

# 定压双流道机组一次调频优化的技术措施研究

马艳芳 孙庆超

辽宁国华绥中发电有限责任公司 辽宁绥中 125222

**摘要:** 为了适应东北电网“两个细则”要求,针对超临界定压双流道机组在一次调频动作引起机炉动态特性不匹配、响应滞后、积分量少的问题,提出了对数字电液调节系统(DEH)、协调控制箱系统(CCS)中增加前馈逻辑,采用分时段、变参数控制和参数预估等优化的改进方案。并通过试验,解决一次调频动作引起的机炉动态特性不匹配、响应滞后、积分量少的问题。研究成果有效提高了定压双流道机组的一次调频能力,有利于提高机组适应电网“两个细则”能力的要求。

**关键词:** 东北电网; 两个细则; 定压; 双流道; 一次调频; 优化

## 引言

随着国民经济和电力实业的快速发展,电网的容量越来越大,因电网用电结构和电源构成的变化引起的负荷峰谷差逐渐加大,电网的协调控制越来越复杂,一次调频已成为现代电网控制的基本和重要功能。

由于数字电液调节系统(DEH)和协调控制系统(CCS)中一次调频功能相关的控制策略不完善,机组一次调频投入后,频繁出现负荷和主蒸汽温度波动,因此造成一次调频无法正常投入。本文将对此问题进行分析。

### 1. 机组一次调频存在的问题

东北电网公司“两个细则”出台以后(一次调频最大幅度、一次调频平均幅度偏差、一次调频累积电量),绥中电厂2台880MW定压双流道机组针对电网“两个细则”三项指标均达不到电网要求。针对此系统进行分析,存在以下问题:

(1) 直流定压双流道机组,一次调频动作幅度参数设置偏小,同时,机组压力正常调整范围为 $\pm 1\text{MPa}$ ,为保证机组安全,防止压力保护动作,机组设置压力拉回回路,当一次调频动作时,超出压力拉回动作值时,压力拉回回路动作,限制了机组一次调频动作。

(2) 机组容量较大,一次调频理论计算值和机组实际动作值的偏差较大,不能满足电网考核平台精度的要求。

### 2. 原因分析

机组一次调频动作后,机组给煤量、给水量波动大,进一步影响主汽压波动。一次调频指令的处理方式没有考虑其特殊性,机组一次调频动作在机组协调投入时,易使主汽

压大幅波动,影响机组稳定运行。参数设置也不合理,造成一次调频基本不起作用。经分析,主要存在以下原因:

(1) 一次调频指令与机组实际负荷指令叠加,作用在锅炉主控时,由于一次调频频繁动作,造成机组给煤量、给水量波动较大,使得主蒸汽压力大幅波动。

(2) 一次调频动作,引起主蒸汽压力出现偏差时,协调控制系统的压力控制回路立即进行与一次调频指令相反方向调节,用以消除压力偏差,从而直接影响一次调频考核指标。

### 3. 对策及实施

#### 3.1 一次调频动作后协调指令优化

协调指令优化考虑机组压力的变化在许可值内,以一定压力变化值为门限,禁止负荷指令继续朝压力恶化的方向变化。如图1所示。例如,门限为 $0.7\text{MPa}$ 时,需要两个闭锁:

(1) 当主汽压力超过 $24.2\text{MPa}$ 后,禁止协调指令下降。

(2) 当主汽压力低于 $22.8\text{MPa}$ 后,禁止协调指令上升。

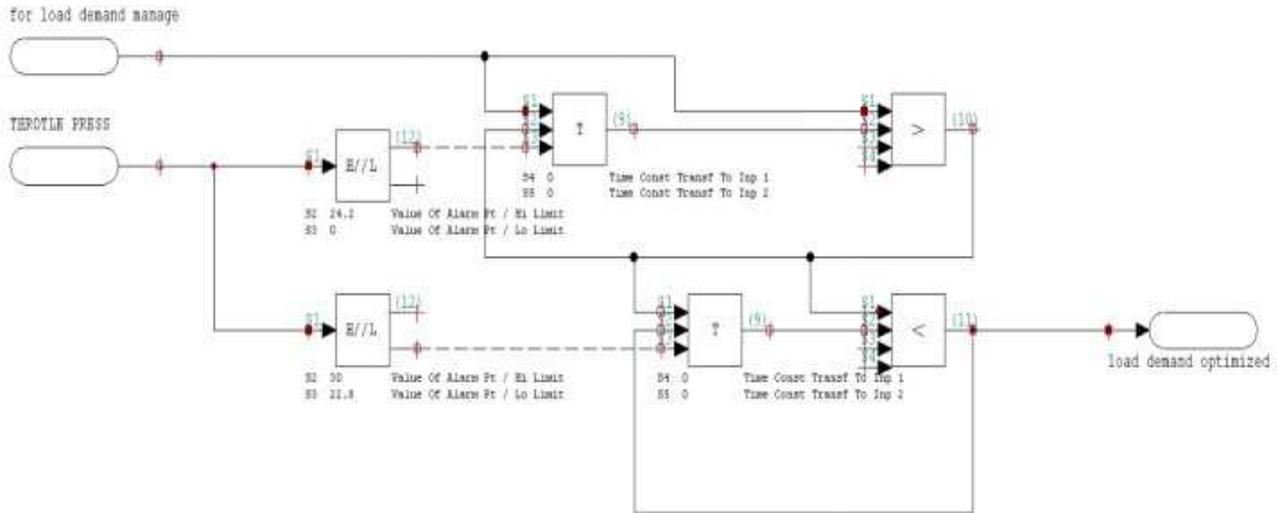


图 1 协调指令优化原理图

### 3.2 协调系统入口 PID 偏差优化

根据协调控制器入口压力偏差，预估指令允许变化的

最大值。当超过最大值时，进行闭锁。具体实现方法如图 2

所示。

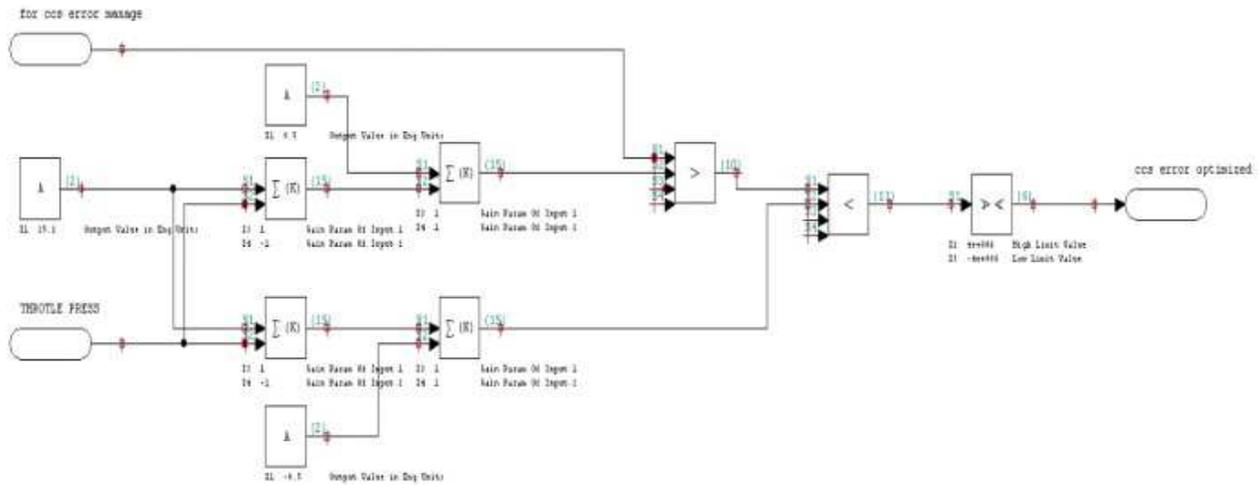


图 2 协调系统入口 PID 偏差优化原理图

### 3.3 协调系统入口 PID 偏差优化

压力拉回闭锁采用反向补偿的方式，当一次调频动作后对压力设定值进行反向补偿，用以弥补之后产生的压力偏差。整定参数如表 1。

表 1 压力拉回闭锁整定参数表

序号	一次调频指令 /MW	反向拉回压力 /MPa
1	-20	0.4
2	-12	0.3
3	0	0

4	12	-0.3
5	20	-0.4

### 3.4 一次调频前馈优化

3.4.1 经分析东北电网一次调频曲线，合理的更改一次调频前馈动作的前 15s 值，将十分有效的改善一次调频最大幅度、一次调频累积电量两项指标，但是将对一次调频平均幅度偏差指标产生不利影响，因此程序将对一次调频动作的前 15s 和后 45s 进行分时段变参数控制，在一次调频最大幅度和一次调频平均幅度偏差两项指标之间找到平衡点，使之

全部满足考核要求。原理如图 3。

### 3.4.2 增加前馈指令限制回路

- (1) 当主汽压力超过 24.2MPa 后，禁止前馈指令下降。
- (2) 当主汽压力低于 22.8MPa 后，禁止前馈指令上升。

### 3.4.3 流量特性修正

各个负荷段，加入流量特性修正回路 F(x), 用以对前馈指令进行优化。

### 3.5 时间管理

针对东北电网机组的一次调频的量化考核标准在“两个细则”（《东北区域发电厂并网运行管理实施细则》和《东北区域并网发电厂辅助服务管理实施办法实施细则》）中规定，一次调频的动作考核时间最长为 60 s，加入时间管理机组 65 s 后，一次调频前馈和闭环指令均同步返回，这样可以对机组主蒸汽压力产生更加积极的正向促进作用，如图 4。

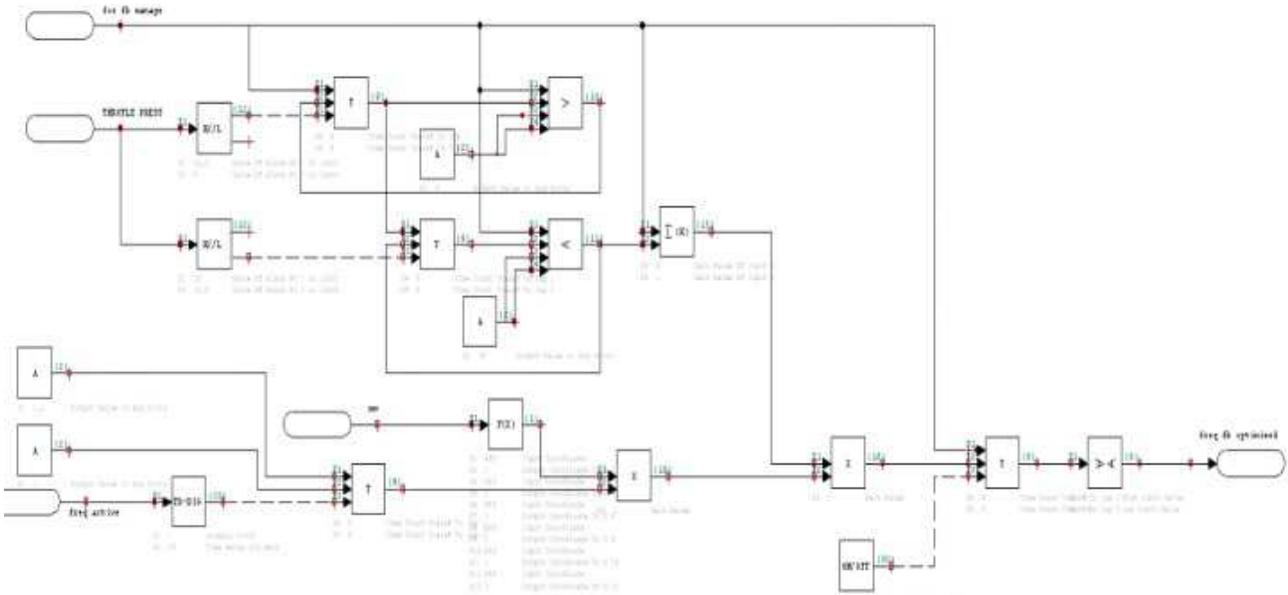


图 3 一次调频前馈优化原理图

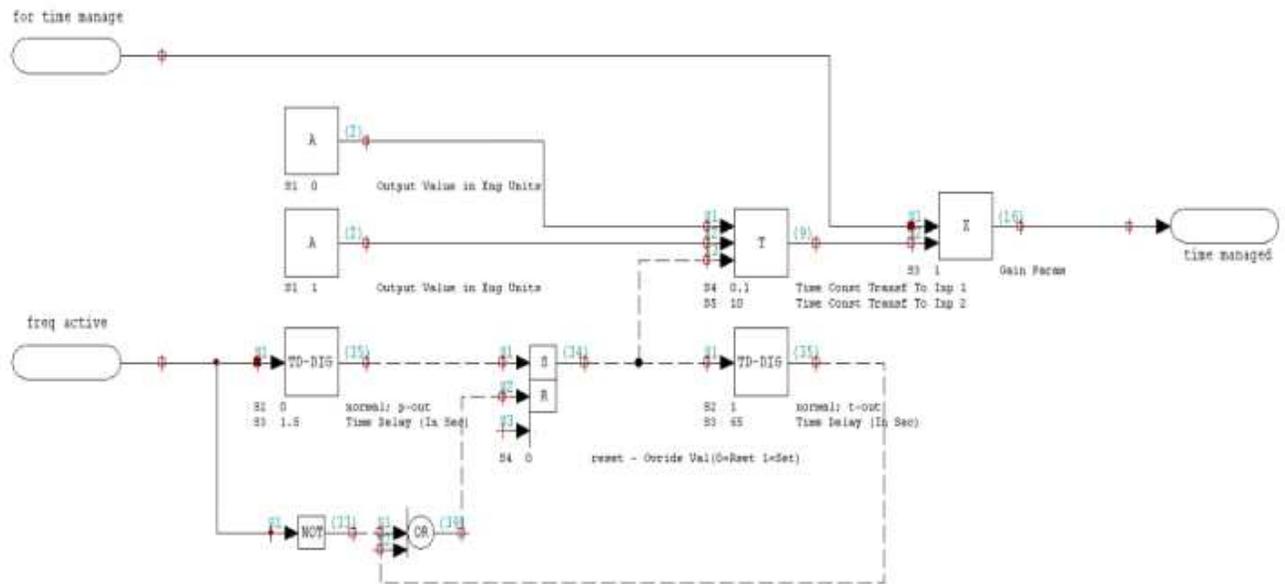


图 4 时间管理原理图

#### 4. 实施效果

一次调频控制策略优化后, 2016年10月分别对2台机组一次调频能力进行试验。在CCS协调投入, CCS侧和DEH侧一次调频均投入的情况下, 改变用于产生一次调频

转速差的转速设定信号, 分别模拟产生转速偏差6 r/min和11 r/min, 持续时间65秒, 试验结果均能满足要求。图5为2016年11月20日实际转差信号为6 r/min, 持续时间为1 min时一次调频动作曲线。

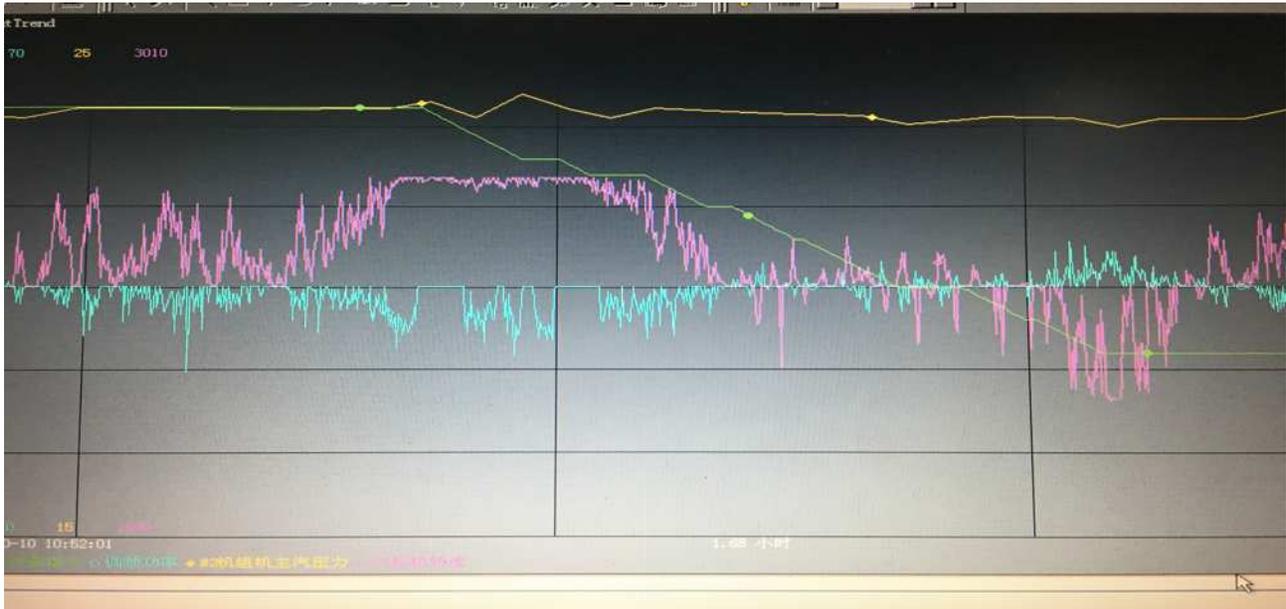


图5 转差为6 r/min, 一次调频动作曲线

从表2的一次调频动作参数数据表可见, 2台机组一次调频在6 r/min的转差信号作用下, 实际负荷调节量均能满足电网对一次调频的要求, 调频过程中各主要参数, 如主汽压、给水流量、给煤量等偏离均在允许范围内。

表2 一次调频动作参数数据表

机组号	1	2
转速差 /r/min	-6	-6
负荷变化值 /MW	14-20	14-24
负荷相应纯延迟时间 /s	< 1	< 1
主汽压变化值 /MPa	0.3	0.2

#### 5. 结语

机组一次调频性能试验结果满足电网的要求, 当电网频率发生波动时, 调节系统能快速动作使机组负荷相应迅速变化, 同时, 机组主要参数的波动幅度很小, 不影响运行稳定, 延长了机组设备的寿命, 提高了电网运行的稳定性

#### 参考文献

[1] 朱北恒. 火电厂热工自动化系统实验 [M]. 北京: 中国

电力出版社, 2006.

[2] 陈小强, 项瑾, 魏路平, 等. 1000MW 机组一次调频性能优化 [J]. 中国电力, 2010, 43(4): 63-66.

[3] 金丰, 陈建国. 火电机组一次调频和 AGC 性能优化分析 [J]. 东北电力技术, 2014, 35(5): 7-10.

[4] 李建军, 王礼, 王英荟. 超(超)临界燃煤机组一、二次调频研究与应用 [J]. 东北电力技术, 2012, 33(8): 13-16.

[5] 尹峰. CCS 参与的火电机组一次调频能力试验研究 [J]. 中国电力, 2005, 38(3): 71-74.

[6] 候典来, 张本起, 王当珍. 提高自动控制系统准确性的措施研究 [C]//2014 年全国发电厂热工自动化年会优秀论文集. 北京: 全国电力技术市场协会, 2014: 510-545.

[7] 钱朝阳, 王会, 吴永存, 等. 1000MW 火电机组协调控制策略优化 [J]. 中国电力, 2013, 46(3): 68-72.

[8] 许明妹, 候生伟. 协调控制系统在黄台电厂的使用状况 [J]. 山东电力, 2001(热控专集): 60-61, 66.

[9] 王刚, 郝涛, 张江南, 等. 火电机组一次调频合格率的影响因素分析 [J]. 中国电力, 2014, 47(2): 23-26.

[10] 侯典来. 单元机组协调控制新技术 [C]//2010 年全国发电厂热工自动化专业会议论文集. 北京: 中国电力企业联合会, 2010:125-168.

[11] 侯典来. 提高热工自动控制系统可靠性措施分析及其改进 [C]//2013 年全国发电厂热工自动化专业年会论文集. 北京: 全国电力技术市场协会, 2013:1392-1415.

[12] 张玉铎, 王满稼. 热工自动控制系统 [M]. 北京: 中国电力出版社, 1985.

[13] 边立秀, 周俊霞, 赵劲松, 等. 热工控制系统 [M]. 北京: 中国电力出版社, 2002.

[14] 尹峰, 朱北恒, 李泉. 超(超)临界机组协调控制特性与控制策略 [J]. 中国电力, 2008,41(3):66-69.

[15] 徐彤, 宋崇明, 谢春甫, 等. 燃煤汽轮机发电机组背压变化的一次调频能力补偿 [J]. 节能技术, 2017(6):542-545.

[16] 许丹, 丁强, 黄国栋, 等. 考虑电网调峰的热电联产热负荷动态调度模型 [J]. 电力系统保护与控制, 2017,45(11):

59-64.

[17] 金国强, 刘爱君, 高林. 2 种协调控制系统对一次调频和 AGC 响应特性影响的仿真研究 [J]. 热力发电, 2013,42(10):86-90.

[18] 蔡秋娜, 文福拴, 陈新凌, 等. 发电厂并网考核与辅助服务补偿细则评价指标体系 [J]. 电力系统自动化, 2012,36(9): 47-53.

[19] 李欣然, 黄际元, 陈远扬, 等. 大规模储能电源参与电网调频研究综述 [J]. 电力系统保护与控制, 2016,44(7): 145-153.

[20] 刘维烈, 朱峰, 李端超. 电力系统调频与自动发电控制 [M]. 北京: 中国电力出版社, 2006: 21-24.

#### 作者简介:

孙庆超(1984—), 男, 工程师, 从事火电厂热工自动研究。