

燃气轮机控制与保护系统

1 主题内容与适用范围

本标准规定了燃气轮机控制与保护系统的基本要求和选用依据。

本标准适用于发电和工业驱动用的开式、闭式和半闭式循环的燃气轮机控制与保护。

如有特殊需要,经合同双方商定,在合同中可对某些要求进行增、删。

2 引用标准

GB 2900.47 电工名词术语 燃气轮机

JB 4399 燃气轮机——采购

3 控制系统

3.1 控制功能

3.1.1 起动

燃气轮机起动控制系统包括有手动、半自动和自动三种方式。

a. 手动起动要求操作者手动操作起动辅助装置,并逐步完成燃气轮机盘车、清吹、点火、暖机等程序,使转子加速到调速器的最小整定转速。对带发电机的机组,还应作好同步准备。

b. 半自动程序起动可用手动起动辅助装置,操作者应通过一次操作使燃气轮机进入全套的起动控制程序,使转子加速到调速器的最小整定转速。对带发电机的机组,还应作好同步准备。

c. 自动程序起动仅需操作者通过一次操作就能完成起动辅助装置,并使燃气轮机进入全套的起动程序,使转子加速到调速器的最小整定转速。对带发电机的机组,还应作好同步准备。

d. 起动控制系统应有自动清吹时间,其时间长到足以使燃气轮机在点火前将进气道至排气道(包括烟道)中任何可燃物予以排除,并可根据所用燃料和用途的情况,增加必要的预防措施。

3.1.2 加负荷

可以手动、半自动或全自动地给燃气轮机逐渐加负荷,直至达到规定的功率。自动加负荷紧接着起动程序完成后进行,而不需要再单独进行操作。

在手动、半自动和全自动加负荷时,均可在一些预定负荷下停留一段时间以达到暖机的要求。根据应用的需要,可规定在正常或应急情况下加负荷时间和加负荷速率。

3.1.3 停机

停机可以包括正常和应急两种。应考虑燃气轮机控制系统与被驱动设备间的关系。除另有规定外,为了防止电机倒拖或气体倒流,停机时自动装置应自动将被驱动装置与其相连的系统脱开。必要时,可操作放气系统,释放储存的能量。

a. 正常停机应根据特定的机械装置和用途要求编制程序,然后按程序安全地进行停机。可用手动、半自动和全自动操作方式操作,并应有重新启动的手段。

b. 应急停机必须能手动操作,同时能由保护装置自动停机。两种方式均能迅速关闭燃料截止阀,切断对燃气轮机的燃料供应,实施紧急停机程序。在停机后,故障未经排除之前,应不能重新启动。

3.2 燃料控制

从开始点火到最大工况,以及加速和减速的整个运行过程中,都应控制燃气轮机燃料的供给。

控制要求和保持整定值精度随应用情况而定,应在合同中详细规定。

3.2.1 稳态转速调节

有差调节的稳态转速不等率应能在额定转速的 2%~6% 范围内调整。

3.2.2 恒速

对于恒速运行的燃气轮机(特别是驱动发电机的)必须装有检测输出轴的转速调节器,其燃气轮机空载转速应能在 95%~106% 的额定转速范围内调整。如果用户另有要求,可与制造厂协商。

当发电机并网运行时,燃气轮机的转速调节器应在用户规定的时间内将最大额定输出功率减少到零,以便与其它并联运行机组的调节器协调一致。

3.2.3 变速

对需要在一定转速范围内运行的燃气轮机(如机械驱动),应提供相应的控制装置,改变空载转速的给定值。转速范围可协商确定。

3.2.4 同步控制

如果用户需要,转速调节系统应能进行同步转速控制。

3.3 性能要求

3.3.1 迟缓率(死区)

在额定转速和输出功率不超过最大输出功率时,迟缓率不应超过额定转速的 0.1%。但对发电用的大功率燃气轮机,希望其迟缓率更窄。

3.3.2 漂移

任何控制方式的漂移限制值须经制造厂和用户双方同意。

3.3.3 调速系统的稳定性

3.3.3.1 燃气轮机运行在空载与最大负荷之间。调速系统和燃料控制系统应能稳定地控制:

- a. 被驱动设备单独运行时的燃气轮机转速;
- b. 被驱动设备并列运行时进入燃气轮机的燃料输入量。

在某些情况下,可同时控制上述 a、b 两项。也要求运行稳定。

3.3.3.2 在下列情况下,调速系统和燃料控制系统认为是稳定的。

a. 当被驱动设备在持续负荷下运行,而由调速系统和燃料控制系统引起的燃气轮机转速的持续波动幅度不超过额定转速的 $\pm 0.12\%$,数字控制系统应不超过 $\pm 0.06\%$ 或更低。

b. 当被驱动设备以额定转速运行并与恒转速的其它被驱动设备并联运行时,由调速系统和燃料控制系统所引起的燃料输入量持续波动导致的输出功率值的变化不超过额定输出功率的 $\pm 2\%$,数字控制系统应不超过 $\pm 1.5\%$ 。

3.3.4 温度控制系统的稳定性

燃气轮机在当时环境下按整定的温度控制限值运行时,温度控制系统和燃料控制系统应能稳定地控制燃气轮机的温度。

超温保护或温度控制系统和燃料控制系统所引起的燃料输入量持续波动不会使输出功率值的峰—峰值变化超过额定输出功率 6% 即认为该系统稳定。数字控制系统可使其峰—峰值不超过 4%。

3.3.5 功率控制系统的稳定性

对于发电用的燃气轮机,当燃气轮机的电功率控制器是在恒频母线上处于功率控制运行时,功率控制和燃料控制系统应能稳定地控制功率负荷。

功率控制和燃料控制所引起的燃料输入量持续波动不会使输出功率值的峰—峰值变化超过额定输出功率的 4%,则可认为系统稳定。数字控制系统可使其峰—峰值不超过 3%。

3.3.6 机械驱动控制系统的稳定性

对于机械驱动用的燃气轮机,燃料控制系统应能稳定地控制燃气轮机的输出功率。

在稳定负荷条件下,燃料控制系统所引起的燃料输入量持续波动不会使输出功率产生峰—峰值变化超过额定输出功率的4%,则可认为系统稳定。数字控制系统可使其峰—峰值不超过3%。

3.3.7 整个系统的稳定性

在某些燃气轮机所驱动的设备及与其相关连的系统如受到越限影响时,上述的稳定性准则可能达不到。

3.3.8 瞬时的超速限制

除非与用户另有商定外,调速系统应在瞬间甩额定负荷的情况下能防止燃气轮机到达速断转速。

转速的瞬态过程不仅与调节器性能有关,也与燃气轮机的特性,转动惯量和瞬态负荷有关。

3.3.9 输出功率限制

为防止轴输出功率超负荷,可通过例如降低透平极限温度的方法,当然也可采用例如检测输出功率或把燃气发生器的转速作为控制参量的其它方法。

3.4 布线

为了减少运行中的故障,应考虑布线方法。包括线路的敷设、屏蔽、机械温度增高、振动、控制器间距离,测量仪表,电源线及端子连接,端子和导线标记以及电路的保护等。

4 保护系统

4.1 保护要求

4.1.1 燃料切断

除燃料调节阀外,燃料控制系统还应有一个单独的快速截止阀或切断阀,使其在停机时,切断供往燃气轮机的燃料,直到点火条件全部满足时方可打开。

应通过采用排泄阀和多重的截止阀,在燃气轮机停机后,使燃油漏入燃气轮机内的程度减到最小。

当使用气体燃料的燃气轮机停机后,应使用合适的排空阀,以减少气体燃料漏至燃气轮机内的危险。

4.1.2 超速保护

应配备超速遮断装置,应能在突然甩负荷情况下,保证瞬时转速不超过轴系或其它被驱动设备的最大安全极限,其主要功能是采取与调节器无关的措施来切断燃料。

在燃气轮机动力装置中,特别是在多轴的燃气轮机装置中,与其连接的设备在甩负荷时将承受很大的加速度。在超速装置遮断后,转速可能继续上升。此时,燃气轮机应不需检修仍能正常运行。而且必须同时保证通过电气、机械和液压等与其相连的辅助设备也能承受相应的超速。

每一根独立的轴系都应设有超速保护装置,而且应与带有超速遮断的主调节器无关。

设计的装置应允许进行超速保护装置试验。

在热量或大容量的高压空气积存情况下,有必要附加超速保护,而这种保护装置可采用例如排气阀或负荷电阻的形式,它们可以由主调节器或超速遮断装置分别或同时控制。

4.1.3 过低转速保护

燃气轮机或被驱动负荷存在过低转速限制情况下,应考虑过低转速保护。

4.1.4 防火保护

应备有火灾检测,并要有灭火和防止再次着火的措施。当检测到火灾时,应有报警装置和停机措施,还应考虑延时释放灭火剂。便于操作人员撤离。

4.1.5 熄火

在熄火的情况下,提供切断燃料的手段,以达到安全目的。

4.1.6 控制发生故障

当控制系统发生故障时,控制器与被控制设备应处于最安全可靠的工作状态。

4.2 报警和停机系统

保护系统应对可能引起燃气轮机或缩短寿命的参数进行监测、报警、停机和显示。典型的要求如表1

所示:

表 1 典型的报警和停机功能

项 目	功 能	
	报 警	停 机
润滑油压力低	△	△
超速遮断	△	△
透平排气温度高	△	△
透平或驱动设备超振	△	△
防火保护	△	△
备用润滑油泵投入	△	—
燃料供入压力低	△	—
火焰故障	△	△
进口空气过滤器压差高	△	△
润滑油箱液位高或低	△	—
润滑油过滤器压差高	△	—
润滑油冷却器出口温度高	△	—
轴承温度高或润滑油回油温度高	△	—
液压油压力低	△	△
透平辅机上的其它保护装置	△	△
与其它过程控制或驱动设备有关的项目	△	△

注: ① △, 信号动作

② 合同双方可相互协商选择本表项目。燃气轮机的保护项目与负荷或过程有关, 这应考虑作为强制或选择停机的因素。

4.2.1 音响报警

报警和停机系统应有音响装置。当出现报警并伴随有停机时, 报警应在停机之前发出, 以便可采取相应的措施。

4.2.2 光字牌

配备有报警、停机的通告系统, 但对报警与停机状态必须有所区分。光字牌应清楚地指出由什么原因引起停机, 除经合同双方同意最初安装的光字牌外, 还应有备用光字牌。

4.2.3 试验

经合同双方商定对某些特定用途的报警和停机系统可在运行期间作试验。

5 测试仪器

典型的测试仪器可以包括测量仪表、记录仪、积分器和数据采集仪器、仪表等, 无论是就地检测或遥测都应从安全、维护、运行及操作等方面考虑, 使测试仪器便于监视燃气轮机的运行。需要监视的典型参数例如:

温度、转速、压力、流量、振动、输出功率、起动次数、停机次数、运行小时数等。

6 通讯联络

为了进行遥控和遥测, 需要有监控管理设备作为燃气轮机控制系统与中心控制室之间的通讯接口。它所监视的参数及信息功能应与燃气轮机控制的参数及信息功能要求的并为监控管理设备所规定的信息完全一致。

附录 A

采用微型计算机系统的燃气轮机控制与保护系统 (补充件)

A1 总则

A1.1 范围

本附录适用于采用微型计算机(简称微机,下同)系统及数字控制系统进行燃气轮机控制与保护的系统。

A1.2 按可靠性和性能进行分类

A 型: 使用三个相同功能的微机平行工作,组成三冗余控制器。同时,使用一个上位微机对三个控制器进行协调与管理,该机可称为通讯器。这种容错系统在一个控制器出现故障时,不影响系统的可用性,也不影响燃气轮机超速的限制能力。系统工作时,可以切除一个控制器并检修故障。

B 型: 使用两个功能相同的微机平行工作,组成双冗余控制器。该系统能够检测故障,并在超速限制能力丧失时可使机组卸载或遮断停机。

C 型: 使用两个功能相同的微机平行工作,组成双冗余控制器。燃气轮机发生故障时,机组卸载或遮断停机以前,调速系统的输出置于“保持”位置,其它性能与 B 型相同。在此情况下,尽管系统输出可以手动控制,但调速系统对限制超速不起作用。

D 型: 只用一个微机系统作为燃气轮机的控制器,但该系统的输入信号可以采用双冗余传感器通道。并有检测输入通道故障的功能。该系统的微机发生故障则完全影响可用性。

A2 操作接口包括的内容

A2.1 操作控制按键

按操作控制功能可有以下操作控制按键组:

操作状态选择按键,选择关断、冷拖、点火、自动和遥控等工作状态。

负荷状态选择按键:预选负荷,基本负荷和尖峰负荷等负荷工况。

主控开关按键,起动、快速起动和停机等主控指令。

燃料选择按键:根据机组的需要可设有轻柴油、天然气、煤气、重油或原油等燃料的选择。

压气机进口导叶温度控制按键等操作控制按键。

A2.2 屏幕显示器(CRT)及显示操作按键(详见 A3)

A2.3 辅助显示器及其操作按键

采用 A 型冗余式微机系统时,也可以通过辅助显示器及其操作按键使机组在一个通道控制下工作。此时,其余两个通道微机及其上位微机“通讯器”均可退出控制功能。

A2.4 紧急停机按钮

紧急停机按钮应安装在盘面显著位置,其颜色应为红色,按钮尺寸较大,并应有防护边框。该按钮在按动之后应自锁,待事故处理完毕后,可以手动使按钮复位。

A3 屏幕显示器(CRT)的显示功能

A3.1 显示功能的选择

使用显示功能选择按键对 CRT 显示的功能进行选择。典型的显示功能选择按键如下:

正常显示按键;

报警显示按键;

手动控制显示按键;

数据显示按键;

为了使 CRT 显示各种数据,还要使用以下多种按键及键盘,如显示用键盘(数码键,字码键,输入键,消除键,执行键,空格键,移位键等)。显示光标移动键,按显示器上标示的功能进行选择的按键等。

A3.2 数据显示的主要内容

按下数据显示按键后,显示屏上应显示出“显示页面名称表”。显示页面名称的内容由供方和用户商定。

A4 微机系统输入、输出信号的屏蔽与隔离,电源的公共线与接地方法

A4.1 微机系统输入、输出信号的屏蔽

为了保证信号传输的质量,V 级以下的模拟量、V 级的开关量和脉冲量输入信号传输导线必需采用屏蔽导线。屏蔽导线外的屏蔽层在机上元件设备端应浮空,而在微机系统输入、输出端接地。信号线的屏蔽层按组件用导线连接汇总,并经导线接到屏蔽线接地母线板上。

A4.2 微机系统输入、输出信号的隔离

为了防止外部干扰信号进入到微机系统中,对于 V 级的开关量信号必须经过光电隔离器或其他方式的隔离器,再将信号输入微机芯片。

V 级的交流模拟量和 V 级的脉冲量,以及 V 级和 mV 级的直流模拟量最好经过隔离器、滤波器,再将信号输入微机芯片。输入信号变换电路的电源最好不与微机芯片共用同一个电源。

微机系统输出的 V 级开关量信号必需经过隔离器将输出信号送出。输出信号变换电路的电源最好不与微机芯片共用同一个电源。

微机系统输出的 V 级直流模拟量信号可以不经过隔离器输出。

A4.3 电源的公共线与接地方法

通讯器和控制器以外的模拟电路、继电器电路等的电源公共线要分别汇总,然后再引到同一条母线板上。该母线板与屏蔽线接地母线板都应接到接地母线板上。接地母线板可直接与控制盘外壳相连,也可浮空经电容与控制盘外壳相连,然后由外壳上的螺栓处经导线与大地相连。

A5 环境条件

在下述规定的任何环境条件下,控制装置及系统(包括模拟式电液控制系统)能够稳定的持续运行。

A5.1 环境温度

使用环境,即工作温度为 $0\sim+35^{\circ}\text{C}$ 。

储运温度为 $-40\sim+50^{\circ}\text{C}$ 。

A5.2 环境相对湿度

环境相对湿度在室内工作时为 $45\%\sim65\%$,在储运时为 $45\%\sim95\%$ 。

A5.3 环境振动

环境引起的控制装置的振动频率 $10\sim55\text{Hz}$,振幅 0.15mm 。

A5.4 环境的大气压力

大气压力: $0.086\sim0.106\text{MPa}$ 。

A5.5 在自然界和规定的电磁干扰情况下,装置能正常地运行。装置本身不应发出超过规定的无线电磁干扰。

A6 微机系统采用的软件

燃气轮机控制用的微机系统需要采用两种软件:应用软件和系统支持软件。

A6.1 应用软件

“应用软件”完成燃气轮机控制与保护的三种基本功能:机组起停程序控制、主回路控制和调节、机组

保护。

应用软件的功能可用控制接线原理图表示。

A6.2 系统支持软件

“系统支持软件”完成微机本身进行工作所需要的功能。

这些功能包括：

由微机引起的计算协调功能；

通讯的监督；

软件和硬件的初始化；

在线和离线诊断试验；

输入/输出的处理；

数据显示方式的“调整”能力；

确定显示的格式；

起停程序控制的汇编(翻译)与编辑；等等。

A6.3 微机系统一般可以采用三种类型语言写成的计算机程序产生“目标代码”

A6.3.1 汇编语言

用这种语言写成的计算机程序汇编成目标代码，并储存在存储器里。汇编程序把语言汇编成单条机器语言指令，执行起来很方便。

A6.3.2 高级语言

用这种语言写成的计算机程序编译成目标代码，并储存在存储器里。每条语句代表一个指令组，而不是单条机器指令。因此，用这种高级语言编程要比用汇编语言容易一些。

A6.3.3 中间语言——虚拟继电器起停程序控制语言

用这种语言写成的计算机程序必须用在“起停程序控制汇编和编辑”软件内的专用程序汇编成目标代码。该语言的优点是简单和容易接受，大致有12条语句。现场工作人员应了解这种语言，可在现场临时进行起停程序梯形图的修改。这种语言与目前代替继电器程序控制的可编程序控制器(PC)所用语言完全相同。

A7 微机系统的诊断试验功能

诊断试验可以帮助调试、维修人员验证燃气轮机控制系统是否能够正常工作，诊断故障情况，从而提高系统工作的可靠性。

在微机系统中，每个微机一般可有三种型式的诊断试验，即初始化诊断试验，离线诊断试验和在线诊断试验。

A7.1 初始化诊断试验

初始化诊断试验是微机初始化时自动进行的一些检查。控制盘通电时，微机系统的初始化过程要对微机中央处理器(CPU)可编程序只读存储器(PROM)、随机存储器(RAM)等进行试验，如有故障可在卡件上用指示灯进行显示。

A7.2 离线诊断试验

离线诊断试验是在机组停机状态下，控制盘通电后，对控制系统的硬件及软件进行检查，试验其是否发生故障或有损坏的情况。

离线诊断试验要借助CRT得到“诊断显示”结果。有些项目试验还要用一些专门的试验卡和试验电缆才可进行。

在安装调试时，以及在预防性维护和大修后都要进行离线诊断试验。

A7.3 在线诊断试验

在线诊断试验是在机组和控制系统工作情况下，定时地检查控制系统的硬件是否发生故障或损坏情况。

在线诊断出故障后可以发出诊断报警信息,并指出故障的卡件名称和位置,或具体地给出故障信号的名称。

附加说明:

本标准由机械电子工业部南京燃气轮机研究所提出。

本标准由机械电子工业部南京燃气轮机研究所归口。

本标准由南京燃气轮机研究所、南京汽轮电机厂负责起草。

本标准主要起草人盛亦儿、郭正渠。