监控子系统

主站监控子系统实时监测系统主站设备运行状态,包括服务器、应用程序、Web 应用服务、数据库、存储、通信通道、现场终端等的运行工况,诊断主站设备健康状态,监视系统各子系统运行情况,通过对采集、计算、校核等工况的分析,及时发现故障,诊断故障原因,快速定位,形成在线监测及故障诊断专家系统^[2],对于异常事件,根据等级通过事件告警机制(页面推送、短信、内部邮件等)通知值班人员,保障系统稳定运行。

3 厂站端设计

厂站端的采集结构统一采用终端服务器直采电表的方式,终端服务器的主要作用是将网络通信转化为 RS485 串口通信,相当于建立了一个采集前置到电表的直达网络连接,由主站直接通过相应的电表通信规约读取电表内存储的电能示数曲线数据,如图 5 所示。此方案的优点在于造价较低、运维费用低、可靠性较高,省去了复杂且造价较贵的厂站电能量采集终端,简化了厂站端采集结构,终端服务器结构简单、功能通用,复杂的电表规约解析由主站采集前置实现,对于新增的电表规约只需升级主站前置采集规约库即可,厂站端设备不需升级、维护简便。

4 系统特点

本系统可以对全省电厂及变电站进行发、输、变各环节的电能量信息实时采集与电量计算分析。

(1) 准确性。数据采集与计算准确,采用技术手段对数据进行校核,确保数据准确性。

(2) 可靠性。软硬件全冗余全热备,通过负载均

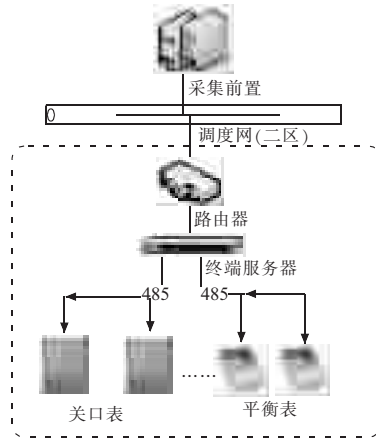


图5 厂站端采集结构

衡、故障转移等技术,确保系统稳定可靠。

(3) 实时性。系统采集范围量大面广,运用并行与集群技术,提升处理效率,满足实时性要求。

(4) 安全性。对权限及网络进行安全控制,系统运行于调度二区网络,通过物理隔离装置实现了系统在二、三区的应用,满足系统高安全性要求。

5 结束语

本文提出的江苏电网省地县一体化电量智能采集系统,实现了“省地县一体化”的电量采集系统建设和

运行管理模式,有效提升了集约化管理与精细化运行水平,能够灵活适应“大运行”体系对技术支持系统的要求。系统目前已建成全覆盖“发—输—变”各环节电量信息的江苏电网电量综合信息系统,接入全省全部统调电厂、非统调电厂、35 kV 及以上变电站共 3300 余座。系统已成为江苏电网电量信息的准实时数据中心,可提供电厂上下网结算电量、供电量、网损等重要电网运行数据,在电网电量管理业务中发挥重要作用。本系统以后还将进行电网电量数据全采集覆盖后的大数据深入挖掘分析与应用功能扩展进行深化研究。

参考文献:

- [1] 尹飞. 基于物理隔离技术的触发式数据库同步方案[J]. 江苏电机工程, 2010, 29(1): 35-37.
- [2] 金逸. 智能变电站状态监测技术及应用[J]. 江苏电机工程, 2012, 31(2): 12-15.

作者简介:

熊政(1976),男,江西南昌人,工程师,从事电能计量及采集通信监控相关系统研发工作;

彭栋(1973),男,江苏无锡人,高级工程师,从事调度自动化控制相关系统研发与管理工作;

仲春林(1981),男,江苏泰州人,工程师,从事采集通信相关自动化系统研发工作。

A Multi-municipal Unified Smart Electricity Acquisition System for Jiangsu Power Grid

XIONG Zheng¹, PENG dong², ZHONG Chunlin¹

(1. Jiangsu Frontier Electrical Power Technology Co.Ltd., Nanjing 211102, China;

2. Power Dispatch Center of Jiangsu Power Grid, Nanjing 210024, China)

Abstract: This paper proposes a multi-municipal unified smart electricity acquisition system for Jiangsu power grid. The smart electricity acquisition system gathering electricity information from generation side, transmission side, and transformation side of Jiangsu power grid which includes all kinds of power plant and 3000 35 kV and above level substations. According to predefined calculation formula, the electricity of transmission lines, clear electricity of power plants, total electricity supplied to cities/counties, power losses and so on are calculated. The proposed acquisition system is taking a key role in electricity information collection and management in Jiangsu power grid.

Key words: Power grid; Multi-municipal unified; Electricity; Acquisition system

下期要目

- 基于 EPON 和工业以太网的新型配网通信混合组网方案
- 660 MW 机组送风机降速改造与变频改造的分析研究
- 电动变桨系统超级电容后备电源测试装置设计
- 智能变电站中低压母线保护设计
- 基于 CIM 的配电自动化系统信息交互
- 高性能的新一代母线保护装置的研究和应用
- 智能变电站图模一体化设计软件实现方案
- 大容量直流融冰系统在 500 kV 康定变的保护