



# (12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105738057 B

(45)授权公告日 2019.01.22

(21)申请号 201610100995.8

(22)申请日 2016.02.24

(65)同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 105738057 A

(43)申请公布日 2016.07.06

(73)专利权人 中国航空动力机械研究所  
地址 412002 湖南省株洲市芦淞区董家墩

(72)发明人 邹亚晨 梅庆 李彦 边杰

(74)专利代理机构 长沙智嵘专利代理事务所  
(普通合伙) 43211

代理人 胡亮

(51)Int.Cl.

G01M 7/02(2006.01)

G01H 11/06(2006.01)

(56)对比文件

CN 104061994 A,2014.09.24,  
JP 特开平8-201254 A,1996.08.09,

CN 102425639 A,2012.04.25,

黄太平等.弹性阻尼支承动态特性分析与试验.《南京航空航天大学学报》.1983,第22-36页.

审查员 颜彦

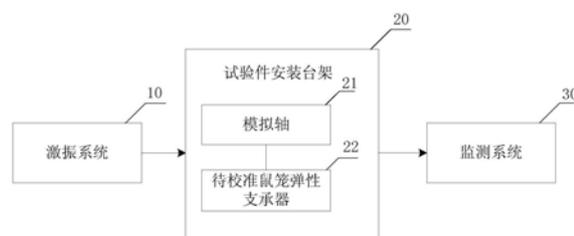
权利要求书2页 说明书7页 附图5页

## (54)发明名称

鼠笼弹性支承器振动应变与振幅校准系统和方法

## (57)摘要

本发明公开了一种鼠笼弹性支承器振动应变与振幅校准系统和方法,该鼠笼弹性支承器振动应变与振幅校准系统包括激振系统,与模拟轴相连,用于产生激振力并将产生的激振力施加给模拟轴;试验件安装台架,用于安装模拟轴和待校准鼠笼弹性支承器,并通过模拟轴将激振系统施加的激振力传递给待校准鼠笼弹性支承器;监测系统,与待校准鼠笼弹性支承器相连,用于记录待校准鼠笼弹性支承器在激振力下的笼条振动应变和轴承座外环振幅。本发明操作简单,拆装方便,真实地模拟了鼠笼弹性支承器的工作状态,可适用于不同型号鼠笼弹性支承器的应变与振幅的校准,避免了鼠笼弹性支承器在试车台进行标定试验,减少了大量的人力和物力浪费。



1. 一种鼠笼弹性支承器振动应变与振幅校准系统,其特征在于,包括:

激振系统(10),与模拟轴(21)相连,用于产生激振力并将产生的所述激振力施加给所述模拟轴(21);

试验件安装台架(20),用于安装所述模拟轴(21)和待校准鼠笼弹性支承器(22),并通过所述模拟轴(21)将激振系统(10)施加的激振力传递给所述待校准鼠笼弹性支承器(22);

监测系统(30),与所述待校准鼠笼弹性支承器(22)相连,用于记录所述待校准鼠笼弹性支承器(22)在所述激振力下的笼条振动应变和轴承座外环振幅;

所述激振系统(10)包括:

信号发生器(11),用于产生频率相同且相位相差90度的两路正弦电压信号;

两个功率放大器(12),分别与所述信号发生器(11)相连,用于分别放大所述信号发生器(11)产生的所述两路正弦电压信号中的一路信号;

两个激振器(13),与所述两个功率放大器(12)和所述模拟轴(21)相连,用于分别接收所述两个功率放大器(12)对应放大的所述两路正弦电压信号,并施加频率与所述信号发生器(11)产生的所述正弦电压信号的频率相同的正弦激振力给所述模拟轴(21),所述两个功率放大器(12)还用于改变所述两个激振器(13)的激振力的大小,以获取不同激励力下的笼条振动应变和轴承座外环振幅;

模拟轴(21)远离激振器(13)一端通过关节轴承(23)支承在支座组件(25)上,靠近激振器(13)一端通过发动机的球轴承(42)支承在待校准鼠笼弹性支承器(22)上;待校准鼠笼弹性支承器(22)通过弹支压环(27)固定在弹支安装座(26)上,弹支安装座(26)再通过轴承压紧螺母(29)固定到支座组件(25)上,而关节轴承(23)则直接通过轴承压环(24)轴向定位,安装在支座组件(25)上;发动机的球轴承(42)通过轴承压紧螺母(29)与内环垫圈(28)安装在待校准鼠笼弹性支承器(22)的轴承安装槽中,以便将模拟轴(21)受到激振器(13)施加的旋转力场传递到安装座(26)上。

2. 根据权利要求1所述的鼠笼弹性支承器振动应变与振幅校准系统,其特征在于,所述两个激振器(13)在竖直方向上互成90度角设置。

3. 根据权利要求1或2所述的鼠笼弹性支承器振动应变与振幅校准系统,其特征在于,所述两个激振器(13)均包括激振杆,所述激振杆安装在所述模拟轴(21)的轴头中,用于对所述模拟轴(21)进行激振,以使所述模拟轴(21)受到旋转力场作涡动运动。

4. 根据权利要求1所述的鼠笼弹性支承器振动应变与振幅校准系统,其特征在于,所述监测系统(30)包括:

应变片(31),粘贴在所述待校准鼠笼弹性支承器(22)的笼条的根部,用于采集所述待校准鼠笼弹性支承器(22)的笼条振动应变;

振动应变测量仪(32),与所述应变片(31)相连,用于将所述应变片(31)采集的所述待校准鼠笼弹性支承器(22)的笼条振动应变转换为振动应变电压信号;

动态信号分析仪(33),与所述振动应变测量仪(32)相连,用于分析并存储所述振动应变测量仪(32)转换的所述振动应变电压信号。

5. 根据权利要求1或4所述的鼠笼弹性支承器振动应变与振幅校准系统,其特征在于,所述监测系统(30)还包括:

电涡流传感器(34),用于采集所述待校准鼠笼弹性支承器(22)的轴承座外环振幅;

电涡流前置器(35),与所述电涡流传感器(34)相连,用于将所述电涡流传感器(34)采集的所述待校准鼠笼弹性支承器(22)的轴承座外环振幅转换为电涡流电压信号;

所述动态信号分析仪(33)还与所述电涡流前置器(35)相连,用于分析并存储所述电涡流前置器(35)转换的所述电涡流电压信号。

6.一种鼠笼弹性支承器振动应变与振幅校准方法,其特征在于,采用如权利要求1-5中任一所述的鼠笼弹性支承器振动应变与振幅校准系统进行,该方法包括步骤:

记录待校准鼠笼弹性支承器在不同激振力下的笼条振动应变 $\epsilon$ 和轴承座外环振幅 $y$ ;所述记录待校准鼠笼弹性支承器在不同激振力下的笼条振动应变 $\epsilon$ 和轴承座外环振幅 $y$ 的步骤包括:

将模拟轴和所述待校准鼠笼弹性支承器安装于试验件安装台架上:在试验件安装台架上安装模拟轴和待校准鼠笼弹性支承器,其中,将模拟轴分别支撑在发动机的球轴承与关节轴承上;同时,发动机的球轴承安装在待校准鼠笼弹性支承器中,而待校准鼠笼弹性支承器与关节轴承则均直接安装在支座组件上,并用轴承压环轴向限位;

采用激振系统产生激振力并将产生的所述激振力施加给所述模拟轴;

通过监测系统记录所述待校准鼠笼弹性支承器在所述激振力下的笼条振动应变 $\epsilon$ 和轴承座外环振幅 $y$ ;

通过最小二乘法获取所述笼条振动应变 $\epsilon$ 与所述轴承座外环振幅 $y$ 的比值 $\epsilon/y$ ;

根据获取的笼条振动应变与轴承座外环振幅的比值 $\epsilon/y$ ,计算出待校准鼠笼弹性支承器的修正系数 $K$ 。

7.根据权利要求6所述的鼠笼弹性支承器振动应变与振幅校准方法,其特征在于,

所述根据获取的笼条振动应变与轴承座外环振幅的比值 $\epsilon/y$ ,计算出待校准鼠笼弹性支承器的修正系数 $K$ 的步骤之后还包括:

根据计算出的待校准鼠笼弹性支承器的修正系数 $K$ ,确定待校准鼠笼弹性支承器的振动应变限制值。

## 鼠笼弹性支承器振动应变与振幅校准系统和方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及航空发动机领域,特别地,涉及一种鼠笼弹性支承器振动应变与振幅校准系统和方法。

### 背景技术

[0002] 在中小型航空发动机研制过程中,通过鼠笼弹性支承器振动应变监测保证压气机、涡轮在性能试验中安全可靠的运行是一种重要的特种振动测试技术。现有技术中,往往使用经验公式 $\epsilon = k \frac{3h}{l} y$ 来计算鼠笼弹性支承器笼条根部振动应变 $\epsilon$ 与鼠笼弹性支承器轴承座外环振幅 $y$ 的关系以用于确定鼠笼弹性支承器的振动应变限制值,其中,经验公式中 $h$ 为笼条厚度, $l$ 为笼条长度, $k$ 为修正系数。目前,鼠笼弹性支承器的振动应变限制值均是建立在 $k=1$ 的假设上的理论计算值。实际上,修正系数 $k$ 不一定正好等于1,尤其是当笼条刚度足够大时(即当鼠笼弹性支承器刚性较强时),使得两端套筒为绝对刚性的假设趋于不合理,而会使计算限制值存在较大误差。随着各型号航空发动机研制过程的推进,越来越多的强刚性鼠笼弹性支承器(鼠笼弹性支承器刚度大于 $1 \times 10^7 \text{N/m}$ )被采用,同时,对鼠笼弹性支承器振动应变监测的准确性和可靠性也提出了更高的要求。为了得到较真实的 $k$ 值,如何获取各型鼠笼弹性支承器笼条根部振动应变与鼠笼弹性支承器轴承座外环振幅关系就显得非常必要。

[0003] 因此,鼠笼弹性支承器振动应变监测的准确性和可靠性不高,是一个亟待解决的问题。

### 发明内容

[0004] 本发明提供了一种鼠笼弹性支承器振动应变与振幅校准系统和方法,以解决鼠笼弹性支承器振动应变监测的准确性和可靠性不高的问题。

[0005] 本发明采用的技术方案如下:

[0006] 根据本发明的另一方面,提供一种鼠笼弹性支承器振动应变与振幅校准系统,包括激振系统,与模拟轴相连,用于产生激振力并将产生的激振力施加给模拟轴;试验件安装台架,用于安装模拟轴和待校准鼠笼弹性支承器,并通过模拟轴将激振系统施加的激振力传递给待校准鼠笼弹性支承器;监测系统,与待校准鼠笼弹性支承器相连,用于记录待校准鼠笼弹性支承器在激振力下的笼条振动应变和轴承座外环振幅。

[0007] 进一步地,激振系统包括:

[0008] 信号发生器,用于产生频率相同且相位相差90度的两路正弦电压信号;

[0009] 两个功率放大器,分别与信号发生器相连,用于分别放大信号发生器产生的两路正弦电压信号中的一路信号;

[0010] 两个激振器,与两个功率放大器和模拟轴相连,用于分别接收两个功率放大器对应放大的两路正弦电压信号,并施加频率与信号发生器产生的正弦电压信号的频率相同的正弦激振力给模拟轴。

- [0011] 进一步地,两个激振器在竖直方向上互成90度角设置。
- [0012] 进一步地,两个激振器均包括激振杆,激振杆安装在模拟轴的轴头中,用于对模拟轴进行激振,以使模拟轴受到旋转力场作涡动运动。
- [0013] 进一步地,两个功率放大器还用于改变两个激振器的激振力的大小,以获取不同激励力下的笼条振动应变和轴承座外环振幅。
- [0014] 进一步地,监测系统包括:
- [0015] 应变片,粘贴在待校准鼠笼弹性支承器的笼条的根部,用于采集待校准鼠笼弹性支承器的笼条振动应变;
- [0016] 振动应变测量仪,与应变片相连,用于将应变片采集的待校准鼠笼弹性支承器的笼条振动应变转换为振动应变电压信号;
- [0017] 动态信号分析仪,与振动应变测量仪相连,用于分析并存储振动应变测量仪转换的振动应变电压信号。
- [0018] 进一步地,监测系统还包括:
- [0019] 电涡流传感器,用于采集待校准鼠笼弹性支承器的轴承座外环振幅;
- [0020] 电涡流前置器,与电涡流传感器相连,用于将电涡流传感器采集的待校准鼠笼弹性支承器的轴承座外环振幅转换为电涡流电压信号;
- [0021] 动态信号分析仪,与电涡流前置器相连,还用于分析并存储电涡流前置器转换的电涡流电压信号。
- [0022] 根据本发明的另一方面,提供一种鼠笼弹性支承器振动应变与振幅校准方法,包括步骤:
- [0023] 记录待校准鼠笼弹性支承器在不同激振力下的笼条振动应变 $\epsilon$ 和轴承座外环振幅 $y$ ;
- [0024] 通过最小二乘法获取笼条振动应变 $\epsilon$ 与轴承座外环振幅 $y$ 的比值 $\epsilon/y$ ;
- [0025] 根据获取的笼条振动应变与轴承座外环振幅的比值 $\epsilon/y$ ,计算出待校准鼠笼弹性支承器的修正系数 $K$ 。
- [0026] 进一步地,根据获取的笼条振动应变与轴承座外环振幅的比值 $\epsilon/y$ ,计算出待校准鼠笼弹性支承器的修正系数 $K$ 的步骤之后还包括:
- [0027] 根据计算出的待校准鼠笼弹性支承器的修正系数 $K$ ,确定待校准鼠笼弹性支承器的振动应变限制值。
- [0028] 进一步地,记录待校准鼠笼弹性支承器在不同激振力下的笼条振动应变 $\epsilon$ 和轴承座外环振幅 $y$ 的步骤包括:
- [0029] 将模拟轴和待校准鼠笼弹性支承器安装于试验件安装台架上;
- [0030] 采用激振系统产生激振力并将产生的激振力施加给模拟轴;
- [0031] 通过监测系统记录待校准鼠笼弹性支承器在激振力下的笼条振动应变 $\epsilon$ 和轴承座外环振幅 $y$ 。
- [0032] 本发明具有以下有益效果:
- [0033] 本发明提出的鼠笼弹性支承器振动应变与振幅校准系统,利用激振系统和试验件安装台架模拟待校准鼠笼弹性支承器的运行环境,并通过监测系统准确地记录待校准鼠笼弹性支承器在不同激振力下的笼条振动应变和轴承座外环振幅,最终获得经过试验数据校

准的弹性支承器的振动应变限制值,以提高鼠笼弹性支承器振动应变监测的准确性和可靠性。本发明操作简单,拆装方便,真实地模拟了鼠笼弹性支承器的工作状态,可适用于不同型号鼠笼弹性支承器的应变与振幅的校准,避免了鼠笼弹性支承器在试车台进行标定试验,减少了大量的人力和物力浪费。

[0034] 本发明提出的鼠笼弹性支承器振动应变与振幅校准方法,通过记录待校准鼠笼弹性支承器在不同激振力下的笼条振动应变 $\epsilon$ 和轴承座外环振幅 $y$ ;通过最小二乘法获取所述笼条振动应变 $\epsilon$ 与所述轴承座外环振幅 $y$ 的比值 $\epsilon/y$ ;根据获取的笼条振动应变与轴承座外环振幅的比值 $\epsilon/y$ ,计算出待校准鼠笼弹性支承器的修正系数 $K$ 。本发明真实获取 $k$ 值,实现了从经验估计修正系数到试验校准修正系数的进步,提高了修正系数的真实可靠性,从而降低了压气机、涡轮性能试验的风险,推动了中小型航空发动机的研制。

[0035] 除了上面所描述的目的、特征和优点之外,本发明还有其它的目的、特征和优点。下面将参照图,对本发明作进一步详细的说明。

## 附图说明

[0036] 构成本申请的一部分的附图用来提供对本发明的进一步理解,本发明的示意性实施例及其说明用于解释本发明,并不构成对本发明的不当限定。在附图中:

[0037] 图1是本发明鼠笼弹性支承器振动应变与振幅校准系统一实施例的功能模块连接示意图;

[0038] 图2是图1中激振系统一实施例的功能模块连接示意图;

[0039] 图3是图1中激振系统一实施例的安装示意图;

[0040] 图4是图1中监测系统一实施例的功能模块连接示意;

[0041] 图5是本发明鼠笼弹性支承器振动应变与振幅校准系统一实施例的结构示意图;

[0042] 图6是图5中监测系统一实施例的安装示意图;

[0043] 图7是本发明鼠笼弹性支承器振动应变与振幅校准方法第一实施例的流程示意图;

[0044] 图8是本发明鼠笼弹性支承器振动应变与振幅校准方法第二实施例的流程示意图;以及

[0045] 图9是图7中所述记录待校准鼠笼弹性支承器在不同激振力下的笼条振动应变 $\epsilon$ 和轴承座外环振幅 $y$ 的步骤的细化流程示意图。

[0046] 附图标注说明:

[0047] 10、激振系统;11、信号发生器;12、功率放大器;13、激振器;20、试验件安装台架;21、模拟轴;22、待校准鼠笼弹性支承器;23、关节轴承;24、轴承压环;25、支座组件;26、安装座;27、弹支压环;28、内环垫圈;29、轴承压紧螺母;30、监测系统;31、应变片;32、振动应变测量仪;33、动态信号分析仪;34、电涡流传感器;35、电涡流前置器;41、外环垫圈;42、球轴承。

## 具体实施方式

[0048] 需要说明的是,在不冲突的情况下,本申请中的实施例及实施例中的特征可以相互组合。下面将参考附图并结合实施例来详细说明本发明。

[0049] 参照图1,本发明的优选实施例提供了一种鼠笼弹性支承器振动应变与振幅校准系统,包括激振系统10,与模拟轴21相连,用于产生激振力并将产生的激振力施加给模拟轴21;试验件安装台架20,用于安装模拟轴21和待校准鼠笼弹性支承器22,并通过模拟轴21将激振系统10施加的激振力传递给待校准鼠笼弹性支承器22;监测系统30,与待校准鼠笼弹性支承器22相连,用于记录待校准鼠笼弹性支承器22在激振力下的笼条振动应变和轴承座外环振幅。

[0050] 本实施例提出的鼠笼弹性支承器振动应变与振幅校准系统,利用激振系统和试验件安装台架模拟待校准鼠笼弹性支承器的运行环境,并通过监测系统准确地记录待校准鼠笼弹性支承器在不同激振力下的笼条振动应变和轴承座外环振幅,以提高鼠笼弹性支承器振动应变监测的准确性和可靠性。本发明操作简单,拆装方便,真实地模拟了鼠笼弹性支承器的工作状态,可适用于不同型号鼠笼弹性支承器的应变与振幅的校准,避免了鼠笼弹性支承器在试车台进行标定试验,减少了大量的人力和物力浪费。

[0051] 优选地,如图2和图3所示,本实施例提供的鼠笼弹性支承器振动应变与振幅校准系统,激振系统10包括信号发生器11,用于产生频率相同且相位相差90度的两路正弦电压信号;两个功率放大器12,分别与信号发生器11相连,用于分别放大信号发生器11产生的两路正弦电压信号中的一路信号;两个激振器13,与两个功率放大器12和模拟轴21相连,在垂直方向上互成90度角设置,用于分别接收两个功率放大器12对应放大的两路正弦电压信号,并施加频率与信号发生器11产生的正弦电压信号的频率相同的正弦激振力给模拟轴21。

[0052] 本实施例提出的鼠笼弹性支承器振动应变与振幅校准系统,激振系统通过一个信号发生器、两个功率放大器和激振器产生正弦激振力给模拟轴,以模拟鼠笼弹性支承器的工作状态,操作简单,不需要通过转子试验器,避免了转子试验件在试验器上的拆装,节约了大量的时间和人力物力。

[0053] 优选地,本实施例提供的鼠笼弹性支承器振动应变与振幅校准系统,两个激振器13均包括激振杆,激振杆安装在模拟轴21的轴头中,用于对模拟轴21进行激振,以使模拟轴21受到旋转力场作涡动运动。

[0054] 本实施例提出的鼠笼弹性支承器振动应变与振幅校准系统,真实地模拟转子的涡动运动,避免鼠笼弹性支承器在试车台进行校准试验,避免转子试验件在试验器上的拆装,节约了大量的时间和人力物力。

[0055] 进一步地,参见图2和图3,两个功率放大器12还用于改变两个激振器13的激振力的大小,以获取不同激励力下的笼条振动应变和轴承座外环振幅。

[0056] 本实施例提出的鼠笼弹性支承器振动应变与振幅校准系统,通过功率放大器同时改变两个激振器的激励力大小,以得到不同激励下弹支笼条与弹支轴承座外环的响应笼条应变变量与轴承外环振幅,以获得经试验数据校准的修正系数 $k$ ,确定待校准鼠笼弹性支承器的振动应变限制值。

[0057] 优选地,如图5和图6所示,本实施例提供的鼠笼弹性支承器振动应变与振幅校准系统,试验件安装台架20包括模拟轴21、待校准鼠笼弹性支承器22、关节轴承23;轴承压环24、支座组件25、安装座26、弹支压环27、内环垫圈28、轴承压紧螺母29、外环垫圈41和球轴承42。模拟轴21远离激振器13一端通过关节轴承23支承在支座组件25上,靠近激振器13一

端通过发动机的球轴承42支承在待校准鼠笼弹性支承器22上。待校准鼠笼弹性支承器22通过弹支压环27固定在弹支安装座26上,弹支安装座26再通过轴承压紧螺母29固定到支座组件25上,而关节轴承23则直接通过轴承压环24轴向定位,安装在支座组件25上。发动机的球轴承42通过轴承压紧螺母29与内环垫圈28安装在待校准鼠笼弹性支承器22的轴承安装槽中,以便将模拟轴21受到激振器13施加的旋转力场传递到安装座26上。

[0058] 优选地,参见图4,监测系统30包括应变片31,粘贴在待校准鼠笼弹性支承器22的笼条的根部,用于采集待校准鼠笼弹性支承器22的笼条振动应变;振动应变测量仪32,与应变片31相连,用于将应变片31采集的待校准鼠笼弹性支承器22的笼条振动应变转换为振动应变电压信号;动态信号分析仪33,与振动应变测量仪32相连,用于分析并存储振动应变测量仪32转换的振动应变电压信号。

[0059] 本实施例提出的鼠笼弹性支承器振动应变与振幅校准系统,通过应变片、振动应变测量仪和动态信号分析仪,以得到不同激励下的笼条应变变量,以精确计算出修正系数k,确定待校准鼠笼弹性支承器的振动应变限制值。

[0060] 优选地,参见图4,监测系统30还包括电涡流传感器34,用于采集待校准鼠笼弹性支承器22的轴承座外环振幅;电涡流前置器35,与电涡流传感器34相连,用于将电涡流传感器34采集的待校准鼠笼弹性支承器22的轴承座外环振幅转换为电涡流电压信号;动态信号分析仪33,与电涡流前置器35相连,用于分析并存储电涡流前置器35转换的电涡流电压信号。

[0061] 本实施例提出的鼠笼弹性支承器振动应变与振幅校准系统,通过电涡流传感器、电涡流前置器和动态信号分析仪,以得到不同激励下的轴承外环振幅,以精确计算出修正系数k,确定待校准鼠笼弹性支承器的振动应变限制值。

[0062] 如图7所示,本发明第一实施例提供一种鼠笼弹性支承器振动应变与振幅校准方法,包括步骤:

[0063] 步骤S100、记录待校准鼠笼弹性支承器在不同激振力下的笼条振动应变 $\epsilon$ 和轴承座外环振幅 $y$ 。

[0064] 鼠笼弹性支承器振动应变与振幅校准系统通过录测系统记录待校准鼠笼弹性支承器在不同激振力下的笼条振动应变 $\epsilon$ 和轴承座外环振幅 $y$ ,其中,监测系统包括应变片、振动应变测量仪、电涡流传感器、电涡流前置器和动态信号分析仪,监测系统利用应变片、振动应变和动态信号分析仪来记录待校准鼠笼弹性支承器在不同激振力下的笼条振动应变 $\epsilon$ ;利用电涡流传感器、电涡流前置器和动态信号分析仪来记录待校准鼠笼弹性支承器在不同激振力下轴承座外环振幅 $y$ 。

[0065] 步骤S200、通过最小二乘法获取笼条振动应变 $\epsilon$ 与轴承座外环振幅 $y$ 的比值 $\epsilon/y$ 。

[0066] 鼠笼弹性支承器振动应变与振幅校准系统通过最小二乘法,计算出笼条振动应变 $\epsilon$ 与轴承座外环振幅 $y$ 的比值 $\epsilon/y$ 。

[0067] 步骤S300、根据获取的笼条振动应变与轴承座外环振幅的比值 $\epsilon/y$ ,计算出待校准鼠笼弹性支承器的修正系数K。

[0068] 鼠笼弹性支承器振动应变与振幅校准系统根据获取的笼条振动应变与轴承座外环振幅的比值 $\epsilon/y$ ,代入下列经验公式中:

$$[0069] \quad \varepsilon = k \frac{3h}{l^2} y \quad (1)$$

[0070] 其中,  $h$  为笼条厚度,  $l$  为笼条长度。

[0071] 通过对公式 (1) 的变换, 即可获得经过试验数据校准的待校准鼠笼弹性支承器的修正系数  $K$ 。

[0072] 本实施例提出的鼠笼弹性支承器振动应变与振幅校准方法, 通过记录待校准鼠笼弹性支承器在不同激振力下的笼条振动应变  $\varepsilon$  和轴承座外环振幅  $y$ ; 通过最小二乘法获取笼条振动应变  $\varepsilon$  与轴承座外环振幅  $y$  的比值  $\varepsilon/y$ ; 根据获取的笼条振动应变与轴承座外环振幅的比值  $\varepsilon/y$ , 计算出待校准鼠笼弹性支承器的修正系数  $K$ 。本实施例真实获取  $k$  值, 实现了从经验估计修正系数到试验校准修正系数的进步, 提高了修正系数的真实可靠性, 从而降低了压气机、涡轮性能试验的风险, 推动了中小型航空发动机的研制。

[0073] 如图8所示, 本发明第二实施例提供一种鼠笼弹性支承器振动应变与振幅校准方法, 在第一实施例的基础上, 所述步骤S300之后包括:

[0074] 步骤S400、根据计算出的待校准鼠笼弹性支承器的修正系数  $K$ , 确定待校准鼠笼弹性支承器的振动应变限制值。

[0075] 鼠笼弹性支承器振动应变与振幅校准系统根据计算出的待校准鼠笼弹性支承器的修正系数  $K$  和公式 (1), 确定待校准鼠笼弹性支承器的振动应变限制值。

[0076] 本实施例提出的鼠笼弹性支承器振动应变与振幅校准方法, 根据计算出的待校准鼠笼弹性支承器的修正系数  $K$ , 确定待校准鼠笼弹性支承器的振动应变限制值, 本实施例通过设定一个有效、准确的鼠笼弹性支承器的振动应变限制值 (报警值), 保证工作转子处于安全运行的范围内。

[0077] 如图9所示, 本发明第一实施例提供一种鼠笼弹性支承器振动应变与振幅校准方法, 所述步骤S100具体包括:

[0078] 步骤S110、将模拟轴和待校准鼠笼弹性支承器安装于试验件安装台架上。

[0079] 在试验件安装台架上安装模拟轴和待校准鼠笼弹性支承器, 其中, 将模拟轴分别支撑在发动机的球轴承与关节轴承 (铰支点) 上。同时, 发动机的球轴承安装在待校准鼠笼弹性支承器中, 而待校准鼠笼弹性支承器与关节轴承则均直接安装在U型支座组件上, 并用轴承压环轴向限位。

[0080] 步骤S120、采用激振系统产生激振力并将产生的激振力施加给模拟轴。

[0081] 采用激振系统产生激振力并将产生的激振力施加给模拟轴, 其中, 激振系统包括一个信号发生器、两个功率放大器和两个激振器, 信号发生器产生频率相同且相位相差90度的两路正弦电压信号; 两个功率放大器分别放大信号发生器产生的两路正弦电压信号中的一路信号; 两个激振器分别接收两个功率放大器对应放大的两路正弦电压信号, 并施加频率与信号发生器产生的正弦电压信号的频率相同的正弦激振力给模拟轴。在本实施例中, 两个激振器均包括激振杆, 激振杆安装在模拟轴的轴头中, 用于对模拟轴进行激振, 以使模拟轴受到旋转力场作涡动运动。

[0082] 步骤S130、通过监测系统记录待校准鼠笼弹性支承器在激振力下的笼条振动应变  $\varepsilon$  和轴承座外环振幅  $y$ 。

[0083] 鼠笼弹性支承器振动应变与振幅校准系统通过录测系统记录待校准鼠笼弹性支

承器在不同激振力下的笼条振动应变 $\varepsilon$ 和轴承座外环振幅 $y$ ,其中,监测系统包括应变片、振动应变测量仪、电涡流传感器、电涡流前置器和仪动态信号分析仪,应变片粘贴在待校准鼠笼弹性支承器的笼条的根部,用于采集待校准鼠笼弹性支承器的笼条振动应变;振动应变测量仪将应变片采集的待校准鼠笼弹性支承器的笼条振动应变转换为振动应变电压信号;电涡流传感器采集待校准鼠笼弹性支承器的轴承座外环振幅;电涡流前置器将电涡流传感器采集的校准鼠笼弹性支承器的轴承座外环振幅转换为电涡流电压信号;动态信号分析仪,用于分析并存储振动应变测量仪转换的振动应变电压信号和电涡流前置器转换的电涡流电压信号,记录待校准鼠笼弹性支承器在不同激振力下的笼条振动应变 $\varepsilon$ 和轴承座外环振幅 $y$ 。

[0084] 本实施例提出的鼠笼弹性支承器振动应变与振幅校准方法,将模拟轴和待校准鼠笼弹性支承器安装于试验件安装台架上;采用激振系统产生激振力并将产生的激振力施加给模拟轴;、通过监测系统记录待校准鼠笼弹性支承器在激振力下的笼条振动应变 $\varepsilon$ 和轴承座外环振幅 $y$ 。本实施例真实地模拟了鼠笼弹性支承器的工作状态,可适用于不同型号鼠笼弹性支承器的应变与振幅的校准,避免了鼠笼弹性支承器在试车台进行标定试验,减少了大量的人力和物力浪费。

[0085] 以上所述仅为本发明的优选实施例而已,并不用于限制本发明,对于本领域的技术人员来说,本发明可以有各种更改和变化。凡在本发明的精神和原则之内,所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

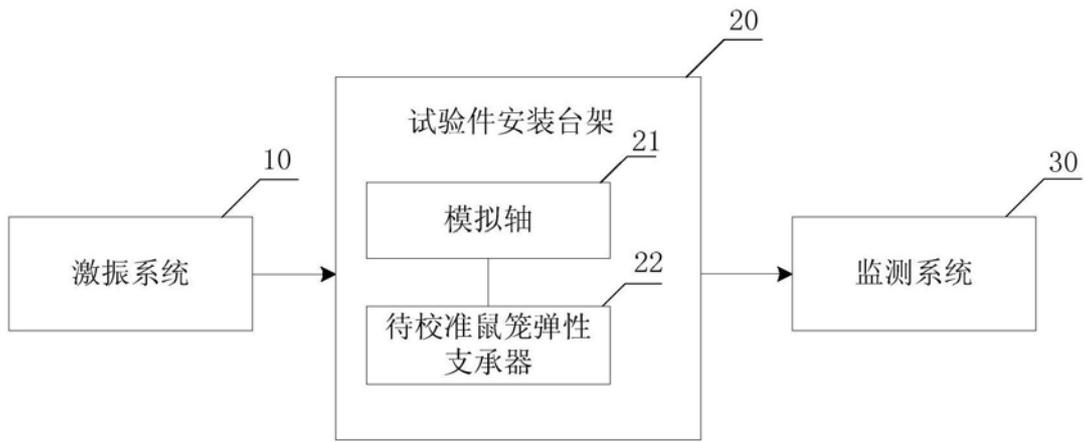


图1

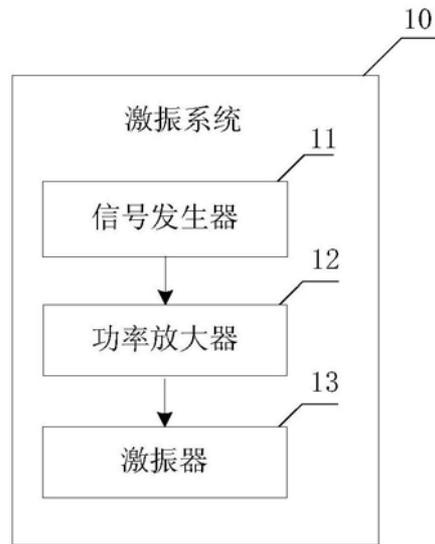


图2

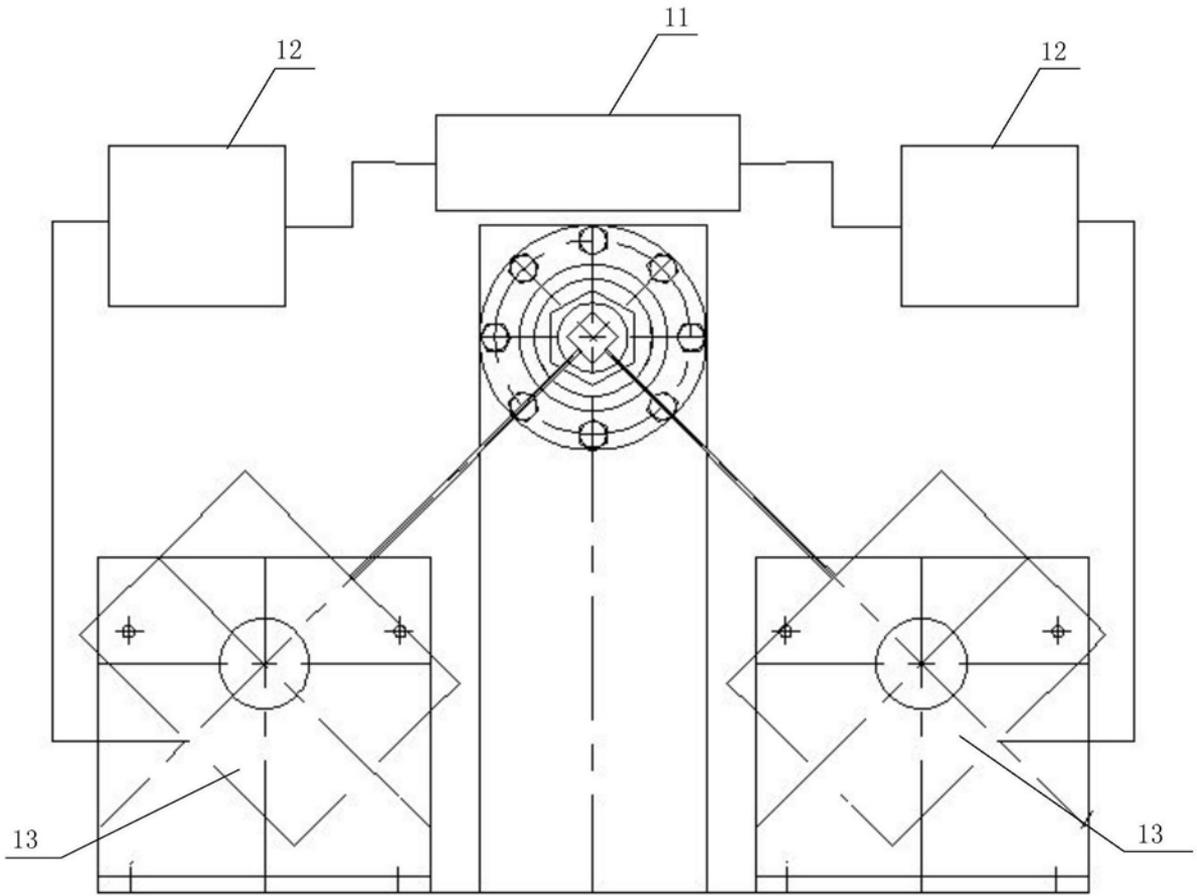


图3

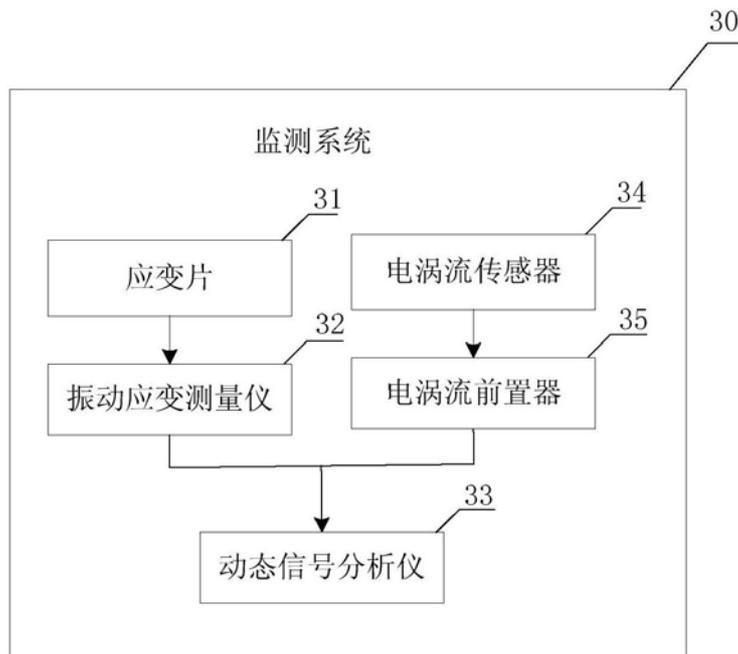


图4

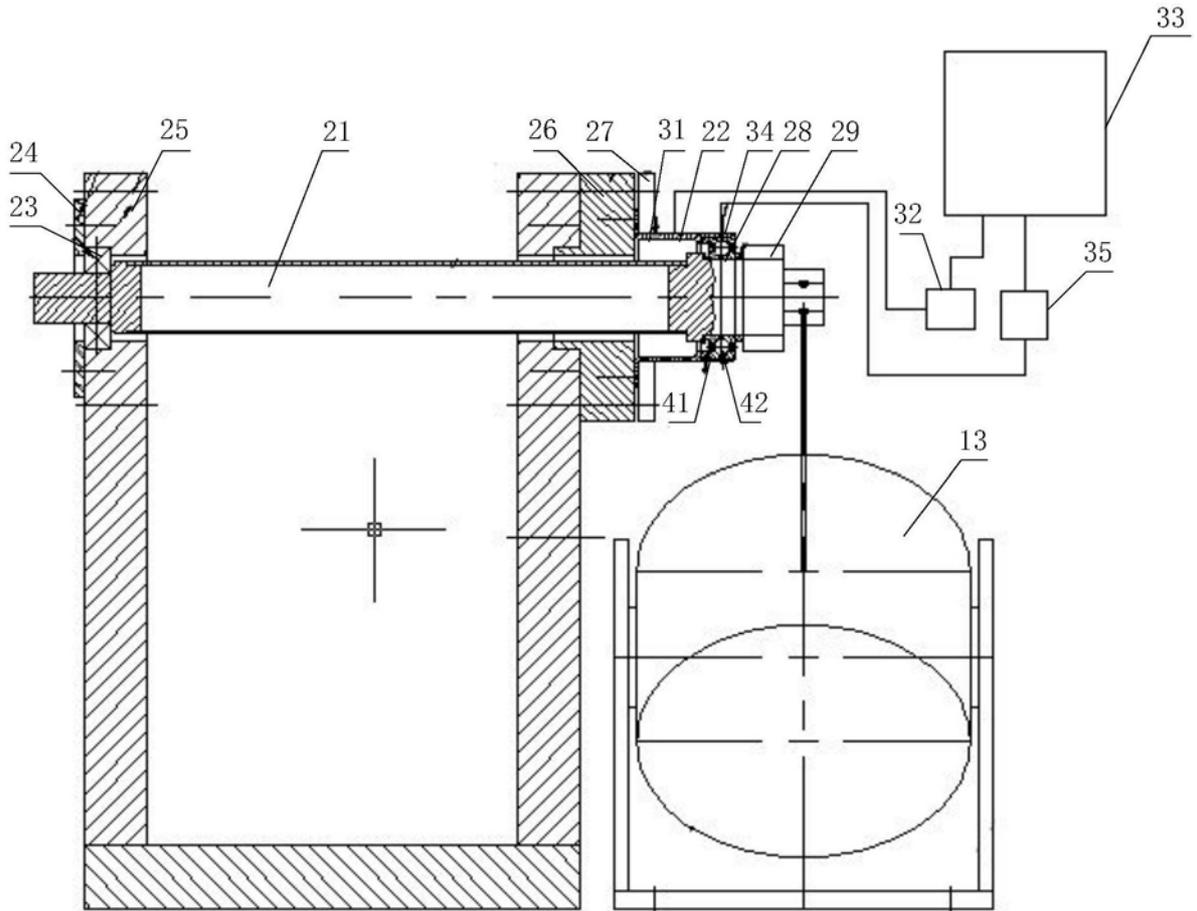


图5

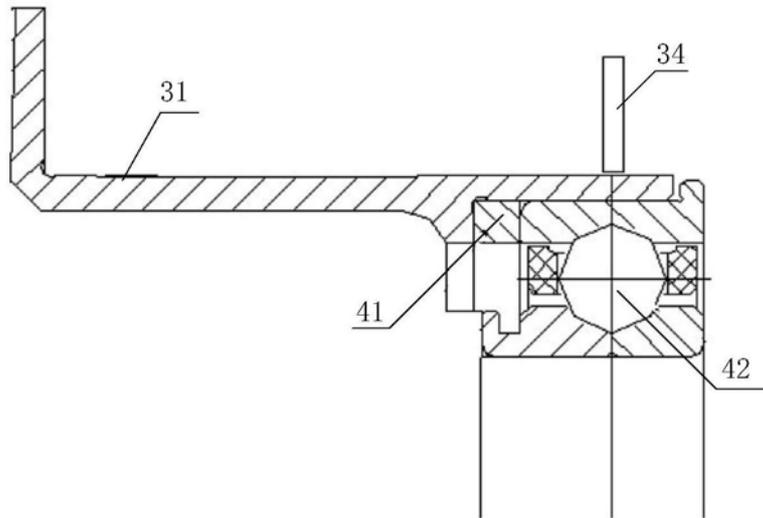


图6

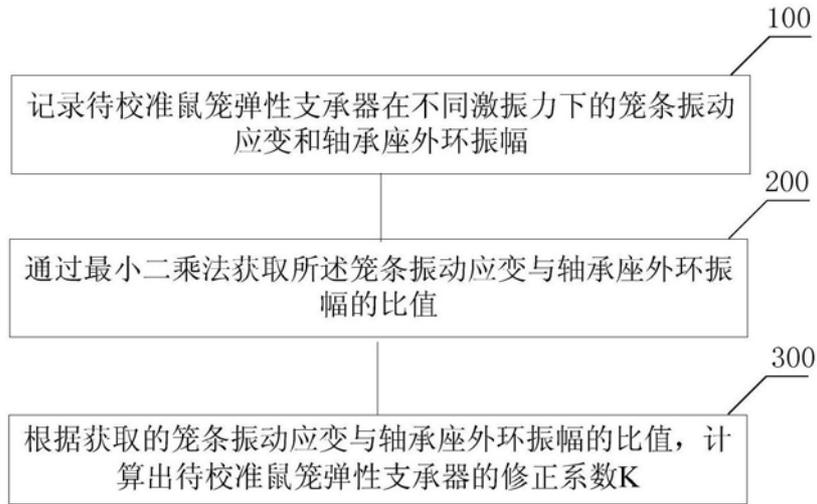


图7

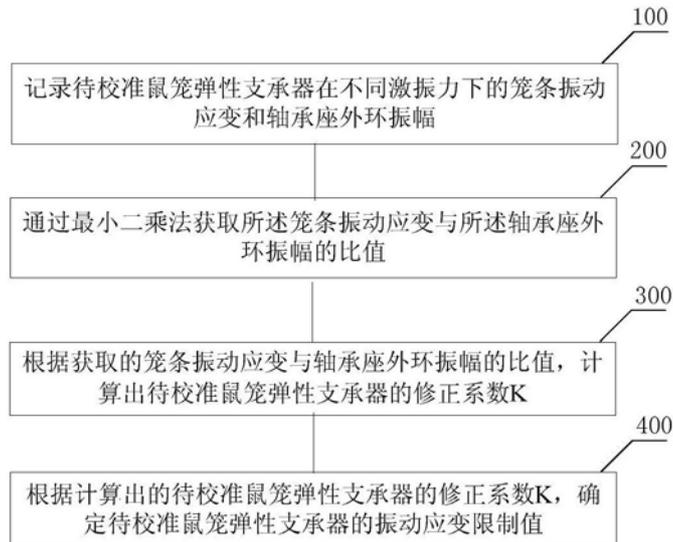


图8

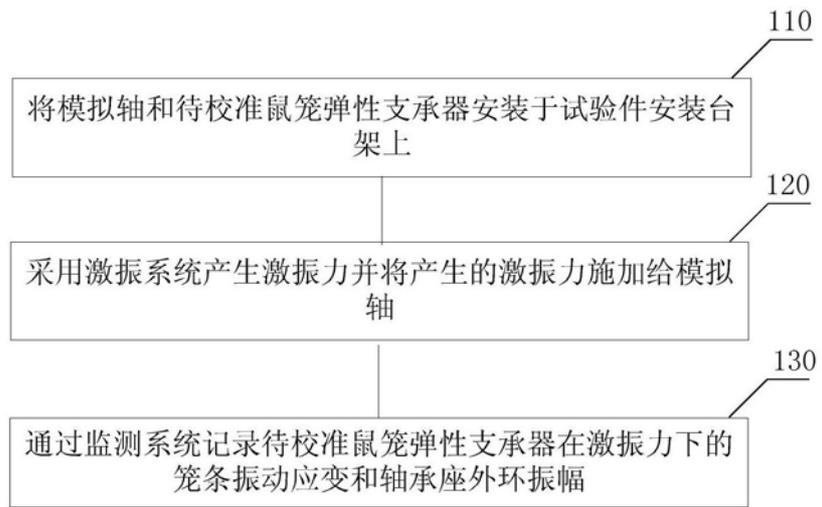


图9