

基于网源协同的火电发电机组负荷快调及综合调频技术研究

郑肇会¹ 李成路² 于鹏程²

1. 国家能源泰安热电有限公司 山东 泰安 271002

2. 山东纳鑫电力科技有限公司 山东 济南 250101

摘要: 随着风光等新能源发电的快速发展以及特高压输电的占比越来越高,使得电网发生了巨大的变化。当新能源发电发生巨大波动时或特高压直流输电因故障中断时,电网的安全稳定运行主要还是依赖于火电机组进行调节。所以,每台火电机组必须拥有优秀的一次调频功能和AGC的调节性能。只有这样,才能填补新能源发电的大幅度波动和特高压直流输电故障造成的供电严重短缺,确保电网的安全稳定运行。

关键词: AGC; 综合调频; 新能源; 性能提升

中图分类号: TP29

引言

随着我国科技的持续发展,风力、太阳能等新型能源开始逐步进入我们的视野。然而,这些新型能源的发电效率具有高度的波动性和随机性,这已经变成了无可争议的事实。投入电网后对电网的调度有着较大的影响,如何减少新能源发电对电网安全运行带来的不确定性已成为最大的难题。当电网在运行中出现突发事件时,发电有功功率和负荷之间的平衡将被打破。随着电网规模的不断扩大,单台设备失效所导致的发电功率损耗日益增加,这类设备的失效将导致发电有功功率和负荷出现较大的偏差。此时电网的安全稳定运行就依赖于火电机组的调峰调频的能力。

电网频率控制的主要方式之一就是—次调频和AGC自动发电控制,通过技术方式提高火力发电机组的一次调频和AGC性能,不仅可以为火力发电机组在“两个细则”考核中赚取更大的收益,还可以对电网的安全运行提供有利保障。但很多电厂由于设备老化、参数设置不合理等原因—次调频和AGC性能不佳,不能满足电网要求的调频能力。此时确保发电机组在各种运行工况下调频能力都能够满足电网的要求,实现并网机组负荷调节速率的灵活快速调整,提升机组对电网故障的应急贡献能力十分重要。

1 AGC 性能不好的原因

随着新能源发电技术的飞速进步,火电机组所面临的生存环境受到了严重限制。然而,由于新能源发电在天气和空间方面的特性,它呈现出一种随机且不确定的特征^[1],这对电网的安全运行构成了巨大挑战。这时作为调峰、调频力量的火电机组提出了更高的技术要求,为了应对突发事情的发展,要求火电机组必须具备快速

调节的能力。但由于煤质、机组负荷参数设置不妥当、设备的老化等因素导致AGC的调节性能普遍存在着下降的问题。常见的主要问题有:

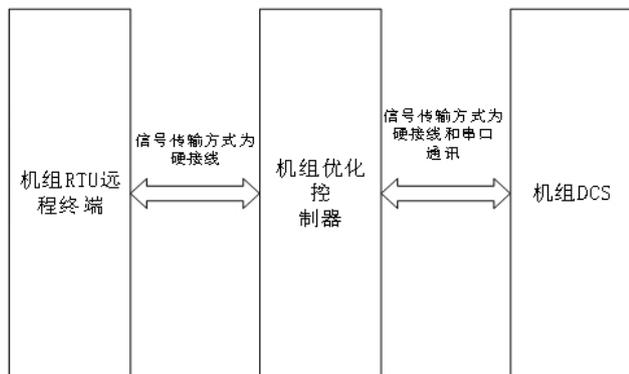
1.1 机组的负荷升速率普遍低于电网要求的标准速率,同时有的机组汽机主控负荷调节PID比列参数设置不合适,使得负荷调节量不够,这样就使得机组的AGC的K1值达不到电网要求的数值。

1.2 机组在现实生产过程中由于高调门(GV)在设备安装偏差、通流改造、DEH改造、运行老化以及检修解体等原因,DEH设定的阀门流量特性曲线会偏离实际流量特性,使得调阀实际流量特性与配汽过程中参数设置不一致,导致机组出现调节失稳(如:调门摆动、功率波动、瓦温升高、振动异常等问题),配汽方式切换时负荷波动大、自动发电控制(AGC)和—次调频等调节性能下降、机组协调响应能力不足等问题。从而导致AGC的K2值普遍较低,不能达到电网规定要求,从而导致AGC的性能满足不了电网的要求。

2 机组负荷快调及综合调频改造方案

2.1 网源互动信号及逻辑设计

综合快速调频装置敷设控制信号电缆分别至机组RTU远动控制柜、机组DCS协调控制站机组和—次调频同源机柜,同时还敷设双绞线至机组RTU远动控制柜和机组工程师站分别进行Modbus485协议数据通信。在各单元机组RTU分屏控制柜内利用原有的卡件备用通道,另增加一块AO卡件,用于调度指令的下发O模式指令、R模式指令、E模式指令、解除—次调频闭锁指令和调整—次调频不等率指令的下发。



根据《华北区域发电厂并网运行管理实施细则（试行）》、《华北区域并网发电厂辅助服务管理实施细则（试行）》，并网机组AGC的考核指标为Kp，计算公式为： $K_p=K_1*K_2*K_3$ ，其中K1为调节速率、K2为调节精度、K3为响应速率。Kp值越高，AGC性能越好。但很多电厂由于高调门在设备安装偏差、通流改造、DEH改造等原因造成汽轮机阀门流量特性曲线会与实际运行流量曲线造成偏离，这样就会使AGC的性能降低，从而造成K2精度不合格。

2.2 自动发电控制系统（AGC）主要由三部分组成：①电网调度中心的能量管理系统（EMS）②电厂端的远方终端单元（RTU）③DCS系统中的协调控制系统（CCS）。RTU与DCS之间采用硬接线进行信号的传输。整个发电系统实时监视着电网频率的波动情况，并实时调整发电的出力^[2]，使发电总量始终维持在一个平衡的状态。NCS将经变送器采集的发电机有功功率信号以4-20mA电流信号送至CCS系统作为机组实际负荷的判断依据，此外，为了保持电网频率的稳定，发电机组还需要按照调度中心EMS系统AGC软件发出的指令进行调整。因为上传省调输入给机组CCS的有功功率不是来自相同的数据源，因此将因调整偏差，造成AGC性能不佳。

2.3 常规解决方案

2.3.1 优化主蒸汽压力信号，使主蒸汽压力尽可能的减少波动，这主要需要优化锅炉系统和一些子系统，来提高系统的稳定性，从而提高AGC的性能。

2.3.2 优化目标负荷设定值，在机组各主要参数波动允许的范围内尽量放宽负荷速率限定值，使AGC控制回路快速的响应，以此来提高AGC的性能指标。

2.3.3 对AGC控制回路进行了改进，以提高其反应速率。传统的AGC控制回路需经历一系列复杂的逻辑运算过程，这会耗费一定的时间。由于扫描周期的延长，信号计算所需的时间也会相应增加，而后产生的AGC命令则由汽轮机主控执行，导致了发电机的AGC响应延迟过

久，从而面临调度评估的风险。优化AGC指令通过微分作用处理，来优化AGC性能^[3]。

但以上三种AGC研究方法都没有涉及到AGC信号同源的问题的研究。

2.4 AGC信号的自动校正

目前各电厂设计中，DCS系统机组有功数据按照技术监督规范要求，一般通过三个变送器采集三路数据，然后采用三取中策略使用。故所有发电企业的DCS系统发电机组有功数据的采集都是如图所示，采用三个有功变送器1、2、3完成数据的采集。这种方式，可靠性是保证了，但是因为有功变送器存在0.2级的校验偏差，尤其是正负偏差，将会严重影响有功功率的精度，从而影响K2指标。RTU上行的有功数据采用独立的变送器，导致这四个数据并不一致，严重影响涉网自动调节的精度。

省调AGC指令在远动RTU柜与DCS系统间是使用4~20mA信号进行传输的，其存在传输误差，影响了负荷指令的精度；DCS实发功率反馈与RTU柜至省调功率反馈与上述信号独立，二者的误差不能完全消除，又影响了送省调实发功率的精度；电网调度统计的实际变负荷速率与机组侧数据存在负偏差。

很多电厂采用定期对调度侧、本地RTU侧、DCS侧三方的AGC指令和功率进行数据核对，减少测量引起的误差考核，由于采用的是分段函数的方法进行修正，且依据的是某一时刻的模拟量比对结果，这种方法存在着一定的局限性：

(1) AGC指令的精度只是被控制在一定区间内，不够精确；

(2) 远动系统与DCS间模拟量的误差不可能稳定不变，修正量可能会不准，AGC指令、DCS侧功率反馈、远动侧功率反馈任一路的误差发生变化时，均对调节精度造成影响；

DCS接收每个AGC指令应为固定数值，但实际AGC曲线上有毛刺（小波动），对机炉主控造成了扰动。

综合调频系统内置AGC信号自动校正系统，装置与RTU、DCS系统、一次调频同源装置等各系统采用多规范通讯，通讯协议支持常用工业协议（ModBus485、IEC101、IEC102、IEC103、IEC104、OPC、BACnet、FTP）通讯规约要求，完成数据实时收集、数据分析、数据计算和数据备份；同时具有AO、AI、DO、DI等控制模块，实现与RTU、DCS、一次调频同源装置等调频系统硬接线对接能力。

从机组RTU处提取机组AGC指令和机组负荷，同时从DCS处提取机组负荷和机组AGC指令，对其进行分析。利

用数据挖掘技术,构建了机组负荷、RTU功率、AGC指令的三者之间的数学模型,成功地识别出AGC曲线的特征,并解决了非曲线性问题,实现了对AGC信号的一致精确调控。它还具备AGC迅速调节能力的判断、AGC信号修正及一次调频动态补偿调整的功能,从而能够确保网络与电源信息的高效互动,进而达到信号一致性的目标。

3 基于数源一致的综合调频系统的研究

3.1 通过不同方式与RTU、DCS、一次调频同源装置等调频相关系统进行互联,快速整编来自不同控制系统的多源异构数据后进行数据清洗融合、分析研判,建立一个提升网源协调能力、加快网源联动的火电机组综合快速调频系统数据平台,采用大数据分析和挖掘技术,实时动态分析历史同期发电厂实际出力与调度下发值之间的差值,利用Kalman滤波算法、遗传算法和粒子群等算法对AGC功率偏差进行校正,采集机组AGC历史数据,进行预处理得到样本数据,计算输出校正值,对AGC信号进行修正。

3.2 数据的收集与储存

综合调频装置通过ModBus通讯协议采集DCS处火电机组不同运行工况下的机组AGC指令信号和火电机组实时的功率反馈信号,然后通过双绞线传输到综合调频装置,实现对DCS数据的采集。同时综合调频装置通过另一路ModBus通讯与RTU通讯程序进行数据的传输,实时采集从调度下发的AGC指令信号和功率反馈信号,实现对网源端信号的采集。然而,由于电厂的大型数据集,其数量呈指数级增加,并且包含多种类型的数据,所以构建全面的调节频率体系必须解决好数据收集、储存与处理的问题。而流式数据分析技术能够即刻对新到来的数据进行解析,它具备大量、连续输入及快速流动的特点,一旦有新的数据出现就会立即得到处理并将所需的结果反馈出来,这非常适合那些对于响应时间有着高要求的应用场景。

为了保证数据的安全性和可靠性^[4],需要对多个来源的数据进行安全、可靠的存储。传统的数据存储方式采用写模式,只对预先设定好的格式进行存储,超出格式要求的就会被丢弃,从而不能完整地保存所收集到的所有数据。而数据池存储技术采用的是读模式,在对数据进行存储的时候,将原始获取到的数据全部保留在存储系统中,只有在需要分析的时候,才会从数据池中提取。该系统使用了数据池化存储的方式,使数据无损失地进行了大容量的存储,可以满足将来对数据的分析需求,并具有横向扩充的能力。

3.3 数据分析处理

对于采集完的数据在综合调频装置内进行大数据的分析处理,根据配置文件中定义的规则截取位置字段,并对解析出来的数据进行工程量的转换,综合数据算法对数

据进行建模,分析处理,处理好的数据写入数据库中。然而,由于电厂机组设备众多,参数繁杂,信息过剩,数据种类丰富,并且存在大量的高频噪音和缺失的数据,这些都可能对数据品质受到损害。此外,生产过程中的数据往往是实时的,因此必须从实时数据流中去除异常值以确保模型数据的精确度。另一方面,机组运行的运行参数通常非常复杂且高度多元化,它们具有相关性、非线性、时变性等特征,这使得可以利用特殊格式的清理工具来处理各种不同的配置格式,特别是在面对非结构化数据时,有必要为每一种字段设定其意义、位置和一致的分隔符,并清除那些无法完全读取的信息,从而确保所有输入到系统内的数据都是标准化的,以便于储存。

3.4 数据计算

将从RTU镜像采集来的AGC指令信号、负荷反馈信号与从DCS采集的AGC指令信号、负荷反馈信号进行对比分析,同时将分析结果通过AO模块送至DCS中对AGC指令和功率反馈信号进行修正处理

3.5 数据备份

综合调频控制系统对从远动装置和分散控制系统采集来的数据根据大数据模型进行校正、筛选、计算并自动生成计算结果,同时对采集来的机组不同工况下的数据和解析结果进行储存,以便日后进行修正处理与分析。

4 结语

负荷快调及综合调频技术以提高火力发电机组一次调频控制品质为目标,针对“两个细则”政策的变化研究如何在确保机组稳定运行的前提下,进一步提高一二次调频的性能,对提高集团公司亚临界和超临界机组运行的安全性和稳定性,具有重要现实价值,对其他等级机组的运行也具有重要的借鉴意义。

综合调频平台的搭建,可以有效的实现火电机组在电网出现重大负荷缺口的时候AGC快速调负荷的能力,保障电网的安全运行。使得火力发电机组能够实现AGC信号的动态修正、一次调频动态补偿以及快速调频功能,从而消除机组AGC信号与调度EMS信号之间的误差,达到机组的快速调整效果。

参考文献

- [1]周永灿,不同调度模式下AGC机组调配策略的研究,东南大学,2010.
- [2]王焰,北京.AGC机组调节性能与补偿算法的研究,华北电力大学,2010.
- [3]李露,北京.火电机组快速变负荷控制方法研究,华北电力大学,2016.
- [4]潘永伟,AGC过程控制及分析,华北电力调度局,2017.