

2. Иванов В.А., Кириллов В.Ю., Морозов Е.П. Модельные и стендовые исследования электризации космических аппаратов / под ред. В.Ю. Кириллова. – М.: МАИ, 2012. – 168 с.
3. Белик Г.А. Метод повышения устойчивости печатных узлов БРЭА космических аппаратов к возникновению ЭСР: Автореф. дис. канд. техн. наук 05.12.04 – М., 2013. – 25 с.
4. Датчик электростатического поля и способ измерения электростатического поля: пат. 2414717 Рос. Федерация: МПК G01R 29/12 (2006.01). Шилов А.М. и др.; заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО «Новосиб. гос. ун-т» (НГУ) – 2010101386/28, заявл. 18.01.2010; опубл. 20.03.2011, Бюл. № 8. – 6 с: ил.
5. Установка поверочная средств измерений напряженности электростатического поля П1-23 (ЦКЛМ.411723.003), производство ЗАО «НПП «Циклон-Прибор», Московская область, г. Фрязино.
6. Тиунов М.А., Фомель Б.М., Яковлев В.П. /SAM- интерактивная программа для расчета электронных пушек на мини-ЭВМ. Новосибирск: ИЯФ СО АН СССР, 1989, препринт N 89-159.

МАЛОМОМЕНТНАЯ ОПОРА ДЛЯ ПОДВЕСА ПЛАТФОРМЫ СТЕНДА

Крылатов А.Ю.¹, Хрущ Е.И.¹

Научные руководители: Мартемьянов В.М., доцент, к.т.н.; Буй Дык Бьен, аспирант

¹Национальный исследовательский Томский политехнический университет

634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: topazaykv@gmail.com

LOW MOMENT PROP FOR SUSPENSION OF STAND PLATFORM

Krylatov A.Y.¹, Khrusch E.I.¹

Scientific Supervisors: Associate Prof., PhD, Martemyanov V.M.; postgraduate Bien B.D.

¹Tomsk Polytechnic University

Russia, Tomsk, Lenin ave., 30, 634050

E-mail: topazaykv@gmail.com

Рассматривается конструкция опоры подвеса стенда для демонстрации принципа работы системы управления космическим аппаратом. Опора состоит из двух шарикоподшипников, соединенных промежуточной втулкой. Промежуточная втулка совершает угловые колебания при помощи электромагнитного привода. Рассмотрен способ настройки частоты колебаний электромагнитного привода.

The design of the suspension prop of the stand is considered to demonstrate the principle of operation of the spacecraft control system. The support consists of two ball bearings, connected by an intermediate sleeve. The intermediate sleeve makes angular oscillations with the aid of an electromagnetic drive. A method for tuning the vibration frequency of an electromagnetic drive is considered.

Во многих практических случаях разработка и изготовление опор с малым трением сталкивается с выбором принципа организации такого подвеса. Известны различные приемы поддержания перемещающейся части устройства – применение опор скольжения, шарикоподшипников, торсионные, газовые, жидкостные подвесы и др. При разработке подвеса платформы, моделирующей корпус космического летательного аппарата в структуре стенда для пояснения работы системы ориентации, было принято решение использовать шарикоподшипниковый узел с «оживлением». В этом случае для уменьшения момента трения применяется принудительное движение колец шарикоподшипника [1]. На практике для создания такого движения применяются как специальные электродвигатели, работающие в режиме непрерывного реверсирования, так и электромагнитные приводы. Выбор последнего был принят ввиду его простоты реализации. При разработке конструкции выяснилось, что стандартные трехколенные шарикоподшипники являются редкими и малодоступными элементами, в связи с чем принято решение

необходимую конструкцию создать в виде совокупности двух радиально-упорных шарикоподшипников, объединённых промежуточной втулкой. Данная втулка связана с внутренним кольцом внешнего шарикоподшипника и с внешним кольцом внутреннего; со внутренним кольцом последнего связана полусъёмная платформа. Применение промежуточной втулки облегчает соединение с подшипниковой структурой штанги электромагнитного привода. В этом случае структура создаваемого подвеса (см. рисунок) близка к конструкции, приведенной в [2].

Основой стенда является основание 1. На основании смонтирован корпус опоры 2, содержащий структуру трехколенного шарикоподшипника, состоящего из внешнего 3 и внутреннего 5 шарикоподшипников, а также промежуточной втулки 4. Штанга 6, связанная с промежуточной втулкой, является элементом электромагнитного привода, который содержит две обмотки электромагнитов 8 и общий якорь, смонтированный на штанге. Центрирование штанги производится пружинной конструкцией 7. Колебательное движение промежуточной втулки («оживление» шарикоподшипникового узла) осуществляется за счет периодического подключения обмоток электромагнитов к источнику переменного напряжения. Обмотки подключены к источнику посредством двух диодов, которые обеспечивают поочередное протекание токов по обеим обмоткам.

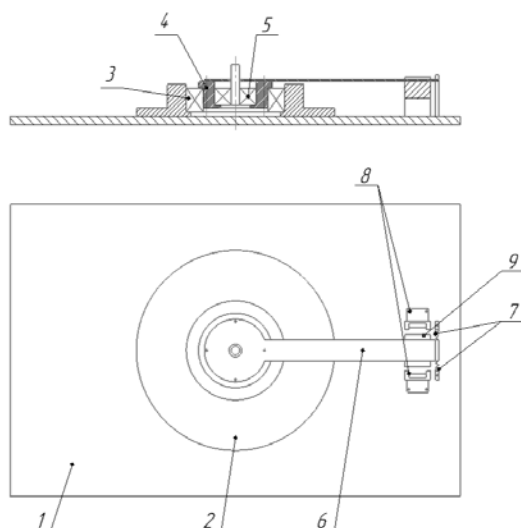


Рисунок. Структурная схема опоры

Очевидно, что частота колебаний промежуточной втулки зависит от частоты источника питания. Использование источника питания с регулируемой частотой, позволяющего задать режим колебаний близкий к резонансному, в данном случае оказывается нерациональным; желательно использовать источники стандартной частоты (50, 400, 500, 1000 Гц). В этом случае необходимый режим механических колебаний промежуточной втулки необходимо задавать соответствующим подбором жесткости элементов пружинной конструкции и момента инерции штанги.

Предположим, что опора для вращения платформы создает очень малый момент сопротивления. В этом случае можно считать, что характер движения устройства для создания колебаний промежуточного кольца не зависит от параметров платформы, в том числе и от ее момента инерции. В этом случае для расчета частоты собственных колебаний устройства, содержащего промежуточное кольцо шарикоподшипникового узла (промежуточную втулку), штангу и пружинную конструкцию, необходимо

определить момент инерции штанги J и жесткость пружинной конструкции C . Круговую частоту собственных колебаний определим, используя уравнение колебательного движения

$$J\ddot{\alpha} + C\alpha = 0$$

или

$$\ddot{\alpha} + \omega^2\alpha = 0.$$

В этом случае круговая частота собственных колебаний имеет величину $\omega = \sqrt{\frac{C}{J}}$. Циклическая частота будет $f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{C}{J}}$. Используя полученное выражение, можно определенным способом меняя величины J и C , добиться того, что циклическая частота собственных колебаний устройства будет близка к частоте имеющегося источника питания переменного тока, т. е. будет наблюдаться режим, близкий к резонансному, требующий минимально возможное потребление энергии источника.

Изменение (подстройка) момента инерции J может быть проведено добавлением или уменьшением массы штанги; жесткость пружинной конструкции – подбором пружин с необходимой жесткостью k . Отметим, что при одинаковых пружинах с заданной жесткостью k , выбранная нами схема пружинной конструкции обладает жесткостью $C = 2k$.

Экспериментальное определение момента инерции можно провести методом качания физического маятника с эталоном (метод Гаусса). В данном случае ось подвеса штанги располагается горизонтально, штанге задается колебательное движение и фиксируется период ее собственных колебаний. Затем, на некотором заданном расстоянии от оси вращения на штанге закрепляется масса известной величины. При этом произойдет изменение момента инерции и «маятниковости» штанги. Период колебаний также изменится. Затем, используя значения первоначального периода колебаний и периода при добавлении массы, рассчитывают величину момента инерции качающейся штанги по формуле

$$J = \frac{T_1^2}{T_2^2 - T_1^2} \cdot \left[m_3 \cdot l_3 \left(l_3 + \frac{T_2^2}{4\pi^2} \cdot g \right) \right],$$

где: T_1, T_2 – периоды колебаний соответственно до и после установки эталонной массы;

m_3 – величина эталонной массы;

l_3 – расстояние от оси вращения до центра эталонной массы;

g – ускорение силы тяжести.

Определение жесткости пружин производят приложением к ним силы веса известной массы и замером происходящей при этом деформации (сжатия) пружин.

По результатам проведенных экспериментов определяется исходная частота собственных колебаний, затем производится необходимая подстройка параметров для достижения квазирезонансного режима работы системы «оживления» опоры.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Никитин Е.А. и др. Гироскопические системы. Ч. III. Элементы гироскопических приборов / под ред. Д.С. Пельпора. – М.: Высш. школа, 1972. – 472 с.
2. Павлов В.А. Основы проектирования и расчета гироскопических приборов / В.А. Павлов. – Л.: Судостроение, 1967. – 260 с.