

智能电网统一信息系统的框架、功能和实现

张之哲¹, 李兴源², 程时杰³

(1. 美国 CACI 国际公司, 美国 阿林顿 22201; 2. 四川大学电气信息学院, 四川省 成都市 610065;
3. 华中科技大学电气与电子工程学院, 湖北省 武汉市 430074)

Structures, Functions and Implementation of United Information System for Smart Grid

ZHANG Zhizhe¹, LI Xingyuan², CHENG Shijie³

(1. CACI International, Inc. USA, Arlington 22201, USA; 2. School of Electrical and Information,
Sichuan University, Chengdu 610065, Sichuan Province, China; 3. School of Electrical and Electronic Engineering,
Huazhong University of Science & Technology, Wuhan 430074, Hubei Province, China)

ABSTRACT: A united information system (UIS) in the power grid is presented as the necessary information processing infrastructure to realizing the smart grid. The UIS is built on network-interconnected server computers distributed over the entire power grid, combined with the distributed and hierarchical control and management structure in the power grid, and provides information processing services for the whole power grid. A UIS consists of four basic subsystems: database group subsystem, task processing subsystem, state checking and monitoring subsystem, and entire-grid-area accessible user-UIS interaction subsystem. Frameworks, functional requirements, and implementation approaches for the UIS and its subsystems are described.

KEY WORDS: smart grid; information system; computer application; database application; web application

摘要: 提出在智能电网中建造覆盖电网全域的综合处理电网信息的统一计算机信息系统。该系统将构建在遍布于全电网中由网络互联的服务器计算机上, 与电网现有的分布和分层式控制和管理结构结合, 包含 4 个基本的信息处理应用子系统, 即数据库群子系统、任务处理子系统、状态检查和监视子系统以及人机信息交互子系统。阐述该统一信息系统及其子系统的框架结构、功能要求和实现途径。

关键词: 智能电网; 信息系统; 计算机应用; 数据库应用; 万维网应用

基金项目: 国家自然科学基金项目(50937002, 51037003); 国家 863 高技术基金项目(2008AA05Z214)。

Project Supported by National Natural Science Foundation of China (50937002, 51037003); The National High Technology Research and Development of China 863 Program (2008AA05Z214).

0 引言

建设智能电网面临的一个重要问题, 就是如何设计与建造一个不仅能够满足当前电网的需求, 并为将来发展提供充分可能的、覆盖整个电网的信息系统。由其支持的电网, 将全面地表现出更为优越的性能和大量新颖的控制管理特点。智能电网就是全面地应用各种各样新型的智能化设备, 通过这种更高级的信息系统的支持, 全面、充分和综合地利用电网中及电网外部环境的一切可用信息, 将电网的生产、消费、控制和管理全过程, 整合和提高到一个崭新的“智能化”水平, 以满足社会对能源节省、环保清洁和更为安全可靠高效的电力供应的空前紧迫需求^[1-2]。

创造一个对信息数据、系统和技术综合处理的基本结构, 对于智能电网的实现至关重要^[3-5]。电网中信息系统结构对策的开发, 是智能电网研究工作最重要的任务之一^[6]。人们对于智能电网的信息模型^[7]、信息服务^[8]和信息处理应用^[9]作了许多研究, 也提出构建信息综合处理系统的几种方案^[3,7,10-11], 但是, 迄今尚未明确地回答关于信息综合处理系统的 3 个基本问题: 1) 智能电网的信息综合处理系统应具有哪些基本特点; 2) 如何构造智能电网的信息综合处理系统; 3) 遵循什么方法设计基于信息综合处理系统的电网控制和管理应用。本文从信息系统的观点, 结合电网的特点和需要, 探索上述问题的答案。

人类社会自用电工业化以来, 不断地研发出愈来愈高级的控制和管理技术、设备和系统, 包括监

控及数据采集系统、配电管理系统、能量管理系统、继电保护和其他各种信息处理及控制管理等系统。虽然电网中作为控制和管理对象的电气部分,是一个互联统一的整体,但是电网中的这些控制和管理系统由于技术上的制约大都具有如下局限性:1)信息利用在电网地域上的局部性;2)不同控制和管理系统之间信息交流和共享困难;3)信息仅支持固定而分隔的控制和管理功能。这些局限性使得它们具有如下共同缺点:1)信息难以综合和深化利用,导致信息资源的浪费;2)信息处理及控制管理设备和系统上的重叠,导致投资上的浪费;3)限制了在电网中开发基于信息综合的高级控制管理功能(如自适应性、自组织和智能决策等)。正因为此,电网的控制和管理尚未能实现电网系统层的高度自动化,仍需运行人员进行大量离线分析和手动操作的支持。

随着智能电网的建设,当前快速发展的计算机技术和通讯技术为突破传统的技术上的制约,研制新一代先进的电网信息系统提供了现实的可能。另一方面,电力生产(发电、输电和配电)和使用全过程在地域上的分布性和管理上的复杂性,决定了电网运营管理体系的一个基本特点,即电网的分布和分层的控制管理结构(distributed, hierarchic and multilevel control & management structure, DHMCMS)^[12]。基于这些考虑,针对电网中现有信息处理及控制管理系统的问题,本文提出在电网中构建统一的信息系统,作为在智能电网中实现信息高度综合处理的一条新途径。电网的统一信息系统是一个构建在遍布于全电网中由通讯网络分层互联的服务器计算机上,服务功能与电网的分布和分层的控制与管理结构相结合,为全电网中任何部分和任何范围的控制管理提供信息处理支持的、分布和分层的大规模信息处理系统。所谓“统一”,意义有:1)作为电网中唯一的信息系统,其功能覆盖电网全域;2)支持对整个电网中控制和管理的统一布局和实施;3)将电网中现有分散于各处的局部信息处理系统及控制和管理应用融为一体。在这种与现有电网结构和管理体系紧密综合为一体的统一信息系统架构的基础上,智能电网有关的各种功能描述、任务定义、行为研究及开发,将能得到更为全面和系统的发展、测试和实施。

本文描述统一信息系统及其子系统的框架结构、功能要求和实现方式,为进一步阐述统一信息

系统在电网中的应用提供理论支持。

1 统一信息系统的框架概述

1.1 基本构建原则

从电网目前的管理和技术现状出发,考虑智能电网发展的前景,建造智能电网的信息系统需要遵循几个基本原则:

1) 应将计算机软硬件配置在电网中现有的电网主设备(电网元件)处及发电厂、变电站、各级调度所的控制中心,这样才有实施的可能性。

2) 通过信息系统支持的电网控制管理任务的分配,应与电网现有的分层控制管理结构基本一致。只有这样,才能将信息系统与电网的控制管理体系自然地融合在一起,覆盖电网全域。

3) 具有开放式的功能和技术架构,以确保电网的信息系统具有充分的灵活性和广泛的可扩展性。随着电力生产要求的不断提高,电力和计算机设备与技术不断更新,信息系统可随电网一体地实现不断的“进化式”发展。

4) 统一的信息系统必须能够将电网中现有的各种局部的信息系统包含、改造、融合和发展为一体。其实施可以是局部的、分阶段的,在经济上和技术上是立即可实行的。

1.2 基本组成元件

覆盖整个电网的统一信息系统的计算机服务器网络包括以下部分:

1) 服务器计算机(server computers)。在电网中所有的电网元件(发电机、变压器、线路等)处和所有的厂、站、所的控制中心,都配置专用的服务器计算机。按需要不同,它们可以是微型机、小型机、中型机或大型机,可以是1台计算机、互联的多台计算机或作并行处理的多计算机组。在服务器计算机上配置的软件提供各种服务器(server)的功能(数据库服务器、万维网(web)服务器、网络服务器、应用服务器、文件服务器等)。

2) 通讯网络将电网中所有的服务器计算机和用户器(client)计算机联接为一个统一的计算机网络,采用传输控制协议/因特网互联协议(TCP/IP)或相容的通讯协议。

3) 在每一服务器计算机上,安装计算机操作系统和以下部分或全部软件,即数据库管理系统、万维网服务器管理系统、数据库、万维网应用(web applications)、电网控制管理的计算机应用、各种计算机应用开发平台、其他的商业的或定做的计算机

软件工具。

4) 人机交互的软硬件设备, 即信息显示、输入和打印等。

5) 数据外部存储设备和系统。

1.3 信息处理子系统

统一信息系统的各种功能, 由配置的各种服务器、用户器和计算机应用, 通过计算机网络协同工作来实现。从系统控制的观点看, 电网中被控制的部分是电网的一个子系统, 控制针对的是其物理状态(如电流、电压、负荷等)或者系统状态(安全性、可靠性、经济性等)。基于电网的分布和分层式控制管理结构在电网中可划分出 3 类电网子系统作为控制和管理的对象:

1) 电网元件层子系统。它由一个电网元件的所有部分组成。

2) 电网的站层子系统。它由一个电厂或变电站中所有的电网元件组成。

3) 电网的系统层子系统。对于一个控制中心, 在其辖区内, 所有低层控制中心、电厂、变电站和电网元件构成以该中心为顶层控制管理点的系统层子系统。

为了控制和管理电网子系统, 需要以下的信息处理应用: 1) 记录、存储和管理电网子系统状态的信息数据, 由数据库来实现; 2) 检查和监视电网子系统状态的变化, 由状态的检查和监视应用(state checking & monitoring application, SCMA)来完成; 3) 产生作用于电网子系统的控制输入, 由(控制和管理)任务处理应用(task processing application, TPA)来完成; 4) 实现人机信息交流的应用。

因此, 统一信息系统必须包括以下 4 个独立存在又相互依赖的信息处理子系统: 1) 一个分布和分层的数据库群子系统, 它存储和管理电网中的所有信息数据; 2) 一个分布和分层的用于电网控制与管理的任务处理应用子系统; 3) 一个分布和分层的电网状态检查和监视应用子系统; 4) 一个分布和分层的电网全域可达(accessible)的人机信息交互子系统。

组成上述信息处理子系统的应用, 配置在电网 DHMCMS 中的相应处所, 经网络联接, 互相通讯, 既独立又合作, 各成体系。这就使得统一信息系统具有不同于当前电网中各种信息系统的以下特点:

1) 因应用是基于 DHMCMS 配置的, 信息处理功能覆盖整个电网; 2) 可实现电网全域中信息数据

的自动存储、自动更新和电网中不同部分间的数据流通和相互调用; 3) 可实现控制和管理应用设计的模块化, 既可避免控制管理应用不必要的重叠, 又易于对应用进行改进维护和添加新应用; 4) 可实现信息的高度整合和综合利用, 开发新型的电网综合自动控制和管理应用; 5) 可实现电网的全域信息共享, 以提升电网全域的运营管理水平; 6) 可实现电网控制和管理功能与技术的开放式架构, 既有利于将现有各种信息的处理及控制和管理系统联合和融于一体, 又有利于统一信息系统自身的不断改进与提升。

2 数据库群子系统

电力生产(发电、输电、配电)和使用的优化控制和管理有赖于用足够精确的数学模型对电网中的元件和电力系统的各种有关状态进行描述。在智能电网中不仅需要及时地采集电网状态的数据, 而且需要建造适当的数据库和构建处理这些数据库之间交互作用的管理机制。智能电网的数据库应满足以下基本要求:

1) 功能性要求。每一个电网元件和每一个电网子系统都需要用 1 个或多个存储于数据库的专门数据集合来描述。

2) 数据调用要求。对电网中每个电网元件和电网子系统的数据库应当能够从电网中任何对其施行控制管理的地点加以调用。

3) 快速性要求。对数据库中有关数据的调用和处理必须足够快速。

为实现电网全域的信息共享, 为高级的电网控制管理功能提供数据支持, 本文建议建造与现有电网分层控制管理结构相结合的分布和分层的数据库群子系统。

1) 数据库的物理分层配置。在统一信息系统中互联的每一个服务器计算机上都安装数据库服务器和建立相应的数据库, 使 DHMCMS 中的每一个电网元件和每一个电站、变电所和控制中心都配置有一组互联的数据库, 构成一个数据库群。所有这些数据库组成一个遍及全电网的互联的分布和分层的数据库网络, 称之为数据库群子系统, 如图 1 所示。这些数据库可以是数据文件、关系数据库、面向目标的数据库、两者的混合或者其他形式的数据库。

2) 数据来自于以下 1 种或多种途径: ①由电网元件和厂、站控制中心处的数据采集装置自动输入的数据; ②为电网控制管理的需要, 预先输入的

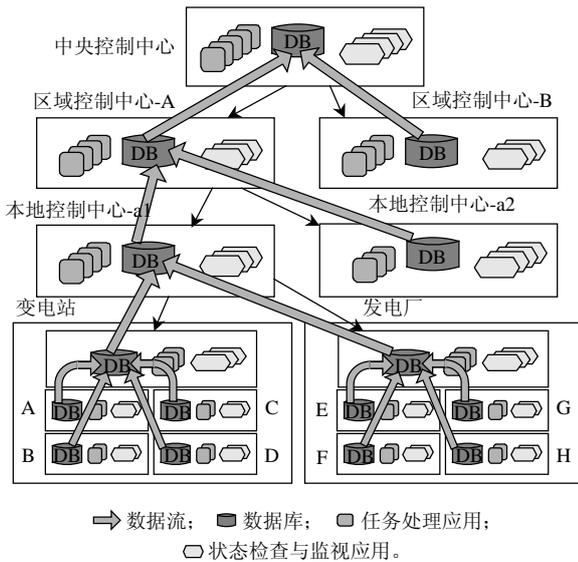


图1 数据库群、任务处理和状态检查与监视子系统
Fig. 1 Database group, task processing and state checking & monitoring subsystems

初始参数、各种整定值、静态描述数据等；③本地服务器计算机中，各种计算机应用产生的中间和结果数据；④从数据库群中远程数据库复制而来的数据；⑤由低层处数据库按一定规律产生，向上传递而输入高层处数据库的数据；⑥由电网外部(如电力用户或外部环境等)输入的数据；⑦由电网工作人员和智能决策支持系统输入的数据。数据采集装置与其接口的数据库，由本地的数据库组管理。

3) 数据库间的关系。电网结构和电网控制管理任务的互相关联性，决定了数据库之间存在以下关系：①电网元件和电网子系统的分层性，决定了物理配置上较高层次的数据库，其部分数据可由较低层次的数据库向上传递或复制获得；②在同一层次处某些控制管理任务需要的数据，可由另一些控制管理任务的数据经变换、计算而得；它们的数学模型及其数据集之间可能存在确定的逻辑关系；它们所涉及的数据集合之间，也就存在数据变换和调用的逻辑分层关系；③在互联的数据库网络中，不同地点的数据库之间的数据，可以根据需要随时互相变换或复制；④电网中不同地点的多个数据库可同时提供数据支持单独1项控制管理任务。

4) 数据的差异和预处理。不同的控制管理应用需要不同的数据类型、数据输入方式和数据更新周期。这导致了同一数据库群中不同数据库之间和同一数据库中不同数据集之间，在处理流程上的差异。通过数据库中内设的程序包和数据库组中配置的专门应用，对接收的数据做预处理，可解决对

数据的兼容并蓄问题。

3 任务处理应用子系统

对电网在可靠性、安全性、经济性、环境影响等方面的要求，通过在电网元件和厂、站、所控制中心处执行的各种控制管理任务来满足。这些控制管理任务遍布于全电网的各个层次和各个控制点。通过对电网中控制管理现实场景的分析^[10]，对现有运行操作管理程序的分解，对各种单元任务的明确定义，它们可以用计算机软件来描述、实施和管理。

1) 任务处理应用。

任一电网元件或厂、站、所控制中心处的任何一项控制管理任务，都可用一个计算机软件模块来描述，称为电网控制管理的任务处理模块。一个任务处理模块可以用一个计算机软件应用来实现，即为任务处理应用 TPA，主要由2部分组成：

①描述该项任务涉及的对象(电网元件或电网子系统)的属性和其状态的数据以及执行任务所需要的参数和判据等。这些数据作为该项任务专有的数据集存储在本地数据库中。

②处理该项任务的计算逻辑结构用位于本地服务器计算机上的应用程序来实现。这样，对电网中任何一个电网元件或厂、站、所控制中心，该处所有的电网控制管理任务，可用一组任务处理模块来描述，通过一组任务处理应用来执行。电网中所有的任务处理应用分布在各处的服务器计算机处，与电网的分层控制管理结构相对应，构成一个分布和分层的任务处理应用子系统，如图1所示。

2) 任务处理模块的选择和调用。

作为任务处理应用子系统的一部分，在每一个电网元件和厂、站、所控制中心处，都配置一个任务处理模块的选择应用，专用于按照要求从本地的任务处理模块组中，选择一个需要的任务处理模块去完成一个指定的电网控制管理任务，如图2所示。

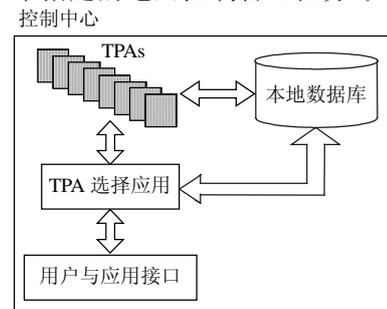


图2 任务处理应用模块的选择
Fig. 2 Selection of task processing applications in UIS

这种选择应用可以包含用人工智能方法或系统辅助的决策支持部分。任务处理模块的调用可通过以下几种途径实施：

①由厂、站、所控制中心的工作人员通过用户与应用接口调用本地的任务处理模块。

②由遍布于电网各地的服务器计算机处的电网状态检查与监视应用，自动地调用相关的任务处理模块。

③具有授权的工作人员通过全域人机信息交互平台调用相关的任务处理模块。

④本地任务处理模块间的自动调用。在同一电网元件或控制中心，一个复杂的任务处理的执行可能需要调用本地的另一些任务处理模块。

⑤不同分层的任务处理模块的自动调用。在电网分层控制管理体系中，处于较高层的模块的执行可能需要调用较低层的相关的模块，如图 3 所示。

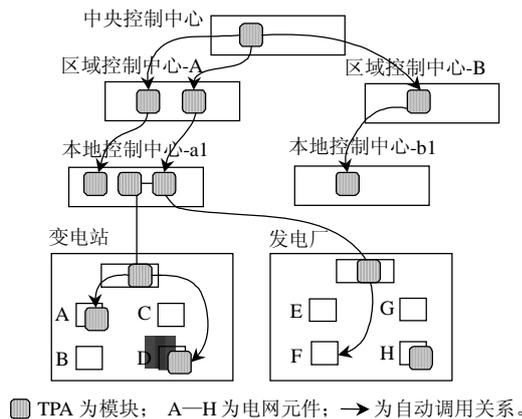


图 3 任务处理模块的分层多级调用

Fig. 3 Hierarchic and multilevel calls of TPAs in UIS

4 状态检查与监视子系统

在统一信息系统中的服务器计算机处，根据需要配置各种在线的计算机应用，从不同的角度对电网的状态进行连续的检查 and 监视，即 1.3 节所述的状态检查与监视应用。

1) 关于电网的状态。

所谓电网的“状态”，在电力生产过程中的不同阶段和电网中的不同地点，可从控制和管理要求的不同角度加以定义。这些要求不仅包括一般考虑的电网元件的物理状态和电网系统的安全性、可靠性、经济性等，而且可以包括电力生产与自然环境、社会的交互影响等更为广泛的内容。一般而言，任何在电网中各部分之间及与外部环境相互作用中需要和值得考虑的因素，如果能将其具体化为电网的某种变量和数据，并能够用计算机应用来处理，都可

以规定为电网的状态来检查和监视。

例如，下述信息都可在相应的计算机应用中用电网的某种“状态”变量表示：①电网元件的电气特征量(电流、电压、负荷、频率等)；②电网元件的非电气特征量(发电机绕组绝缘状态、变压器油质状态等)；③远距离电网元件之间的电气量差别(相角、频率、负荷等)；④电网元件周围物理环境(温度、湿度、污染指标量等)；⑤电网安全性分析的指标变量；⑥电网可靠性分析的指标变量；⑦电网经济性分析的指标变量；⑧电力用户对于电力供应的意见，作量化处理的指标变量；⑨电力用户用电设备反馈的关于供电质量的指标变量；⑩电网中人工智能支持系统输出的诊断结论和处理建议。

2) 状态检查与监视应用。

所有检查和监视电网中各地点、各部分各种状态的这些计算机应用，构成一个分布和分层的电网状态检查与监视子系统，如图 1 所示。它们针对电网中的不同对象和不同状态，例如：①在电网元件处，针对单个电网元件的不同物理量状态(电流、电压、频率、负荷等)；②在变电所控制室，监视所有电网元件的通断及负荷变化等；③在本地控制中心，监测下属厂、站所有电网元件的状态、发电站的电量生产、变电所的负荷分配与平衡等；④在区域调度控制中心，监测区域电网系统的稳定性状态、各地区系统之间的负荷分配与平衡状态、与其他区域电网之间的电量交换、电价计算及经济性评估等。

另外，本文提出的电网状态检查与监视应用与通常的数据采集测量系统和故障监测与保护系统不同，可配置于电网分层控制管理体系的任何高层控制中心，可以监测更为复杂和抽象的电网系统层的状态和电网中物理变量的各种导出变量。它们是后者的推广和广义形式，可以针对电网中任何系统层级的任何“状态”。

3) 状态检查与监视应用的工作方式。

①周期性有规律地重复或在需要时启动检查数据库中有状态变量数据的变化。

②使用各种不同的检查方法，可以是简单的数值比较判断，直到复杂的人工智能推理的决策判断。

③状态检查与监视应用，可由本地的或远程的任务处理模块调用，也可由较高层控制中心的其他状态检查与监视应用调用。

④当在检查中发现状态变化异常时，根据需要可作不同的处理：将检查结果信息存入数据库，以备

需要时由相关的任务处理模块调用;调用有关的任务处理模块,自动执行有关的控制管理任务;将发现的状态异常和处理建议,报告控制中心的工作人员。

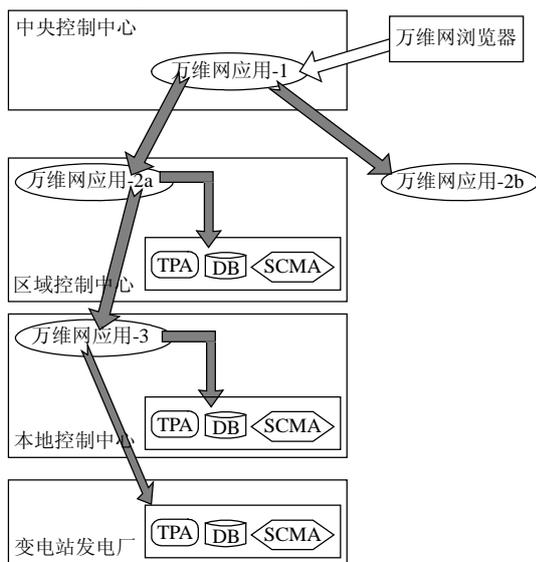
5 全域可达的人机信息交互子系统

在统一信息系统中,通过下述方式,建立一个能提供信息覆盖全电网的人机信息交互子系统:

1) 在电网中所有的厂、站、所的控制中心,按一定方式配置专用的万维网应用(web application)(内网应用)。^①在该处的服务器计算机上,建立支持万维网应用的多层式软件结构(以3层式为例),包括1个万维网服务器、1个中间层软件和1个存储库;^②在万维网服务器上建立万维网站点,配置万维网应用,由万维网站点提供人机交互的接口和万维网应用与信息系统中其他部分的联接;^③从该处的万维网应用,可以访问本地或远程的数据库,本地的或远程的任务处理应用和状态检测与监视应用,或调用低层的万维网应用;^④对电网中工作人员,按其所在控制中心的管辖范围和其承担的工作性质,作为万维网应用的用户,提供不同等级的接入和操作许可。

2) 相应于分层式控制管理体系的不同层次,在高层的万维网应用,可调用所有低一层的万维网应用,这样就构成了电网中万维网应用的分层次调用,如图4所示。

3) 在电网中的1处(或多处),建立电网统一信息系统最高层(或分区最高层)的万维网应用。从最



DB 为数据库;SCMA 为状态检查与监视应用;
 \rightarrow 万维网应用的用户访问; \Rightarrow 万维网应用的自动调用。

图4 智能电网中的多层万维网应用

Fig. 4 Hierarchic and multilevel web applications in UIS

高层的万维网应用,可逐层深入调用任何深度低层的万维网应用。

4) 在电网的计算机网络中,以有线和无线通讯的方式,通过任何计算机上的万维网浏览器(web browser),电网工作人员可与电网的统一信息系统进行互动。

通过这样的人机信息交互子系统,可以实现以下的功能:1) 具有授权使用顶层万维网应用的工作人员,可在电网中任何地点,通过顶层万维网应用,与电网统一信息系统的任何部分进行互动;2) 具有授权使用某区域控制中心的万维网应用的工作人员,可在电网中任何地点登录进入该万维网应用,但只能与电网统一信息系统中与该辖区相关的部分互动;3) 按授权规定的电网范围,工作人员可通过万维网应用,访问该范围内的数据库,获得该范围内电网元件或厂、站、所控制中心处的电网状态控制管理信息;4) 按授权规定的操作许可等级,工作人员可通过万维网应用,去调用规定电网范围中,指定电网元件或厂、站、所控制中心处的、特定的电网控制管理任务应用。

6 统一信息系统在电网中的实现

统一信息系统是智能电网中信息系统建设的目标,其实现不可能一蹴而就,而有一个从电网中信息处理技术现状向其发展的过程,构成当前的电网向智能电网发展的重要方面之一。本文提出了电网统一信息系统的框架结构,和通过统一信息系统实现电网全域信息共享和应用综合的一条新途径,同时也提出一套实现高级信息综合的技术理念,构成设计与实现新一代的电网控制和管理应用的方法论基础。这些技术理念包括:1) 将电网区域按 DHMCMS 划分和定义为被控制和管理的管理的3类电网子系统;2) 将电网中所有的控制管理任务,根据对电网子系统控制和管理的要求,按 DHMCMS 作统一的配置和实施;3) 将传统的电网监控、保护、仿真和离线分析所针对的电网元件和区域的状态,扩展到电网分层中所有子系统层次,并推广到包括电网、社会和环境交互影响的各种因素,对其实施自动化监视和控制;4) 将全电网中的信息数据按 DHMCMS 实行分布和分层存储、管理和自动更新,实现信息数据在电网全域的流通和自动调用;5) 利用因特网技术,在统一信息系统架构基础上,实现电网内全域可达的信息共享;6) 利用信息的高度综合,实现电网的综合自动控制和管理,包括自

适应控制和管理、多层式综合自动控制和管理。

基于智能电网开发的现状,认为进行以下的工作在目前是现实可行的:1)应用上述的技术理念,改进电网中现有的信息处理和控制管理应用;2)应用上述的技术理念,探索解决电网中现实问题的新方法和新对策;3)在电网的某一区域中,按照统一信息系统的框架结构,构建信息处理及控制和管理的综合实施系统;4)在电网或其部分区域中,构建统一信息系统4个信息处理子系统中的一个或多个,以提升电网的控制和管理水平;5)设计、构建和实施电网的信息共享;6)设计、构建和实施电网的综合式控制和管理应用。

应当指出,统一信息系统遵循第1节所述的4个基本原则,其独立于电网的、开放式的功能和技术架构,使它不仅适合于分布和分层控制的大规模电网,也适用于下述情况的电网:1)小规模的和非分层控制的电网;2)由许多独立的电力公司拥有的控制中心松散互联的电网;3)电网因灾难性故障裂解后形成的岛形子电网;4)完全分离的不同电网之间临时性的或者新建立联接后的情况。

7 结论

智能电网发展中的一个重要问题就是开发与建造一个能够覆盖电网全域的、统一的信息系统。这种电网的统一信息系统应当与电网现有的分布和分层式控制管理体系相适应且融合为一体。为了全面地采集和存储电网中的信息,综合地分析和使用分布于电网中各处的信息数据,对电网中的各种控制和管理任务的完成提供更高级的智能化的信息支持,统一信息系统应当包含4个子系统,即数据库群子系统、任务处理子系统、状态检查与监视子系统和人机信息交互子系统。在电网的统一信息系统的框架基础上,智能电网有关的各种功能描述、任务定义、行为研究及开发项目,将能得到更为全面和系统的发展、测试和实施。

参考文献

- [1] 余贻鑫, 奕文鹏. 智能电网[J]. 电网与清洁能源, 2009, 25(1): 7-11.
Yu Yixin, Luan Wenpeng. Smart grid[J]. Power System and Clean Energy, 2009, 25(1): 7-11(in Chinese).
- [2] 李兴源, 魏巍. 坚强智能电网发展技术的研究[J]. 电力系统保护与控制, 2009, 37(17): 1-7.
Li Xingyuan, Wei Wei. Study on the development and technology of strong smart grid[J]. Protection and Control in Power System, 2009, 37(17): 1-7(in Chinese).
- [3] EPRI. Integrating new and emerging technologies into the California smart grid infrastructure: a report on a smart grid for California [EB/OL]. (2008-12-05)[2010-02-02]. <http://intelligrid.epri.com/>.
- [4] Ipakchi A. Implementing the smart grid: enterprise information integration[C]//Proceedings of Grid-Interop Forum 2007. USA: Grid-Interop, 2007: 1-7.
- [5] Roncero J R. Integration is key to smart grid management[C]//Proceedings of CIREC Seminar 2008: Smart Grids for Distribution. Germany: CIREC, 2008: 9.
- [6] ORACLE. Smart grid challenges & choices: utility executives' vision for the new decade[EB/OL]. (2010-03-02)[2010-04-05]. <http://www.oracle.com/us/corporate/press/>.
- [7] Lambert E, Fremont J, Bouquet C. Method and applications of IEC common information model standard for distribution operations: a path forwards smart grids development[C]//Proceedings of CIREC Seminar 2008: Smart Grids for Distribution. Germany: CIREC, 2008: 46.
- [8] King R L. Information services for smart grids[C]//Proceedings of IEEE PES General Meeting. Pittsburgh, PA, USA: IEEE, 2008: 1-5.
- [9] Pipattanasomporn M, Feroze H, Rahman S. Multi-agent systems in a distributed smart grid: design and implementation[C]//Proceedings of IEEE Power Systems Conference and Exposition. Seattle, WA, USA: IEEE, 2009: 1-8.
- [10] Moslehi K, Kumar R. Smart grid: a reliability perspective[J]. IEEE Transactions on Smart Grid, 2010, 1(1): 57-64.
- [11] Serizawa Y. Present and future ICT infrastructures for a smart grid in Japan[C]//Proceedings of IEEE ISGT Conference. Gaithersburg, Maryland, USA: IEEE, 2010: 19-21.
- [12] Ilic M D. From hierarchical to open access electric power systems [J]. Proceedings of the IEEE, 2009, 95(5): 1060-1084.



张之哲

收稿日期: 2010-09-16。

作者简介:

张之哲(1945), 男, 博士, 美国 CACI 国际公司高级主任工程师, 美国 AIS 公司 CEO, 目前从事大规模计算机信息系统的开发和管理工

李兴源(1945), 男, 教授, 博士生导师, 从事电力系统稳定和控制等方面的研究工作;

程时杰(1945), 男, 教授, 博士生导师, 从事电力系统分析与电力系统稳定控制方面的研究工作, sjcheng@hust.edu.cn。

(责任编辑 谷子)