

# 新一代配电网自动化及管理系统的应用设计和实现

姚建国<sup>1</sup>, 周太平<sup>2</sup>, 沈兵兵<sup>1</sup>, 丁 峰<sup>2</sup>, 赵京虎<sup>1</sup>, 朱 红<sup>2</sup>, 张子仲<sup>1</sup>, 张瑞鹏<sup>1</sup>

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

**摘要:** 从分析国内以往配电管理系统(DMS)存在的主要问题入手, 针对配电网的发展需求, 结合国际标准和计算机技术的发展趋势, 提出了新一代配电网自动化及管理系统的应用设计原则。并据此原则在南京供电公司的 DMS 上按 IEC 61970 标准实现了与公用地理信息系统(GIS)的无缝集成, 保证了实时和管理应用采用同一套模型和图形; 开发了配电网图形和模型的多态与同步功能, 可对设备生命周期实施全过程控制; 结合可定制的流程化控制, 配电网调度作业管理可以共享实时数据、模型和拓扑信息, 实现了配调业务流程的无纸化作业; 组件化的配电网拓扑分析内嵌在配电网管理流程的每一个细节之中, 保证了系统安全。最后就 GIS 的发展提出了看法。

**关键词:** 配电网自动化; 配电管理系统; 地理信息系统; IEC 61970/IEC 61968

**中图分类号:** TM727.2; TM73; TN915.04

## 0 引言

配电网自动化和管理系统是应用计算机技术、自动控制技术、电子技术以及通信技术, 对配电网进行在线和离线的监控与管理, 使配电网运行于安全、可靠、经济、优质、高效的状态。它是配电网改造的一个重要组成部分, 其实施可以提高供电可靠性、改善电能质量、提高配电系统的运行经济性以及用技术手段来改善用户服务<sup>[1]</sup>。然而, 虽然国内在这一领域有较大的投入, 但收效甚微。究其原因, 既有管理体制上的问题, 也有技术实现上的问题。因此, 如何定位配电管理系统(DMS)的功能, 如何从技术上理顺配电网管理的流程, 值得我们分析研究并研发出一套符合国情的真正意义上的配电网自动化和管理系统。

## 1 当前国内 DMS 应用存在的主要问题

尽管 DMS 对我国配电自动化(DA)发挥了积极作用, 但对大多数企业来说, 却仍在探索中前进, DA 实施的结果普遍是投入产出比不明显, 涉及配电网的经济技术指标并没有得到明显提高, 相关调度运行人员的劳动强度和工作环境并没有得到大的改善<sup>[2,3]</sup>。其中主要原因是技术实现思路问题和没有适合的产品。

### 1.1 传统模式(SCADA+DA)的局限

监控与数据采集(SCADA)和 DA 功能是 DMS 的基本功能。DA 故障处理功能主要体现在对线路故障段的自动隔离和非故障段的自动恢复供电, 以

减少网络设备和用户在故障时的中断时间。DA 虽然是 DMS 最基本和最实用的功能, 但由于资金原因造成一次设备投资不到位等因素的限制, 其功能不可能覆盖到全部配电网。目前, 在我国配电网的用户停电中, 80%以上都是计划性停电造成的, 而非故障停电, 其中城市建设、电网改造和设备检修占了相当大的比例。配电网的日常工作大部分都是围绕计划检修停电展开, DA 功能实际上仅仅覆盖了配调日常工作的很少一部分, 因此, 对供电可靠性提高的作用微乎其微, 也就很难看到较高的产出投入比, 相应地在减轻相关人员的劳动强度以及提高工作自动化程度方面的意义有限。

### 1.2 GIS 的瓶颈

配电网错综复杂, 运行方式多变, 只凭有经验的工程师掌握的图纸、资料及个人记忆力进行管理已很难管理。地理信息系统(GIS)的应用为配电网的运行管理提供一个具有地理信息的网络模型, 可以对配电网设备的资产、规划、设计、施工、检修等进行有效的管理。国内在 GIS 应用方面进行了较大的努力, 但在功能定位方面却是仁者见仁、智者见智, 发展很不平衡, 从配电网一体化管理的角度看, 实用的案例不多, 主要集中在图纸资料管理方面。由于 GIS 与 SCADA 系统信息交流不畅, 目前还不能充分体现其在电力系统生产和管理中的重要地位。

### 1.3 管理功能的不足

现有的 GIS 和 SCADA 系统都没有完全涵盖配调的日常工作, 尤其占配调工作很大比例的计划检修部分。目前还没有一套真正意义上的配电网调度作业管理系统能够从配电网调度管理最终应用入手, 实现对配电网日常调度工作全程跟踪、资源信息

共享和管理的自动化。国外 DMS 中特别强调配电网工作管理系统(WMS)方面的功能,并取得了良好的经济和社会效益,给我们提供了较好的开发和技术思路。

#### 1.4 信息孤岛的无奈

广义的 DMS 涵盖配电网生产、运行和服务全过程,因此该系统涉及配电网的所有实时信息、全部配电网设备信息和用户信息,而以上信息来源分布于不同部门的不同系统。其中:实时信息来源于配电网实时监控系统,设备信息来源于信息中心的配电网 GIS,用户信息则来源于用电部门的客户信息系统(CIS),还需要管理信息系统(MIS)的信息。从目前国内外的产品来看,没有一家产品可以完整地提供以上各类功能以及信息;同时,供电企业信息化的建设也是逐步推进的。因此,多家产品如何进行信息的纵向以及横向集成,既是一项艰巨的课题,又是保护用户投资的需要。但由于多家产品应用定位不同、需求不同,如何打通各个信息孤岛,目前还有很长的路要走。

### 2 新一代配电网自动化及管理系统的 设计原则

针对以上问题的分析,笔者认为,新一代 DMS 的设计原则应是:以覆盖全部配电网设备为基本考虑,以信息资源利用为重要手段,以配电网调度/生产指挥为应用主体,以提高配电网管理水平为主要目的。为实现这一设计原则,需要综合考虑标准的、技术的和管理体制的因素。

#### 2.1 基于 IEC 61970/IEC 61968 标准的 DMS 集成

IEC 61970/IEC 61968 标准是国内外调度/配电网自动化技术长期经验的总结和理论提升,反过来对调度/配电网自动化技术的研究具有鲜明的指导意义,为电力自动化应用提供了最权威的技术规范。其中,公共信息模型(CIM)迅速成为能量管理系统(EMS)和 DMS 遵循的数据模型标准,解决了长期以来由于数据建模上的差异而造成应用上的不规范和不同系统间互联的困难等问题。因此,遵循 IEC 61970/IEC 61968 标准是 DMS 的主要设计目标<sup>[4~6]</sup>,而模型的拆分和合并及互为调用<sup>[7,8]</sup>的正确性是保证系统可靠运行的关键技术之一。

配电网自动化及管理系统在不同的地区因其管理模式不同而存在着不同的形式。例如,有的地区设立了专门的配调中心,有的地区是地配一体化管理,有的地区则希望将配电网调度和集控中心结合在一起。因此,在设计 DMS 时,首先需要考虑的是系统的适应能力。通过 OPEN-3000 平台提供的积木式组件以及应用的裁剪功能,新一代 DMS 可以

适应以上各种不同的组织架构。

从功能上来说,新一代 DMS 的基本组件包括图资管理(AM)/设备管理(FM)/GIS、数据前置采集系统(FES)、配调 SCADA、配电网分析系统(D-NAS)、DA 以及调度作业管理等;从 IEC 61968 标准中所描述的一个广义 DMS 来看,还可以包括 CIS、故障投诉管理系统(TCM)、负荷管理系统(LMS)等。因此,在设计中,需要特别关注各个不同子系统的集成与数据共享,从体系结构的设计上保证第三方系统的无缝接入。

#### 2.2 确保数据源惟一

AM/FM/GIS 子系统和配电 SCADA 子系统是 DMS 最重要的数据来源。为了杜绝数据冗余,保持数据的一致性,减轻用户维护的工作量,必须打通这 2 个子系统之间的联系。通常 SCADA 系统与 GIS 之间有 2 种集成方法:内嵌方式和外挂方式。内嵌方式建立在统一模型的基础上,不存在数据交互难题;外挂方式为主流模式,它保证了 GIS 与 SCADA 系统各自优势的发挥,但由于 GIS 为通用的计算机技术,并不是专为电力系统而设计,其模型描述更偏重于地学领域。以松耦合非实时的公用信息模型(CIM)/可缩放矢量图形(SVG)/可扩展置标语言(XML)文件交换方式可以满足 GIS 与 SCADA 系统之间静态数据的共享,而实时与准实时的数据交互则可以采用通用标准的企业集成总线(UIB)技术。

#### 2.3 从管理入手实现 DMS 系统的规模效益

DA 建设普遍降温,供电企业逐渐形成共识:从管理入手,在继续完善配电网一次网架的前提下,强化配电网的调度职能和实现配调的自动化,并以此带动整个配电网生产运行流程的科学化管理,是提高配电网管理水平及提高供电可靠性的重要途径和手段。

配电网自动化在管理方面的应用应该在停电申请、检修计划、保电与双电源用户管理、操作票生成、数据统计/分析等方面下工夫,同时应充分考虑到故障处理的比重加大(必然趋势),向真正意义上的停电管理系统(OMS)过渡。用技术和管理相结合来提高供电可靠性,并使其统计方法和手段更科学、高效,能够在较短时间内实现低压供电可靠性统计。

### 3 新一代配电网自动化及管理系统的实现

新一代 DMS 结合南京供电公司配电网调度管理的实际需要,遵循 IEC 61970/IEC 61968 标准,采用最新的计算机技术,打破传统的 SCADA+DA 的配电网自动化建设模式,以 SCADA 系统为基础、配电网调度作业管理为核心,实现整个配电网调度的

流程化管理和无纸化作业,基本涵盖了配电网调度的业务流程,实现了包括配电网监控,馈线自动化,网络拓扑分析计算,调度检修计划的编制、审核、预发、执行的流程化管理,保电与双电源用户管理,以及各种统计与分析等功能。

系统基于公用 GIS 平台的图形和数据建立了完整的配电网拓扑模型,并依据配电网特点提供了独具特色的大小图(大图指配电网联络关系图,小图指配电网单线图)和红黑图(黑图指现实运行模型,红图指未来待投运模型)机制。大小图功能通过配电网模型实时分析计算,实现了整个配电网联络关系图与 10 kV 线路单线图之间的实时拓扑关系和操作的互对应,使得配调管理人员既可以从全网宏观角度也可以从单一馈线的微观角度来管理整个配电网,在为调度员提供准确的配电网资料的同时,大大减轻了维护人员工作量。红黑图机制则提供了对网络模型动态变化全过程控制的解决方案,真实地再现了配调管理人员所面对的复杂工作环境,实现了线路和设备投运、退役和改造的生命周期管理。

系统实现了符合二次系统安全防护要求的基于 IEC 61970 规范扩展模型的与公用 GIS 平台间的流程化标准接口,突破了配电网应用的瓶颈。该接口提供基于电气连接规则的校验机制,可根据实际情况自动建立配电网实际模型和未来方式模型,并形成网络拓扑,同时,能够将配电网有关运行状态信息及时反馈给 GIS。

配电调度作业管理子系统以流程为基础,集检修计划管理、停电管理、故障管理、智能操作票为一体,基本涵盖了配电网调度的日常业务。系统以图、票、库结合的方式辅助生成调度检修计划和操作票,实时校验各种操作,切实辅助调度管理人员把好安全关,有效地降低误操作的发生概率。

## 4 新一代配电网自动化及管理系统的关键技术

新一代配电网自动化及管理系统技术上实现的难点和创新主要体现在与 GIS 的数据源整合、配电网调度作业管理功能的实现以及融入与网络操作相关的拓扑分析与处理等。

### 4.1 DMS 与 GIS 的无缝集成

系统在南京配电网的实践中,采用把外挂的 GIS 作为配电网自动化系统惟一的配电线路模型和图形数据源,设备图形及拓扑数据都从 GIS 侧倒入 DMS,增量变化,过程如下:

1)采用 XML<sup>[9]</sup>,基于针对配电网应用而扩展的 CIM 实现 DMS 与 GIS 之间的数据交换。

2)数据交换方式和数据交换格式尽量透明化,尽量减少 DMS 和 GIS 数据提取、转换的困难度及复杂度,从而提高数据交换的可靠性及成功率。

3)数据交换过程实现流程化,在 GIS 数据变化后,通过流程通知 DMS 实时获取数据,保证交换流程化。

4)实现了 GIS 的配电网单线图和地理沿布图的数据导入和图形还原,既保证了 DMS 与 GIS 的图形/拓扑一致性,又保证了 DMS/SCADA 系统对实时性的要求。

由于系统在转换 GIS 数据时采用遵循 IEC 61970/CIM 及 IEC 61968 的方式,其所遵循的标准在未来极有可能成为电力系统领域 GIS 供应商所遵循的网络模型标准。此外,系统是从内而外全面遵循该标准,而不是简单的外包装,由此将使得该系统在未来的配电系统集成中具备按标准集成其他系统的能力。只有在模型描述统一(即规则统一)的前提下,才有可能自下而上、由简到繁地形成电力企业的 DMS。因此,标准、统一的模型描述是 DMS 的骨架和根基,没有这个基础,就不可能构成先进、可靠、易维护、易扩展的 DMS。

### 4.2 配电网调度作业管理子系统

构建在 OPEN-3000 支撑平台以及 SCADA 系统和 D-NAS 之上的配电网调度作业管理子系统,结合可定制的流程化控制,可以共享实时信息、网络模型以及实时网络分析结果。它的具体功能包括:智能操作票(图票一体化:图形开票、票上执行)、检修计划管理、停电计划管理、停电事故管理、保电计划管理、双电源用户管理、调度日志管理、交接班管理、各种口径的统计与分析等,实现了配调指挥中心所有业务流程的无纸化作业。该子系统在仔细分析了配电网调度作业内容以及国内供电企业管理体制的基础上,总结出业务环节流程化、业务内容面向网络分析而不是简单的文字描述,使其有别于通常的 MIS。例如在实施保电计划管理中,不是仅仅实现简单的生成、修改、显示、提醒等功能,而是真正面向网络,当出现有可能违反保电计划的操作时,系统将自动进行闭锁和告警。如果是事故造成的,将把保电计划中的负荷作为优先级最高的区域自动提交给 DA 模块去在线恢复。

### 4.3 图形多态与同步

配电网的特殊性主要体现在其网络结构的复杂性以及业务内容和要求的多样性上。图形多态所面对的问题是配电网经常性的扩建和改动以及日常检修工作繁多,因而对相关图形的修改也较为频繁。调度面临的红黑图既要共存,但也要在相关设备/线路投运后,待投运部分自动转成运行。黄图是指当

红图投运时(也就是通常所说的红转黑)原来黑图的一个图形备份,它实际上处于一种待退役的状态。如果红转黑不成功或者需要回退时,可以恢复黄图为黑图。

每个设备都定义了以下3种设备投运状态用来表示设备的生命周期:①已投运:正在投运的设备;②未投运:等待投运的设备;③待退役:正在投运但是准备退役的设备。

系统支持红黑图的处理,具有2套拓扑支持调度检修计划的制定、新设备投运以及设备退役管理,完成对设备生命周期的全过程控制;同时,提供红图转黑图的自动处理机制,其切换点随调度执行令的发出而产生。

#### 4.4 大小图的处理

配电网大小图之间有着严格的对应关系,因此,无论在两者的哪一类图上做出修改,都须在另一类图上也同步做出修改,而不需要对2类图进行重复性工作。例如:在单线图上的任何修改(包括悬挂标识牌等)都可以在网络图上得以反映,反之亦然。系统除了考虑常规的标志牌外,还特别考虑了配电网特有的搭头以及跳线操作的大小图同步。

#### 4.5 配电网拓扑分析的组件服务

无论是拓扑着色、DA的故障隔离、配电管理的拓扑分析还是配电网高级应用软件的状态估计、潮流计算等分析应用,都无一例外地需要了解当前配电网的拓扑情况。因此,网络实时拓扑状况分析作为一个公共服务组件,可以让各个应用共享,并提供相应的组件接口。此外,配电网潮流计算、负荷转供、操作规程校验等模块都设计成为公共服务的组件。

过去的网络分析软件有独立的人机界面及维护与启动的方法,需要运行人员事先设定一个状态,再启动分析功能。新的处理是在组件化的基础之上,将各网络分析功能模块内嵌在配电网管理流程的每一个细节之中。例如,对于每一次开关变位,系统自动进行拓扑带电着色;当检索到合环操作时,则自动进行合环潮流的计算。内嵌的目标是在配电网调度的每一个环节都有网络分析功能的支持,拉起一道防护网和支撑网,同时做到相关分析模块的傻瓜式、免维护或少维护。

由于配电网的基础建设长期落后,其信息的准确性和完整性都还比较低,在存在信息矛盾及不确定因素的情况下如何避免错误的分析是非常必要的。这尤其体现在一些实时类应用上,例如配电网故障诊断、隔离与恢复模块,如何避免其误启动,以及在馈线故障电流指示器的信息不同步、不一致情况下如何给出正确的结果,都是非常具有现实意义

的。通过在模型建立、算法实施以及错误信息滤波处理这3方面的工作,加上系统特有的图模库一体化技术等,保证了网络模型建立的直观性和免维护性,大大加强了系统的安全性;而算法则实现了网络接线类型无关性和计算结果的全局性;错误信息的处理则采用了可信度计算、势能计算等量化指标,一方面用于安全控制,另一方面为运行调度人员提供了丰富的决策依据。

#### 5 关于GIS的思考

配电网自动化各个子系统之间的数据共享与交互仍然是未来发展的重点,特别是GIS应用与配电SCADA子系统之间。从实际的需求来看,电力行业需要一个面向本行业的AM/FM/GIS行业标准来增强其开放性,减少数据共享的难度,同时,这也能够保证开发商和电力企业双方的利益,实现双赢。但是直到目前为止,国内外还没有哪个组织能够提出一个面向电力行业的AM/FM/GIS的公共模型——电气GIS模型(EGM),也就导致电力企业在为某个部门选择AM/FM/GIS软件平台时,缺乏一个标准。如果采用的AM/FM/GIS软件不能满足电力企业所有部门的需要,很难进一步向其他部门扩展应用,最终形成自动化孤岛。另一方面,由于没有EGM的支持,许多以AM/FM/GIS为基础的应用必须依赖于软件开发商,丧失了开放性。

现在,国内的电力企业往往把所有以AM/FM/GIS为基础的应用都交给软件开发商实现。事实上,从国外的实践经验看,许多应用本身就是一些复杂的系统,但并没有完全寄托在AM/FM/GIS软件开发商的身上,许多接口都是由用户和开发商共同完成的,只是这种接口目前还缺乏一个统一的标准。遗憾的是,这个为配电自动化管理系统提供数据的基础环节,在IEC 61968中还没有很好的体现。

应该指出的是,数据统一、模型统一并不要求应用也必须统一;相反,数据和模型的统一,可以更便于建立不同特色的应用,尤其是拓展新的应用。

#### 6 结语

为了使配电网自动化及管理系统真正起到提高供电可靠性、改善电能质量、提高配电系统的运行经济性以及用技术手段来改善用户服务的作用,必须从标准化、技术和管理等多方面着手。南京供电公司的DMS从配电网调度指挥入手,以SCADA系统为基础,以公用GIS平台的图形和数据建立完整的配电网拓扑模型,在配电网自动化及管理系统实用化的道理上迈出了坚实的一步,为今后将系统应用范围扩大到配电网运行管理全过程打下了基础。

## 参 考 文 献

- [1] 王明俊,于尔铿,刘广一.配电系统自动化及其发展.北京:中国电力出版社,1998.  
WANG Ming-jun, YU Er-keng, LIU Guang-yi. Distribution Automation and Its Development. Beijing: China Electric Power Press, 1998.
- [2] 毛传洲,周英树.城市配电系统自动化的规划.电网技术,2001,25(7):72—76,81.  
MAO Chuan-zhou, ZHOU Ying-shu. Planning of Urban Distribution Automation. Power Systems Technology, 2001, 25 (7): 72—76, 81.
- [3] 刘东,丁振华,滕乐天.配电自动化实用化关键技术及其进展.电力系统自动化,2004,28(7):16—19.  
LIU Dong, DING Zhen-hua, TENG LE-tian. Key Technology and Its Development in the Practicability of Distribution Automation Systems. Automation of Electric Power Systems, 2004, 28(7): 16—19.
- [4] 张慎明,黄海峰.基于 IEC 61970 标准的电网调度自动化体系结构.电力系统自动化,2002,26(10):45—47.  
ZHANG Shen-ming, HUANG Hai-feng. Architecture of Power Dispatching Automation Systems Based on IEC 61970 Standard. Automation of Electric Power Systems, 2002, 26(10): 45—47.
- [5] 陈树勇,李健,白晓明.基于 CORBA 的应用软件标准接口的研究.中国电机工程学报,2002,22(6):16—19.  
CHEN Shu-yong, LI Jian, BAI Xiao-min. Research on Standardized Application Program Interface Based on CORBA. Proceedings of the CSEE, 2002, 22(6): 16—19.
- [6] 陈清鹤,刘东,李荔芳.基于 CIM 建模的配电网三相潮流计算.
- 电力系统自动化,2005,29(23):49—53.  
CHEN Qing-he, LIU Dong, LI Li-fang. CIM Based Three-phase Power Flow for Distribution Systems. Automation of Electric Power Systems, 2005, 29(23): 49—53.
- [7] 刘崇茹,孙宏斌,张伯明,等.公共信息模型拆分与合并应用研究.电力系统自动化,2004,28(12):51—55.  
LIU Chong-ru, SUN Hong-bin, ZHANG Bo-ming et al. Investigation on Incremental and Partial Model Transfers Based on CIM. Automation of Electric Power Systems, 2004, 28(12): 51—55.
- [8] 刘崇茹,孙宏斌,张伯明,等.基于 CIM XML 电网模型的互操作研究.电力系统自动化,2003,27(14):45—48.  
LIU Chong-ru, SUN Hong-bin, ZHANG Bo-ming et al. An Investigation on a Common Information Model for Energy Management System. Automation of Electric Power Systems, 2003, 27(14): 45—48.
- [9] DE VOS A, WIDERGREN S, ZHU J. XML for CIM Model Exchange. In: Proceedings of 22nd IEEE Power Engineering Society International Conference on Power Industry Computer Applications. Sydney (Australia): 2001. 31—37.

姚建国(1963—),男,高级工程师,主要从事电力系统调度自动化和配电网自动化等方面的研究和管理工作。  
E-mail:yaojg@naritech.cn

周大平(1953—),男,高级工程师,主要从事电力系统运行控制与管理工作。

沈兵兵(1954—),男,高级工程师,主要从事电网调度自动化和配电网自动化的研究、开发和推广工作。

## Design and Implementation of a New Generation Distribution Automation and Management System

YAO Jian-guo<sup>1</sup>, ZHOU Da-ping<sup>2</sup>, SHEN Bing-bing<sup>1</sup>, DING Feng<sup>2</sup>, ZHAO Jing-hu<sup>1</sup>,  
ZHU Hong<sup>2</sup>, ZHANG Zi-zhong<sup>1</sup>, ZHANG Rui-peng<sup>1</sup>  
(1. NARI Technology Development Co Ltd, Nanjing 210003, China)  
(2. Nanjing Power Supply Company, Nanjing 210024, China)

**Abstract:** By analyzing the major problems of distribution management system (DMS), a design principle of the new generation distribution automation and management system is presented in accordance with the international standard and the developing trend of the computer technology. Taking realization in Nanjing Power Supply Company based on the principle as an example, the paper presents the key technology in the new DMS. The seamless integration with common geographic information system (GIS) can assure a same model and graph being used in the real-time and management application. Multi-context and synchronization function of model and graph can monitor the life cycle of facilities. Combining the custom-tailored flow control, the real-time data, model and topology information can be shared by distribution network dispatching work management and the paper-free operation of the dispatching network dispatching flow can be realized. The topology analysis embedded in every operation can strengthen the safety of power system. Some ideas about the future GIS development are also put forward.

**Key words:** distribution automation; distribution management system (DMS); GIS; IEC 61970/IEC 61968

## 本刊重要通知

为解决日益严重的垃圾邮件问题,凡投寄本刊的电子邮件的主题中必须含有识别符“**toaeeps**”,否则将视为垃圾邮件被滤除。