

[控制系统]

发电调度优化决策技术支持系统的设计与应用

文/国网浙江省电力公司 刘 军 黄 静
浙江浙能嘉华发电有限公司 赵朝阳 蒋景春
北京清软创新科技股份有限公司 韩俊杰

为满足节能降耗、提升经济效益的需要,设计开发了发电调度优化决策技术支持系统。该系统在现有数据支持系统的基础上,考虑节能、环保、经济等多目标优化,建立了机组负荷分配的数学模型,实现了厂内机组负荷的动态优化分配,充分满足厂网发电计划协调的管理和技术要求,同时,该系统有助于提高经济与技术管理现代化水平、提高发电企业的核心竞争力和服务水平,实现了对发电侧市场的网络化控制管理。

我国各地都在确保电力系统安全稳定运行和连续供电的前提下,以节能、环保为目标,适用于三公调度、节能调度、未来电力市场模式下的经济调度等有月度合同目标下的多种模式管理工作。为了积极响应与贯彻落实国家节能降耗政策,履行可持续发展的电力企业社会责任,建设资源节约型、环境友好型社会;同时为了确保电厂安全稳定运行的前提下,适应发电侧市场管理现代化、科学化、精细化的要求,也为了融入当前电力系统日前发电计划领域的先进理念,构建应用最新研究成果的火电厂动态成本决策支持平台,开发新一代网络化的动态成本分析与电厂自调度系统具有重要的实用价值和良好的经济效益和社会效益。

厂内优化算法

厂内优化算法原理是基于电厂96点出力保持不变的情况下,将小机组的每一时刻出力转移到大机组上。由于机组的最大/最小技术出力、固定出力、上下限、爬坡率等约束制约,可能不能达到设定的机组负荷率差,此种情况下,算法会按照设定

的约束最大限度的优化,使得大机组与小机组的负荷率差最大程度地接近设定的负荷率差。

厂内优化算法计算公式为

$$\Delta P_i = \frac{C_b C_s (\Delta F P_{bi} P_s - P_{bi} P_s + P_{bi} P_{si})}{C_s P_s + C_b P_b}$$

式中, ΔP_i 表示*i*时刻小机组转移给大机组的出力和; C_b 表示大机组运行台数(除去检修、备用机特设出力的机组); C_s 表示小机组运行台数(除去检修、备用机特设出力的机组); ΔF 表示大机组与小机组的负荷率差; P_b 表示大机组额定容量; P_s 表示小机组额定容量; P_{bi} 表示*i*时刻大机组出力; P_{si} 表示*i*时刻小机组出力。

系统功能设计

发电调度优化决策技术支持系统软件应用先进的Java 2 Platform, Enterprise Edition (J2EE)技术和多层体系Browser/Server (B/S)结构,全面的Java解决方案来开发部署。软件是以电网经济运行决策为核心,基于计算机、网络通信、信息处理技术及安全管理模式的综合信息系统。在确保电厂安全运行前提下,以技术手段为科学制订

满足经济、节能等优化目标的日发电计划提供保证。

本系统对电厂容量、出力、厂用电率、机组信息等基础数据进行收集及预处理，根据年、月电量计划、已完成电量、机组检修计划等信息计算不同时间维度后续负荷率，然后考虑煤耗率、综合成本最低、排放最少等形成多种厂内优化编制方案，最终建立一套能够满足高效、精确、智能需求的发电调度优化决策技术支持系统，为三公调度、节能发电调度的信息化建设提供基础，使相关精益化管理工作迈上新台阶。系统包括的主要功能模块如图1所示。

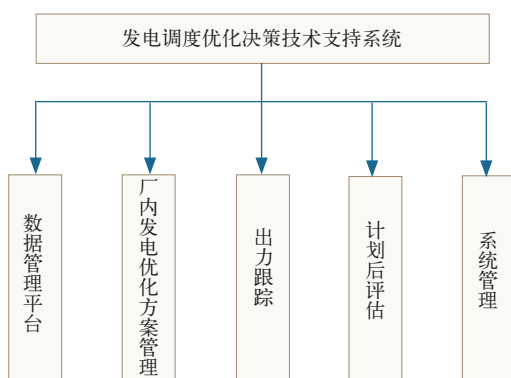


图1 系统功能模块图

1. 基础信息管理

完备的基础信息是保证系统正常运行的基础，是实现综合成本分析、对调度部门日运营方式实行“精益化”管理的基础必要条件。主要包括机组信息管理、机组序位表、煤耗率和其他基础信息，如图2所示。

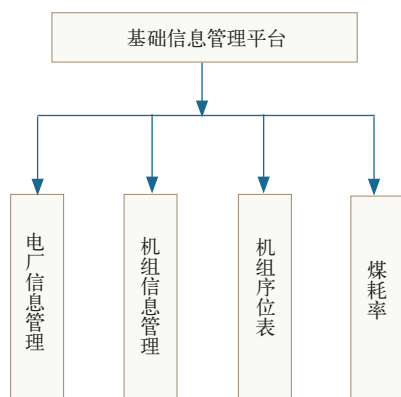


图2 基础信息管理模块

(1) 电厂信息管理

主要实现电厂相关信息的修改、删除与查

询。电厂信息的主要指标包括（但不限于）：容量、最大出力、最小出力及厂用电率等。

(2) 机组信息管理

主要实现对系统中各机组相关信息的修改、删除与查询，与此同时提供对机组相关信息参数的确定与编辑功能，作为机组负荷动态优化分配的计算基础。

(3) 机组序位表

提供机组序位表查询、制订与编辑功能。机组序位表中包括机组名称、机组序位、使用期限等信息。管理人员不仅能方便地对机组序位表进行增、删、改、查等操作，还能直接将排序的结果作为发电计划优先级，导入计划制订模块，作为计划编制的依据。

(4) 煤耗率

机组煤耗率是制订机组负荷分配的重要决策数据，系统机组提供机组煤耗率编制和维护功能。机组负荷优化时可按不同负荷率水平下的不同煤耗率来进行出力分配，达到电厂最优经济调度的目标。

2. 厂内发电优化方案管理

(1) 检修计划查询

机组检修是负荷动态优化的基础数据，确定全厂可参与优化的机组对象，系统可自动采集所有机组的检修计划，并提供按日期查询机组检修详细信息的功能。

(2) 后续负荷率分析

1) 年度后续负荷率分析。根据电厂的年电量计划、已完成电量、年度检修计划等信息计算出截至到当前时间的电厂年度后续负荷率。

2) 月度后续负荷率分析。根据电厂的月电量计划、已完成电量、月度检修计划等信息计算出截至到当前时间的电厂月度后续负荷率。

(3) 机组负荷动态优化分配

机组负荷动态优化分配子模块是日发电计划制订子模块的计算基础，也是发电计划管理模块的核心内容。目的是选定优化日期后，在电厂出现总负荷一定的情况下，在厂内机组之间再次进行优化二次分配，从而使得发电综合成本最小。在考虑运行安全与机组的各类复杂约束的基础上，实现节能、环保、经济等多目标优化的全厂日96点机组负荷优化分配理论、模型与方法，将最终计算结果以图表形式展现于页面上。

1) 厂内调度优化编制流程。省调计划编制人员负责编制符合全网运行安全条件的电厂总出力计划和机组计划,计划编制完成后由计划编制人员确定是否启动厂内优化流程。编制流程图如图3所示。

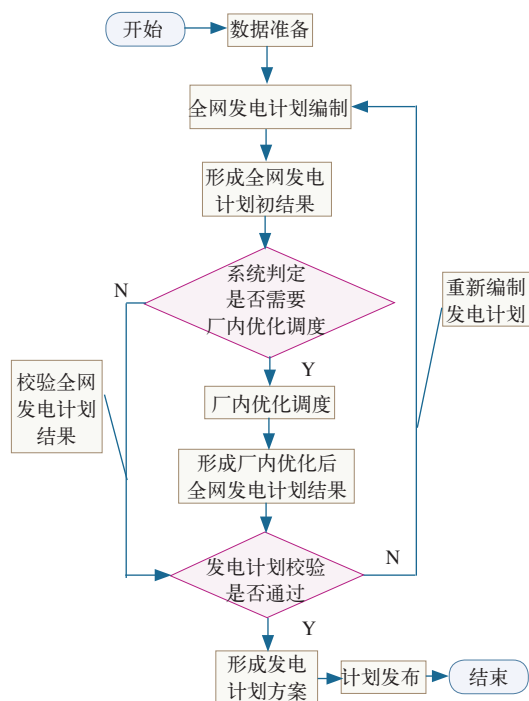


图3 编制流程图

如果启动厂内优化,则以全厂总出力计划和厂内优化的参数(例如优化后的负荷率差上限等指标)为限制条件,启动厂内机组间负荷动态优化分配,并将重新制订的发电计划进行校核,如果满足校核条件,则通过审核,发布机组计划;如果不满足则单击按钮重新制订或选择最初机组计划发布。

2) 制订目标。用户可选择不同的计划制订目标来对机组负荷进行二次优化,目前参考条件不同,则优化的机组出力结果也不一致。优化目标包含如下几个。

- ① 等负荷率。
- ② 煤耗最低。
- ③ 综合成本最低。
- ④ 电价最高。
- ⑤ 排放最少。

3) 优化过程。为了满足管理人员的方便应用,优化计算过程可通过智能化和自动化的流程完成。同时,为了满足经济与技术专家的分析研

究工作,优化计算过程的各个中间环节可开放,并提供详细的优化计算过程记录文件供经济与技术专家参考。

4) 人工干预。当启动人工计划制订时,可依据专家经验对算法优化结果进行人工调整,在保证系统人工智能的同时,又引入了专家经验,由此确保了计划编制流程的开放性和计划制订的可靠性。

3. 出力跟踪

实现以全厂和机组为观察对象进行实时出力跟踪,以96点曲线图的形式展现全厂和机组实际出力曲线与计划出力曲线之间的对比关系,用户可以方便地了解当日各机组的分时段出力变化情况,并基于电网调度下发的日发电计划为机组的后续出力做好安排。

4. 计划后评估

(1) 完成率分析

根据电厂电量计划、已完成电量分析全厂电量完成计划,并根据机组的检修等信息计算机组的后续负荷率,协助决策人员掌握后续是否可如期完成电量计划,并以此为依据与电网调度部门沟通协调。

(2) 出力偏差分析

根据电厂各机组的实际出力与日前计划的偏差,统计分析基于机组的电厂总出力偏差,并计算各日平均出力偏差和由此损失或多发的电量。按日、月、年进行统计由此产生电厂效益偏差。

5. 系统管理

本系统采用“用户、角色、权限、功能”的资源管理层次。换言之,不同用户具有特定的角色,每一角色拥有规定的操作权限、并对应于特定的系统功能。

算例分析

该系统于2015年5月开展数据收集工作,2015年8月开展实施和试运行。应用电厂发电调度优化决策技术支持系统,基于某地区电厂的相关数据进行实例验证,某电厂有2台容量为1 000 MW超超临界机组,以下简称大机组(7#, 8#机组),煤耗率为285 g/kW·h,4台容量为600 MW的亚临界机组,以下简称小机组(3#, 4#, 5#, 6#),煤耗率为310 g/kW·h。选择2015年7月16日发电计划方案进行优化,得到厂内优化结果,系统展示如图4所示,优化前后各指标对比结果如下表所示。



图4 2015年7月16日厂内优化结果

表 厂内优化指标前后对比结果

优化前指标名称	优化前指标值	优化后指标名称	优化后指标值
小机组负荷率	0.753 49	优化后小机组负荷率	0.700 82
大机组负荷率	0.753 47	优化后大机组负荷率	0.800 88
大小机组负荷率差 (%)	0	优化后大小机组负荷率差 (%)	10.005 90
小机组电量	32 550.75	优化后小机组电量	30 275.25
大机组电量	36 166.5	优化后大机组电量	38 442
小机组煤耗/t	10 090.73	优化后小机组煤耗/t	9 385.33
大机组煤耗/t	10 307.45	优化后大机组煤耗/t	10 955.97
电厂总煤耗	20 398.19	优化后电厂总煤耗/t	20 341.30
节省标煤/t			56.887 5
排放量/t	50 791.48	优化后排放量/t	50 649.83

均衡发电2015年07月16日16:50的厂内优化结果，优化的目标负荷率差为：10%。经优化后，负荷率差达到10.005 9%，节省标煤：56.887 5 t，减排量：141.649 9 t。

此算例中优化前大小机组负荷率均为75.35%，优化后，小机组负荷率为70%，大机组负荷率为80%。根据优化后的负荷率可以看出不论大小机组还有优化空间，还可以进一步节能减排。

结束语

发电调度优化决策技术支持系统的建设，不

仅能支撑调度相关部门的日常工作，对工作中产生的大量数据、资料进行有效的规范化集中管理，而且能有效支撑电网的一体化运行；发电调度优化决策技术支持系统，以电网经济运行决策为核心，实现了厂内机组负荷的动态优化分配，通过实际算例分析表明，该系统功能能够有效降低煤耗，使得电厂大小机组的出力得到优化，满足厂网发电计划协调的管理要求，提高了发电企业的核心竞争力，为发电侧市场网络化管理工作提供强大支撑。EA

(收稿日期：2016.07.06)

(编辑：杨得润)