



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2010106845/28, 24.02.2010

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
24.02.2010

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 24.02.2010

(45) Опубликовано: 20.11.2011 Бюл. № 32

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **ГЛАЗЫРИНА Л.М., КЛЮЧНИКОВ А.В., КРУГОВ В.С.** «Методика определения нормируемых метрологических характеристик балансировочного стенда». Датчики систем измерения, контроля и управления: Межвузовский сборник научных трудов. - Вып.23. - Пенза: Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2003, с.81-86. Левит М.Е., **РЫЖЕНКОВ В.М.** Балансировка деталей и узлов. - М.: (см. прод.)

Адрес для переписки:

456770, Челябинская обл., г. Снежинск, ул. Васильева, 13, ФГУП "РФЯЦ-ВНИИТФ им. академ. Е.И. Забабахина", отдел интеллектуальной собственности, Г.В. Бакалову

(72) Автор(ы):

**Ключников Александр Васильевич (RU),
Фомин Юрий Павлович (RU)**

(73) Патентообладатель(и):

**Российская Федерация, от имени которой выступает государственный заказчик - Государственная корпорация по атомной энергии "Росатом" (Госкорпорация "Росатом") (RU),
Федеральное государственное унитарное предприятие "РОССИЙСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ЯДЕРНЫЙ ЦЕНТР - ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ТЕХНИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ ИМЕНИ АКАДЕМИКА Е.И. ЗАБАБАХИНА" (RU)**

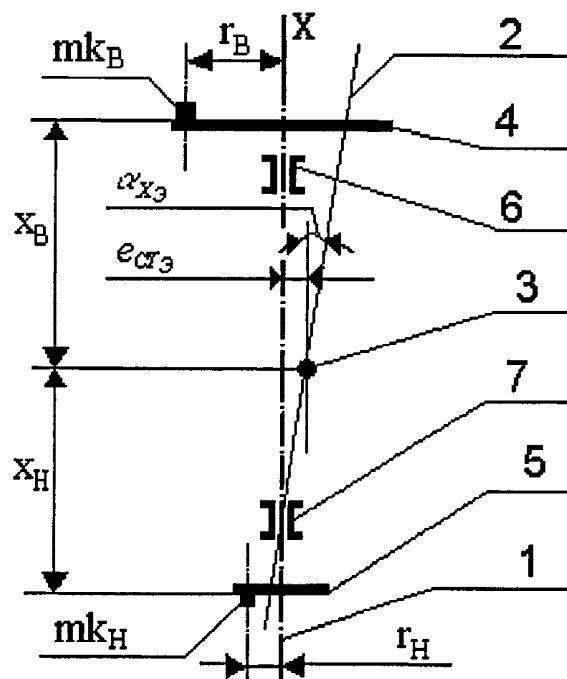
(54) СПОСОБ ПРОВЕРКИ КАЧЕСТВА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ НИЗКОЧАСТОТНОГО ДИНАМИЧЕСКОГО БАЛАНСИРОВОЧНОГО СТЕНДА

(57) Реферат:

Изобретение относится к измерительной технике и предназначено для использования при контроле качества функционирования динамического балансировочного стенда, используемого для прецизионного определения параметров массо-инерционной асимметрии конических роторных изделий машиностроения, предпочтительно тех, конструкция которых исключает возможность их балансировки при больших скоростях вращения и требует вертикального расположения оси вращения, а именно - при проверке низкочастотного динамического

вертикального балансировочного стенда на соответствие заданным нормам точности в заданных диапазонах измерений параметров. Способ осуществляют с использованием эталонного ротора, характеристики которого и базовые посадочные поверхности соответствуют характеристикам и поверхностям балансируемого изделия. В процессе контроля замеряют непосредственно эталонные параметры массо-инерционной асимметрии эталонного ротора, задаваемые контрольными грузами, устанавливаемыми на плоскости коррекции, отказавшись от многократных измерений вибраций опор, в

которые устанавливается ротор. Технический результат заключается в повышении информативности и надежности проверки качества функционирования стенда в заданных диапазонах измерений параметров. 2 з.п. ф-лы, 2 ил.



Фиг. 2

(56) (продолжение):

Машиностроение, 1986, с.97, 156. RU 2292533 C2, 27.01.2007. SU 1469370 A1, 30.03.1989.

RU 2 4 3 4 2 1 2 C 1

RU 2 4 3 4 2 1 2 C 1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,
PATENTS AND TRADEMARKS

(51) Int. Cl.
G01M 1/04 (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: 2010106845/28, 24.02.2010

(24) Effective date for property rights:
24.02.2010

Priority:

(22) Date of filing: 24.02.2010

(45) Date of publication: 20.11.2011 Bull. 32

Mail address:

456770, Cheljabinskaja obl., g. Snezhinsk, ul.
Vasil'eva, 13, FGUP "RFJaTs-VNIITF im. akadem.
E.I. Zababakhina", otdel intellektual'noj
sobstvennosti, G.V. Bakalovu

(72) Inventor(s):

Kljuchnikov Aleksandr Vasil'evich (RU),
Fomin Jurij Pavlovich (RU)

(73) Proprietor(s):

Rossijskaja Federatsija, ot imeni kotoroj
vystupaet gosudarstvennyj zakazchik -
Gosudarstvennaja korporatsija po atomnoj
ehnergii "Rosatom" (Goskorporatsija "Rosatom")
(RU),
Federal'noe gosudarstvennoe unitarnoe
predpriatie "ROSSIJSKIJ FEDERAL'NYJ
JaDERNYJ TsENTR - VSEROSSIJSKIJ
NAUChNO-ISSLEDOVATEL'SKIJ INSTITUT
TEKhNICHESKOJ FIZIKI IMENI AKADEMIKA
E.I. ZABABAKHINA" (RU)

(54) **METHOD OF CHECKING QUALITY OF OPERATION OF LOW-FREQUENCY DYNAMIC BALANCING STAND**

(57) Abstract:

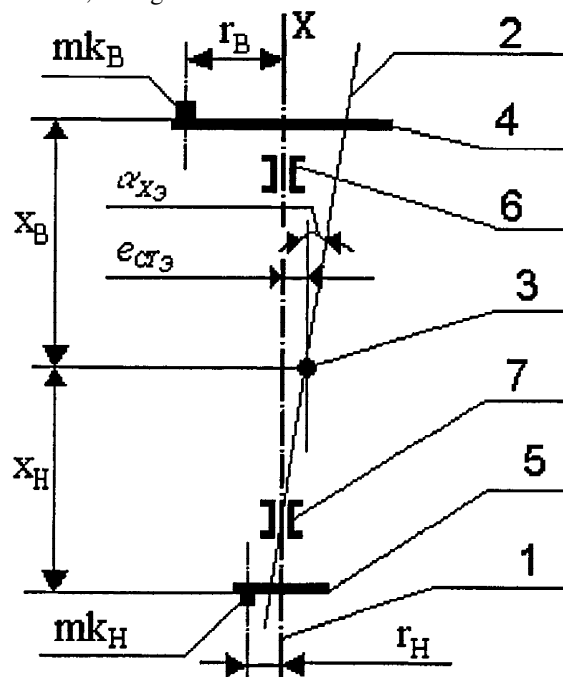
FIELD: physics.

SUBSTANCE: invention is meant for use when controlling quality of operation of a dynamic balancing stand, used in precision determination of mass-inertia asymmetry parameters of conical rotor machine-building articles, preferably those whose design prevents their balancing at high rotation speeds and requires a vertical position of the axis of rotation, and specifically when checking a low-frequency dynamic vertical balancing stand for conformity with given accuracy standards in given parameter measurement ranges. The method is realised using a reference rotor, whose characteristics and base mounting surfaces of which correspond to characteristics and surfaces of the balanced article. During the controlling process, reference mass-inertial asymmetry parameters of the reference rotor, set by correction weights placed on the correction plane, forgoing multiple measurements of vibrations of the support in which the rotor is mounted, are measured directly.

EFFECT: high information content and reliability of checking quality of operation of the stand in

given parameter measurement ranges.

3 cl, 2 dwg



Фиг. 2

RU 2 4 3 4 2 1 2 C 1

RU 2 4 3 4 2 1 2 C 1

Изобретение относится к измерительной технике и может быть использовано для проверки качества функционирования и соответствия заданным нормам точности специализированных низкочастотных балансировочных стендов с аэростатическими опорами и вертикальной осью вращения.

5 Современная технология создания высокоточных нежестких изделий машиностроения роторного типа, к которым, например, относятся тонкостенные спутниковые узлы, нежесткие сборки типа разворачивающихся в невесомости антенн, роторы, внутри которых нежестко размещена геофизическая аппаратура или
10 сейсмические датчики, исключает возможность их балансировки при больших скоростях вращения и ограничивает рабочую частоту вращения до 1-2 Гц, а также требует вертикального расположения оси вращения с целью исключения погрешностей, связанных с прогибом изделия под действием сил тяжести. Балансировка должна осуществляться на специализированных вертикальных
15 дорезонансных низкочастотных балансировочных станках (стендах), для которых характерна высокая точность балансировки. В частности, это относится к стендам с аэростатическими опорами, предназначенным для выполнения бесконтактной прецизионной балансировки изделий в динамическом режиме (после их изготовления и
20 сборки) с определением параметров массо-инерционной асимметрии контролируемых изделий, (см., например, патент РФ 2292533, G01M 01/04, 2007 г.).

Понятие «параметры массо-инерционной асимметрии» не является новым, оно введено, например, для оценки факторов, определяющих движение в атмосфере Земли
25 летательных аппаратов. В частности к таким параметрам относятся радиус - вектор $\vec{e}_{ст}$ смещения центра масс и вектор - угол $\vec{\alpha}_x$ отклонения продольной главной центральной оси инерции (ГЦОИ) от геометрической оси X аппарата. Каждый из указанных параметров характеризуется значением и углом в связанной с контролируемым изделием системе координат.

30 Точность определения параметров массо-инерционной асимметрии контролируемых изделий, при прочих равных условиях, зависит от качества функционирования используемого балансировочного оборудования, т.е. в первую очередь определяется его метрологическими характеристиками. А это, в свою очередь, требует достаточно надежного и информативного способа проверки (контроля)
35 качества функционирования динамических балансировочных стендов, в частности, с низкими рабочими частотами вращения, используемыми для экспериментального определения искомых параметров массо-инерционной асимметрии объектов контроля.

Известен метод экспериментального определения точностных характеристик
40 балансировочных станков при проверке чувствительности измерительной системы методом кругового обхода при установке контрольного груза известной массы в плоскостях коррекции контрольного ротора и с последующей оценкой точности станка по результатам измерений векторных параметров вибраций опор с использованием графических построений [Левит М.Е., Рыженков В.М. Балансировка
45 деталей и узлов. - М.: Машиностроение, 1986, стр.97].

Недостатком этого метода является сложность реализации, требующая большого количества пусков контрольного ротора с контрольными грузами различной массы, устанавливаемыми на каждую из плоскостей коррекции, и, соответственно,
50 длительного времени проведения испытаний станка. При этом необходимо поддержание неизменных условий в течение длительного времени, что является достаточно сложной технической задачей. Кроме того, для данного метода характерна малая информативность, так как измерения выполняются для каждой

плоскости коррекции в отдельности, без учета взаимного влияния плоскостей коррекции, что не позволяет оценить точность определения на станке параметров массо-инерционной асимметрии контролируемого ротора. Точность метода ограничивается точностью построения графиков зависимости контролируемых параметров дисбалансов, выстраиваемых для каждой плоскости в отдельности.

Известен метод оценки норм точности дорезонансного балансировочного станка с целью разделения плоскостей коррекции, реализованной по схеме *a, b, c*, выполняемой по результатам балансировки контрольного ротора отдельно в каждой плоскости коррекции с использованием контрольных грузов, устанавливаемых в контролируемой плоскости данного ротора [там же, стр.156]. Метод этот также сложный, малоинформативный, трудоемкий, причем в процессе измерений не контролируются значения параметров массо-инерционной асимметрии объекта в заданных диапазонах измерений, а правильный результат может быть получен лишь как результат косвенных измерений после математической обработки полученных результатов испытаний ротора на станке.

Наиболее близким к предлагаемому способу проверки качества функционирования специализированного вертикального балансировочного стенда является способ проверки стабильности измерения амплитуд и фаз сигналов дисбалансов, выполняемой с применением жесткого, динамически сбалансированного эталонного ротора и набора калиброванных контрольных грузов, прикрепляемых к плоскостям коррекции эталонного ротора, расположенным вблизи каждого из его торцов и имеющим известные радиусы. Эталонный ротор характеризуется тем, что его массо-центровочные и инерционные характеристики, в том числе, значения параметров массо-инерционной асимметрии определены с точностью, не менее чем в 2,5-3 раза превышающей точность определения тех же характеристик балансируемого ротора, а его базовые посадочные поверхности соответствуют аналогичным поверхностям балансируемого ротора. Оценка точности измерительной системы стенда производится по итогам суммарной обработки результатов многократных измерений (требуемое суммарное количество требуемых циклов измерений - более 100 для каждой опоры) контролируемых параметров сигналов дисбалансов, поступающих одновременно от силоизмерительных датчиков, установленных в упругих элементах обеих опор, путем их сравнения с нормами для каждой из опор (Глазырина Л.М., Ключников А.В., Кругов В.С. «Методика определения нормируемых метрологических характеристик балансировочного стенда». Датчики систем измерения, контроля и управления: Межвузовский сборник научных трудов. - Вып.23. - Пенза: Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2003, с.81-86). При этом масса контрольных грузов подбирается таким образом, чтобы максимальный дисбаланс в контролируемой плоскости коррекции не превышал максимально допустимого для данной плоскости значения.

Известный метод не требует экспериментального определения балансировочных коэффициентов и расчета дисбалансов эталонного ротора в плоскостях коррекции и является привлекательным для оценки чувствительности балансировочного стенда к проявлению дисбаланса ротора, как одного из основных показателей качества функционирования стенда, однако и он не лишен недостатков.

В частности, это большой объем и большая общая продолжительность испытаний, требуемых для определения стабильности измерений сигналов дисбалансов. При этом требуется обеспечение неизменности условий, в которых выполняются все измерительные циклы. Также наличие эффекта взаимного влияния плоскостей коррекции отрицательно влияет на точность оценки качества функционирования

стенда. Кроме того, из-за отсутствия информации о реальных параметрах массо-инерционной асимметрии объекта испытаний при установке контрольного груза, требуемый диапазон измерений какого-либо из параметров асимметрии может оказаться недоисследованным, либо возможно ошибочное задание больших, чем следует, значений параметров асимметрии, и, как следствие, установка на плоскости коррекции грузов недопустимо большой массы, что может привести к искажению результатов измерений или даже выходу стенда из строя.

Задачей предлагаемого изобретения является создание информативного и надежного способа контроля качества функционирования низкочастотных динамических балансировочных стендов с вертикальной осью вращения, в том числе, предназначенных для прецизионного определения векторных параметров массо-инерционной асимметрии $\vec{e}_{ст}$ и $\vec{\alpha}_x$ роторных изделий машиностроения, за счет устранения указанных недостатков.

Поставленная задача решается тем, что в способе проверки качества функционирования низкочастотного динамического балансировочного стенда с использованием жесткого, динамически сбалансированного эталонного ротора с расположенными вблизи каждого из торцов плоскостями коррекции известных радиусов, габаритные и массо-центровочные характеристики, а также базовые посадочные поверхности которого соответствуют указанным характеристикам и поверхностям балансируемого ротора, и набора калиброванных контрольных грузов известной массы, заключающийся в выполнении ряда измерений амплитуд и фаз вибраций обеих опор в каждой проверяемой точке диапазона измерения соответствующего двухмерного (т.е. включающего значение и угловое положение) эталонного параметра массо-инерционной асимметрии, задаваемого путем прикрепления контрольных грузов известной массы к плоскостям коррекции эталонного ротора в известных угловых положениях, и последующей итоговой обработки результатов измерений, согласно изобретению, предварительно в экспериментах с пробными грузами, прикрепляемыми поочередно к верхней и нижней плоскости коррекции, измеряют амплитуды и фазы вибраций верхней и нижней опоры и определяют коэффициенты чувствительности к дисбалансам для каждой плоскости коррекции и коэффициенты взаимовлияния плоскостей коррекции, а затем в каждой контролируемой точке заданного диапазона измерений контролируемого параметра массо-инерционной асимметрии выполняют не более пяти измерений векторов вибраций верхней и нижней опоры при достижении номинальной частоты вращения эталонного ротора, затем с использованием полученных коэффициентов балансировочной чувствительности и взаимовлияния плоскостей коррекции определяют действующие в двух плоскостях коррекции дисбалансы и рассчитывают двухмерную величину измеренного параметра, после чего для каждого измерения вычисляют геометрическую разность между двухмерным измеренным значением и соответствующим двухмерным эталонным значением контролируемого параметра массо-инерционной асимметрии, по которой судят о точностных характеристиках и, соответственно, о качестве функционирования стенда.

Технический результат заключается в следующем. За счет введения операции экспериментального определения коэффициентов балансировочной чувствительности и коэффициентов взаимовлияния плоскостей коррекции и последующего их учета при проведении балансировочных расчетов обеспечивается прецизионная настройка стенда на эталонный ротор и повышается точность измерений контролируемых параметров асимметрии. Кроме того, появилась возможность отказаться от большого

количества измерений вибраций опор, за счет непосредственного контроля параметров массо-инерционной асимметрии, что обеспечивает максимальную информативность о качестве функционирования стэнда. Сокращение количества измерений (максимум до пяти в каждой контролируемой точке), а следовательно, и продолжительности выполнения измерений, снижает влияние ухода параметров измерительной системы стэнда, вызванного неизбежным с течением времени изменением условий работы стэнда, на результат оценки качества его функционирования. Число пять является более чем достаточным для обеспечения уверенности в повторяемости результатов измерений в пределах допуска на контролируемый параметр асимметрии. Знание заданных диапазонов измерений параметров исключает вероятность выбора ошибочной массы контрольных грузов, превышающих допустимые для данного стэнда пределы. В результате задания и последующего контроля различных вариантов эталонных параметров массо-инерционной асимметрии, обусловленных установкой на верхнюю и нижнюю плоскости коррекции различных комбинаций контрольных грузов, что позволяет соответственно моделировать (задавать) различные варианты статической, моментной и динамической неуравновешенности эталонного ротора, обеспечивается всесторонность оценки нормируемых метрологических характеристик контролируемого балансировочного стэнда и, как следствие, максимальная достоверность в оценке качества его функционирования в заданных диапазонах измерений контролируемых параметров асимметрии. И, наконец, предлагаемый способ обеспечивает контроль возврата параметров асимметрии эталонного ротора к начальным значениям после снятия контрольных грузов.

Кроме того, выбор двухмерного эталонного значения контролируемого параметра осуществляют с учетом соответствующих известных векторных значений параметров массо-инерционной асимметрии собственно эталонного ротора. Данная операция целесообразна в том случае, если параметры асимметрии эталонного ротора выходят за установленные пределы.

Кроме того, измерение амплитуд и фаз вибраций опор в процессе контроля параметров массо-инерционной асимметрии с применением специального технологического переходника, внутри которого размещается эталонный ротор, проводят в двух фиксированных угловых положениях эталонного ротора относительно переходника, отличающихся друг от друга на 180° . При этом полученные результаты усредняют, выделяя дисбалансы эталонного ротора из дисбалансов полученного сборного, а в предварительных экспериментах по определению коэффициентов балансировочной чувствительности и коэффициентов взаимного влияния плоскостей коррекции в качестве верхней плоскости коррекции используют, например, плоскость, расположенную вблизи верхнего торца эталонного ротора, а в качестве нижней плоскости коррекции - нижнюю торцовую плоскость переходника, выполненного в форме усеченного конуса, наружные боковые поверхности которого соответствуют ответным поверхностям газостатических подшипников стэнда. Данная операция целесообразна в том случае, когда габаритные размеры эталонного ротора не позволяют загружать его непосредственно на балансировочный стэнд.

На фиг.1 приведена схема определения абсолютных погрешностей контролируемых параметров с учетом параметров собственной асимметрии эталонного ротора,

На фиг.2 приведена схема для проведения расчетов двухмерных (векторных) эталонных параметров массо-инерционной асимметрии контролируемого ротора,

где 1 - геометрическая ось X ротора, 2 - продольная ГЦОИ, проходящая через центр масс 3, расположенный на расстоянии x_B от верхней плоскости коррекции 4 и на расстоянии x_H от нижней плоскости коррекции 5, 6 и 7 - соответственно верхняя и нижняя аэростатические опоры. Под эталонными векторными значениями параметров массо-инерционной асимметрии понимаются значения указанных параметров - смещение центра масс $\vec{e}_{стэ}$ и угол $\vec{\alpha}_{хэ}$ перекоса продольной ГЦОИ 2 относительно геометрической оси 1, - задаваемые (моделируемые) в статических условиях путем прикрепления к верхней 4 и нижней 5 плоскостям коррекции эталонного ротора контрольных грузов известной массы (соответственно mk_B и mk_H) на известных радиусах (соответственно r_B и r_H) и с известными угловыми положениями (соответственно $\varphi_{кВ}$ и $\varphi_{кН}$) в системе координат, связанной с эталонным ротором.

Способ реализуется следующим образом. Предварительно в экспериментах пробными грузами известной массы, устанавливаемыми последовательно на верхнюю 4 и нижнюю 5 плоскости коррекции, определяют коэффициенты чувствительности к дисбалансам для каждой плоскости коррекции и коэффициенты взаимного влияния указанных плоскостей друг на друга.

Затем в каждой проверяемой точке диапазона измерений контролируемого параметра массо-инерционной асимметрии, задаваемого путем прикрепления в известном угловом положении к верхней 4 и (или) нижней 5 плоскости коррекции эталонного ротора контрольных грузов известной массы mk_B и mk_H , выбираемых из набора калиброванных грузов, выполняют небольшое количество измерений (достаточно провести не более пяти измерений, что даст вполне достоверную информацию о качестве функционирования стенда) и определяют амплитуду и фазу вибраций опор 6 и 7. Для каждого измерения с использованием полученных коэффициентов балансировочной чувствительности и взаимовлияния плоскостей коррекции рассчитывают значения и угловые положения дисбалансов, действующих в верхней 4 и нижней 5 плоскости коррекции. По результатам расчетов определяют значения контролируемого параметра массо-инерционной асимметрии. Модуль абсолютной погрешности каждого i -го измерения значения контролируемого параметра $|\Delta\Pi_i|$ - определяется как геометрическая разность между двухмерным измеренным значением контролируемого параметра $\vec{\Pi}_{изм_i}$, а также соответствующим двухмерным заданным (эталонным) значением параметра $\vec{\Pi}_э$ и двухмерным значением того же параметра $\vec{\Pi}_{рот}$, характеризующим собственную массо-инерционную асимметрию используемого эталонного ротора по формуле

$$|\Delta\Pi_i| = \vec{\Pi}_{изм_i} - (\vec{\Pi}_э + \vec{\Pi}_{рот}), \quad (1)$$

откуда модуль $|\Delta e_{ст}|$ абсолютной погрешности определения поперечного смещения центра масс и модуль $|\Delta\alpha_{х}|$ абсолютной погрешности определения угла перекоса продольной ГЦОИ каждого i -го измерения определяются соответственно по формулам

$$|\Delta e_{ст}| = \vec{e}_{стизм_i} - (\vec{e}_{стэ} + \vec{e}_{строт}); \quad |\Delta\alpha_{х}| = \vec{\alpha}_{хизм_i} - (\vec{\alpha}_{хэ} + \vec{\alpha}_{хрот}). \quad (2)$$

Расчет эталонных параметров $\vec{e}_{стэ}$ и $\vec{\alpha}_{хэ}$ производится с учетом угловых положений контрольных грузов в связанной с эталонным ротором системе координат по формулам:

$$x_B = x_{Bнач} - \frac{mk_B \cdot x_{Bнач}}{M_{рот} + mk_B}; \quad x_H = x_{Hнач} - \frac{mk_H \cdot x_{Hнач}}{M_{рот} + mk_H}; \quad (3)$$

$$\vec{\alpha}_{\text{ст } 3} = \frac{mk_B \cdot \vec{r}_B + mk_H \cdot \vec{r}_H}{M_{\text{рот}} + mk_B + mk_H}; \quad (4)$$

$$\vec{\alpha}_{x \text{ } 3} = \frac{1}{2} \arcsin \frac{2(mk_B \cdot \vec{r}_B \cdot x_B - mk_H \cdot \vec{r}_H \cdot x_H)}{I_{\alpha \text{ рот}} - I_{\omega \text{ рот}}}, \quad (5)$$

где mk_B и mk_H - контрольные грузы, установленные соответственно на углы φ_{KB} и φ_{KH} , в верхней 4 и(или) нижней 5 плоскости коррекции;

$M_{\text{рот}}$ - масса эталонного ротора;

r_B - расстояние от центра верхней плоскости коррекции 4 до центра масс контрольного груза mk_B с учетом его углового положения в системе координат эталонного ротора;

r_H - расстояние от центра нижней плоскости коррекции 5 до центра масс контрольного груза mk_H с учетом его углового положения в системе координат эталонного ротора;

x_B и x_H - расстояния от центра масс эталонного ротора 3 до соответственно верхней 4 и нижней 5 плоскости коррекции после установки контрольных грузов mk_B и(или) mk_H ;

$x_{B \text{ нач}}$ и $x_{H \text{ нач}}$ - начальные (т.е. измеренные до установки контрольных грузов) расстояния от центра масс до соответствующих плоскостей коррекции;

$I_{\alpha \text{ рот}}$ и $I_{\omega \text{ рот}}$ - соответственно аксиальный и экваториальный моменты инерции эталонного ротора.

По результатам испытаний стенд признается годным к эксплуатации, если во всех проверяемых точках отклонения между эталонным значением и результатом измерений для каждого контролируемого параметра асимметрии не выходит из допускаемых границ. Если хотя бы в одной из проверяемых точек погрешность измерений $\Delta\Pi_i$ превышает пределы допускаемых значений $\Pi_{\text{доп}}$ для каждого контролируемого параметра, то стенд признается несоответствующим заданным требованиям и подлежит ремонту.

Таким образом, предлагаемый простой и наглядный способ проверки с достаточной для практики степенью точности, информативности, надежности и трудоемкости позволяет в заданных диапазонах контроля параметров массо-инерционной асимметрии проводить с помощью эталонного ротора и набора калиброванных контрольных грузов оценку качества функционирования балансировочных стендов перед их использованием для балансировки роторных изделий машиностроения в динамическом режиме после их изготовления и сборки, что очень важно, например, на этапе серийного производства продукции, а также может быть привлекательным для исследователей при проектировании измерительных систем на основе средств балансировочной техники и их практическом применении.

Способ экспериментально опробован на вертикальном низкочастотном динамическом балансировочном стенде с коническими газостатическими подшипниками. Подтверждена высокая точность и эффективность способа.

Формула изобретения

1. Способ проверки качества функционирования низкочастотного динамического балансировочного стенда с использованием жесткого, динамически сбалансированного эталонного ротора с расположенными вблизи каждого из торцов плоскостями коррекции известных радиусов, габаритные и массоцентровочные характеристики, а также базовые посадочные поверхности которого соответствуют

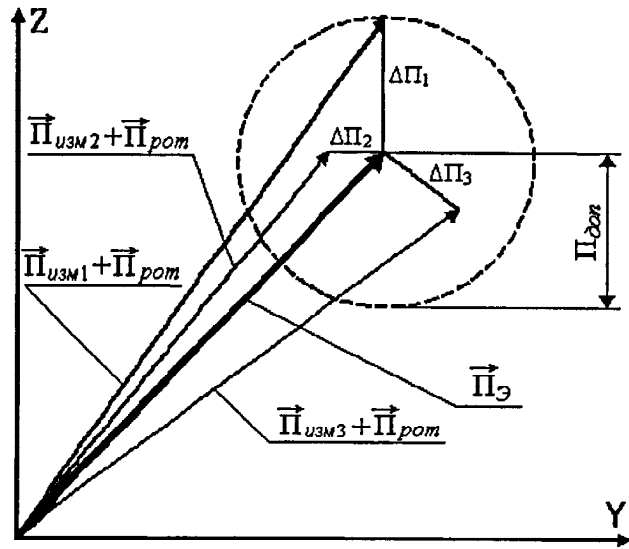
указанным характеристикам и поверхностям балансируемого ротора, и набора калиброванных контрольных грузов известной массы, заключающийся в выполнении ряда измерений амплитуд и фаз вибраций верхней и нижней опор, удерживающих вращающийся с номинальной частотой эталонный ротор, в каждой проверяемой 5 точке соответствующего диапазона измерений параметров массоинерционной асимметрии, задавая двухмерные эталонные значения указанных параметров в статических условиях путем прикрепления контрольных грузов известной массы к плоскостям коррекции эталонного ротора в известных угловых положениях, и 10 последующей итоговой обработки результатов измерений, отличающийся тем, что предварительно в экспериментах с пробными грузами, прикрепляемыми поочередно к верхней и нижней плоскостям коррекции, измеряют амплитуды и фазы вибраций верхней и нижней опор и определяют коэффициенты балансировочной 15 чувствительности для каждой плоскости коррекции и коэффициенты взаимовлияния плоскостей коррекции, а затем в каждой контролируемой точке заданного диапазона измерений контролируемого параметра массоинерционной асимметрии выполняют не более пяти измерений векторов вибраций верхней и нижней опор при достижении номинальной частоты вращения эталонного ротора, затем с использованием 20 полученных коэффициентов балансировочной чувствительности и взаимовлияния плоскостей коррекции определяют действующие в двух плоскостях коррекции дисбалансы и рассчитывают двухмерную величину измеренного параметра, после чего для каждого измерения вычисляют геометрическую разность между двухмерным измеренным значением и соответствующим двухмерным эталонным значением 25 контролируемого параметра массоинерционной асимметрии, по которой судят о точностных характеристиках и, соответственно, о качестве функционирования стенда.

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что выбор двухмерного эталонного значения контролируемого параметра осуществляют с учетом соответствующих известных 30 векторных значений параметров массоинерционной асимметрии собственно эталонного ротора.

3. Способ по п.1 или 2, отличающийся тем, что эталонный ротор размещают внутри жесткого тонкостенного технологического переходника, выполненного в форме 35 усеченного конуса, наружные боковые поверхности которого соответствуют базовым поверхностям конических газостатических подшипников, а измерения амплитуд и фаз вибраций опор в операциях контроля параметров массоинерционной асимметрии проводят в двух фиксированных угловых положениях эталонного ротора относительно переходника, отличающихся друг от друга на 180° , при этом 40 полученные результаты усредняют, выделяя дисбалансы эталонного ротора.

45

50



Фиг. 1