

# 西门子 SGT5-4000(F)燃机燃气 ESV 阀故障分析及处理

贾文豪 种苗奇

青岛华丰伟业电力科技工程有限公司

DOI:10.12238/hwr.v5i4.3768

**[摘要]** 某项目西门子SGT5-4000F热态调试过程中,燃气ESV紧急截止阀在关闭后无法开启,多次尝试失败后,调试人员与西门子讨论后决定临时采用GT21的预混燃烧A阶段的关断阀替换它。通过对现场阀体拆解检查发现ESV阀执行器内部隔膜撕裂导致弹簧的牵引力无法由隔膜传导到阀杆,本文主要介绍了ESV阀故障的原因分析及后续改进方法。

**[关键词]** ESV阀; 燃机; 隔膜撕裂

**中图分类号:** TV7 **文献标识码:** A

Failure Analysis and Treatment of Gas ESV Valve of Siemens SGT5-4000 (F) Combustion Engine

Wenhao Jia Miaoqi Zhong

Qingdao Huafeng Weiye Electric Power Technology Engineering Co., Ltd

**[Abstract]** During the thermal commissioning of Siemens SGT5-4000F, the gas ESV emergency stop valve cannot be opened after closing. After many attempts failed, the commissioning personnel decided to temporarily replace the shut-off valve of the premixed combustion A stage with GT21. Through the disassembly of the field valve body, the ESV valve actuator failed to transfer the valve stem. This paper mainly introduces the causes of ESV valve failure and the subsequent improvement methods.

**[Key words]** ESV valve; combustion engine; diaphragm tear

## 引言

某地电厂采用联合循环技术,两组二拖一布置(1540MW),并具备单循环运行能力,每个Block主机包括2台西门子生产SGT5-4000F,燃机转子采用中心拉杆叠盘式,端面齿传扭;24个燃烧器均匀分布在环型燃烧室上,内置陶瓷遮热板,燃烧室配置两个火焰探测器,监视燃烧状况。整个机组及燃料控制阀组件布置在燃机罩壳内,燃料控制阀组件由扩散、预混、值班燃气调节阀和紧急关断阀组成,并通过分配支管连接到燃烧器,在启动中接近额定转速时由扩散燃烧向预混燃烧方式切换,值班气作为预混燃烧的稳定气源使用。

## 1 系统说明和控制特点

1.1 西门子SGT5-4000F的燃料系统说明。燃机启动时,前置站系统提供的天然气通过燃气系统管线接入燃机。通过环状管线将燃料分配到各个燃烧器。当

燃机收到启动命令后,SFC(静态励磁启动装置)激活,燃机会保持吹扫10分钟,吹扫结束后,SFC及励磁退出,转速下降至点火转速时(3.5Hz),天然气模块ESV(天然气紧急关断阀)打开,点火变通电,进入值班燃烧器的天然气被点火电极点燃。

天然气ESV打开后,点火变压器会通电12秒。如果ESV打开指令12秒内,火焰监视器检测到火焰,点火成功;否则启动点火失败,关闭ESV。点火成功后,在某个特定的转速下,天然气值班控制阀将会以线性的时间函数开始打开,持续的增加天然气的流量。

1.2 ESV阀控制特点。西门子SGT5-4000F燃机中使用的ESV是一种带弹簧的气动执行机构关断阀,主要用于燃机条件或者其他紧急情况时切断天然气输送。ESV阀通过仪用气对隔膜施压开启,通过弹簧挤压来关闭,动作时间小于1秒( $<=0.3s$ )。

型号: BR300

厂家: PRUSS

设计压力: 51.7 bar

设计温度: 250℃

尺寸: NPS 10" ANSI CLASS 600

执行机构: PPA1200

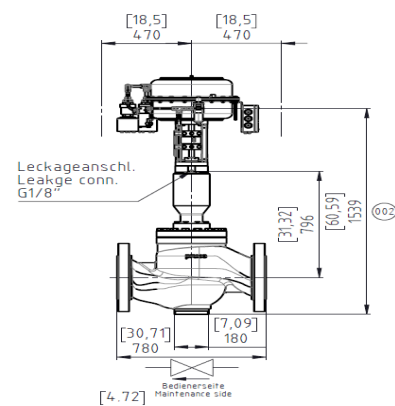


图1 ESV阀

## 2 ESV阀故障现象及原因分析

2.1 故障现象。热态调试过程中,燃

气ESV紧急截止阀在关闭后无法开启,多次尝试无果后,调试人员对就地已经拆卸的气动ESV阀拆解以及检查,在阀座以及阀套上未发现任何问题,执行机构位置内部与阀杆相连的隔膜发生明显的撕裂,可能在关闭过程受到超限的拉力而导致阀杆和隔膜分离,从而发生阀芯无法关闭的情况。



图2 ESV阀隔膜撕裂



图3 ESV阀芯无法全关

2.2 阀门试验及原因分析。最初的原因分析认为隔膜能承受的拉力远小于弹簧带动隔膜牵引阀杆的拉力,厂家在出厂前的测试中未发生这种现象。因此需要通过试验对可能存在的原因进一步分析。

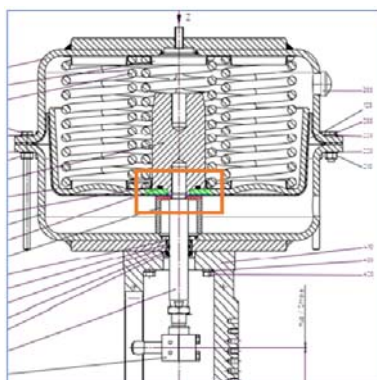


图4 隔膜与阀杆连接位置

试验中在ESV阀上下游加装盲板后关闭状态下测试,在上游内腔充压缩空气模拟天然气压力,而下游内腔则保持大气压力,执行器所用仪用气压力和调试时相同。



图5 阀门进行测试

为了确认是平衡孔的有效面积影响,厂家特意对同型号的ESV阀进行了测试,在平衡孔不变得情况下,模拟上有压力42bar进行了测试。结果在第八次的测试时隔膜发生了撕裂。

用GT11原ESV阀体更换隔膜后进行测试,试验中观察到,在开启阀门的最初几毫秒内,阀杆向上移动的很快,并触及了执行器的机械限位。在超限之后,阀杆

非常迅速地回到超限之前的位置,并正常全开。阀门开启、关闭8次后执行机构损坏。损伤情况与GT11启动时相同。

机组未运行状态下,ESV阀和阀后控制阀都处于关闭状态,两个阀之间的放散阀是处于打开状态。在这种情况下,ESV阀上游的天然气的压力40bar左右,而ESV阀因为有平衡孔的缘故,阀腔内部的压力和阀下游的压力是相同的都是大气压力。

在机组启动时,Pilot阶段的控制阀打开,极短时间内ESV阀打开,在开启过程中,ESV阀内腔的压力远远小于天然气的压力,此时因为有平衡孔的存在,这个差压迅速消失,而天然气作用于阀座的反作用力减弱到最小,达到平衡状态。

如果ESV阀内腔的平衡孔过小,在ESV阀开启时间内,内腔压力和下游管形成较高的压力差,此时天然气的反作用力会快速作用到阀座上面,带动阀杆推动连接阀杆的隔膜快速上升,作用到隔膜上的升力超过隔膜的设计限值时发生撕裂。

由于燃气的特殊要求,生厂商改变了ESV阀底座的设计,减小了阀腔平衡孔的有效面积,使得天然气在阀腔内部的平衡力小于天然气对底座的反作用力,导致隔膜受损。

2.3 临时处理方案。GT11在燃机热态调试时,ESV阀在点火过程中因跳机故障关闭后无法打开,在将GT21的同型号ESV阀挪到GT11,安装完成后对ESV阀进行在冷态状况下测试开关都没有问题,但在机组热态调试过程中再次出现了同样的问题。为不影响现场调试进度将原气动的ESV阀更换为油动关断阀。

作为一个临时方案,GT11和GT12的ESV阀由GT21/GT22的预混A阶段油动截止阀所替代,与此同时改变了DCS逻辑的控制方式,使其能够与实际运行环境相匹配,作为安全考虑此类型的关断阀能够与气动关断阀达到同等的效果。在后期对原ESV气动阀进行升级并完成后将逐一恢复,使各机组处于正常状态。

2.4 设计改进及试验。设计改进包括:重新设计气缸底座,调整平衡孔尺寸并重新设计隔膜衬套增加杆与弹簧组之间的力传递。

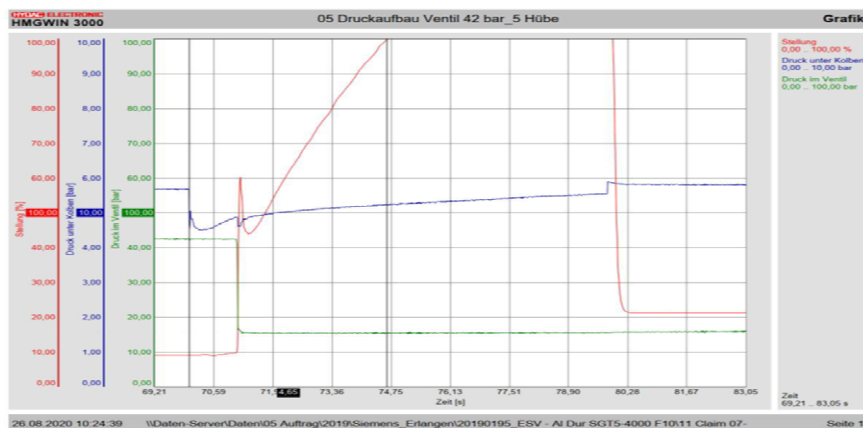


图 6 GT11 ESV 阀开关测试曲线

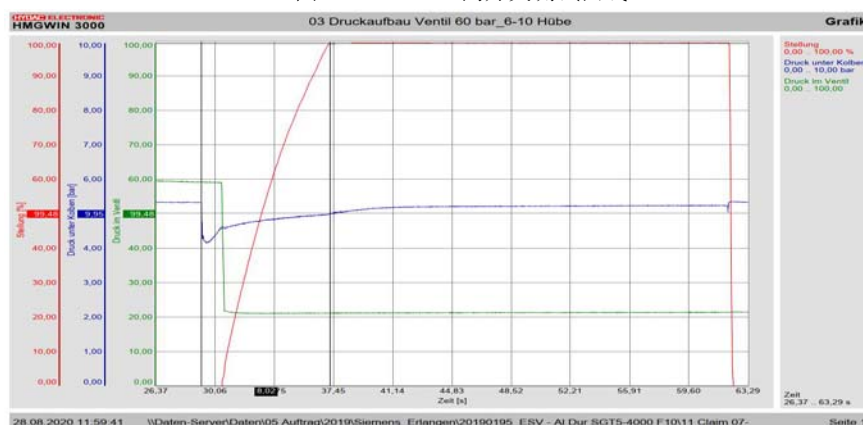


图 7 ESV 阀改进后的开关测试曲线

为了确保阀门改进后的可靠性,在上游空气压力为60bar<sub>g</sub>的条件下,对改进平衡孔的设计重新进行了试验,阀门开启和关闭50次。



图8 ESV阀内部气囊弹簧底座

改进后的ESV在上游压力60bar的环境下进行了测试,实验过程中未发生超限现象。所记录的阀门位置和行程也显示正常。

50次循环试验后检查,没有迹象表明有任何可能的损坏和变形,见图8。

由此说明改进后的ESV阀成效显著,可靠性稳定,完全满足现场使用。

2.5气动阀的选型建议。气动阀门的特性一般有两种:使用特性和结构特性。使用特性规定了该气动阀门的主要使用性能和使用的范围,它包括阀门的类别(调节型、开关型)的选择、产品类型(蝶阀、球阀等)的选择、阀门主要零件的材料要求以及阀门的流量特性等。结构特性规定了气动阀门的安装、维修、保养的方法,它包含气动阀门的结构长度和总体高度、与管道的连接形式(螺纹连接、法兰连接和焊接端连接)以及密封面的形式(堆焊、喷焊)。对于气动阀的选择主要注意以下几点:

(1)明确气动阀门在流程中的主要作用,确定生产工艺条件,介质类型(是否含有固体颗粒,介质是否含有有毒有害物质,是否是属于易燃、易爆介质以及介质的雷诺系数大小)、工作压力和工作温度等。

(2)确定气动阀门的连接管道的公称通径和连接方式。

(3)确定气动阀门的种类:调节型、开关型等。

(4)确定气动阀门的型式:球阀、蝶阀、单座阀和套筒阀等。

(5)确定气动阀门的参数:动执行机构的单双作用形式、故障时阀门的起闭状态、最大和最小流量要求、正常流动的压降、关闭时的压力降、阀门的最大和最小进口压力、流量特性、密封等级以及排放能力等。

(6)根据生产管路输送的介质、工作压力、工作温度等参数确定阀门的材质。

### 3 结束语

通过ESV阀开关试验,发现阀芯到阀杆的传力大小对阀门开关有一定的影响,后续厂家对阀体的平衡孔、气缸底座和隔膜衬套进行了重新改进,避免阀芯传力到阀杆的传力过大,消除了可能发生的隔膜撕裂。试验中对已改进的ESV阀进行了多次试验,ESV阀都能正常开关,消除了故障。有效提高并优化了ESV阀的安全可靠性,这将为后续机组的调试工作开展提供宝贵的经验。

### 【参考文献】

[1]贾新旺,蔡其波,王蓬蕙.某型燃气轮机空气截止阀故障分析及处理[J].中国修船,2018,31(03):1-3.

[2]隋建.浅谈气动阀的选型及故障分析[J].通用机械,2019,(10):37-38+67.

[3]李建军.燃机转子冷却空气余热利用系统优化方案的研究[J].中国电机(技术版),2016,(01):67-70.

### 作者简介:

贾文豪(1993—),男,汉族,山西汾阳人,本科,助理工程师,从事电力运维工作。