



# 火力发电厂汽轮机监视和保护系统验收测试规程

Code for acceptance test of TSI & ETS in fossil fuel power plant

DL/T 1012—2006

## 前 言

本标准是根据《国家发展改革委办公厅关于印发 2006 年度电力行业标准项目计划的通知》(发改办工业[2006]1093 号)安排制定的。

本标准由中国电力企业联合会提出。

本标准由电力行业热工自动化标准化技术委员会归口并解释。

本标准起草单位：湖北省汉新发电有限公司、湖北省电力公司。

本标准主要起草人：陈万海、袁天平、邓庆松。



## 1 范 围

本标准规定了火力发电厂汽轮机(包括给水泵汽轮机)监视和保护系统验收测试的内容、方法及应达到的技术要求。

本标准适用于装设单机容量为 125MW~600MW 等级机组的火力发电厂汽轮机(包括给水泵汽轮机)监视和保护系统新建工程各个阶段的验收测试和技术改造工程的验收测试。其他容量机组的验收测试以及机组检修后的测试也可参照执行。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件,其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本标准,然而,鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件,其最新版本适用于本标准。

DL/T 701	火力发电厂热工自动化术语
DL 5000	火力发电厂设计技术规程
DL/T 5190.5	电力建设施工及验收技术规范 第 5 部分:热工自动化

## 3 术语、定义和缩略语

下列术语、定义和缩略语适用于本标准;其他术语、定义和缩略语参见 DL/T 701。

### 3.1 汽轮机监视仪表 turbine supervisory instruments(简称 TSI)

是一种连续监测汽轮发电机组轴系和汽缸的机械工作参数(包括转速、振动、差胀、偏心、轴向位移等)的系统,并在被测参数超出预设值时发出报警及停机信号。有时该装置还可提供用于故障诊断的各种数据。

### 3.2 汽轮机紧急跳闸系统 emergency trip system(简称 ETS)

在汽轮机运行过程中出现异常时,能采取必要措施进行处理,并在异常情况继续发展到可能危及设备及人身安全时,能采取断然措施停止汽轮机运行的保护系统。汽轮机危急跳闸系统又称汽轮机保护系统。

### 3.3 超速跳闸保护 over-speed protection trip(简称 OPT)

汽轮机保护系统功能之一,当汽轮机转速超过某一限值时自动跳闸,迅速关闭调速汽门和主汽门。

## 4 验收测试的内容及测试条件

### 4.1 验收测试的内容

4.1.1 在完成系统调试后,应按有关规定进行功能和性能的测试,对已完成的测试项目,在最终验收时可以通过检查合格的测试记录(该记录须由业主、施工、调试等有关方签字),且证明符合要求而免于测试,必要时验收方可以决定进行必要的抽测。

4.1.2 ETS 和 TSI 的性能测试和系统的抗干扰能力的测试,还应在系统投入运行后根据机组运行的实际情况进行测试。

4.1.3 新建机组完成 168h(72h)试运行后以及最终验收时,ETS 系统应进行正确动作次数、完好率和接入率的统计和考核。



4.1.4 机组启动前应进行机炉电大连锁模拟试验。

#### 4.2 测试条件

4.2.1 根据汽轮机监测仪表系统和保护系统的原理图及接线图,按照设备制造厂的说明书和有关标准,确保设备已经安装到位,线路接线正确、牢固。

4.2.2 系统供电电源可靠,供电品质符合要求。

4.2.3 系统接地、信号电缆屏蔽、绝缘性能符合设备制造厂的要求及 DL 5000 的规定。

4.2.4 系统的工作环境应符合制造厂技术规范的要求。

4.2.5 测试仪器符合计量检定标准。

4.2.6 就地测量元件、取源部件、电磁阀及继电器、开关等设备的安装应符合 DL/T 5190.5 的有关规定。系统组件及传感器、前置器、压力开关等已经过校验,校验数据合格。

4.2.7 最终验收测试应在系统已进行静态调试并合格,所有组件工作稳定、可靠,并随主机安全稳定地连续运行 60d 以上。

4.2.8 现场具备在线测试条件,有完善的技术和安全措施。

4.2.9 设备制造厂及设计图纸资料齐全。

## 5 汽轮机监测仪表系统

### 5.1 功能测试

#### 5.1.1 轴向位移监视功能测试

5.1.1.1 试验前轴向位移应按制造厂的要求正确调整零位。

5.1.1.2 测量传感器安装间隙电压,应符合制造厂的规定。

5.1.1.3 调整传感器间隙,利用塞尺或千分表进行检查,并记录前置器对应的输出电压及轴向位移监视器示值。其系统测量误差应在 $\pm 3\%$ 以内。

5.1.1.4 改变传感器间隙,对报警及危急信号的输出进行测试:当传感器调整到报警设定值时,监视器应发出报警输出接点信号(传感器调整应按正、负两个方向进行调整,应遵照不同制造厂的设计安装方式的要求测试);当传感器调整到停机设定值时,监视器应发出停机输出接点信号。

#### 5.1.2 差胀监视功能测试

5.1.2.1 试验前差胀应按制造厂的要求正确调整零位。

5.1.2.2 用塞尺检查传感器安装间隙,应符合制造厂的规定。

5.1.2.3 调整传感器与测量面之间的间隙,利用塞尺或千分表进行检查,并记录前置器对应的输出电压及差胀监视器示值。其系统测量误差应在 $\pm 3\%$ 以内。

5.1.2.4 改变传感器间隙,对报警及危急信号的输出进行测试:当传感器调整到报警设定值时,监视器应发出报警输出接点信号;当传感器调整到停机设定值时,监视器应发出停机输出接点信号。

#### 5.1.3 转子偏心及键相监视功能测试

5.1.3.1 测量传感器安装间隙电压,应符合制造厂的规定。

5.1.3.2 在盘车状态和升速状态,将前置器对应的输出电压及监视器示值与就地安装的机械千分表或者偏心度指示表示值进行比较。其综合误差应在 $\pm 8\%$ 以内。

5.1.3.3 改变传感器间隙,对报警信号的输出进行测试。当传感器调整到报警设定值时,监视器应发出报警输出接点信号。

#### 5.1.4 振动监视功能测试



5.1.4.1 用塞尺检查轴振动传感器安装间隙或者用万用表测量前置器对应的间隙电压值,用万用表测量轴承座振动传感器的阻值,应符合制造厂的规定。

5.1.4.2 利用专用函数发生器给监视器输出相应的信号,记录振动监视器示值,与理论值进行比较。其系统测量误差应在 $\pm 3\%$ 以内。

5.1.4.3 改变信号输出值,对报警及危急信号的输出进行测试:当信号发生器给定信号调整到报警设定值时,监视器应发出报警输出接点信号;当信号发生器给定信号调整到停机设定值时,监视器应发出停机输出接点信号。

#### 5.1.5 转速及零转速监视功能测试

5.1.5.1 用塞尺检查传感器安装间隙,应符合制造厂规定。

5.1.5.2 转速监测器示值全量程精度应在 $\pm 1r/min$ 之内。

5.1.5.3 对报警信号的输出进行测试:当汽轮机转速到达各个报警设定值时,监视器应发出报警输出信号。

#### 5.1.6 缸胀监视功能测试

5.1.6.1 试验前缸胀传感器应按制造厂的要求正确地调整零位。

5.1.6.2 调整传感器使之伸长或缩短,利用游标卡尺进行检查,并记录前置器对应的输出电压及缸胀监视器示值。其系统测量误差应在 $\pm 3\%$ 以内。

5.1.6.3 调整传感器位置,对报警信号的输出进行测试:当传感器调整到报警设定值时,监视器应发出报警输出接点信号。

#### 5.1.7 监视器状态、旁路、报警及危急指示功能测试

该项仅对具有类似功能的监测仪表系统进行测试。当测量回路正确连接,传感器间隙调整在监视器指示量程范围内时,其指示应正常,否则应有故障指示;当线路发生故障或者人为切除监视器通道时,该通道应发出旁路指示;当监视器发出报警和停机输出信号时,监视器应发出相应的报警和停机指示,当报警消失后,复位监视器,报警和停机指示应消失。

### 5.2 性能测试

#### 5.2.1 模件在线维护性能测试

TSI 装置应具备模件在线更换功能。将模件设置为通道旁路、危险旁路方式,对有关线路进行维修、更换监视器模件时危险继电器不会动作。

#### 5.2.2 通、断电抑制功能测试

在电源接通或断开的瞬间,监视器不会误发信号。

#### 5.2.3 监视器在线自诊断功能测试

根据装置具有的自诊断功能(上电自诊断、周期性自诊断及用户启动自诊断),按照制造厂提供的说明,人为设置部分故障方式测试装置的在线自诊断功能,查看自诊断结果,并作好记录。

#### 5.2.4 缓冲输出及记录仪输出功能测试

将前置器输出信号与对应的监视器缓冲输出信号进行比较,测试缓冲输出通道的有效性。

将对应的量程信号送入监视器,对监视器指示值与监视器输出模拟量进行比较,测试监视器记录仪输出通道的有效性。

#### 5.2.5 数据通信能力测试

具有与 DCS 数据通信功能的监测仪表,应按照制造厂提供的通信参数进行通信速率、通信数据、数据刷新时间等内容的测试。通过专用信号发生装置使 TSI 监视仪表产生各种数据向 DCS 提供,在工程师站打印出相应的数据清单及趋势图。



## 6 汽轮机保护系统

### 6.1 功能测试

#### 6.1.1 操作按钮及指示灯测试

对于专用 ETS 操作盘或在 DCS 显示器画面上的软键盘,都应该进行转换开关、按钮及指示灯测试,以确认各转换开关及按钮工作正常,且操作目的与执行结果一致,操作灵活,无卡涩或拒动现象出现;各指示灯能准确显示 ETS 系统工作状态及相应的报警项目。

#### 6.1.2 电超速跳闸保护验收测试

**6.1.2.1** 汽轮机电超速跳闸保护试验按照制造厂规定的方式进行。宜在机组第一次带初负荷一段时间后进行;热态机组可以在主汽压力达到规定值时直接升速进行试验。试验前应先做阀门严密性试验,然后汽轮机挂闸开启高中压主汽门,进行手动打闸试验,确认手动危急遮断装置动作可靠。

**6.1.2.2** 试验前应确认电超速跳闸保护及汽轮机振动保护、轴向位移保护、差胀保护等保护均已投入,以确保机组安全。同时应退出 DEH 系统 OPC 和 110%保护,且由专人负责退除机械超速保护,一旦发现汽轮机转速高于电超速跳闸设定值 10r/min,应立即手动打闸停机。

**6.1.2.3** 升速过程应平稳,在 3000r/min 向上升速过程中绝不允许中间停留。

**6.1.2.4** 严密监视汽轮机转速及轴承振动,一旦发现振动异常而振动保护未动作,应立即打闸停机。

**6.1.2.5** 投入计算机记录打印,记录电超速保护动作值。若电超速保护实际动作值与 110%规定值的偏差超过  $\pm 2\text{r/min}$ ,则需重新整定设定值,再进行试验。试验完成后,应立即打印出转速趋势图及相关参数。

#### 6.1.3 跳闸回路测试

跳闸回路测试应在汽轮机挂闸后进行。每项保护应分别进行测试,测试方法应采用模拟实际保护接点动作进行。若在测试其中一项保护时,其他保护实际发生动作,则机组应跳闸停机。

#### 6.1.4 机电炉大连锁模拟试验

机电炉大连锁调试完成后应对其进行连锁模拟试验,确认锅炉跳闸 MFT、汽轮机跳闸、发电机跳闸中任意一个动作,另外两个主保护应按设计要求动作,并应有显示信息及动作情况记录。

### 6.2 性能测试

#### 6.2.1 压力开关测试

接入 ETS 系统跳闸回路的压力开关在完成调试后应进行测试,在最终验收进行必要抽查测试时,应随意选取现场安装的 ETS 系统压力开关,在实验室中采用标准校验台进行以下指标的测试,合格率应为 100%。

a) 准确度测试:每台压力开关在设定值上重复校验两次,其动作值与设定值相对误差不大于 1%(按照设定值是上行还是下行进行)。

b) 回差:压力开关动作值( $p_d$ )与压力开关返回值( $p_r$ )之间的差值  $\sigma$  应满足  $2\%p_d \leq \sigma \leq 6\%p_r$ 。

#### 6.2.2 首出跳闸原因记忆测试

**6.2.2.1** 对于采用可编程控制器的 ETS 系统,测试首出跳闸原因记忆功能。

**6.2.2.2** 对于进入分散控制系统的 ETS 系统,测试追忆跳闸的事件顺序。

#### 6.2.3 系统电源失电、切换测试

若 ETS 系统设计安装有相互切换的电源回路,对主电源与备用电源分别断开供电总开关,进行相互切换测试,若切换时引起部分回路断电或者引起机组跳闸,则电源回路切换不合格;若 ETS 系统设计安装有两路独立的供两个通道的电源,则分别断开其中一路电源的供电总开关,相应断电的





通道跳闸电磁阀应该动作。除非两路电源均断开，否则不应引起机组跳闸。电源切换时，ETS 保护回路不得出现抖动或误动。

#### 6.2.4 系统接地绝缘测试

6.2.4.1 检测系统交直流回路的绝缘，用 500V 绝缘电阻表检查，其绝缘电阻不应小于  $1\text{M}\Omega$ 。

6.2.4.2 检测跳闸电磁阀(对直流 220V 供电线圈应采用 1000V 绝缘电阻表检测)，其线圈绝缘电阻应不小于  $2\text{M}\Omega$ 。

#### 6.2.5 动作正确性，完好率和接入率考核

6.2.5.1 在机组运行过程中应作好 ETS 系统的动作正确性、完好率和接入率的统计。

##### 6.2.5.2 ETS 动作正确性考核。

a) ETS 应进行动作正确性考核。在考核期内不应发生 ETS 拒动或错误动作。

b) ETS 系统正确动作次数的统计工作自整套系统投入工作后即开始进行。开始计算动作正确性的时间可由供需双方商定，其间不允许解除跳闸条件。

c) ETS 系统动作正确性的统计期应不小于 90d(需扣除机组停机检修时间)。如果在此期间 ETS 发生任何拒动或者错误动作，则系统应重新进行不少于 90d 的动作正确性考核，在此期间若系统再发生错误动作，则判定系统为不合格。

##### 6.2.5.3 ETS 完好率考核。

a) ETS 系统输入输出点的完好率不得低于 99%。

b) ETS 系统的完好率可按式(1)计算，即

$$F = n / N \times 100\% \quad (1)$$

式中：

n——抽样检查时合格的输入输出点数；

N——总抽样检查点数，其中用于 ETS 动作回路的输入输出点必须全部检查合格。

##### 6.2.5.4 输入输出点的接入率测试：

a) ETS 系统输入输出点的接入率不得低于 99%。

b) ETS 系统的接入率可按式(2)计算，即

$$J = I / D \times 100\% \quad (2)$$

式中：

I——实际接入的输入输出点数；

D——设计的输入输出点数。

## 7 抗干扰能力测试

7.1 电缆的检查。检查安装在汽轮机轴承箱内的延伸电缆应耐油、耐高温和耐振，传感器和延伸电缆的插件外表面应采取绝缘措施。检查接入 TSI 及 ETS 系统的电缆选型和安装情况。模拟量信号必须采用计算机控制双绞屏蔽电缆；开关量信号也必须采用屏蔽控制电缆。控制电缆与动力电缆的敷设应符合 DL/T 5190.5 的有关规定。对腐蚀性较强、温度较高的地方应敷设耐腐蚀、耐高温的电缆。



7.2 抗射频干扰能力测试。按照分散控制系统抗干扰要求进行测试。

7.3 系统只允许单点接地，测试接地电阻小于规定值。检查 TSI 装置接地点应符合制造厂要求。

7.4 抗共模差模干扰能力测试。

a) 测试要求：在输入端子处测量从现场引入的共模干扰电压和差模干扰电压。

b) 实际共模干扰电压值应小于输入模件抗共模干扰电压能力的 60%。

c) 实际差模干扰电压所引起的通道误差应满足式(3)的要求，即

$$U_N \% / 10^{\frac{NMR}{20}} \leq 0.05 \% \delta \quad (3)$$

式中：

$U_N\%$ ——信号回路中的交流分量(峰峰值)与该信号量程之比；

NMR——差模抑制比。

## 8 文档验收

系统应提供下列完整有效的文档资料：

- a) 技术协议；
- b) 汽轮机监测仪表系统校验记录；
- c) ETS 系统压力开关校验记录；
- d) 制造厂提供的技术资料及图纸；
- e) ETS 系统试验报告；
- f) TSI 系统传感器安装记录；
- g) ETS、TSI 系统设计接线原理图；
- h) 汽轮机 TSI 系统测点布置图；
- i) 汽轮机保护参数设定值；
- j) 专用调试仪器说明书。