**ICS 17.160**

**N 10**

**团体标准**

T/CSEE XXXX-YYYY

|  |
| --- |
|       |

火力发电厂电涡流式振动位移传感器

检测规范

|  |
| --- |
| Detection specification of Eddy Current Vibrtation Displacement Sensor in Thermal Power Plant |
| (征求意见稿) |

XXXX - XX - XX发布

XXXX - XX - XX实施

中国电机工程学会   发布

目次

[前  言 II](#_Toc108091175)

[1 范围 1](#_Toc108091176)

[2 规范性引用文件 1](#_Toc108091177)

[3 概述 1](#_Toc108091178)

[4 计量特性 1](#_Toc108091179)

[5 通用技术要求 2](#_Toc108091180)

[5.1 外观及附件 2](#_Toc108091181)

[5.2 其他技术要求 2](#_Toc108091182)

[6 检测条件 2](#_Toc108091183)

[6.1 环境条件 2](#_Toc108091184)

[6.2 检测标准仪器 2](#_Toc108091185)

[7 检测项目及检测方法 3](#_Toc108091186)

[7.1 检测项目 3](#_Toc108091187)

[7.2 检测方法 3](#_Toc108091188)

[8 检测结果 7](#_Toc108091189)

[9 检测周期 7](#_Toc108091190)

[附录 A （资料性） 检测原始记录格式 8](#_Toc108091191)

[附录 B （资料性） 检测证书内页格式 10](#_Toc108091192)

前  言

本文件按照《中国电机工程学会标准管理办法（暂行）》的要求，依据GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1 部分：标准化文件的结构和起草规则》给出的规则起草。

本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本文件由中国电机工程学会提出。

本文件由中国电机工程学会热工自动化标准专业委员会技术归口和解释。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

本文件为首次发布。

本文件在执行过程中的意见或建议反馈至中国电机工程学会标准执行办公室（地址：北京市西城区白广路二条1 号，100761，网址：http：//www.csee.org.cn，邮箱：cseebz@csee.org.cn）。

火力发电厂电涡流式振动位移传感器检测规范

1. 范围

本文件应用于（0~500）Hz频率范围内，火力发电厂机组TSI系统（汽轮机监测仪表）电涡流式振动位移传感器的检测。

1. 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T2298-2010 机械振动与冲击 术语

GB/T 20485.1-2008 振动与冲击传感器的校准方法 基本概念

GB/T 20485.11-2006 振动与冲击传感器校准方法 第11部分：激光干涉法振动绝对校准

GB/T 20485.21-2007 振动与冲击传感器校准方法 第21部分：振动比较法校准

JJG 34-2008 指示表（指针式、数显式）

JJG 134-2003 磁电式速度传感器

JJG（冀）135-2017 数显式大量程千分表

JJG 233 压电加速度计

JJG 644-2003 振动位移传感器

JJG 2054-2015 振动计量器具检定系统表

1. 概述

电涡流式振动位移传感器(以下简称传感器)一般由传感器和前置器两部分组成，其主要用于机械振动测量，它利用电涡流效应将机械振动的位移量转变成电压或电流的变化量，用来测量振动位移。

在发电企业，传感器主要用于TSI系统轴振、偏心、轴向位移、胀差、转速测点的测量。

1. 计量特性

传感器的计量特性见表1。

表1 传感器的计量性能要求

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 检测项目 | 计量性能要求/% | 备注 |
| 静态指标 | 静态灵敏度误差 | ±5 | 与出厂技术指标比较 |
| 静态幅值线性度 | 10mm量程以下±2.0；10mm量程以上±5.0 |  |
| 回程误差 | 1.0  |  |
| 幅值重复性 | 1.0  |  |
| 动态指标 | 动态灵敏度误差 | ±5 | 与出厂技术指标比较 |
| 动态频率响应 | ±10 |  |
| 动态线性度 | ±5 |  |

备注：在发电企业，一般根据传感器的测点位置选择考核其动态或静态技术指标，例如：对于轴振测点而言，仅需要考核其动态指标；对于轴向位移和胀差测点，仅需要考核其静态指标。

1. 通用技术要求
	1. 外观及附件

（1）传感器产品的外壳上应有铭牌，标明产品名称、规格型号、制造厂、出厂日期和编号。

（2）传感器输出导线及各连接部件应配备齐全、完好、可靠。

（3）传感器敏感部分表面的化学处理层不应有划痕和脱落现象。

* 1. 其他技术要求

传感器生产厂家应给出传感器的其他技术指标，如：线性范围、绝缘电阻、绝缘强度、重量、外形尺寸、供电要求、功耗及安装方式等。

1. 检测条件
	1. 环境条件

（1）温度：(23±3)℃（绝对法）、(23±5)℃（比较法）；

（2）湿度：≤75%RH；

（3）电源电压的变化不超过额定电压的±10%；

（4）检测现场应无强振源、强磁场的干扰及腐蚀性气液体。

* 1. 检测标准仪器

根据被检传感器的不同用途选择下列检测标准仪器设备。

静态和动态检测中均会使用到靶面，其作用为与电涡流探头产生涡流效应。推荐使用圆形靶面，其直径要大于被检传感器探头直径的5倍以上，靶面材料推荐使用42CrMo4、45#钢。

6.2.1 静态指标检测标准仪器

位移测量仪器：测量不确定度优于被测传感器不确定度的1/3。

（1）标准量块：四等量块，不确定度（0.2+2*L*）μm，*k*=3；

（2）千分表：分辨力为0.005μm，（0~10）mm，示值误差±15μm；

（10~30）mm，示值误差±15μm；

（30~50）mm，示值误差±20μm；

（3）百分表：分辨力为0.01μm，（0~10）mm，示值误差±20μm；

（0~25）mm，示值误差±30μm；

（4）位移静校器：（0~50）mm，示值误差±10μm。

6.2.2 动态指标检测标准仪器

（1）绝对法振动标准装置：包括激光测振仪、振动发生系统、测量系统和必要的隔振基础，其测量范围和不确定度应满足表2要求。

表2 绝对法振动标准装置的测量范围和不确定度

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 名称 | 测量范围 | 测量不确定度(*k*=2) |
| 频率范围 | *U*rel |
| 绝对法振动标准装置 | f：(0.005~5000)Hzd：(1×10-8~0.5)m | （0.005~0.1）Hz | 3% |
| （>0.1~5000）Hz | 1% |

（2）比较法振动标准装置：包括振动标准套组、振动发生系统、测量系统和必要的隔振基础，其测量范围和不确定度应满足表3要求。

表3 比较法振动标准装置的测量范围和不确定度

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 名称 | 测量范围 | 测量不确定度*(k*=2) |
| 频率范围 | *U*rel |
| 比较法标准装置 | f：(0.01~5000)Hzd：(1×10-8~0.5)m | （0.01~20）Hz | 5% |
| （>20~2000）Hz | 2% |
| （>2000~5000）Hz | 2% |

1. 检测项目及检测方法
	1. 检测项目

表4 检测项目一览表

|  |
| --- |
| 检测项目 |
| 静态指标 | 静态灵敏度误差 |
| 静态幅值线性度 |
| 回程误差 |
| 幅值重复性 |
| 动态指标 | 动态灵敏度误差 |
| 动态频率响应 |
| 动态线性度 |

* 1. 检测方法
		1. 静态指标的检测

静态灵敏度的检测方法如下：将被检传感器安装在位移测量仪器上，用数字多用表测量传感器输出，调整传感器与靶平面（与电涡流探头产生涡流效应）位置，使其位于线性范围中点位置（根据传感器输出线性范围的起始电压和终点电压确定），以该中点位置为起始位置，规定离靶平面近端为负行程，远端为正行程，测量范围为（-*l*~*l*）。改变传感器的测量距离以每10%量程为1个测量点，即步进为*l*/5，在整个测量范围内，包括上、下限值共测11个测量点，测量顺序如下图所示，从起始位置开始步进至下限后步进返回起始位置，再步进至上限后步进返回起始位置，记录各个测量点传感器的输出值*U*和传感器的移动距离*L*，此为一个循环，一共测 3个循环。



图1 位移步进顺序

根据上图1，认为从-*l*到*l*为正行程，从*l*到-*l*为负行程，将测量数据中10%到90%量程的正、负行程各9个检测点的数据取为1组，共取3组，采用最小二乘法计算，线性回归方程如下：

 （1）

式中：

—传感器的灵敏度，V/mm；

—截距，V；

—给定位移，mm；

—传感器输出信号的回归值，V。

根据给定位移和传感器相应的输出值，按最小二乘法公式计算出*S*：

 （2）

 （3）

式中：

*n*—测量次数(*i=*1,2,3……n)；

—给定位移量平均值()，mm；

—给定位移量相应输出的平均值()，V。

7.2.1.1 静态灵敏度误差

灵敏度误差的检测同灵敏度检测同时进行，其偏差按公式（4）计算：

 （4）

式中：

—灵敏度相对误差，%；

—灵敏度测量值，V/mm；

—灵敏度出厂值，V/mm。

7.2.1.2 静态幅值线性度

传感器幅值线性度同灵敏度检测同时进行，选取包括上、下限值在内的三次正行程的测量点数据，将数据采用最小二乘法进行线性拟合，算出传感器输出值和其线性回归值之间的最大差值，幅值线性度计算如公式（5）所示：

 （5）

式中：

—幅值线性度，%；

—传感器输出值和其线性回归值之间的最大差值，V；

—在上限时传感器输出值，V。

7.2.1.3 回程误差

传感器回程误差同灵敏度检测同时进行，按照公式（6）所示：

 （6）

式中：

—第*i*个测量点的回程误差，%；

—第*i*个测量点3次上行程传感器输出值的算术平均值，V；

—第*i*个测量点3次下行程传感器输出值的算术平均值，V；

—在上限时传感器输出值，V。

7.2.1.4 幅值重复性

传感器幅值重复性同灵敏度检测同时进行，由3次循环中同一行程的同一测量点的 3次测量的传感器输出值，得出相互间的最大差值，幅值重复性按照公式（7）所示：

 （7）

式中：

—第*i*个测量点的幅值重复性，%；

—第*i*个测量点的值，V；

—在上限时传感器输出值，V。

* + 1. 动态指标的检测

7.2.2.1 动态参考灵敏度

（1） 比较法

选用比较法振动标准装置作为检测仪器，在检测时要用适合的支架将被检传感器固定在标准振动台台面垂直方向上的靶面中心位置，并确保支架及传感器非活动部分与振动台台体之间不产生相对运动。

在被检传感器的动态范围内，根据传感器不同用途选择合适的频率点（如表5所示），和推荐位移值进行检测。

表5 传感器在不同测点选择的频率和位移值

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 用途 | 频率/Hz | 指定位移值/μm |
| 大机轴振 | 55 | 150 |
| 小机轴振 | 80 | 100 |
| 风机轴振 | 20或40 | 120 |
| 偏心 | 10 | 50 |

被检传感器的输出值与振动台的位移值之比为该传感器的动态参考灵敏度，其计算方法如公式（8）所示。

 （8）

式中：

—标准加速度计参考加速度灵敏度，mV/(m·s-2)或pC/(m·s-2)；

—被检传感器动态参考灵敏度，mV/m或pC/m；

—标准加速度计输出值，mV或pC；

—参考点处被检传感器输出值，mV或pC；

—位移传感器的参考频率，Hz。

（2）绝对法

选用绝对法（正弦逼近法或条纹计数法）振动标准装置作为标准仪器，在被测传感器动态范围内选取某一实用的频率（参考表5）和某一指定位移值(推荐80μm，100μm，120μm，150μm)进行正弦激振，将激光光点调整到尽量靠近振动台台面中心的位置，则被测传感器的输出值*U*与参考点处振动位移值*D*之比为该传感器的动态参考灵敏度，如公式（9）所示。

 （9）

式中：

—被检传感器动态参考灵敏度，mV/μm；

—参考点处被检传感器输出值，mV。

—参考点处振动位移值,μm。

灵敏度误差按公式（9）计算：

 （10）

式中：

—灵敏度相对误差，%；

—被检传感器动态参考灵敏度，mV/μm；

—灵敏度出厂值，mV/μm。

7.2.2.2 频率响应

传感器安装在振动台上后，在其动态范围内，均匀地选取包括上、下限值在内的不少于7个频率值，推荐选择(10、20、40、50、55、60、80、100、120)Hz频率点，推荐位移值参考表5，在保持振动台位移恒定的情况下，测量各频率点传感器的输出值，并计算出各点的动态灵敏度，然后按公式（11）计算各测量点灵敏度与动态参考灵敏度的相对误差。

 （11）

式中：

—第i个频率点的动态灵敏度与动态参考灵敏度的相对误差，%；

—第i个频率点的动态灵敏度，mV/μm；

—动态参考灵敏度，mV/μm。

7.2.2.3 动态线性度

根据不同的用途和安装位置，在传感器的频率范围内选取某一实用的频率值，参考表5，并选取7个位移值进行激振，推荐选择(20，40，60，80，100，120，150，200，250，300，…) μm位移值，分别测量各位移点的传感器输出值和振动台的位移幅值，计算出各测量点传感器的动态位移灵敏度，然后按公式（12）计算各测量点灵敏度与动态参考灵敏度的相对误差。

 （12）

式中：

—第*i*个位移点的动态灵敏度与动态参考灵敏度的相对误差，%；

—第*i*个位移点的动态灵敏度，mV/μm；

—动态参考灵敏度，mV/μm。

1. 检测结果

检测结果按照本文件第4章计量特性要求判别，检测原始记录格式和证书内页格式参见附录A和附录B。

1. 检测周期

由于发电企业机组检修（大修）期间间隔一般为4-6年，故根据实际情况，建议检测周期为4年。

附录 A
（资料性）
检测原始记录格式

委托单位：

生产厂商：

型号规格：

出厂编号：

测量范围：

环境温度 ：

相对湿度 ：

检测项目：

A.1静态指标

1.外观检查：\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

2.静态灵敏度误差

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 静态灵敏度测量值V/mm | 静态灵敏度出厂值V/mm | 相对误差/% |
|  |  |  |

3.静态幅值线性度、回程误差、幅值重复性

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 标准位移/mm | 第一次 | 第二次 | 第三次 |
| 上行程 | 下行程 | 上行程 | 下行程 | 上行程 | 下行程 |
| 位移/mm | 电压/V | 位移/mm | 电压/V | 位移/mm | 电压/V | 位移/mm | 电压/V | 位移/mm | 电压/V | 位移/mm | 电压/V |
| 　 | 　 | 　 | 　 | 　 | 　 | 　 | 　 | 　 | 　 | 　 | 　 | 　 |
| 　 | 　 | 　 | 　 | 　 | 　 | 　 | 　 | 　 | 　 | 　 | 　 | 　 |
| 　 | 　 | 　 | 　 | 　 | 　 | 　 | 　 | 　 | 　 | 　 | 　 | 　 |
| 　 | 　 | 　 | 　 | 　 | 　 | 　 | 　 | 　 | 　 | 　 | 　 | 　 |
| 　 | 　 | 　 | 　 | 　 | 　 | 　 | 　 | 　 | 　 | 　 | 　 | 　 |
| 　 | 　 | 　 | 　 | 　 | 　 | 　 | 　 | 　 | 　 | 　 | 　 | 　 |
| 　 | 　 | 　 | 　 | 　 | 　 | 　 | 　 | 　 | 　 | 　 | 　 | 　 |
| 　 | 　 | 　 | 　 | 　 | 　 | 　 | 　 | 　 | 　 | 　 | 　 | 　 |
| 　 | 　 | 　 | 　 | 　 | 　 | 　 | 　 | 　 | 　 | 　 | 　 | 　 |
| 　 | 　 | 　 | 　 | 　 | 　 | 　 | 　 | 　 | 　 | 　 | 　 | 　 |
| 　 | 　 | 　 | 　 | 　 | 　 | 　 | 　 | 　 | 　 | 　 | 　 | 　 |

A.2动态指标

1.外观检查：\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

2.动态灵敏度误差

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  参考频率 Hz |  参考位移μm | 动态参考灵敏度mV/μm |  动态灵敏度出厂值mV/μm | 相对误差/% |
|  |  |  |  |  |

3.频率响应

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 频率Hz | 位移μm | 灵敏度mV/μm | 频率响应/% |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |

4.动态线性度

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  频率 Hz | 位移μm | 灵敏度mV/μm |  动态线性度/% |
|  |  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |

附录 B
（资料性）
检测证书内页格式

B.1静态指标

1.外观检查：\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

2.静态灵敏度误差

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 静态灵敏度测量值V/mm |  静态灵敏度出厂值V/mm | 相对误差/% | 灵敏度误差要求值/% |
|  |  |  |  |

3.静态幅值线性度、回程误差、幅值重复性

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 标准位移/mm | 输出电压/V | 幅值线性度 | 回程误差 | 幅值重复性 |
| 实测值 | 要求值 | 实测值 | 要求值 | 实测值 | 要求值 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |

B.2动态指标

1.外观检查：\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

2.动态灵敏度误差

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  参考频率 Hz |  参考位移μm | 动态参考灵敏度mV/μm | 动态灵敏度出厂值mV/μm | 相对误差/% | 灵敏度误差要求值/% |
|  |  |  |  |  |  |

3.频率响应

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 频率Hz | 位移μm | 灵敏度mV/μm | 频率响应/% | 频率响应要求值/% |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |

4.动态线性度

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  频率 Hz | 位移μm | 灵敏度mV/μm |  动态线性度/% |  动态线性度 要求值/% |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |