

提高火电机组一次调频响应速度

曹磊

(山西鲁晋王曲发电有限责任公司 山西 长治 047500)

摘要:随着我国经济的持续发展,火电机组容量的不断增长,电网的动态稳定性也在逐步改善。随着电网的发展,火电机组的运行安全、运行速度得到了极大的改善。一次调频直接关系到供电质量和电网的运行安全性。一次调频系统可以对调频装置负荷的增加或减少进行一定的控制,以使装置在特定的频率下工作。从一次调频的定位和承担任务的角度出发,提出了一次调频的快速响应要求。针对发电机组调频的基本原理及功能,对调频要求进行了分析,并给出了一种改善调频响应的控制方案。通过对一次调频整改的实际使用,证明了这种方法可以有效地改善一次调频的响应速度,为其它同类设备一次调频技术的完善提供了有益的借鉴。

关键词:火电机组;一次调频;响应速度

【中图分类号】:TM621;TM712 【文献标识码】:A

【DOI】10.12293/j.issn.1671-2226.2022.18.059

引言

电网频率是衡量电力品质的重要指标。电网频率是电力系统有功和负荷的均衡关系,是电力系统运行的一个重要指标。控制电网的频率,保证电网的正常工作。电力系统的频率控制分为一次调频、二次调频、三次调频。其中,一次调频的作用是对频繁变动的负荷(峰值)进行小幅度的调节,并在断电时迅速调节发电机的功率,以抑制电力的进一步恶化。电力网的频段从一次调频中所能解决的问题可以看出,一次调频对响应速度的要求较高。目前,国内外电力系统的调频模型、调频工作方法以及提高调频控制品质等问题,已引起国内外学者和科研人员的广泛关注。在此基础上,对一次调频的响应进行了系统的研究。文章从电网的调频机理出发,根据电网一次调频改造的实践,给出了一次调频响应速度的控制方案。实践证明,采用上述方法可以显著地改善一次调频响应速度。

一、电力系统的动态过程

电力系统能否正常运转,关系到发电和用电之间的关系。一般情况下,由控制单位按历史用电量、新增设备容量、已有电量,编制每日用电量曲线,并按用电量曲线进行调节。但是,由于用户使用的随机因素或装置的暂时性故障,造成了计划负载和实际负载的偏离,因此,电力装置需要采取短期的储备来克服这种偏差。如果没有频率控制,最后的系统频率是 $1/Ka$ 倍最大负荷失衡 ΔP 。通常,当功率降低 10% 时,系统的频率会降低 3~5 赫兹。在电力系统中,由于其工作频率过低,不能保障电力系统的正常工作和安全。电网的运行频率波动应控制在 ± 0.2 赫兹以下。

二、电网频率的控制

一次调频控制是由一次调频控制系统(装置)来完成的,

它的变化直接影响到电网的频率偏移。一次频率调节是一种比例调节。在基频调速后,剩余频率将产生静态偏移。二次调频常用的是比例积分法,以消除静态频率偏差。若无频率控制,则机组发生故障而停止运行,则系统频率会如图 1 所示曲线 1 所示,直至负荷量的减小量与机组关机后所降低的发电量相等。在调频功能下,功率最大偏离值减小至 Δf_{dyn} 。在一次调频动作后,二次调频继续工作,使电力网的频率回到可以接受的范围内,见图 1 中的曲线 2。

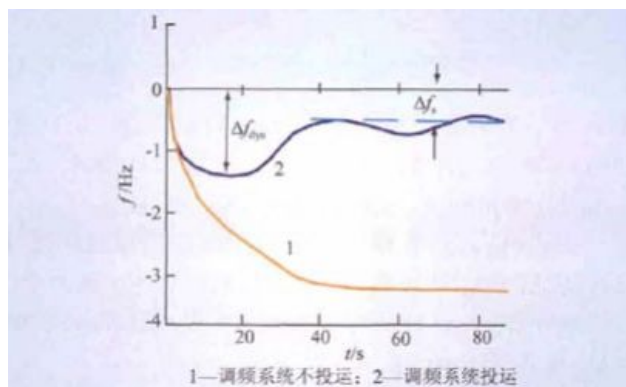


图 1 机组跳闸后电网频率响应曲线

频率控制按照其实施次序可划分为三个层次,分别是:一次调频、二次调频、三级调频。在频率差异大于一次调频死区后 0~3 秒,出现一次调频最大峰值,10~45 秒。在一次频率工作 30 秒后,连续工作的地区逐步向二次调速(AGC、自动发电、自动发电)转变,AGC 的总工作时间为 15 分钟。在这段时间内,可以通过人工或自动地将其延伸到备用设备调整的三频率,实现对电网的经济性和最优的控制^[1]。在后一级调频控制实施后,上一级调频系统可以恢复,从而保证下一次频率变化后的系统能够保持正常的频率调频。

三、提高一次调频响应速度控制策略

一次调频是由所连接装置的调速系统输出而完成的。在系统频率偏差超出了频率动作死区后,为了降低因发电机停机、电力线路故障而引起的系统频率降低,从而使主频率控制的响应延迟。本装置的调频系统应尽量缩短,并尽量缩短其频率响应的转换时间。自 2019 年起,通过一次调频综合整改,实现了电网设备一次调频的全面整改,提高了地区电网一次调频的质量。针对全省一次调频纠错的实际情况,给出了一次调频的相应速度控制方案。

(一)提高一次调频指令的综合响应速度

在一次调频起作用后,该设备的频率变化是一种随机干扰。在控制系统稳定余量不足的情况下,一次调频的影响除干扰设备的负荷以外,还会对涡轮阀、EH 控制系统(反燃油)、油管调节、锅炉燃烧系统等产生影响。有的电厂在进行变频调速整改之前,会在变频器的运算电路和操作过程中加入一定的控制措施,以限制主变频器的频率和主变频器的振幅。最大限度地降低了回路的干扰,FM 对设备的影响。采用上述方法,可有效地减少调频后装置自身的干扰。但是 FM 的反应能力下降了。图 2 是调整前机组一次频率调节指令的计算时间,在此,虚框中的模块是以 ECR/分钟(标称电力负荷)的初始设置速度为 10%,这是跳闸装置的网络稳定性的关键。在大的干扰需求如线路关闭时,其速度非常慢。为改善一次调频的性能,对一次调频指令的变化率要求很高,最好是采用 DEH (Digital Multiplexing Control System) 和 CCS (Controller Control System),以使得 ECR 超过 50%/min,或移除限速组件[2]。此外,对于过滤、异常上报等 FM 命令的周期信号,应尽量缩短过滤时间,并尽量减少异常上报的死区。

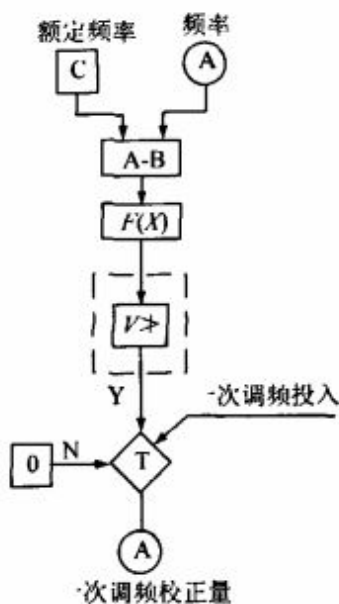


图 2 含速率限制的一次调频指令计算回路

(二)汽机、锅炉一次调频指令作用分离

在不同的工况下,汽轮机、锅炉的单元载荷响应特征存在较大差异。为了使锅炉对负荷的反应速度和涡轮对负荷的快速反应,采用 DCS 设备制造商对机组负荷控制器的负荷命令执行惯性或跟随过程。比如西门子 DCS 系统,通过三阶惯性处理的负荷指令被送至负荷控制器,使得一次调频命令在加载控制槽上叠加在负荷控制槽上。在加载指令时,会增大一次调频的响应时间,而一次调频则会减慢。比较了主调频指令分解前后的 CCS 负荷控制原理,多数 DCS 厂商都是将主调频命令强制在限速负荷设置点上,然后输出含有调频主命令负荷的负荷设置。在此基础上,通过 PID 操作,将所需的数据输入到块负载控制电路中[3]。在此周期中,调频指令在负荷控制周期中被动地接受延迟过程。在负载设置中,基频调制命令没有包括在负荷设置中的基本频率调制命令,以改变无源延迟。基频调制命令是通过延迟、惯性等独立的格式来实现的。执行 PID 操作,提高了一次调频的响应速度,而不会影响到机组在提升负荷时的匹配控制系统设定品质。此外,把一次调频命令分开后的负荷设置值给其它线路,使其它线路免于一次调频,从而使其它系统的稳定性得到改善。

(三)提高一次调频动作初速率

在转速偏差小的情况下,一次频率的输出数值很低,很难控制涡轮机的运动,或者涡轮机的运动过小,这个单位不能显示一次频率的调节效果。为了突出基频调制的作用,并能有效地克服发动机的“死区”,可以在原有的基频调制指令的基础上,采用前置/延迟(LD/LG)方式来改善初始速度的一次调频。前置/延迟模组有超前、迟滞的作用。在延迟时间大于延迟的情况下,输出的变化速度要快于输入。在延迟时间小于延迟的情况下,输出的变化速度低于输入。如果当前设置时间与延迟时间相等,则该输入的数值与该输出的数值相等。在此应用中,当测试完成后,将前置时间设定为 5 秒,延迟时间设定为 2 秒。

(四)采用 DEH、CCS 联合一次调频

在火电机组中,DEH 和 CCS 都设置了一次调频逻辑和一次调频开关,根据两边一次调频调试开关的切换状态,可以将一次调频调试分成以下 5 种措施。第一,同时投入 DEH、CCS。第二,只有 CCS。第三,手动的 CCS 以及单独投入的 DEH。第四,自动的 CCS 以及单独投入的 DEH。第五,DEH 和 CCS 都不使

用。在以上的措施中,DEH 和 CCS 都不使用这一种是不允许使用的,在此不会被考虑。如图 3 所示,第 1 种一次调频的响应速度最快,而实际调频量与一次调频命令之间的偏差最小。与第一种模式相比,第二种的实际调频与设置值相等,但是初始响应速度以及中间过度的过程比第一种低。第三种在一次调频动作后,由于燃料未随着一次调频的命令而改变,使原频率的调制值在锅炉用光后,最后降低至 0。第四种中由于坐标系内的负荷命令未发生变化,DEH 一侧的一次调频操作被认为是扰动,其实际调频量为 0。结果表明,CCS 与 DEH 的基本频率调制最好能同时投入使用,以提高系统的响应速度。在一次调频整改之前,各机组 DEH 侧和 CCS 侧一次调频控制输入存在互斥关系,在 DEH 一次调频投入之后,CCS 不能投入。在一次调频整改时,部分器件的逻辑结构发生了变化,使得 DEH 与 CCS 均具备一次调频的完整、独立投运的功能,从而改善了一次调频的响应性能。

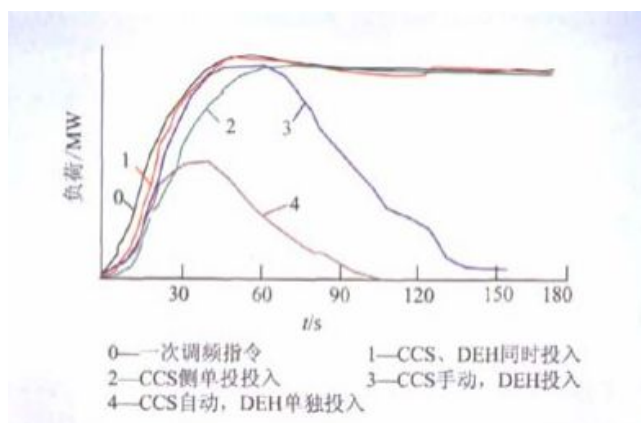


图 3 不同方式的一次调频响应曲线

(五)一次调频功能全程投入

在机械液压调速系统时代,一次调频是其自身的固有特点,无法通过人工调节或任意调节转速。在 DEH 时代,一次调频的基本功能和一次调频的特点使其具有选择性:一次调频能否工作取决于一次调频的开关是否在工作状态下,调节开关被设置,根据主调频率的特点,可以任意设定非等速转速。一次调频之前,一些机组在一次调频的运行中比较混乱:一些机组一次调频只投入 DEH,一些机组一次调频只投入 CCS,有的机组只允许进入一次调频在超过 70%的负载和频率调整一

次。尽管开关是开启的,但是真正的调频指令几乎不会改变,因此会造成一次调频假设。统一一次调频特性与一次调频投入时间后,各类型一次调频的转速不等率应不高于 5%,DEH 侧的主调频会自动开始,而 CCS 侧的主调频则会在上电后自动开始。

结语

电力系统是否能够保质保量、安全稳定地运行,关系到国家和人民群众的利益,确保电网安全稳定运行是电力公司的职责和义务。一次调频功能的实现能够更好地保证电网的安全和供电质量,而要实现这一目标,就必须要有了一定的技术和物质基础。从变频调速的基本原理及功能出发,对变频调速的必要性进行了分析,并对其进行了改进。通过对一次调频整流系统的实际应用,证明了该方法对一次调频性能的改善有很大的改善作用。2019 年第一个月的调频考核费用为 1580 万元,到 2020 年的时候,调频考核的价格已经下降到了 335 万。到目前为止,已经有相当多的发电厂达到了 0 的一次调频控制指标,这对于其它同类设备的一次频率控制系统的改善和提高有一定的借鉴意义。

参考文献:

- [1]季俊伟. 大容量火电机组一次调频功能试验研究[J]. 东北电力技术,2015,36(2):1-5.
- [2]张燕平,吴子豪,师鹏,等. 火电机组一次调频及试验[J]. 电气技术,2018,19(4):116-119,122.
- [3]黄卫剑,张曦,陈世和,等. 提高火电机组一次调频响应速度[J]. 中国电力,2011,44(1):73-77.