

发电机组一次调频功能的探讨

肖连奎

中电建甘肃能源投资有限公司 甘肃平凉 744100

摘要: 本文主要简单介绍了电网调频概念和作用,对一次调频技术参数进行了分析,探讨了一次调频控制策略,并针对其中的常见问题及处理措施进行研究,旨在加深对发电机组一次调频功能的了解,满足电网的频率质量要求,加强对调频功能的安全把控,充分发挥现代科学技术,适应新时期需求,从而提高发电机组的运行效率,优化调频参数设置,保障电网的稳定性,推动电网的可持续发展。

关键词: 发电机组; 一次调频功能; 参数设置; 电网

Discussion on primary frequency regulation function of generator set

Liankui Xiao

China Power Construction Gansu Energy Investment Co., Ltd. Gansu Pingliang 744100

Abstract: This paper provides a brief introduction to the concept and function of frequency regulation in the power grid. The paper analyzes the parameters of primary frequency control, discusses primary frequency control strategies, and explores common problems and solutions. The goal is to deepen understanding of the primary frequency control function of power generation units, meet frequency quality requirements of the power grid, strengthen safety control of frequency control, fully leverage modern science and technology, adapt to new era needs, improve the operating efficiency of power generation units, optimize frequency control parameter settings, ensure power grid stability, and promote sustainable development of the power grid.

Keywords: Generating set; Primary frequency modulation function; Parameter setting; Power grid

近年来,随着我国社会经济的高速发展,电网事业也随之蓬勃发展,取得了不错的成绩,受到人们的广泛关注,必须予以高度重视,不容忽视^[1]。由于当前电网容量不断地扩大,人们对供电质量要求越来越高,这就需要进一步提升电网的频率质量,使之满足于市场需求^[2]。发电机组是电网中的重要组成部分,其一次调频功能的应用,有利于充分改善电网质量,提高电网运行的安全性和稳定性。在新时期下,可基于计算机技术来有效控制一次调频功能,不断地完善发电机组的协调控制工作,以保障发电机组的正常运行,提高一次调频功能效用。

一、电网调频概念及作用

(一) 基本概念

电网调频以偏离五十赫兹的方向、数值为依据来进行调节,可有效控制自动发电系统,对供电功率进行有效的调节,使之适应负荷侧用供电率的变化。电网调频主要包含三方面内容:一是自然调频。指的是电网动态调频特性,无需使用任何手段,就能够利用电网中惯量的蓄能来调节电网频率^[3];二是二次调频技术。指的是各个机组并网运行,使用调节系统来控制电网频率

变化,利用了机组调速系统的静态特性;三是二次调频技术。指的是通过同步器来对部分机组的负荷进行增速处理或是减速处理,恢复原来的电网频率。

(二) 具体作用

电网调频有利于维持电网中能量的平衡性,可通过调频功能来进行蓄能,供应热力系统,合理分配电负荷,维持发电、用电之间的能量平衡。尤其是在当前电网容量日益递增,对电网频率的要求越来越高,需通过有效的调频作用来维持电网频率的稳定性,改善汽轮机调节系统性能^[4]。

二、一次调频技术参数分析

(一) 基本要求

在进行电网频率调节的时候,需要结合应用一次调频技术和二次调频技术。发电机组的一次调频功能应当和电网运行水平相当,机组并网之后,一次调频技术能够起到调速作用^[5]。如若未投入使用一次调频功能,那么可能会影响整个电网的调频情况,不利于电网运行的稳定性和安全性。一旦出现电网故障时,很容易引发汽轮机超速等事故。

(二) 频率标准

不同省份的电力系统在调度规程上都有着明确的规定, 比如说标准频率设计为五十赫兹, 偏差要控制在正负 0.2 赫兹之间, 超出这个范围则属于事故频率。一旦出现事故频率, 其持续时间不可超过十五分钟至半小时范围。

(三) 转速不等率

转速不等率指的是汽轮发电机在空负荷状态下运行时所对应的最大转速, 以及在额定负荷下运行时所对应的最小转速之差。电网频率在发生变化之后, 会引起负荷变化, 这一变化和发电机组调节系统转速不等率成反比, 也就是说如果外界负荷发生变化的时候, 转速不等率越小, 那么机组负荷变化量就越大^[6]。一般情况下, 基本负荷下的发电机组, 可将转速不等率设置的较大一些, 取百分之四至百分之六之间的数值即刻。若是带尖峰负荷的调频机组, 则可以选择偏小的转速不等率, 于百分之三至百分之四之间取值。在电网容量越来越大的当下, 利用发电机组一次调频功能的时候, 尽量避免选择较大的转速不等率, 容易致使汽轮发电机偏离额定转速, 难以保证发电机的安全运行。

(四) 调频死区

调频死区通常设置与电调系统中, 其作用在于当电网频率变化较小的时候, 保证发电机组的安全运行。一次调频死区指的是无法灵敏感知转速的区域, 强调的是靠近额定转速区域。设置调频死去的作用在于尽量减少测量误差, 以免因为转速测量系统精度不达标, 而引发调节系统的波动, 或是导致发电机组负荷出现波动。通常来说, 可将转速死去设置在每分钟正负两转区间内, 其对应的频率死区应当在正负 33.33 兆赫兹之间^[7]。如若在发电机组实际运行过程中, 转速偏差超过了规定的频率死去范围, 那么就需要应用一次调频功能, 确定转速不等率, 结合实际情况来进行处理。若转速不等率偏大, 发电机组在快速甩负荷的时候将会面临较大风险; 如若转速不等率偏小, 则会限制转速偏差的调节作用。

三、一次调频控制策略

(一) DEH 系统

DEH 系统指的是数字电液控制系统, 液压调速系统的油动机是该系统的执行结构, 具有较快的响应速度, 输出推力较大, 这一优势无法被其他执行机构所取代。在发电机组一次调频过程中采用 DEH 调频控制策略, 有三种不同的使用方案^[8]。第一种方案是将一次调频作为功率指令的校正信号, 引入至 PID 设定值端, 利用 PID 来控制发电机组的运行, 对汽轮机进行调节, 确保发电机组的实际负荷, 与校正后的功率指令相符合。该方案的优势在于从理论上来说, 无论处于何种工矿, 一定频率偏差理论上, 幅度、速率的负荷变化相同, 方便二次调频功能的应用。不足指出则在于定植校正信号只作用于系统功率投入情况。汽轮机调门的控制方式一旦切换, 就会停止 DEH 侧功率回路的运行, 调节器的参

数会影响调频功能的响应时间。

第二种方案是在对功率调节器输出指令进行校正之后, 将信号输出至阀门管理程序中, 使机组调门开度指令和一次调频校正后指令输出相等。该方案的优势在于解除功率回路的情况下, 仍然能够正常使用一次调频功能, 即使汽轮机调门控制方式进行了切换, DEH 侧的一次调频功能依旧可发挥其作用, 而且不需要经过调节器, 反应速度比第一种方案要快, 几乎无延迟, 但不足之处在于不同情况下的机组运行, 频率偏差所产生的幅度、速率有所变化, 给二次调频功能增加了一定的难度。

第三种方案是将第一种和第二种方案的优点相结合, 采用第一种方案中的功率回路投入设计, 功率回路解除时则使用第二种方案, 这有利于在不同运行方式下进行一次调频工作。

(二) CCS 系统

CCS 系统是协调控制, 指的是利用控制回路来协调汽轮机的工作情况, 并向汽轮机自动控制系统发出指令, 使之快速响应负荷变化, 充分发挥机组调频功能, 保证运行次参数的稳定性。当 CCS 系统处于自动状态的时候, 可以投入一次调频, 所发出的调频负荷指令, 会经过限速率, 之后叠加 AGC 给定、操作源给定的机组目标负荷, 之后再由通过高限幅、低限幅, 来为机组负荷定植, 并将其输送至汽轮机主控制器、锅炉主控制器中, 并输出指令来对汽轮机负荷进行有效控制。CCS 系统一次调频的优势在于能够精准把控负荷, 但并不能快速响应调频负荷。常见的应用方案有两种: 第一种是经速率限制后, 频率校正信号的功率指令作为设定值, 输送至 PID 调节器的 SP 端。优势在于机组运行的任何状态下, 频率偏差理论基础上, 负荷变化相同, 便于二次调频功能的使用, 但不足在于只有在 CCS 系统 POD 回路投入状态下, 才能发挥一次调频功能, 具有一定的局限性。如若没有投入功率回路, 那么便不可进行一次调频, 而且响应时间受调节器参数限制。

第二种是在功率指令上直接加上频率校正信号, 然后再经速率限制, 作为设定值传输至 PID 调节器的 SP 端。如若发电机组稳定运行, CCS 指令并未发生变化, 那么可以在规定的速率限制范围内使用一次调频功能, 但如若发电机组处于负荷阶段, 则难以使用一次调频功能。

(三) DEH+CCS 系统

DEH+CCS 系统, 指的是在发电机组中的 DEH 系统、CCS 系统中分别设计一次调频功能, 两个系统的一次调频功能相互独立。DEH 侧的一次调频, 是 CCS 功率调节的前馈, 能够快速响应负荷变化差异, 对汽动调门进行有效控制, 回路校准功率由 CCS 功率控制, 采用的是闭环控制法。其优势在于 CCS 仁济接口友好, 能够保证发电机组的安全运行, 而且可满足电网的调度需求, 只是整个一次调频系统稍显复杂。

四、常见问题及处理措施

(一) 调频能力不足

在发电机组一次调频功能应用过程中, 存在着一次调频能力不足的情况, 采用的是开环控制方式, 利用一次调频回路产生的一次调频负荷, 来进行分量调整, 并通过分析汽轮发电机配汽特性曲线、调门特性曲线, 来对高压调门进行控制。通常情况下, 频率偏差和负荷变化有着一定的相关性。当汽轮发电机的额定负荷是一千兆瓦, 转速不等率为百分之四, 转速死区在每分钟正负两转区间内时, 每分钟一百二十转的转速偏差, 对应的应当是一千兆瓦的理论负荷变化量。要注意的是这一理论成立的条件是位于额定参数状态下运行汽轮发电机。处理好汽轮发电机配汽特性、负荷指令之间的线性关系, 有利于保证能量充足。

(二) 蒸汽压力变化较大

主蒸汽压力变化幅度较大是发电机组一次调频功能应用中常见问题之一, 一旦进行一次调频, 便容易引发主蒸汽压力的大幅度参数波动, 同时汽包水位的参数变化也较大, 这在一定程度上限制了一次调频功能的应用。在试验过程中, 部分发电机组的高压调门开度和主蒸汽压力之间呈现反比例, 也就是说当高压调门开度减小的时候, 主蒸汽压力会随之升高, 并且变化幅度较大, 呈现出快速上升状态。机组自身的固有特性对这一现象有着较大的影响, 而且对一次调频功能操作有较高的要求, 需要其快速响应, 如若仅仅是利用汽轮机发电机侧来控制, 很难取得较好的处理效果。就目前而言, 可以在单元机组协调控制系统侧, 增设一次调频配合回路, 有利于保障发电机组的平衡性, 使之安全运行。

(三) 发电机轴向转移

在发电机组一次调频功能应用中, 发电机轴向转移能够清楚感知到轴向推力的实际变化。在试验过程中, 发出频率偏差信号的一瞬间, 高压调门开度便会随之增

大, 同时增加汽轮发电机高压缸的进汽量, 这在一定程度上会增大调阀端的轴向推力, 失去原来的平衡性。汽轮发电机中, 在应用一次调频功能后, 低压缸的存在具有滞后性, 新工况下的汽轮发电机还未建立平衡的轴向推力, 这就会导致轴向推力在实施一次调频之后出现较大的变动, 需要寻咋后新的平衡, 恢复原始状态。

五、结束语

总而言之, 应但重视对发电机组一次调频功能应用的研究, 需了解其基本概念和标准, 科学规划其中的各项参数, 根据发电机组运行的实际情况和问题, 实施有效的方案来进行相应的调整, 从而维护发电机组运行的稳定性。

参考文献:

- [1] 杨涛. 燃气发电机组一次调频动作的暂态分析及优化策略 [J]. 江苏科技信息, 2021, 38(6): 66-69.
- [2] 邱冬, 黄金梅. LM 系列航改型燃气轮机发电机组一次调频功能探讨 [J]. 内燃机与配件, 2021(14): 53-54.
- [3] 杨凌霄, 刘怡秋. 风力发电机组涉网性能及一次调频控制方法 [J]. 百科论坛电子杂志, 2021(22): 2464.
- [4] 杨璋, 蒋彦龙. 某型核电汽轮发电机组一次调频功能试验 [J]. 热力发电, 2020, 49(1): 109-114.
- [5] 孙钢虎, 王小辉, 陈远志, 等. 储能联合发电机组调频经济效益分析 [J]. 电源学报, 2020, 18(4): 151-156.
- [6] 陈斌. 发电机组满足一次调频要求的控制优化分析 [J]. 石油化工技术与经济, 2020, 36(3): 50-53.
- [7] 胡程斌, 陈海文, 黄月丽, 等. 基于二拖一燃气蒸汽联合循环发电机组一次调频系统的分析及改进 [J]. 自动化博览, 2020, 37(12): 78-81.
- [8] 吴坡, 张江南, 贺勇, 等. 发电机组一次调频性能优化及应用 [J]. 浙江电力, 2019, 38(6): 64-71.