

# 火电厂热工控制系统的故障及诊断方法分析

石家中

四川泸州川南发电有限责任公司

**摘要:**目前,我国的主要的发电方式还是以火力发电为主,以可燃物为燃料进行电能的生产。燃料燃烧的时候加热水形成蒸汽,燃料的化学能转变为热能,以蒸汽压力将汽轮机进行推动旋转,使得热能转化为机械能,汽轮机将发电机带动旋转后,再由机械能转变为电能。在火电厂进行电能生产的过程中,需要应用到热工控制系统,此系统也是电能生产中的重要系统,随着控制系统的不断优化,也提高了控制系统的自动化和智能化,基于此,对控制系统的要求更高,需要保障热工控制系统的稳定运行。根据火电厂具体状况,对其热工控制系统中存在的故障进行分析,并对存在的故障提出有效诊断方法,并进行及时的维修,以期可以及时准确的诊断出火电厂热工控制系统的故障,及时进行修复,保证系统运行的可靠性和稳定性。

**关键词:**火电厂;热工系统;系统故障;故障诊断;诊断方法

## 1 前言

在经济快速发展之下,我国各领域呈现出繁荣的发展,对于电能的需求量也逐渐增加,这就要求我国的发电厂可以提供充足和稳定的电能。火力发电是目前比较成熟的发电方式,占到了我国发电总量的70%,虽然近年来火力发电的增速有所减缓,但是从长远的角度分析,以发电成本低、电力需求高、环保技术创新等情况下,火力发电的发展前景仍是较为乐观的<sup>[1]</sup>。在火力发电中,热工控制系统属于重要的组成部分,如果一旦发生故障,则会对整体的电力生产形成影响,那么需要对热工控制系统的故障进行准确的诊断,以此可以及时对其进行维修,避免影响到火电厂的电能生产,更好的推进火电厂的稳定发展。

利用实时故障诊断技术,构建出完整的监控系统,可以使其在故障发生前或者是正在发生中,对其进行快速的监测,并且对故障的实际情况进行判断,利用有效的措施对故障进行维修,避免故障的情况继续扩大,确保热工系统的稳定可靠运行,降低热工系统的维修时间和成本<sup>[2]</sup>。火电厂中应用的热工控制系统中,存在的回路比较多,传感器以及执行器的分布也比较分散,如果单纯依赖于人工进行检查,不仅面对的工作量巨大,在检查中也不能够及时的发现存在的故障,在现实情况下,对热工控制系统故障的诊断和查找,大约占据了系统修复时间的90%,这也说明加强对火电厂热工控制系统故障诊断的重要性,需要采用有效的诊断方法提高诊断的及时性和准确性<sup>[3]</sup>。

## 2 热工控制系统故障监测及诊断

### 2.1 热工控制系统的概述

火电厂的热工控制系统构成较为复杂,包括:第一,模拟量控制系统,其作用是对系统的参数进行有效的调节,例如:给水控制系统、燃烧控制系统以及过热温度控制系统等等<sup>[4]</sup>;第二,开关量控制系统,其作用是对设备的开启和停止控制,具体涉及到选线控制、单独控制、联锁控制、顺序控制等;第三,热工保护系统,其作用是对电能生产的设备进行有效的保护,涉及到的具体系统有:紧急停机系统、锅炉安全监控系统、辅机联锁保护系统等等;第四,独立及特殊控制系统,涉及到汽轮机 DEH、给水泵汽轮机 EMH 控制<sup>[5]</sup>。如果热工系统发生故障,一般表现在这四个构成系统之中,需要对这四个构成系统进行诊断和分析。

传感器作为控制系统中非常关键的设备,对整体控制的运行作用比较大,如果传感器在进行测量中发生故障,则会发出警报,并

且将发生故障的传感器进行有效分离。执行器也是较重要的设备之一,在对其进行故障的检测以及诊断上,需要对执行器运行是不是正常进行有效的判断,如果执行器在运行中出现问题,则会发出警报,并将存在故障的执行器进行有效的分离。对 DCS 等计算机控制系统自身的故障进行有效的诊断,例如:DCS 模块等等<sup>[6]</sup>。

### 2.2 热工系统故障诊断理论及方法

对于热工系统故障的诊断及方法类型较多,可以总结为以下两个方面:第一,基于数学模型下的诊断理论及方法,一般常用的诊断方式涉及到等价空间方程法、故障监测挂测器法、故障监测滤波器法等等;第二,非模型下的诊断理论及方法,一般常用的诊断方式涉及到数据分析法、专家系统法、多元统计法等等。

结合实际的应用,在对热工控制系统故障诊断中效果比较好的方式包括:第一,热工系统中存在不是非常关键性位置的故障,一般在进行诊断上不需要使用过于复杂的方式,采用比较简单可行的信号分析法等就可以达到比较高质量的诊断效果;第二,热工系统中存在较为关键位置的故障,则需要采用较为复杂性的诊断方式。热工控制系统建立精确的数学模型存在一定的难度,那么数学模型的诊断方式在应用后获得效果一般,面对此情况,可以先选择统计的方式,此方式不需要建立数学模型,是在比较多的历史数据中,对存在的故障特点及信息进行查阅,是当前热工控制系统中使用比较广泛的诊断方式;第三,统计方式在实际的使用中也具备一定的局限性,诊断的结果在精确度上比较低,所以在将故障进行分离上存在一定的困难,这种情况下,则需要构建出基于统计学方法下,结合数学模型的方式,使其两种诊断方式进行联合下,对热工控制系统的故障进行有效的诊断,其诊断获得的效果表现较为突出。

### 2.3 热工控制系统的故障诊断内容

在热工控制系统中,结合划分好的控制系统各部分,故障诊断对象涉及到以下几个方面:第一,控制对象,也就是设备自身;第二,热工控制系统中的传感器;第三,热工控制系统中的执行器;第四,控制系统变化后形成的热工控制系统故障。一般情况下,对于设备自身的故障诊断都是进行的单独性研究的,因而本次提出的热工控制系统故障涉及到的设备自身。

对于热工控制系统的故障诊断,可以从宏观和微观的层面进行阐述,以宏观层面分析,热工控制系统的诊断侧重于系统的参数调节,包括给水控制、燃烧控制等,并且对设备的开关进行有效的控制和检查等,通过全方位的控制模式,可以有效的将系统运行的安

全和可靠性提高,确保火电厂电能生产。从微观的层面进行阐述,对于热工控制系统的故障诊断主要在于传感器和执行器,对传感器和执行器在运行中发生的各项故障及时进行诊断,并进行有效的维修,可以使其在运行中更加的稳定。

### 3 热工控制系统故障的分析

从微观层面分析,热工控制系统的主要故障出自于传感器和执行器中,其故障具体体现在以下两个方面:

#### 3.1 传感器故障分析

在火力发电厂中,存在比较多的热工设备,其型号规格也存在比较大的差异,并且在热工控制系统中,热工设备的分布比较广泛,并没有显著的规律性,主要涉及到机组设备和元件运行。数据采集和信息收集的时候,需要考虑到因素涉及到流量、压力、转速以及温度等,结合相关的调查及分析后,可以总结出热工控制系统中传感器的故障多表现:断线、超速、超限以及漂移等。断线故障时设备运行中,出现了线路连接的缺陷,进而造成了线路发生了短路、断路等,引起传感器的运行故障。超限故障时设备中存在的参数不符合规定的数值范围,高于规定的数值范围后,就会造成超过限制的情况,进而引起传感器的故障。超速故障的出现后,会造成传感器的增益波动变大,对其运行形成比较大的影响。

#### 3.2 执行器故障分析

在热工控制系统中,执行器作为比较重要的设备,关系着热工系统的稳定运行,执行器包括两个结构,包括:执行、调节。在执行器运行表现出的故障包括:第一,卡死,执行器出现卡死的情况后,不能够对工作人员发出的有关指令进行有效的反应;第二,驱动,在热工系统的运行中,执行器的允许阈值超过了规定的范围之内,进而造成了系统驱动故障;第三,偏差。输入的参数与实际参数的数值存在比较大的不同,严重的影响到了热工系统的稳定运行。

### 4 火电厂热工系统故障的诊断方法分析

#### 4.1 部件的诊断

火电厂的热工系统中的部件诊断,以部件作为出发点,对其是不是出现损坏的情况进行判断,对其得到的结果作为依据进行相关的故障维修,主要诊断的方式包括:第一,传感器输出信息的诊断。在信号的检测中,涉及到输出信号幅值、变化曲率。结合有效的方式,对传感器是不是存在断线、信号超标等情况进行判断。但是在检测中,较为隐蔽或是微小的故障在检测上是存在一定困难的,只有当微小的故障发展成为较大的故障后,才会被检测出来;第二,以DCS自诊断的检测方式,对热工控制系统存在的故障进行有效的检测。目前,通过此检测方法,可以对DCS连接到的设备故障进行有效的检测。比较容易出现故障的位置一般在I/O通道,主要是因为I/O通道受到了DCS数据采集以及命令的干扰。这种情况下,出现故障后,DCS模块可以以自身存在的优势,对其故障进行自动化的检测,可以自行检测以及修复部分比较微小、简单的故障问题;第三,信号走势的诊断,可以有效的检测以及收集执行器运行中的各种信号,以信息及参数存在的优势,将其故障出现的成因进行分析,以此作为依据,使得工作人员对其进行对应的修复和维修,尽快消除运行的故障,确保系统的稳定运行。

#### 4.2 回路的诊断

对火电厂热工控制系统中回路故障诊断上,采用任何一种方式都需要借助于建立模型,一般使用比较多且效果较好的回路诊断方法是残差的方式。应用的步骤包括:第一,以调查以及分析的数据

结果为依据,进行静态模型的建立,按照规定的范围限定,使用静态模型,对运行参数的变化进行表示,一般情况下,此模型会用在比较简单的系统结构检测中,信号输入应对固定的输出数值,输入值和输出值存在的数值差异则称之为残差;第二,观测器产生残差进行有效的应用,也就是在经过过程的输出和过程动态模型,对系统输入以及输出的参数进行有效的采集,同时实现信号的重构;第三,以参数在线估计形成残差,结合模型的参数以及物理参数变化,对其存在的故障进行检测及分离。此方法为参数估计法。参数估计法在应用中需要注意的是需要确保模型和物理的参数保持一一对应。参数估计法在使用上,对比于状态估计法,可以更好的进行故障的分离。火电厂热工控制系统中,建立精确的数学模型存在难度,只有内部一些比价少的系统能够对其数学模型进行解析,基于此,在对回路层的挂故障诊断,更多的依靠于机组建模,但是无法建立较精确的数学模型,影响到实践的使用,一般用于可以便于建立模型的地方,在诊断的方法上一般应用模型方法。

#### 4.3 系统的诊断

物质和能力平衡作为支配火电厂热工系统运行的规律,主要表现在热工系统中存在的参数及变量之间的有关性,基于此,多个控制回路不是全面独立的,而是具有比较多的有关性,对此类关系称之为系统冗余,从系统冗余方面进行分析,对其进行故障诊断上是通过系统便利之间的有关性,对其挂在信息进行有效提取获得的。具体采用的方法包括:第一,变量之间存在的直接相关关系。以动态以及静态模型展现出变量之间的关系,不同于回路诊断中应用模型,此变量包括多个控制回路,因而不能够从单个的控制回路进行分析;第二,使用神经网络构建变量的相关关系,以神经网络,利用训练的方式得到比较多的变量有关关系,确保此相关性可以在网络权值中进行保存;第三,以大量的数据作为基础开展统计分析的方法,在过程变量之间存在长时间系统运行的数据信息,从大量的数据信息中可以找到变量之间的有关性,以此作为故障的有效诊断渠道。应用数据分析方法一般有:主元分析PCA、局部最小二乘PLS、主元回归PCR等等。

### 5 结束语

火电厂对于国民经济和人们日常生活具有重要作用,因而需要确保热工系统的正常、稳定运行,这就需要选择合适的方式,对其存在的故障进行及时有效的诊断,在进行故障诊断上,需要结合实际情况和故障不同的位置,进行故障诊断方法的使用,以此提高故障诊断的精确性,并以结果为依据进行修复和维修,保证系统可靠运行,降低对电能生产的影响。

#### 参考文献:

- [1]廖阳平.汽轮机热工控制系统故障分析及处理[J].中国石油和化工标准与质量,2021,41(12):2.
- [2]李强.火电厂热工保护系统的常见故障原因及防控[J].能源与节能,2021(012):000.
- [3]薛晓宝.火电厂热工控制系统的故障及诊断方法分析[J].大科技,2019,000(032):53-54.
- [4]马新立.汽轮机的金属材料与热工控制系统故障分析[J].中国金属通报,2020(09):12-14.
- [5]郭涛.热工自动化系统可靠性与故障诊断[J].百科论坛电子杂志,2020,000(012):1872-1873.
- [6]侯峰,谢泽坤,张震,等.热工远程监测分析诊断系统开发与应用[J].黑龙江电力,2020,42(4):6.