

тверждают корректность методики проектирования, правильность выполненных расчётов и возможность экспериментальной отработки прибора.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Поскачей А.А. Оптико-электронные системы измерения температуры [Текст] / А.А. Поскачей, Е.П. Чубаров. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 248 с.: ил.
2. Якушенков Ю.Г. Теория и расчёт оптико-электронных приборов: Учебник для студентов вузов [Текст] / Ю.Г. Якушенков. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Логос, 1999. – 480 с.: ил.
3. Разработка устройства для обнаружения и подавления взрывов газа метана и угольной пыли на начальной стадии при помощи пирометрического датчика [Текст] / Е.В. Сыпин [и др.] // Вестник КузГТУ. – 2005. – №3. – с.59–65.
4. Сыпин, Е.В. Оптико-электронный прибор обнаружения начальной стадии развития взрыва в газодисперсных системах [Текст]: дис. канд. тех. наук : 05.11.13 : защищена 28.05.2007: утв. 14.12.2007 / Сыпин Евгений Викторович. – Барнаул: 2007. – 144 с.
5. Тупкина, Н.Ю. Способы повышения достоверности принятия решения оптико-электронным прибором обнаружения очага возгорания на ранней стадии [Текст] / Н.Ю. Тупкина, Е.С. Повернов, Д.В. Герасимов, Е.В. Сыпин // Современные техника и технологии: сборник трудов XVII Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. В 3 т. Т. 3 / Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – С. 266-267.
6. Tupikina, N.Y. The Optical System for the Three-channel Pyrometric Device of Two Spectral Ratios [Текст] / N.Y. Tupikina, E.S. Povernov, E.V. Sypin // International conference and seminar on micro/nanotechnologies and electron devices EDM`2011: Conference proceedings. – Novosibirsk: NSTU, 2011. – P.354-361.
7. Программа расчёта выходных сигналов различных фотоприёмников пирометра двойного спектрального отношения с учётом влияния оптических помех / Тупкина Н.Ю., Павлов А.Н., Герасимов Д.В., Сыпин Е.В. // Свидетельство РФ об официальной регистрации программ для ЭВМ №2011613735, 2011.
8. Гуторов М.М. Основы светотехники и источники света: Учеб. пособие для вузов [Текст] / М.М. Гуторов. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 384 с.
9. Фотооптик-фильтры [Электронный ресурс] // Веб-узел ООО «Фотооптик-фильтры». – Режим доступа: <http://www.photooptic-filters.com/>
10. Atmel Corporation - Atmel AVR 8- and 32-bit Microcontrollers - megaAVR [Электронный ресурс] // Веб-узел Atmel Corporation. – 2011. – Режим доступа: http://www.atmel.com/dyn/products/product_card.asp?part_id=2004.
11. Аксененко М.Д. Приемники оптического излучения [Текст]: справочник / М.Д. Аксененко, М.Л. Баранчиков. – М.: Радио и связь, 1987. – 296с.: ил.

Инженер ООО «Полистрим» Н.Ю. Тупкина; к.т.н., заместитель директора по научной работе ООО «Полистрим» Е.В. Сыпин; научный сотрудник ООО «МИП «Политех» Е.С. Повернов; инженер ООО «Полистрим» М.А. Альгин; инженер ООО «Полистрим» М.Н. Горбенко – Россия, 659305, Алтайский край, г. Бийск, ул. Трофимова, 27, тел. (3854) 432450, e-mail sev@bti.secna.ru

УДК 621.755-251

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ СТАТИЧЕСКОЙ БАЛАНСИРОВКИ УЗЛОВ ПРИБОРОВ

А.Н. Гормаков, И.А. Плотников

Рассматривается установка для статической балансировки узлов приборов. Приводится структурная схема системы для автоматического измерения момента статической неуравновешенности. В результате динамического анализа определены параметры элементов системы измерения, обеспечивающие требуемую чувствительность, точность и быстродействие.

Ключевые слова: статическая балансировка, автоматизированная установка, подвижные узлы приборов.

Введение

Статической балансировке подвергаются медленно вращающиеся или колеблющиеся подвижные части приборов, а также относительно быстро вращающиеся детали типа тонких дисков. Статическая неуравновешен-

ность – неуравновешенность, при которой ось ротора и его главная центральная ось инерции параллельны. При этом центр масс подвижного узла смещен относительно оси вращения на некоторую величину, в результате чего возникает момент статической не-

РАЗДЕЛ IV. ПРИБОРЫ И МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ

уравновешенности. Балансировка изделия осуществляется в два этапа: определение величины и фазы дисбаланса; корректировка масс изделия путем добавления массы в «легком месте» или удаления массы в «тяжелом месте». При статическом уравновешивании добиваются того, чтобы узел с горизонтально расположенной осью оставался в состоянии безразличного равновесия. В измерительных приборах момент статической неуравновешенности приводит к снижению чувствительности и точности. Поэтому операция статической балансировки является обязательной регулировочной операцией при сборке приборов, содержащих узлы, вращающиеся с малыми скоростями.

Статическая балансировка узлов приборов чаще всего осуществляется в режиме моментных весов и электрической пружины.

Недостатком метода балансировки в режиме моментных весов является невысокая производительность. Для балансировки изделий в этом режиме используются ножевые опоры (рисунок 1), опоры на шарикоподшипниках, газостатические, магнитные и другие подвесы.

Точность определения значения и угла корректирующей массы ограничивается погрешностями, возникающими при статической балансировке. К ним относятся: отклонение формы несущих и опорных поверхностей балансируемого узла и балансировочного станка; деформация поверхностей; трение между этими поверхностями. Обязательным условием балансировки на ножевой опоре является расположение кромок ножей 4 в плоскости горизонта.

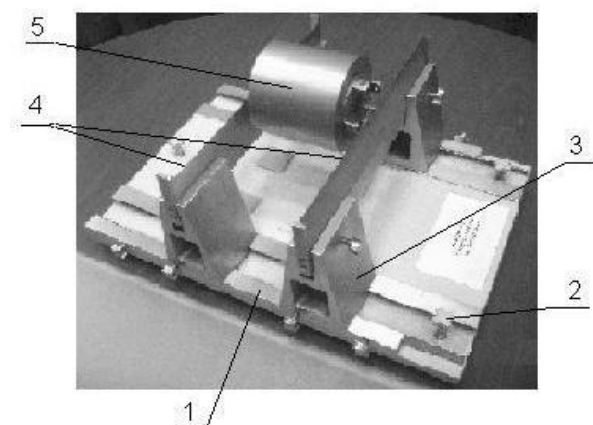


Рисунок 1 - Ножевая опора для статической балансировки подвижных узлов приборов:

1- основание, 2 – регулируемая опора, 3 стойка, 4 – ножи, 5 – балансируемый узел

Установка для статического уравновешивания в режиме электрической пружины работает по принципу силовой компенсации момента. Момент статической неуравновешенности изделия компенсируется моментом, создаваемым моментным двигателем установки. Достоинством данного метода является высокая точность и возможность автоматизации процесса.

Принципиальная схема установки для автоматизированной статической балансировки узлов приборов

Предлагаемое устройство [1, 3] (рисунок 2) содержит основание – 1 с регулируемыми опорами – 2, на котором установлены две стойки – 3 и 4 с упругими опорами. Опора содержит два стакана – 8 и 9, связанных между собой упругими лентами – 10, 11, 12, смещенными одна относительно другой вдоль оси опоры и равномерно расположенными в плоскости, перпендикулярной к оси опоры. Одна из лент, например, – 10 снабжена устройством нагружения – 23.

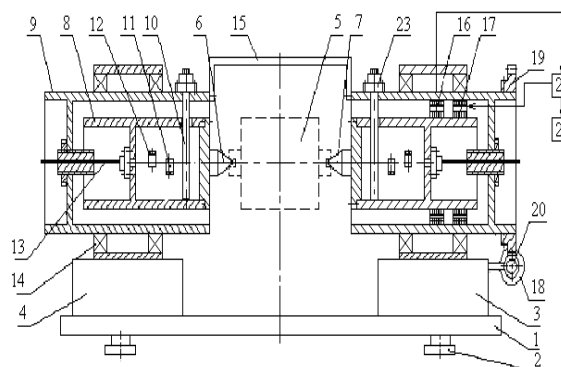


Рисунок 2 - Принципиальная схема установки для статической балансировки узлов приборов

Стойки имеют возможность перемещения по основанию вдоль оси, что необходимо при балансировке изделий различных габаритов. Балансируемое изделие – 5 устанавливается в центры – 6 и 7, закрепленные на внутренних стаканах – 8 опор. Днища стаканов связаны между собой регулируемым по длине торсионом – 13. Наружные стаканы опор – 9 установлены в корпусах стоек – 3 и 4 посредством подшипников 14 и жестко связаны между собой рамкой – 15. В упругой опоре установлены бесконтактный датчик угла – 16 и моментный двигатель – 17, роторы, которых закреплены на внутреннем стакане опоры, а статоры – на наружном. На наружном стакане

ПОЛЗУНОВСКИЙ ВЕСТНИК № 3/2, 2012

9 правой опоры установлено червячное колесо 19, а червяк 20 и двигатель 18 установлены в корпусе, закрепленном на правой стойке 3 установки. В систему измерения момента статической неуравновешенности входит усилитель-преобразователь – 21 и пульт управления – 22 с дисплеем. Величина тока, протекающего по обмотке датчика момента, пропорциональна моменту статической неуравновешенности. Информация о величине момента статической неуравновешенности выводится на дисплей.

Общий вид установки приведен на рисунке 3.

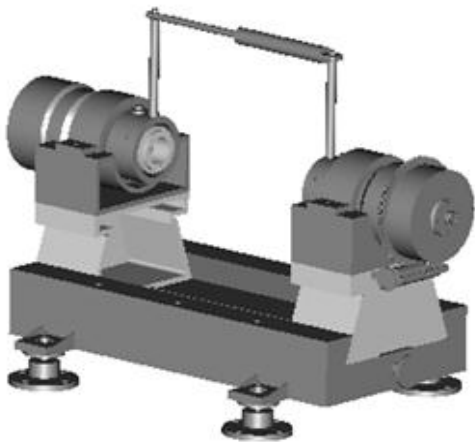


Рисунок 3 – Общий вид установки

Устройство работает следующим образом. Основание – 1 устанавливают в плоскость горизонта с помощью уровня и регулируемых опор – 2. Посредством устройства предварительного натяжения – 23 лент – 10, 11, 12 и регулировкой длины осевого торсиона – 13 добиваются квазинулевой жесткости опоры. Балансируемое изделие – 5 устанавливают в центрах – 6 и 7, определяют величину момента статической неуравновешенности (рисунок 4, а). Совмещают центр масс с плоскостью YOZ подвеса путем корректировки масс вдоль оси OX. Далее двигателем – 18 через самотормозящую передачу – 20, 19 поворачивают наружный стакан опоры – 9, а вместе с ним и балансируемое изделие – 5 на 90° (рисунок 4, б).

В этом положении осуществляют измерение момента статической неуравновешенности и корректируют массу вдоль оси OY. Таким образом, за два приема центр масс изделия совмещается с осью вращения OZ изделия. При необходимости операции можно повторить.

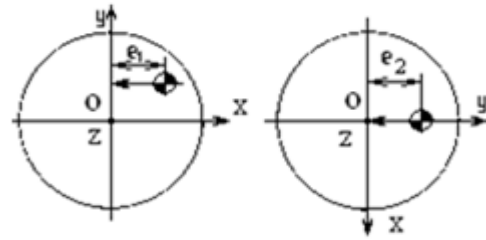


Рисунок 4 – Совмещение центра масс балансируемого изделия: а) с плоскостью YOZ; б) с осью вращения OZ

Обоснование выбора параметров конструкции и системы силовой компенсации установки

Выбор конструктивных параметров опоры осуществляется из условия обеспечения квазинулевой жесткости С при заданном интервале масс балансируемых изделий, прочности упругих элементов и стабильности ее механических характеристик [4, 5].

Структурная схема системы силовой компенсации [2] устройства приведена на рисунке 5.

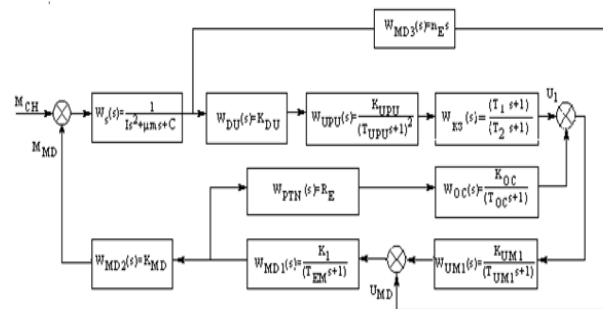


Рисунок 5 – Структурная схема системы измерения моментов статической неуравновешенности

Передаточные функции элементов системы измерения: $W_{UM1}(S) = \frac{K_{UM1}}{T_{UM1}S + 1}$ – усилитель мощности; $W_{MD1}(S) = \frac{K_1}{T_{EM}S + 1}$, $W_{MD2}(S) = K_{MD}$, $W_{MD3}(S) = 1$ – моментный двигатель; $W_{OC}(S) = \frac{K_{OC}}{T_{OC}S + 1}$ – цепь обратной связи; $W_{PTN}(S) = R_E$ – преобразователь тока-напряжения; $W_S(S) = \frac{1}{IS^2 + \mu ms + C}$ – подвижный узел станка; $W_{DU}(S) = K_{DU}$ – датчик угла;

РАЗДЕЛ IV. ПРИБОРЫ И МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ

$W_{UPU}(S) = \frac{K_{UPU}}{(T_{UPU}S + 1)^2}$ – устройство

предварительного усиления.

Для обеспечения устойчивости и требуемых показателей качества частотных характеристик системы в измерительную цепь введены последовательное корректирующее звено, передаточная функция которого имеет вид

$$W_{K3}(S) = \frac{T_1 S + 1}{T_2 S + 1}$$

и локальная обратная связь по току двигателя.

Динамический анализ системы измерения станка осуществлен при помощи программного пакета MathLab. В результате анализа получены переходный процесс системы на ступенчатое воздействие (рисунок 6), амплитудно-частотная и фазо-частотная характеристики замкнутой системы (рисунок 7) при следующих значениях коэффициентов передачи и постоянных времени: $K_{UM1} = 50$, $K_1 = 0,05$ А/В, $K_{MD} = 1$ Н·м/А, $K_{OC} = 5$, $K_{DU} = 200$ В/рад, $K_{UPU} = 10$, $T_{UM1} = 5 \cdot 10^{-6}$ с, $T_{EM} = 0,003$ с, $T_{OC} = 1 \cdot 10^{-4}$ с, $T_{UPU} = 9 \cdot 10^{-5}$ с, а также $R_E = 0,8$ Ом, $\mu = 0,01$ Н·м·с, $I = 0,8$ кг·м², $T_1 = 0,095$ с, $T_2 = 0,0045$ с, $C \cong 1$ Н·м/рад.

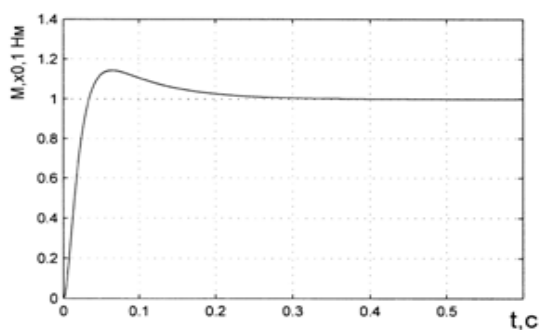


Рисунок 6 - Переходный процесс системы на ступенчатое воздействие

Вывод

Конструкция рассматриваемой установки обеспечивает автоматизацию процесса статической балансировки изделий массой до 20 кг и габаритами не более 400×400×400 мм. Система измерения момента статической неуравновешенности устойчива, обеспечивает требуемое быстродействие и порог чувствительности, равный $0,3 \cdot 10^{-4}$ Н·м.

Благодаря возможности перенастройки установки на объекты балансировки в широком диапазоне массогабаритных характери-

стик, её можно применять как в условиях серийного, так и единичного производства.

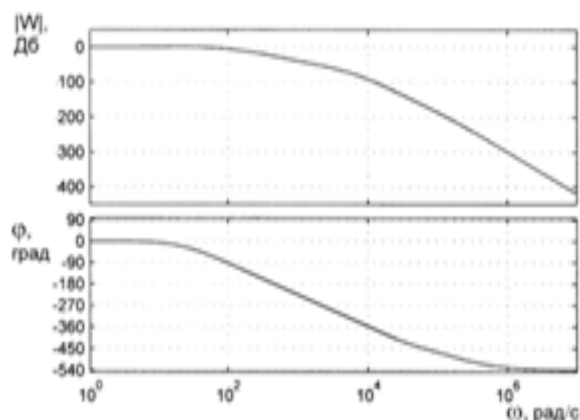


Рисунок 7 - Частотные характеристики замкнутой системы

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Gormakov A. Machine tool for static balance of active device and machine. [Текст] / A. Gormakov / Proc. 8th Korea-Russia Intern. Symp. on Science and Technology KORUS'2004, June 26 – July 3, 2004. – Tomsk, Russia, 2004. – V. 3. – P. 20–22.
2. Skorykh V.J., Gormakov A.N., Plotnikov J.A. Torquemeter on sites of girodines. [Текст] / A.N Gormakov, V.J. Skorykh/ Proc. 5th Korea-Russia Intern. Symp. on Science and Technology (KORUS'2001), June 26 – July 3, 2001. – Tomsk, TPU, Russia, 2001. – V. 1. – P. 42–45.
3. А.с. 1825997 РФ. МКИ G01M 1/30. Устройство для статической балансировки изделий [Текст] / А.Н. Гормаков, Ю.М. Камашев, В.Я. Скорых. Оpubл. 07.07.93, Бюл. № 25. – 5 с.
4. Бабаева Н.Ф., Ерофеев В.М., Сивоконенко И.М. и др. Расчет и проектирование элементов гироскопических устройств. [Текст] / Н.Ф. Бабаева, В.М.Ерофеев, И.М. Сивоконенко/ – Л.: Машиностроение, 1967. – 480 с.
5. Стенд для измерения моментов вокруг двух осей СИМ-2 / Камашев Ю.М.; Томск. политехн. ин-т. – Томск, 1983. – Деп. ВИНТИ, № 02840007147. Маршр. карта 307.

к.т.н., доцент **А.Н. Гормаков** – Томский политехнический университет, институт неразрушающего контроля, кафедра точного приборостроения, gormakov@tpu.ru; 8 (3822)563-839; к.т.н., доцент **И.А. Плотников** – Томский политехнический университет, ЭНИН, кафедра электроснабжения промышленных предприятий, E-mail: igorplt@tpu.ru, 8(3822)564-210.