

6FA 燃气轮机试车台燃油控制阀性能研究

赵 鲤

(南京汽轮电机(集团)有限责任公司, 南京 210037)

摘 要:对 6FA 燃气轮机试车台的燃油控制阀进行性能研究,阐述了试车台燃气轮机燃油组成、燃油控制阀的性能和故障反馈等。通过阀门的性能特性曲线和执行机构的性能分析,重点讨论了 6FA 燃气轮机试车台的燃油控制阀位置控制和反馈性能,并对燃油控制阀在运行过程中会出现的故障以及反馈动作进行探讨。试车台的燃料选用与目前燃气轮机电站所用的天然气燃料不同,对 6FA 燃气轮机试车台燃油控制阀的性能分析,可为同类型燃气轮机试车台的燃油系统搭建提供借鉴和参考。

关 键 词:燃气轮机;试车台;燃油控制阀

中图分类号:TK472

文献标志码:A

文章编号:1009-2889(2022)03-0035-03

燃气轮机可以采用液体燃料或气体燃料,根据不同的燃料,燃气轮机将采用不同的燃料系统。根据国家对分布式能源联产产业的技术政策要求^[1],6FA 燃气轮机在电站中均采用天然气为燃料,而对于 6FA 燃气轮机试车台,燃料系统将采用柴油作为燃料。

6FA 燃气轮机试车台在对燃气轮机本体及其辅机设备进行测试过程中,燃料的需求量随运行的具体情况改变,如在机组的启动、点火、暖机、升速这几个过程中机组燃料量各有不同。因此拥有一套完整的燃料控制系统,对 6FA 燃气轮机试车台的安全稳定运行有着至关重要作用。

1 6FA 燃气轮机试车台燃油控制阀简介

6FA 燃气轮机试车台所需燃油是由底盘外的供油系统提供,再经过滤后进入机组燃烧室。燃油系统的流程图见图 1。燃油系统正常工作时,燃油经过燃油泵加压后经过燃油控制阀、燃油截止阀,后流经过滤器,过滤杂质后的燃油再进入燃油分配器,最后进入燃烧室的燃油喷嘴。

对于试车台的燃油系统而言,燃油的截止功能不适于直接关闭阀门来实现截断燃油,而是通过全开量的旁通来间接截断流向燃气轮机燃烧室的燃油。燃油截止阀的功能是利用阀门的两个阀位来实

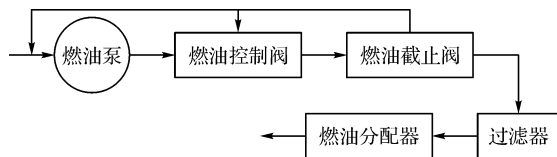


图 1 6FA 试车台燃油系统流程图

现燃油是流向燃气轮机或是旁路到泵出口。

燃油控制阀用于响应燃气轮机的转速控制系统发出的信号从而调节流向燃气轮机燃烧系统的燃油流量。燃油泵是一个恒排量泵,其容量超过涡轮的最大燃油需求量,因此,通过调节控制阀可以将部分泵出口的燃油旁通回泵进口进而控制流向燃气轮机的燃料流量。

燃油控制阀同时还拥有燃油截止阀的辅助功能。如果交流电丢失或归零,或者控制油压力丢失,阀门将转到全开位置,将燃油泵出口的燃油流量全部旁通,从而间接截断了流向燃气轮机的燃油。

燃油旁通控制阀由一个控制阀体组件和一个伺服控制液压执行器组件组成,该液压执行器组件配有两个 LVDT(线性可变差动变压器),用于冗余阀位反馈。

2 6FA 燃气轮机试车台燃油控制阀性能研究

2.1 控制阀的设计条件

燃油控制阀的阀门和执行机构的设计适用于

6FA 燃气轮机试车台连续或间歇工作。设计条件符合整个试车台对燃油的进出口压差、环境和燃油温度以及对大气污染物的排放要求。

2.2 阀体性能要求

燃油控制阀的阀门设计为压力平衡阀,可使由于阀门正向和反向的燃油的不同压力所导致的阀杆扭矩负载尽可能小。并且,该阀门的设计能够在阀门出现了扭矩不平衡时,流向燃气轮机的燃油压力会关闭阀门,使所有泵出口的燃油旁通以切断燃气轮机的燃油供应。

阀的结构特性是阀芯的位移和燃油所流过的截面积成正比关系,燃油流过阀门的线性流量特性方程见式(1):

$$q = \frac{Q}{Q_{\max}} = \frac{1}{R[1 + (R-1) \cdot L/L_{\max}]} = \frac{\frac{R-1}{R} + 1}{R} \quad (1)$$

式中: q 为阀门的相对流量; Q 为燃油流过阀门的流量; $Q_{\max}$ 为燃油流过阀门的最大流量; L 为阀门行程; $L_{\max}$ 为阀门的最大行程; R 为可调比。阀门行程最大时流经阀门的燃油流量最大,因此当阀门的相对行程为 1 时燃料流经阀门的相对流量为 1。

燃油流经阀门的抛物线流体性能特性见式(2):

$$\frac{Q}{Q_{\max}} = \frac{Q_{\min}}{Q_{\max}} (1 + mR)^2 \quad (2)$$

式中: $Q_{\min}$ 为燃油流过阀门的最小流量; R 为可调比; m 为比例系数。

考虑到阀门两端燃料的压降,阀门进行试验时,行程从 0% 到 100% 的范围内以至少 10% 的增量进行试验,且在每个行程增量,阀门总压降将以 1 MPa 的增量从 1 MPa 变化到 11 MPa。根据控制阀的设计,流经阀门的相对流量可用阀门的行程开度表示,因此阀门的允许最大流量偏差即表示为阀门开度与阀门误差的关系,见图 2。计算的性能特性曲线见图 3。

2.3 执行机构的性能

6FA 试车台燃油控制阀的执行机构是一个不定位的四通电液伺服阀,该阀接受控制系统经过计算的电信号来控制阀门位置,以控制进入燃油控制阀控制机构的液压油压力,从而达到改变燃油控制阀开度大小的目的,这样能控制进入燃气轮机燃油喷嘴的流量。燃油控制阀的控制流程简图见图 4。

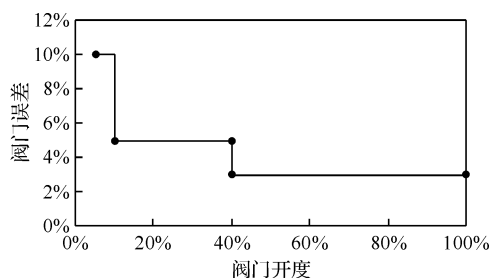


图2 6FA 试车台燃油控制阀最大允许流量偏差

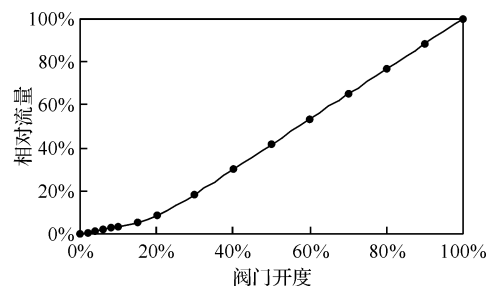
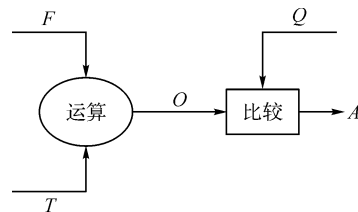


图3 6FA 试车台燃油控制阀特性曲线



F —控制信号; T —转速信号; O —运算输出信号;
 Q —流量反馈信号; A —控制电流。

图4 6FA 试车台燃油控制阀的控制流程简图

由于燃油泵的出油量与机组转速有关,因此控制阀的开度需要比较控制系统给出的燃油控制信号和转速信号。当燃油控制信号考虑到转速之后,则输出信号 O ,它与来自流量分配器的实际流量反馈信号 Q 在伺服放大器的输入节点相加,得到运算结果。若该结果为0,说明控制系统要求的输出流量和实际燃油流量相等,此时伺服放大器不产生电流,对燃油控制阀不进行调节。反之,若输出信号 O 与实际流量反馈信号 Q 在伺服放大器的输入节点相加结果不为0,则伺服放大器产生电流 A ,对燃油控制阀的开度进行调节。

由于执行机构需要靠LVDT的位置反馈信号检测控制阀的开度,因此LVDT的安全稳定工作是执行机构正常运作的关键。根据6FA燃气轮机试车台的搭建地环境要求,燃油控制阀的LVDT的设计能够在以下规定要求内运行:(1) 接头端子处的环境压力为15 Pa;(2) 相对湿度在工作温度范围内为0%至100%;(3) 环境温度范围-40℃至177℃;(4) 机械噪声为120 dB。

3 6FA 燃气轮机试车台燃油控制阀故障响应分析

6FA 燃气轮机试车台燃油控制阀阀门和执行机构的设计具备优良的故障响应能力。由于执行机构是由液压油控制,因此当阀门和执行机构故障时,控制系统将切断液压油使燃油控制阀旁通全开,以截断燃油流向燃气轮机。具体故障响应情况如下:

(1) 位置命令信号丢失。当控制系统对执行机构的位置命令信号丢失,此时执行机构的定位器接收不到控制的位置命令信号。若只是一个命令信号丢失,则执行机构会继续接收控制系统发出的冗余命令信号继续控制阀门开度;若多个命令信号均丢失,则控制系统将切断液压油。

(2) 位置反馈信号丢失。当控制阀执行机构发出的位置反馈信号丢失,此时控制系统不再接收来自执行机构定位器的位置反馈。若只是一个反馈信号丢失,则控制系统会接收执行机构发出的冗余反馈信号;若多个反馈信号均丢失,则控制系统将切断液压油。

(3) 故障反馈信号丢失。燃油控制阀具有检测自身开度是否超出范围或信号连接错误的能力。若只是一个故障反馈信号丢失,则控制系统会根据冗余故障反馈信号继续运行;若多个故障反馈信号均丢失,则控制系统将切断液压油。

(4) 执行器定位器故障。执行机构内的定位器发生了“位置控制丢失”故障,此时控制系统也将切断液压油,使燃油控制阀脱离工作状态。

4 结语

6FA 燃气轮机试车台燃油系统对整个试车台的安全经济运行十分重要。由于试车台的燃料选用与目前燃气轮机电站所用的天然气燃料有天壤之别,因此对 6FA 燃气轮机试车台燃油控制阀的性能分析,可为同类型燃气轮机试车台的燃油系统搭建提供借鉴和参考。

参考文献:

[1] 潘琦,沈弘. 重型燃气轮机现状与发展趋势 [J]. 内燃机与配件, 2021 (19): 180-181.

Study on Performance of Fuel Control Valve of 6FA Gas Turbine Test Bench

Zhao Li

(Nanjing Turbine and Electric Machinery (Group) Co., Ltd., Nanjing 210037, China)

Abstract: The performance of fuel control valve of 6FA gas turbine test bench was studied. The fuel composition of gas turbine, the performance and fault feedback of fuel control valve were described. Through the performance characteristic curve of the valve and the performance analysis of the actuator, this paper focused on the position control and feedback performance of the fuel control valve of 6FA gas turbine test bench, and discussed the faults and feedback action of the fuel control valve during operation. The fuel selection of the test bench is different from the natural gas fuel used in the current gas turbine power station. The performance analysis of the fuel control valve of 6FA gas turbine test bench can provide reference for the construction of fuel system of the same type of gas turbine test bench.

Keywords: gas turbine; test bench ; fuel control valve