

# 四川电网智能调度系统的设计与实现

陈颖<sup>1</sup> 周剑<sup>1</sup> 银涛<sup>1</sup> 张宏图<sup>1</sup> 刘巍<sup>1</sup> 何川<sup>1</sup> 王岸<sup>1</sup> 付凤翔<sup>2</sup>

(1. 国网四川省电力公司, 四川 成都 610094; 2. 四川中电启明星信息技术有限公司, 四川 成都 610041)

**摘要:** 截止目前, 四川省统一调度电厂 200 多家, 电厂众多、情况复杂并且约束条件多, 调度实时分析自动化程度不高, 调峰时压力较大; 并且对实时出力情况交互困难, 对超短期发电出力实时调整缺乏有效手段进行算法支撑, 发电出力实时调整需要综合考虑超短期负荷预测、日内用电计划、日内发电计划、联络线计划、流域水情变化及断面潮流限额。采用合理分配算法, 计算出合理的电厂实时发电调令, 并自动群发给满足算法要求的电厂, 保证电网的发用电平衡, 实现安全调度的科学执行。四川电网智能调度系统的建设, 优化发电出力的实时调整, 智能科学地发布调令, 提高了发电出力调整的工作效率和规范性, 实现发电出力实时调整工作的智能化, 保障了电网安全运行。

**关键词:** 智能调度; 实时调度; 超短期负荷预测

**Abstract:** So far, there are more than 200 unified-dispatched power plants. Because there are so many power plants, the situation is more complicated and constrained. The degree of automation of real-time scheduling analysis is not high, the pressure is higher during peak load regulation, the real-time interaction of output is difficult to be done, and there lacks efficient measures for real-time regulation of ultra-short-term generation output. The real-time regulation of generation output must consider many situations, such as ultra-short-term load forecasting, intraday electricity supply plan, intraday generation scheduling, tie line planning, watershed hydrologic changes and interface power flow limitation, the reasonable real-time generation dispatching order is calculated using the reasonable allocation algorithm and automatically batched sending to the power plants who meet the requirements of the algorithm so as to ensure the balance of power supply and generation and to achieve the scientific implementation of security scheduling. The construction of intelligent scheduling system for Sichuan power grid optimizes the real-time regulation of generation output, issues the dispatching order scientifically, improves the efficiency and normalization of generation output regulation, realizes the intelligent real-time regulation of generation output and ensures the safe operation of power grid.

**Key words:** intelligent scheduling; real-time scheduling; ultra-short-term load forecasting

中图分类号: TM734 文献标志码: B 文章编号: 1003-6954(2016)03-0075-05

DOI:10.16527/j.cnki.cn51-1315/tm.2016.03.017

## 0 引言

随着智能调度需求的不断提高, 网络已成为对内传递、交换数据、获取知识, 对外宣传、开展社会服务的重要媒介。“十五”期间, 随着各种应用系统建设、投运, 业务流量急剧增长, 四川电力广域网的建设在“十五”期间在技术水平、容量、接入能力上也得到了较快的发展。截止目前四川省统一调度电厂 200 多家, 电厂众多、情况复杂并且约束条件多, 调度实时分析自动化程度不高, 调峰时压力较大, 对超短期发电出力实时调整缺乏有效手段进行算法支撑, 发电出力实时调整需要综合考虑各种情况。

为优化对发电出力实时调整, 智能科学发布调令,

提高发电出力调整的工作效率和规范性, 实现发电出力实时调整工作的智能化, 保障电网安全运行, 同时为建立全面科学的智能调度辅助决策管理体系, 在原实时电力调度系统的基础上开发了四川电网智能调度系统来实现对电厂集约化实时动态出力偏差管理。

## 1 四川电网调度现状及问题

经过国网四川省电力公司电力调度控制中心多年的建设, 在省公司侧已经建立并完善了电能量管理系统、电能量计量系统、自动电压控制系统、广域向量测量系统、继电保护系统、水调自动化系统、调度生产管理系统、电网调度数据统计分析系统、节能调度辅助决策与支持系统、并网发电厂辅助服务管

理考核系统等多个自动化系统。但系统之间缺乏关联,不能为调度生产提供有效的决策支持。

原有调度指令下达方式采用实时调度电力调度系统(以下简称调度系统),采用单一的调控中心下发调度指令模式,调度值班人员通过调度系统向所辖电厂下发调度指令,电厂收到调度指令并执行调度指令方式。

## 2 四川电网智能调度分析与设计

### 2.1 设计依据分析

截止目前,四川省统一调度电厂 200 多家,由于电厂投资主体多,管理水平参差不齐,调度技术装备普遍落后,调度管理方法单一,智能程度不高,单纯的一对一负荷调整方法已无法满足日益复杂的调度工作。实时调令系统应引入其他业务系统的发电相关数据且具备智能汇总分析功能,并设计一套合理的实时出力调整算法模型,提供给省调调度员相关负荷调整等参考数据。

并网发电厂基本已经完成调度数据专网的建设,电网与电厂的网络安全防护架构已经具备,已达到实时数据快速交换的条件。在此背景下,四川省电力调度控制中心决定开发一套电网智能发电调度系统来支持调度生产相关工作。

### 2.2 总体架构设计

四川电网智能发电调度系统研发是部署在四川省电力公司二区网络的应用系统,其系统与调度的其他应用系统交互如图 1 所示。

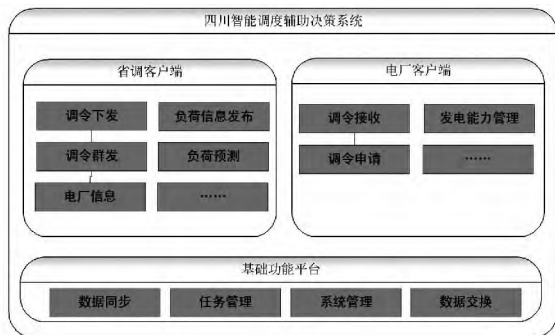


图 1 四川电网智能调度系统架构图

#### 1) 二区各应用系统

数据接口:完成与调度各应用系统数据交换,如:节能调度系统、EMS 系统、短期负荷预测系统、水情系统等。

二区的数据通过“数据同步服务”的方式将数

据同步到二区综合数据库电网智能发电调度系统的表中。

二区数据库与节能调度等系统共用一个数据库,为数据交换平台提供数据支撑。

数据交换平台完成省公司与发电厂之间数据双向交换,为数据交换提供服务,采用中间件技术实现的服务端平台,为电厂客户端提供登陆、接收查询私有信息、申报数据等服务。

电厂客户端:提供一个客户端,在电厂端安装,访问数据交换平台服务,提供数据接收、申报数据等服务。

四川电网智能发电调度系统:提供电网智能发电调度功能,主要完成调令下发、调令群发、负荷预测自动调整偏差、负荷信息发布等工作。

#### 2) 三区应用系统

调令同步服务:下达的调令数据将通过正向隔离装置同步到辅助服务考核系统数据库中。

辅助服务考核系统:电网智能发电调度系统将调令数据导出并同步到三区辅助服务考核系统以便考核电厂并将考核结果计入其他系统,如结算系统等。

### 2.3 系统功能设计

四川电网智能发电调度系统可分为功能子系统和基础子系统,利用不同的技术手段实现系统中不同的功能要求,如图 2 所示。

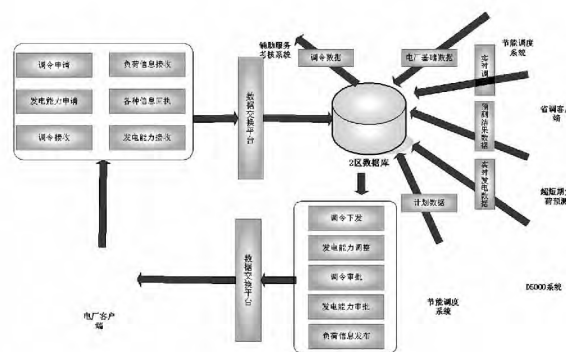


图 2 四川电网智能发电调度系统功能模块图

这种结构的设计充分体现了模块化、松耦合的设计原则。通过基础支撑服务子系统,保证了每个子系统之间最大的独立性。通过数据同步服务做到与其他相关业务系统的交流,通过综合数据库实现应用系统内交流,实现了子系统之间松耦合的联系。

#### 1) 功能子系统

功能子系统由发电调度管理、日内滚动计划管理、发电辅助决策管理、电厂可视化管理、系统运行

管理、电厂客户子系统等组成。

### 2) 基础子系统

基础子系统由系统管理、数据交换平台、数据同步服务、任务调度服务等组成。

系统管理: 完成用户管理、权限分配等。

数据交换平台: 完成省公司与发电厂之间数据双向交换。

数据同步服务: 完成与其他相关业务系统之间的数据同步服务。

任务调度服务: 依据调度策略和任务参数进行任务调度。

### 2.4 系统数据架构

四川电网智能发电调度系统研发通过二区综合数据库与其他应用系统如节能调度、能量管理、短期负荷预测等达到信息共享以及应用集成。系统数据架构如图3所示,其数据流向如下:

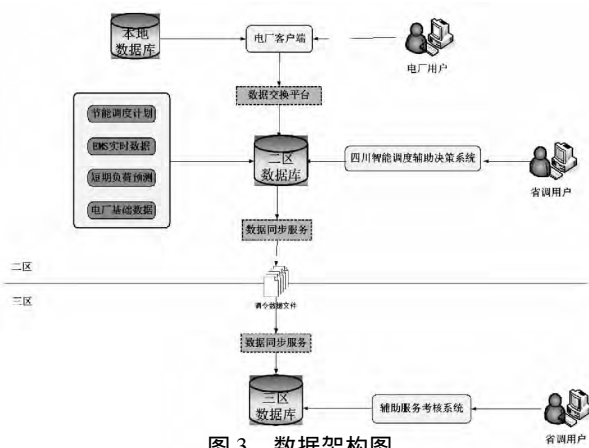


图3 数据架构图

1) 数据交换平台采集电厂申请请求数据,并在收到请求后执行回执信息,再通过数据交换平台同步回二区的数据库中;

2) 系统基础数据、能量管理系统实时发电数据、节能调度计划数据、短期负荷预测数据等,通过数据同步服务同步到二区的综合数据库中;

3) 四川电网智能发电调度系统对系统调令数据、业务数据和自定义数据等进行管理,生成业务数据信息和自定义数据及规则,写入二区综合数据库中;

4) 通过二、三区物理隔离服务接口,从二区数据库输出调令数据信息到辅助服务考核系统进行对电厂的考核;

5) 电厂通过电厂客户端登录到数据交换平台服务器上,进行私有信息查阅,并进行申报等处理。

## 3 四川电网智能调度实现与应用

### 3.1 实时调整算法模型

发电出力实时调整通过设计出的科学的负荷分配算法,研究出科学合理且有效的负荷调整算法模型,在实际生产中再根据实际情况来对电厂进行实时负荷的调整。实时调整算法模型分为5个方面:

1) 超短期负荷预测: 超短期负荷预测是与实时发用电息息相关的重要参考数据,在获取到超短期负荷预测数据之后,系统应根据具体数据来分析并计算出下一时刻或未来某时刻的实时负荷调整量,并通过算法进行平衡发用电。主要包括: 负荷预测数据接收、数据越限预警、越限调整计算、越限调整分配。

2) 日内发用电计划: 日内发电计划和日内用电计划是实时出力调整中不可或缺的基础参数,日内用电计划和发电计划通过外部系统获取到系统内,通过研究出一套比对算法,提供给实时出力调整重要的信息数据。主要包括: 发电计划获取、用电计划获取、发用电计划差异算法、发用电计划平衡算法,实时调整获取计算结果。

3) 联络线计划: 联络线计划算法的研究要考虑实时调整中联络线计划的送入与送出、国调与非国调等信息,将影响网内实时调整的数据筛选出来做调整计算。主要包括: 联络线计划获取、联络线关口分类、联络线数据筛选、联络线对实时调整影响的计算。

4) 流域水情变化: 流域与水情信息是水电出力调整的一个重要参考依据,系统应规范通过流域水情变化来进行实时调整的算法模型,并对丰水期和枯水期进行分类等。主要包括: 流域水情信息获取、水情实时变化获取、水情出力合理性算法。水电厂水位推算,根据水电厂水位、流量、出力、发电曲线,推算后期水位。

5) 断面潮流限额: 应规范对断面潮流限额来进行合理的负荷调整算法,对各断面进行单独分配,统一管理,合理运算,通过潮流信息研究出合理的实时调整算法模型。主要包括: 断面基础信息、断面信息分组、潮流信息获取、潮流限额算法。

### 3.2 实时调整的智能辅助决策

按照“三公”(公平、公正、公开)调度、节能调度

等发电调度的原则,根据研究出的发电出力调整效果的智能分析功能,如平衡电量低高比、负荷率、协调发电计划完成进度,优化水库调度以及提升新能源利用率等,方便地提出分析报告,为发电调度提供辅助决策。

### 3.3 智能分组群发实时调整

实时调整的实现应具备通过科学的负荷分配算法模型,根据实际情况来对电厂进行实时负荷调整功能。其核心业务功能为调令调整。实时调令调整包含7个方面:

1) 单一调令下发:用户根据所选电厂进行调令的下发,确认后该调令将加入待下发队列进行下发。如电厂未接通调度数据网络,则系统只保存该调令的所有信息到后台数据库,而不加入待下发队列。调度员通过电话方式通知该电厂调令调整情况并做好记录,该过程称为电话调令。

2) 群组调令下发:群发调令除具备普通调令的下发功能外,还具备调整偏差值的功能,即在当前调令基础上对群组电厂统一增加或减少某一调整值的负荷,使群发调令具备普通调令和偏差调整两个分类功能。

3) 群发调令预测:用户可在所有电厂列表中勾选需要群发的调令,或直接选择某一组需要群发调令的分组,根据提供的参考数据填写需要群发的调令类型、调令值,最后分配到每个选择的电厂中,分配好之后系统可显示下发后,本次群发的调令与当前的变化,以预测到下发后对电网的影响。

4) 出力分配算法:群发调令时,用户可在调令类型中填入值的类型,如设置“上网出力”来填写一个调令总值,该调令总值应可通过一定的方式自动分配到所选择的电厂中,不符合条件的给予提示。出力分配类型主要有:按装机容量分配、按可用容量分配、按计划完成比例分配。

5) 辅助曲线查看:该功能可查看电厂的曲线图,根据其他业务系统提供的数据接口来查看各种发电用电信息。根据曲线图上的数据信息,系统计算出该电厂的低高比等信息供调度员参考。曲线信息包括:计划曲线、实际发电曲线、调令曲线、电厂发电能力上下限。

6) 调令作废:用户可在调令下发后对调令进行作废,作废只是将某条调令进行无效化处理,并不会删除调令的所有信息和记录。调令作废要求填写作

废原因,系统自动记录作废人及作废时间。不填写作废原因将不能作废调令。

7) 调令审批:除调度员可通过智能调令系统下发调令外,电厂可通过对侧接收程序主动申请调令,申请成功后电网智能发电调度系统提示调度员有新调令申请信息,调度员查看后进行审批,不符合电网需求的调令,调度员可在填写原因后进行退回。

### 3.4 实时动态偏差管理

实时动态偏差主要通过短期负荷预测、原始计划纠偏等方式来实时地管理偏差。在纠偏中将采用计划纠偏算法、群组关联等方式进行纠偏。

1) 短期负荷预测:系统可通过数据接口接收短期负荷偏差调整参考值,根据自动任务定时刷新未来某一时刻的负荷预测偏差值。当该值超过或低于所预设的阈值时,系统应有预警提示并在后台做出针对负荷预测偏差值的调整参考方案。

2) 原始计划纠偏:当短期负荷预测值超过系统设置的阈值时,系统自动提醒,并将该值通过算法模型计算出的修正值展示给用户,并自动进行原始计划修正调整,对未来某一时刻或多个时刻的多个电厂原始计划进行提前修正,以达到根据短期负荷预测进行偏差值自动修正原始计划的功能。

3) 计划纠偏算法:计划自动纠偏算法中,负荷调整量通过群组中单个电厂占有所有下发电厂原始计划总值的比例进行计算得出,特殊情况可特殊处理,并需同时满足电厂上下备用等条件。

4) 群组关联:用户根据偏差修正值来修正计划偏差时,可根据自定义分组的组直接对组进行操作,也可在所有电厂列表中进行人工选择。

### 3.5 智能调度辅助管理体系

智能调度辅助管理体系主要体现在系统管理、电厂客户端、业务数据管理、实时信息处理几个方面。

1) 系统管理:应用支撑平台的主要目标是把非应用相关的一些通用的功能独立出来。这些功能作为整个系统的基础功能,需要时应用模块可以直接调用。其功能主要包含用户管理、角色管理、模块管理、权限分配、登录限制。

2) 电厂客户端:电厂客户端是部署在200多家已接通调度数据专网的电厂的电网智能发电调度系统对侧程序。电厂客户端主要功能分为两大部分:实时调令的通信和每日电量上报;实时调令通信包

括调令主站系统和电厂门户管理平台;调令主站主要部署在省电力公司,使用对象为调度员和调度处的相关领导;电厂门户管理平台客户端分别部署在200多家并网发电厂,使用对象为200多家电厂具备调度人员资质的调度生产相关人员。

3) 业务数据管理:业务数据主要体现在数据接口管理、数据计算、数据展现上。其数据接口应包括调度业务相关系统送出的数据以及电网智能发电调度系统送出至其他系统的数据,系统应在后台同步送入数据到电网智能发电调度系统中以便计算和展现,帮助用户了解当前电网与调令有关的实时数据情况,并且可以查看历史数据信息。在数据接口同步的同时应根据用户需求计算一些原始数据无法直接找到的数据,如低高比、负荷率数据、计划完成比例等。这些数据的计算应在后台实时完成并存入系统,以便查询。而数据计算的目的是将数据进行展现,数据展现分为自动刷新展现及手动查询展现两种方式。自动更新展现数据,是按照一定的时间间隔自动刷新展现的数据,其他不需要实时刷新的数据可根据用户需求查询展现。

4) 实时信息处理:实时信息处理包含电力实时信息、厂站实时信息、负荷信息发布的实时处理。四川电网智能发电调度系统需实时展现发电低高比、计划曲线、发电曲线、负荷率、发电完成比例等信息。系统需按分钟级的规模接入这些电力相关数据,通过数据同步等稳定的方式来实现这些数据的接入。厂站的实时信息通过调度数据专网,省调端与电厂端应实现数据的实时交换,包括调令信息与其他通知信息等。在省调下发负荷信息后,系统自动刷新回执信息,将下发的电厂名称分为“已下发”和“未下发”,以使用户查看哪些电厂未收到该负荷信息,便于做进一步处理。

### 3.6 电厂可视化展示

1) 电网拓扑展示:图形化展示直调电厂并网情况,包括装机、机组台数、机组状态、备用容量、水位、耗水率等电厂实时运行状态信息。

2) 流域分布展示:以四川流域图为基础,展示直调电厂分布情况,包括装机、机组台数、机组状态、备用容量、水位、耗水率等电厂实时运行状态信息。

## 4 结 论

四川电网智能调度系统对四川电力系统而言是至关重要的。四川电网智能调度系统是一个实时动态的系统,可以有效地进行分析和调控电力系统,优化发电出力实时调整,智能科学发布调令,提高发电出力调整的工作效率和规范性。电力电网的智能调度系统可以更加智能化和及时地对发电出力作出实时调整,并且可以更全面地了解电力电网的运行状况。四川电网智能调度系统的设计与实现具有深度挖掘的潜力,通过调度算法能进一步提高调度智能化的准确性与科学性,不断探索创新,创造更大的经济价值和社会效益。

### 参考文献

- [1] Andrewen Troelsen. C#与.NET 4 高级程序设计[M]. 北京:人民邮电出版社 2011.
- [2] Cleveland F M. Cyber Security Issues for Advanced Metering Infrastructure(AMI) [C]. IEEE Power and Energy Society General Meeting, Conversion and Delivery of Electrical Energy in the 21st Century 2008.
- [3] 苗雪兰,刘瑞新,宋歌. 数据库系统原理及应用教程[M]. 北京:机械工业出版社 2001.
- [4] Jeffrey Richter, Applied Microsoft NET Framework Programming[M]. 北京:清华大学出版社 2004.
- [5] 狄义伟. 面向未来智能电网的智能调度研究[D]. 济南:山东大学 2010.

### 作者简介:

陈颖(1986),硕士、工程师,主要研究方向为电力系统稳定与控制;

周剑(1972),硕士、高级工程师,主要研究方向为电力系统稳定与控制;

银涛(1981),硕士、工程师,主要研究方向为电力系统调度与控制;

张宏图(1973),硕士、高级工程师,主要研究方向:电力系统及其自动化;

刘巍(1986),硕士、助理工程师,主要研究方向为电力系统调度与控制;

何川(1987),硕士、助理工程师,主要研究方向为电力系统及其自动化;

王岸(1986),硕士、工程师,主要研究方向为电力系统调度与控制。

(收稿日期:2016-01-12)