

汽轮机调速控制系统适应性的优化

王涛¹ 焦强²

中国电建集团核电工程有限公司, 山东 济南 250000

[摘要] 调速系统是汽轮机的重要组成部分,能够有效保证汽轮机的稳定运行。本文中,分析了汽轮机常见故障,并提出相应的处理措施。同时,又结合具体案例分析汽轮机调速控制系统优化方案,希望能够给相关工作人员提供一定的参考与帮助。

[关键词] 汽轮机; 调速系统; 优化

The Optimization of the Adaptability of the Speed Governing Control System of Steam Turbine

WANG Tao¹ JIAO Qiang²

China Electric Construction Group Nuclear Power Engineering Co., Ltd., Jinan, Shandong, China, 250000

Abstract: Speed regulation system is an important part of steam turbine, which can effectively ensure the stable operation of steam turbine. In this paper, the common faults of steam turbine are analyzed, and the corresponding treatment measures are put forward. At the same time, the optimization scheme of steam turbine speed regulation control system is analyzed in combination with specific cases, hoping to provide some reference and help to the relevant staff.

Keywords: Steam turbine; Speed regulation system; Optimization

前言

在当今社会,随着人们生活水平的不断提高,人们的各类需求也不断增加,而电力成为了人们生活中必不可少的一部分,供电方式也是层出不穷,例如风力发电、水力发电、火力发电、太阳能发电技术等,虽然技术众多,但是火电是占据主要地位的,在城市用电中,电厂是保证城市用电的基础,电厂的发电能力又是受电厂汽轮机直接影响的,至于汽轮机是火力发电的核心设备,所以说火电在众多技术中处于首位,由于二者的共存性,这直接体现出了汽轮机的重要性,要注意对其的保养与看护工作,由此保证电厂发电的顺利进行,满足人们的日常需求。

1 汽轮机概述

1.1 结构部件

汽轮机一般主要包括转动部分与静止部分。其中,转动部分也就是转子,主要部件包括联轴器、叶轮、主轴、动叶片等等。而静止部分也就是静子,则涵盖了汽缸、轴承、进汽部分等等。因为汽轮机大多数情况时在高温、高压下,以高转速运转,因此,属于精密型重型机械设备。

1.2 汽轮机特点

汽轮机具有一定的独特优势,即蒸汽流动速度快、连续性好、蒸汽流量较大等,因此,可以发出的功率相对较大。就大功率汽轮机而言,可以利用较高的蒸汽温度与压力,所以,热效率也比较高。就汽轮机问世之后,大多数专家都在不断探究汽轮机的可靠性、实用性、安全性等。而且在科学技术水平快速提高的影响下,汽轮机的整体性能十分优越,在其中很多领域都得到了大力推广。

1.3 汽轮机工作原理及其分类

汽轮机应用在发电厂的实际生产操作中,发电厂发电是依靠汽轮机将热能和机械能之间的转换,来推动汽轮机叶片的旋转,从而产生电能。因此,汽轮机在发电厂里有着重要的地位,只有保证汽轮机的正常工作才能顺利产生电能,保障社会的进步,居民的正常生活。市面上的汽轮机有多种不同的结构,结构的不同导致它在正常运行时的工作效率也不一样,每种汽轮机的工作原理也不一样,这就要求技术人员要充分了解不同的汽轮机的工作原理。

汽轮机大致的种类在下文中有详细介绍:

(1) 从电厂汽轮机的结构功能出发,可以分为单级和多级,单缸和多缸,单轴与双轴汽轮机。

(2) 汽轮机的种类有很多,如果是单纯的将其按照工作原理分,可以分为以下几种:速度式汽轮机、冲动式汽轮机、反动式汽轮机。这几种汽轮机的大致区别在于膨胀位置产生的不同,首先是速度式汽轮机,这种汽轮机是由蒸汽在喷嘴中膨胀的,其次是冲动式汽轮机,这是在各级喷嘴处及静叶部位所产生膨胀的,最后是反动式汽轮机,此类是静叶、动叶均发生膨胀的,其相同点是膨胀之后所产生的动能在汽轮机上进行应用。

(3) 依据汽轮机热力特性的不同,可把汽轮机细分为:蒸汽式汽轮机、供热式汽轮机、背压式汽轮机、抽汽式汽轮机以及饱和蒸汽式汽轮机。

2 汽轮机检修的意义

火力发电厂汽轮机的平稳运行将影响整个电力供应。首先根据火电厂自身来探索。汽轮机的高效维修可以提高汽轮机的利用率,保证汽轮机的正常运行,提高电厂的供电效率,降低生产成本。其次,根据国家的发展研究。这不仅是为了保障人民的正常生活,也是为了促进国家的稳定发展。因此,火电厂的状态维护工作就显得尤为重要。

(1) 对电力市场的发展有价值。决定电力市场发展的主要因素是发电厂提供的电力是否稳定。汽轮机的维修工作可以帮助维修人员尽早发现汽轮机的故障问题,并及时进行纠正和维修,有效提高电厂供电的稳定性。

(2) 汽轮机检修的环保价值。随着时代的不断发展和人们对环境要求的提高,国家也越来越重视环境,并制定了相应的法规。每个行业都应该在不破坏环境的情况下发展。同样,电力行业也应遵循这一规则。针对电力行业存在的环境问题,定制了一系列环保标准非常严格,如一些电力企业甚至保证零排放污染物。因此,有必要改革汽轮机的维修方法,将科学技术融入汽轮机的维修工作中,减少汽轮机工作造成的一系列污染,严格遵守国家和行业的要求,充分提高其环保价值。

(3) 汽轮机检修的经济价值。除了电力开发的市场价值和自身的环保价值外,汽轮机还应注意经济价值。有效的汽轮机维修可以大大延长汽轮机的使用寿命,降低购置新汽轮机的成本。高效率的汽轮机能有效提高自身的供电效率,稳定连续的供电,减少汽轮机工作时资源的损失,降低生产成本,提高汽轮机的利润。

3 汽轮机运行中常见的故障

3.1 轴承损坏

轴承是汽轮机的重要组成部分,在使用中承受较大的重力和压力,容易损坏。原因分析如下:(1)设计缺陷。汽轮机制造不符合标准要求,如设计偏差、使用劣质材料、出厂质量检验不合格、在后期运行中出现故障等。(2)维修不当。汽轮机在使用中,应定期进行维修保养,及时发现隐患,消除隐患。然而,为了降低维修成本,一些电厂没有严格执行维修计划,维修措施不到位,缩短了设备的使用寿命。(3)环境的影响。汽轮机在长期运行中,会出现水流冲击、温度下降等现象;或在恶劣环境下运行,容易造成轴承漏油,降低工作效率。

3.2 真空下降

真空下降也是涡轮运行失败的原因之一,这将影响设备的运行功能。汽轮机在运行过程中,部件之间的摩擦会产生热量,维护不当会引起真空度下降。具体分为两种情况:一是下降速度快,原因是循环泵的总压出现零回流;二是下降缓慢,由于缺水,出口温度与进口温度差异明显,导致出口堵塞。

3.3 油系统故障

汽轮机的运行需要大量的润滑油,润滑是整个机组的关键。油系统故障,会导致机组不正常运行,影响供电,甚至造成设备部件损坏。其原因主要是油层和油压问题,如油层突然增加或减少,油压过大或过小,将导致 DEH 或 EH 油系统失效。

3.4 叶片受损

叶片损坏的原因分为两个方面:一是内因,即硬件本身。按照错误的设计图纸和参数进行生产加工,会带来操作风险;或者使用的原材料性能不好,难以满足操作的需要。二是外部原因,即环境问题。在水流冲击和温度变化的影响下,叶片容易发生碰撞、磨损和断裂。

3.5 调速系统故障

一是系统部件卡死,原因是阀杆与阀套之间有盐垢;或者油的质量不好。二是机械零件泄漏,原因是零件磨损或老化腐蚀,导致裂纹较大;或机械摩擦造成活塞缸壁损坏,致使两腔室之间出现短路;或者是油品质量差。

4 汽轮机调速控制系统适应性的优化

近年来,随着电力工程的拓展,配套建设自备电站的项目越来越多。项目所在地电网的不稳定性对汽轮机调速

系统的稳定性提出了更高要求。汽轮机机组调速系统稳定能力对电站供电稳定性和设备安全都相当重要。

本文就国外某项目在当地不稳定电网（含孤网）的条件下，汽轮机在运行过程中调速系统所遇到的问题和解决方法进行介绍，供同行参考。

4.1 电网状况及运行模式

本项目装机规模为 30MW，项目所在地有电网，但电网的稳定性很差，经常存在 $\pm 1\text{Hz}$ 的频率波动。由于工厂内大电机启动负荷较大，当电机启动时对汽轮机机组冲击较大。为提高供电的可靠性，该项目汽轮机平时处于孤网模式，启动大电机时需要先并网，以减少对汽轮机发电机组的冲击。

4.2 运行中存在的问题

本项目汽轮机采用美国 Woodward505 电液调节控制系统。汽轮机在孤网运行的状态下，采用频率控制模式，运行较为稳定，可以做到甩负荷 6MW，汽轮机转速飞升 $< 50\text{r/min}$ 。

在启动大电动机前，需要与外部电网进行并网，该情况下需要采用功率控制模式。由于外部电网频率不稳定，并网后汽轮机输出功率波动剧烈，汽轮机进汽阀杆剧烈抖动。当两种模式进行切换时，机组发电负荷同样存在波动剧烈的现象，严重威胁汽轮机的安全运行。

4.3 解决方法

（1）消除电网波动带来的汽轮机机组输出功率的波动

供货商 Woodward 汽轮发电机组调速系统的相关控制原理见图 1。

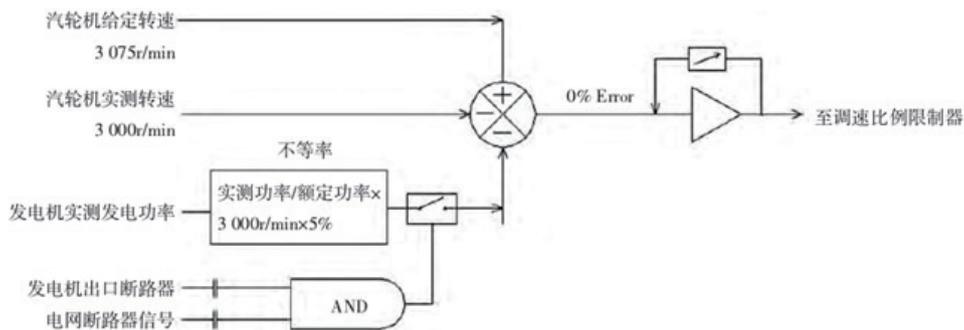


图 1 Woodward 505 功率 / 频率切换控制转速 PID

孤网模式下，电网断路器断开，解列发电功率补偿模块，控制器自动切换至频率控制模式。当发电机出口断路器和电网断路器同时闭合时，Woodward505 通过发电功率补偿模块将实测发电功率按照不等率换算相应的转速差值，汽轮机转速 PID 根据汽轮机给定转速、实测转速和功率转速差值的比较结果控制汽轮机。

上述转速 PID 采集的信号为汽轮机实测转速，当采用频率控制模式时，可以有效控制汽轮机转速，防止超频 / 低频现象发生。但当其转换为并网模式时，由于汽轮机的转速受外部电网控制，当外部电网频率高时，汽轮机的实测转速也相应升高，转速差变小（汽轮机给定转速与汽轮机实测转速差），造成转速 PID 输出持续为负值，汽轮机主汽门持续关小，发电机功率持续降低，直至达到新的平衡；反之当外部电网频率低时，主汽门持续开大，发电功率持续增大。

这种模式使汽轮机具有补偿电网频率波动的功能，适用于向电网供电的中大型电站。由于自备电站汽轮机规模普遍偏小，无法有效抗衡外部电网波动，上述配置会造成汽轮机波动大，易产生汽轮机振动，甚至拖垮自备电站机组。

针对上述自备电站的特点，对转速 PID 系统进行了改进，将给定的发电功率按照不等率转换为转速值，同时与汽轮机的实际转速累加，作为汽轮机转速给定值，有效地解决了汽轮机输出受电网波动的影响，具体改变见图 2。

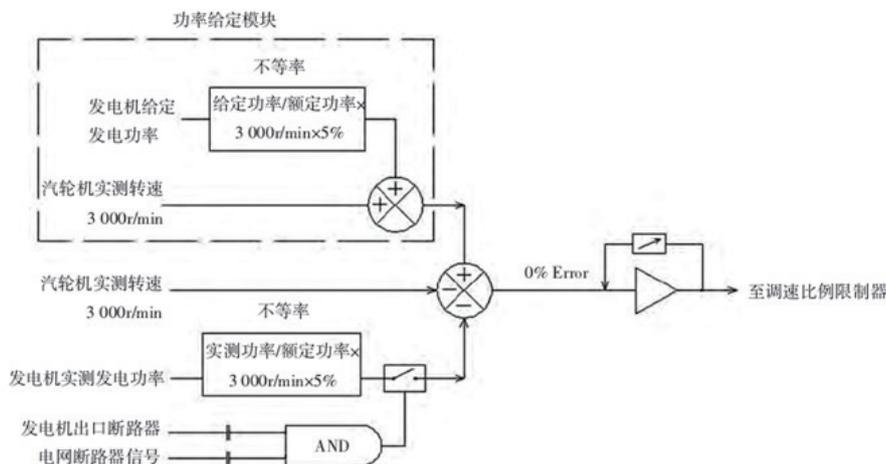


图2 更改后的 Woodward 505 功率 / 频率切换控制转速 PID

(2) 消除频率 / 功率切换过程中带来的波动

当电网断路器信号消失，机组控制模式由功率控制模式变为频率控制模式。Woodward505 内部组态关于电网断路器的设置可选择作为电网断路器信号消失，汽轮机转速给定值保持汽轮机实际转速，并且以 1r/s 的速率变化至 3000r/min。在这种模式下切换，机组基本上不存在波动。

当电网断路器信号出现，机组控制模式由频率控制模式转变为功率控制模式。由于 Woodward505 内部未设置自动跟踪，在频率控制模式下，汽轮机的转速给定值需实时跟踪发电机实测值，并转换为转速值，从而保证频率模式无扰切换至功率控制模式。

5 结束语

综上所述，通过详细分析调速卸荷故障、设备部件漏油与高压油泵油压过低系统跳闸故障，提出科学的处理措施，有效降低汽轮机安全事故的发生概率。同时，结合本文所述案例，分析汽轮机调速控制系统运行中存在问题及相关解决对策，但是，对于检修人员来说，在检修的过程中，仍然会遇到很多问题，如汽轮机运行环境较差、机组设备结构复杂等，这就需要检修人员不断学习国内外先进的检修技术，提高自身的检修技能，从而推动相关能够更好的发展。

[参考文献]

[1] 倪贵华. 汽轮机动叶片汽道加工时的质量分析及解决方法[J]. 机床与液压, 2016(20).
 [2] 王俊英李斌张丹. 汽轮机叶片多轴加工工艺与检测技术的研究[J]. 机床与液压, 2017(14).
 [3] 孙大新吴磊刘中国等. 伏安法测定汽轮机油抗氧化剂含量的研究[J]. 液压气动与密封, 2017(5).
 [4] 王刚. 汽轮机调速系统常见故障分析[J]. 现代工业经济和信息化, 2016(23).
 [5] 王晓鹏. 浅谈汽轮机调速系统常见故障与处理技术[J]. 科技创业家, 2015(15).
 [6] 马建华. 中小型汽轮机调速系统的故障及其分析[J]. 江苏氯碱, 2015(04).