

华北区域火电机组一次调频优化研究

陈思华

秦皇岛发电有限公司 河北 秦皇岛 066003

摘要: 火电机组作为主要的发电单元,对电力系统调频具有重要的影响。根据目前机组一次调频存在的主要的问题,以华北电网一次调频考核规则为基础,在一次调频信号源、控制策略和汽轮机高压调门线性优化等方面提出解决方案,特别是制定频率动态调整的一次调频控制先进策略,在不影响机组安全的前提下,提升机组一次调频性能,减少一次调频考核。通过对火电机组的调度和控制策略进行优化,实现电力系统频率的稳定和经济运行,取得了良好效果。

关键字: 华北电网;控制策略;一次调频;流量特性

中图分类号: TP29

Research on Optimization of Primary Frequency Regulation of Thermal Power Units in North China Region

Cheng Sihua¹

(1.Qinhuangdao Power Generation Co., Ltd., Qinhuangdao, Hebei Province, 066003)

Abstract: As the main power generation unit, thermal power units have a significant impact on the frequency regulation of the power system. Based on the main problems existing in the primary frequency regulation of the current unit, and based on the assessment rules of the primary frequency regulation of the North China Power Grid, solutions are proposed in terms of the primary frequency regulation signal source, control strategy, and linear optimization of the high-pressure regulating valve of the steam turbine. In particular, advanced strategies for frequency dynamic adjustment of the primary frequency regulation control are developed to improve the unit's primary frequency regulation performance and reduce the primary frequency regulation assessment without affecting unit safety. By optimizing the scheduling and control strategies of thermal power units, stable and economical operation of the power system frequency has been achieved, achieving good results.

Key words: North China Power Grid; control strategy; primary frequency modulation

引言

本文从调度策略优化、控制策略优化等角度出发,运行控制策略方面深挖潜力,提高电网频率波动反应灵敏度,提升一次调频响应快速,提高负荷调节量的精准度,具备更强的网源协调支撑能力,在保证机组安全稳定运行的前提下,实现灵活调频、深度调峰,从而有效控制电网频率,保证电网的供电质量和安全稳定。

1 目前一次调频存在的问题

秦皇岛电厂#5机组设计容量为350 MW,DCS系统采用XDPS-400+型分散控制系统,机组采用CCS机炉协调方式控制。一次调频控制逻辑设计主要通过CCS系统实现。投产发电至今已超10年,随着华北电网“两个细则”考核办法实施以来,考核力度的加大,原有的一次调频控制方案很难满足电网运行要求^[1-2],目前一次调频主要存在以下问题:

1.1 一次调频信号源精度低、考核信号不同源

传统一次调频都以汽轮机转速为信号源,汽轮机转速因转速卡、转速探头和测速齿轮等原因造成测量精度较低,无法达到PMU系统的频率测量精度(0.001Hz),另外在机组并网后汽轮机转速跟随母线网频波动,因机械延迟等方面的原因汽轮机转速信号相较网频会有延迟,故以汽轮机转速作为一次调频信号源存在精度低、延迟大的弊端,影响了机组一次调频效果^[3]。

1.2 原有参数设计不当

按照要求一次调频死区为 $\pm 2r/min$ ($\pm 0.034Hz$),为了满足电网的考核,现场会人为减小死区提前动作。缩小调频转速动作死区提前动作和调高速度变动率,导致机组一次调频无效动作次数太多,造成机组自身频繁的超调、振荡,过度的超调常引发机组协调控制CCS系统的波动加大、发散振荡,严重影响机组经济和安全运行。

另外一次调频变化量由转速差值经过负荷补偿曲线计算

得到的,同理现场也进行了参数修改,增大或减小负荷补偿曲线的斜率,使高调门动作过大或过小。

再就是CCS侧一次调频指令既叠加到协调目标负荷指令,同时又叠加到汽机主控PID前馈中,造成指令叠加,动作幅值加大。

由于一次调频的有效动作判定以超出死区且持续6s为条件,减小一次调频频差死区,一次调频提前动作,变相人为抬高一次调频响应开始时的负荷起始值,有时会形成误调,反而降低考核指标。

1.3 汽轮机高调阀流量特性不佳

当汽轮机高调阀安装偏差、通流改造、DEH改造、运行老化以及检修解体等原因都会引起高调门实际流量特性偏移,致使机组出现调节失稳(调门摆动、功率波动、负荷空点),导致机组的一次调频调节性能下降。所以汽轮机高调阀流量特性曲线与实际不符,对一次调频效果影响较大。

1.4 一次调频控制策略无法适应当前考核规则

目前国内为了满足电网考核要求,主要通过减小死区、提高转速不等率和“快生慢降”等手段,这些控制策略部分提升了机组一次调频性能,减少了一次调频考核,但会造成机组一次调频频繁动作,负荷动作量较大,造成AGC或协调解除,长期运行对设备尤其是调门造成极大损害^[1]。

1.5 一次调频负荷动作响应迟缓

一次调频为快速调节系统,常规机组一次调频控制采用CCS+DEH策略(图1),DEH侧一次调频为前馈,负责机组一次调频负荷的快速反应,但因控制系统、逻辑块运算次序等因素造成一次调频负荷延迟。如延迟时间过大,当机组一次调频连续性动作时,造成机组功率跟踪滞后,一次调频考核起点 P_0 值提升,导致一次调频考核不合格。

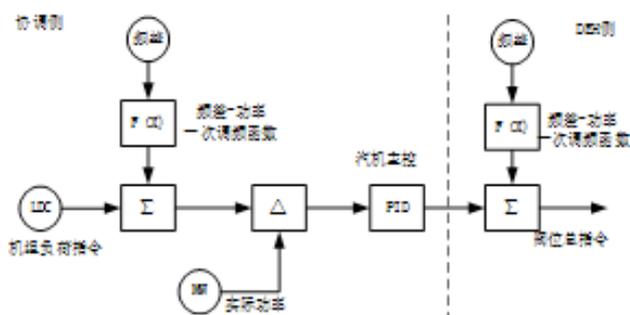


图1 CCS+DEH一次调频控制策略

2 一次调频解决措施及优化方案

针对以上问题,以华北电网一次调频考核规则为基础,在一次调频信号源、控制策略和汽轮机高压调门线性优化等方面提出针对性解决方案,特别是制定频率动态调整的一次调频控制先进策略。

调度策略优化:通过优化火电机组的负荷分配和启停策略,实现对电力系统频率的稳定控制。包括确定最佳的机组负荷参与调频的方式、机组的调度顺序等。

控制策略优化:针对火电机组的控制系统,优化调频过程中的控制策略,使机组能够快速、准确地响应频率变化,实现频率稳定。包括优化控制参数、改进控制算法等。

火电机组调频性能评估:通过模拟或实验,对优化后的调频策略进行性能评估,包括频率响应时间、频率偏差控制精度等指标的评估。

2.1 一次调频网源信号同源

发电机出口频率替代传统以汽轮机转速作为一次调频信号源,实现了独立采集机组功率信号作为一次调频被调量。

发电机出口频率与一次调频考核系统(PMU系统)为同一信号源,且信号精度达到0.001Hz,在保证信号同源的同时,提升了一次调频信号源的精度和反应速度,为一次调频调节提供准确的信号;另外独立采集机组功率信号可消除因DCS系统延迟、滤波等原因造成功率信号失真,为一次调频调节提供可靠的被调量。

2.2 汽轮机调门流量特性曲线优化

汽轮机高调阀流量特性曲线采用历史数据分析的办法,利用大数据挖掘技术和先进算法,分析机组整体流量特性曲线的线性度情况,找出流量拐点和非线性段对应的总阀位值,然后选取合适的分段点,线性调整该段特性曲线,实现对机组阀门流量特性曲线的辨识、计算及优化^[4],优化前后流量特性如图2、图3所示,最终使汽轮机设定的阀门流量特性曲线与机组阀门实际特性曲线相匹配,减少机组不正常的波动,提升机组负荷控制精度,从而达到提升一次调频性能的目的。

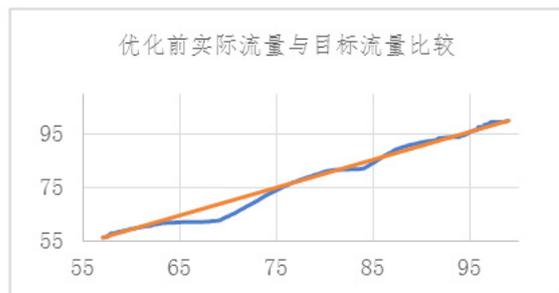


图2 优化前流量曲线图

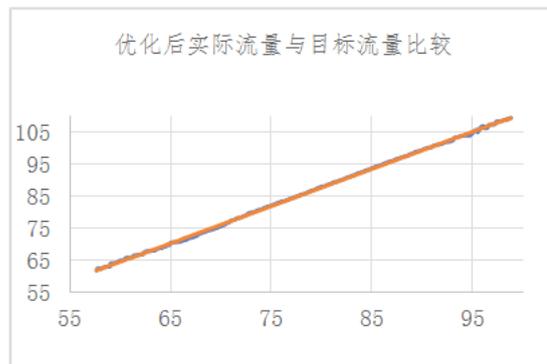


图3 优化后流量曲线图

2.3 一次调频控制策略优化

合适的一次调频控制策略不仅可使得机组满足一次调频

考核要求, 同时还可减少机组高调阀高频晃动, 主汽压、汽包水位等重要参数波动, 提升机组的安全性。基于以上原因对一次调频控制策略进行如下方面的优化:

1) 对影响一次调频性能的逻辑闭锁: 机组为保证主汽压力的稳定, 一般会在协调控制系统设置主汽压拉回回路, 但当一次调频动作时, 主汽压拉回回路会与一次调频形成反调, 故在一次调频动作时, 需闭锁主汽压拉回回路, 但为保证机组安全, 需设置主汽压拉回回路闭锁解除门槛, 即当主汽压波动较大时, 解除主汽压拉回回路闭锁, 为机组安全, 牺牲一次调频效果。

2) 机组AGC与一次调频反拉: 两者之间经常性出现反向调节, 为保证一次调频效果, 当AGC与一次调频反向时, 应闭锁汽机主控反向输出, 短暂牺牲AGC调节效果, 达到提升一次调频指标的目的。但同样需设置门槛值, 防止AGC频繁解除^[5]。

3) 采用频率动态调整的控制策略: 华北区域一次调频有效扰动的标准为: 频率超越死区且最高点达到 $(50\pm 0.04\text{Hz})$, 只有满足条件的频率波动才会进入一次调频考核系统。根据标准要求找出频率的变化规律, 进行大数据分析。当系统认为有可能进入考核系统的频率波动, 才会加大调频量, 最大幅度的拉升或下调负荷, 如系统认为其无法满足有效扰动条件, 则系统只会常规调节, 此种控制策略基础为频率信号的精度, 载体需满足大数据的计算能力。频率动态一次调频控制策略即可满足机组一次调频考核, 由不会引起机组大幅波动, 有利于机组安全。

2.4 加强一次调频负荷响应, 减少延迟

对DEH系统一次调频控制回路所涉及逻辑块进行合理、重新排序, 减少因运算次序造成一次调频负荷延迟, 同时在条件允许的情况下最大限度减少DEH系统的运算周期, 加快逻辑运算速度, 减少延迟提升DEH系统对负荷的响应。

2.5 应用效果

#5机组一次调频通过策略优化后, 机组在生产中, 单次一次调频的动作幅值和阀门的瞬间动作幅度得到有效控制, 降低了对阀门本体等设备的冲击破坏。通过图4可看出, 改造

后的单日动作次数明显降低, 单次动作幅值明显缩小, 改造效果明显, 机组误动作得到有效控制, 动作次数下降90%, 同时机组的一次调频合格率超过85%, 满足电网考核要求的同时, 也减少了考核费用, 在一定程度上延长了汽轮机调门的运行寿命。

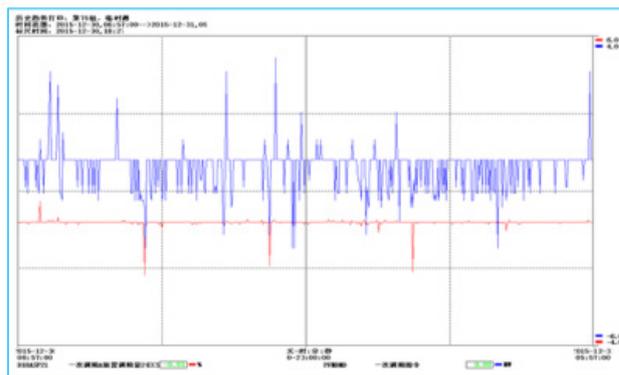


图4 一次调频优化改造前后动作次数数据对比

3 总结

根据华北区域一次调频考核规则, 从信号精度、高调流量特性优化、控制策略等方面进行优化, 提高一次调频动作准确率和响应幅值, 提升电网考核下机组一次调频调节性能, 减少机组一次调频考核, 满足电网的考核要求。

参考文献

- [1]刘春雨,王炳章.火力发电机组基于同源设计的一次调频优化策略[J].电工技术,2022(12):4-6.
- [2]道客巴巴.“两个细则”考核条件下火电机组关键控制技术研究与应用[EB/OL].(2018-07-13)[2018-07-13].http://www.doc88.com/p-4903871028619.html
- [3]韩立军,王爱.基于数据挖掘的一次调频综合性能提升[J].电工技术,2021(17):4-6.
- [4]李川斌,许俊永,朱志军,李成路.基于历史数据挖掘的调阀流量特性柔性优化[J].电工技术,2022(14):16-18.
- [5]刘静.超超临界机组一次调频控制策略优化及应用[J].山西焦煤科技,2020.