

宁夏电网考虑联络线考核的实时计划功能实现

段金长¹,程彩艳²,马冬冬²,刘鹏飞¹,袁静¹

(1.国电南瑞科技股份有限公司,江苏 南京 211106;2.国网宁夏电力公司,宁夏 银川 750001)

摘要:宁夏智能电网日内滚动实时计划功能是根据机组实时状态、机组日前发电计划、超短期系统负荷预测、超短期新能源预测、实时广义联络线控制和电网实时拓扑情况,以日内安全约束经济调度(SCED)为目标,实时滚动修正机组执行计划并送自动发电控制(AGC),保证电网安全稳定运行。该功能实现了自动闭环滚动调整控制,与AGC闭环运行,使得计划编制与电网调度有机联动,提高机组计划的执行率,满足计划考核要求。该功能很好地保证了电网实时运行安全,减轻调度人员的调频工作量,实现电网调度超前控制,提高了事故情况下的处理效率。

关键词:发电调度;日内滚动实时计划;广义联络线考核

中图分类号: TM734

文献标志码: B

文章编号: 1009-0665(2015)04-0054-03

国内发电计划编制主要集中在年度计划和日前计划编制,集中在调度模式^[1]和模型^[2-4]方面,在实时调度中对计划的执行和修改依然依靠调度员来控制,实时计划与日前计划之间的协调在实际中使用较少。实时发电计划根据超短期预测和计划信息,在当前电网运行状态基础上,综合考虑系统负荷平衡约束、电网安全约束和机组运行约束,采用考虑安全约束的优化算法,滚动编制未来多时段发电计划。实时发电计划的时段间隔为5 min或15 min,计划编制的时间范围为15 min之后的未来1 h或多个小时^[5]。

1 网省数据实时共享

宁夏电网区域内既有调管机组,也有上级电网直调的机组。辖区内机组共同参与网内电力电量平衡,同时要服从上级调度机构外送联络线要求,使得其计划编制流程和方式都有别于其他地区,具体流程如图1所示。

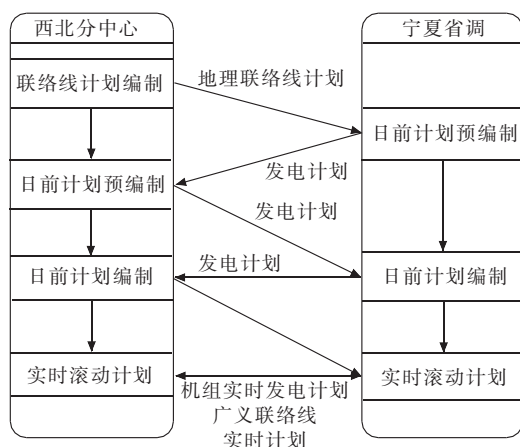


图1 滚动计划编制纵向实时共享流程

为实现网省日内实时计划之间的协调控制,考虑到网省数据交互量较大,且实时性要求很高,本文提出

一种大数据量实时共享机制,截止目前已实现交互的数据有:

(1) 分中心下发的数据包括日前地理联络线计划、直调机组日前发电计划、日前广义联络线计划、直调机组实时发电计划、实时广义联络线计划等。

(2) 省级调度中心上报的数据包括日前系统负荷预测、省级电网新能源预测总加、省级电网火电出力总加、省级电网火电出力上下限、省级电网水电出力总加、省级电网水电出力上下限等。

2 广义联络线定义

根据西北电网调度管理要求,通过划分不同控制区的方式实现调度和管理,各控制区之间通过广义联络线相互联系,达到统一调度、分级管理、责任共担、平等互利的目的。广义联络线定义为:

$$G_{m,t}^p = (L_{m,t} - NP_{m,t}^p) \times [P_{m,t}^p / (P_{m,\max}^p + P_{m,\max}^r)] - (TP_{m,t}^p + WP_{m,t}^p) \quad (1)$$

$$G_{m,t}^r = (L_{m,t} - NP_{m,t}^p) \times [P_{m,\max}^r / (P_{m,\max}^p + P_{m,\max}^r)] - (TP_{m,t}^r + WP_{m,t}^r + NP_{m,t}^r) \quad (2)$$

式(1,2)中: p 为某省的控制区,即省内的网调机组群; r 为某省的省调,即省内的省调机组群; m 为某个省,省内有分控制区和省调; t 为时刻; $L_{m,t}$ 为 m 省 t 时刻的超短期系统负荷预测; $NP_{m,t}^p$ 为 m 省 t 时刻的超短期新能源预测; $NP_{m,t}^r$ 为 m 省的控制区 t 时刻超短期新能源预测; $P_{m,\max}^p$ 为 m 省的省调装机容量; $P_{m,\max}^r$ 为 m 省的控制区装机容量; $TP_{m,t}^p$ 和 $WP_{m,t}^p$ 分别为 m 省时刻的火电和水电机组出力总加; $TP_{m,t}^r$ 和 $WP_{m,t}^r$ 分别为 m 省控制区 t 时刻的火电机组和水电机组出力总加; $G_{m,t}^p$ 为 m 省 t 时刻的广义联络线计划; $G_{m,t}^r$ 为 m 省控制区 t 时刻的广义联

络线计划。

为了计算方便,进一步分析广义联络线计划的意义,推导出省广义联络线计划和对应控制区广义联络线计划的关系,首先引入2个等式,发用电平衡:

$$L_{m,t} = TP_{m,t}^p + WP_{m,t}^p + NP_{m,t}^p + TP_{m,t}^r + WP_{m,t}^r + NP_{m,t}^r + T_{m,t} \quad (3)$$

式(3)中: $T_{m,t}$ 为m省t时刻的受电计划。

装机容量比例恒等式:

$$P_{m,\max}^p / (P_{m,\max}^p + P_{m,\max}^r) + P_{m,\max}^r / (P_{m,\max}^p + P_{m,\max}^r) = 1 \quad (4)$$

通过式(1—4)易得:

$$G_{m,t}^p + G_{m,t}^r = T_{m,t} \quad (5)$$

式(5)中: $T_{m,t}$ 为m省t时刻的受电计划。

式(5)表明,省广义联络线计划与相应控制区广义联络线计划之和等于该省受电计划,由此可知,只要省级电网和区域电网实时发电计划优化同时跟踪各自广义联络线计划,就能使得实际受电跟踪计划受电,保证省级电网和区域电网实时计划编制系统平行运行,互不干扰,同时又相辅相成。

3 优化模型建模

3.1 普通模型

(1) 优化目标:

$$F = \sum_{i=1}^T \sum_{i=1}^I (p_{i,p}(t) - p_i(t)) \quad (6)$$

式(6)中: I 为机组总数; T 为偏差分段数; $p_{i,p}(t)$ 为*i*机组*t*时段的初始出力计划; $p_i(t)$ 为*i*机组*t*时段的计划出力; $p_{i,\max}$ 为*i*机组的最大出力。

(2) 约束条件。包括负荷平衡、备用约束、机组运行约束、电网安全约束等电网运行约束,在参考文献中已有详细描述^[5],在此就不再赘述。

3.2 特殊化模型

针对宁夏电网实际协调调度需求,在上述模型的基础上增加广义联络线计划约束,实现实时计划编制结果跟踪广义联络线计划指标。广义联络线计划约束,模型修改为:

$$(L_{m,t} - NP_{m,t}^p) \times [P_{m,t}^p / (P_{m,\max}^p + P_{m,\max}^r)] - (TP_{m,t}^p + WP_{m,t}^p) = G_{m,t}^p + P_{m,t}^+ - P_{m,t}^- \quad (7)$$

式(7)中: $P_{m,t}^+$ 为m省t时刻广义联络线计划约束上调整松弛量; $P_{m,t}^-$ 为m省t时刻广义联络线计划约束下调整松弛量。

式(7)中 $TP_{m,t}^p$ 、 $WP_{m,t}^p$ 和 $NP_{m,t}^p$ 分别为:

$$TP_{m,t}^p = \sum_{i \in S_m^p} p_{i,t} \quad (8)$$

$$WP_{m,t}^p = \sum_{w \in S_m^p} p_{w,t} \quad (9)$$

$$NP_{m,t}^p = \sum_{wind \in S_m^p} p_{wind,t} \quad (10)$$

式(8—10)中: $p_{i,t}$ 为*i*火电机组*t*时刻的出力; $p_{w,t}$ 为*w*水电机组*t*时刻的出力; $p_{wind,t}$ 为*wind*风电机组*t*时刻的出力; S_m^p 为m省的省调机组群。

广义联络线计划约束为软约束,优化目标中设置广义联络线约束松弛成本,保证广义联络线约束尽量满足,优化目标修正为:

$$\min F = F_n + \sum_m (P_{m,t}^+ + P_{m,t}^-) \cdot P_{m,t}^f \quad (11)$$

式(11)中: $P_{m,t}^f$ 为m省在*t*时刻的单位松弛惩罚成本; F_n 为常规优化目标。

4 运行效果

通过在宁夏电网实际应用和运行结果对比分析,本文通过2种控制效果来进行阐述,由于考虑了广义联络线控制目标,被考核电量基本上维持在较低的水平,达到了控制目标,模型控制效果一目了然。

(1) 广义联络线控制目标被突破(松弛)。图2为实时计划滚动计算结果突破广义联络线控制目标(计算值和实际值在04:15—05:45时间段偏离计划目标值),纵坐标为广义联络线计划出力,横坐标为时间。

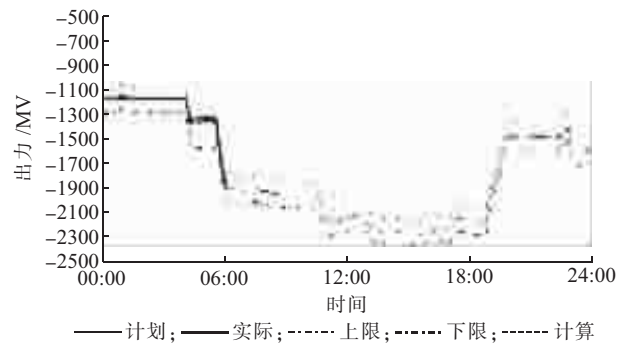


图2 松弛结果示意图

图2只列出广义联络线计算值、实际值和控制目标值对比。这种情况下单纯靠省内机组已无法满足联络线控制要求,正常情况下应由调度员向上级调度机构申请联络线交易以满足联络线控制要求。为了验证模型计算的有效性和计划的正常编制,本次计算不考虑最新的联络线修改。从图2结果可以看出,模型具备自动松弛广义联络线控制约束的功能。

(2) 广义联络线控制目标被满足(非松弛)。图3为实时计划滚动计算结果满足广义联络线控制目标(计算值、实际值与计划目标值重叠),电网运行能够按照指定的控制目标(下发的广义联络线控制要求)运

行,宁夏省内机组计划满足的广义联络线考核要求,不会产生额外的考核电量。

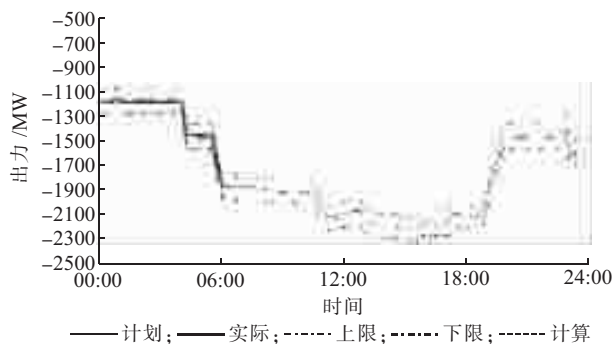


图3 非松弛结果示意图

5 结束语

该功能通过与日前计划有机协调,实时滚动调整机组计划,使得全网发电计划实时跟踪电网负荷偏差和广义联络线控制要求。通过在宁夏电网的实际运行,截止目前功能整体运行平稳安全,广义联络线控制效果明显,很好地满足电网安全运行和上级调度部门考核要求,为宁夏电网创造了较好的经济效益,同时能极大地减轻调度人员工作量,具有较高的实际应用价值。

参考文献:

- [1] 王楠,张粒子,刘宝成,等.日前节能发电调度计划与实时控制的协调方式[J].电力系统自动化,2012,36(17):45-55.
- [2] 张宁,陈慧坤,骆晓明,等.广东电网节能发电调度计划模型与算法[J].电网技术,2008,32(24):11-15.
- [3] 陈之栩,谢开,张晶,等.电网安全节能发电日前调度优化模型及算法[J].电力系统自动化,2009,33(1):10-13.
- [4] 王超,张晓明,唐茂林,等.四川电网节能减排发电实时调度优化模型[J].电力系统自动化,2008,32(4):89-92.
- [5] 徐帆,陈之栩,张勇,等.实时发电计划模型及其应用[J].电力系统自动化,2014,38(6):117-121.

作者简介:

段金长(1983),男,江西于都人,工程师,从事智能电网技术支持系统高级应用软件开发和工程实施工作;

程彩艳(1975),女,河北任丘人,工程师,从事智能电网技术支持系统组织实施工作;

马冬冬(1975),男,宁夏银川人,工程师,从事智能电网技术支持系统组织实施工作;

刘鹏飞(1991),男,河南鹤壁人,工程师,从事智能电网技术支持系统高级应用软件开发工作;

袁静(1985)女,江苏姜堰人,工程师,从事智能电网技术支持系统高级应用软件开发工作。

Function Realization of Real-time Generation Schedule for Ningxia Power Grid Considering Tie-line Assessment

DUAN Jinchang¹, CHENG Caiyan², MA Dongdong², LIU Pengfei¹, YUAN Jing¹

(1.NARI Technology Development Co. Ltd., Nanjing 211106, China;

2.State Grid Ningxia Electric Power Company, Yinchuan 750001, China)

Abstract: Ningxia power grid's dynamic real-time generation schedule is achieved considering generating units' operational modes, day-ahead generation, ultra-short term load forecasting, new energy forecasting, tie-line assessment and grid real-time topology. Taking SCED as the goal, the generation schedule function can be automatically updated and then the updated schedule signals will be sent to AGCs to ensure power systems' safe and stable operation. This function realizes automatic rolling adjustment closed-loop control of generators. The function paralleled with AGCs can coordinating generation schedule and power grid dispatch. This can improve the efficiency of generation schedule implementation and satisfy the evaluation requirement. The function ensures power grid's security and reduces workload of dispatching personnel, which improves the efficiency of processing accidents.

Key words: generation dispatch; real-time rolling generation schedule; tie-line assessment

(上接第53页)

Research of Equipment Signals Intelligence Processing System of Power Grid

LU Lu, LU Cheng

(Tai Zhou Power Supply Company, Taizhou 225300, China)

Abstract: Based on the analysis on EMS system, an equipment abnormal signals processing system for power grid is developed by using ruler and case hybrid based signal correlation analysis and fault diagnosis method. This processing system is capable for signal correlation analysis and fault diagnosis. Application results on the actual power system show that the system can correctly analyze alarm signals and support dispatch personals making decisions.

Key words: alarm signals; equipment abnormal; fault diagnosis; expert system