

Способ измерения углового ускорения

Олег Михайлович Поколенко

Кафедра радиофизики, Донбасский государственный технический университет, пр. Ленина, 16, г. Алчевск, 94222, Украина
pokolenko_oleg@mail.ru

Аннотация. В статье описан физический способ измерения углового ускорения вращающегося тела: рассматривается прямой способ его измерения, даны количественные соотношения.

Цель: дать представление об одном из простых способов измерения углового ускорения вращающегося тела как основы инерциальной навигации.

Задача: теоретически продемонстрировать, как простым способом можно измерить угловое ускорение, используя аналогию.

Объект исследования: процесс обучения студентов в вузе, углублённое изучение тем курса физики.

Методы исследования: общий анализ различных приборов для измерения углового ускорения, выявление простого способа его измерения с использованием логического метода – аналогии.

Результаты: предложен несложный способ измерения углового ускорения, указано практическое использование полученных измерений.

Вывод: на основе чёткого понимания темы «Вращательное движение твёрдого тела» возможно измерить угловое ускорение вращающегося тела, предложенный способ можно рассмотреть на практическом занятии со студентами.

Ключевые слова: угловое ускорение; акселерометр.

O. M. Pokolenko. The method of measuring the angular acceleration

Annotation. The article describes the physical method of measuring the angular acceleration of a rotating body: a direct method for measuring it is considered, quantitative relationships are given.

Aim: to give an idea of one of the simplest ways to measure the angular acceleration of a rotating body as the basis of inertial navigation.

Objective: to demonstrate theoretically how simple it is to measure angular acceleration using an analogy.

Object of study: the process of teaching students in high school, in-depth study of the physics course.

Research methods: a general analysis of various instruments for measuring angular acceleration, identifying a simple method of measuring it using a logical method – an analogy.

Results: a simple method for measuring the angular acceleration was proposed, the practical use of the obtained measurements was indicated.

Conclusion: on the basis of a clear understanding of the topic “Rotational motion of a rigid body”, it is possible to measure the angular acceleration of a rotating body, the proposed method can be considered in a practical lesson with students.

Keywords: angular acceleration; accelerometer.

Affiliation: Donbass State Technical University, 16, Lenina Ave., Alchevsk, 94204, Ukraine.

E-mail: pokolenko_oleg@mail.ru.

Инерциальные системы навигации самолетов и космических кораблей обладают тем достоинством, что им невозможно создать помехи. В автопилоте используется гироскопический датчик углового ускорения. Информация получается путем дифференцирования сигнала с датчика на RC-цепочке в операционном усилителе. Недостатком такого способа является низкая помехоустойчивость операции дифференцирования. Инерциальный метод заключается в измерении силы, развиваемой инерционной массой при ее движении с ускорением.

Приборы и датчики, основанные на этом принципе действия, называются акселерометрами. В зависимости от способа измерения силы различают акселерометры пружинные и компенсационные. Основным недостатком пружинных акселерометров является гистерезис. После измерения ускорения ось не возвращается на прежнее место. Даже очень малый гистерезис приводит при двойном интегрировании к большим ошибкам.

Рассмотрим сначала линейный акселерометр, который представляет собой грузик на пружине, движущийся с малым трением вдоль стержня. Для линейной деформации закон Гука пишут обычно в виде:

$$F_y = -kx, \quad (1)$$

где F_y – сила упругости; k – коэффициент жесткости; x – величина деформации.

Для линейного акселерометра, в котором используется пружина, сила упругости F_y сбалансирована силой инерции F_u , которая по второму закону динамики

$$F_u = -ma, \quad (2)$$

где m – масса тела; a – ускорение его движения.

Так как $F_y = F_u$, то:

$$ma = kx, \quad (3)$$

что позволяет практически определить ускорение при движении тела по прямой:

$$a = \frac{k}{m} x. \quad (4)$$

При заданних k і m для акселерометра прискорення a залежить лінійно від зміщення тіла x відносно положення рівноваги.

За аналогії з (1) можна записати закон Гука для випадку, коли тіло, наприклад, стержень має вісь обертання, до якої кріпиться спіральна пружина:

$$M_y = -\chi\varphi, \quad (5)$$

де M_y – момент пружної сили; χ – коефіцієнт жорсткості спіральної пружини; φ – кут повороту або закручування.

Якщо це тіло почати обертати, то момент пружної сили M_y , виникаючий в спіральній пружині, буде збалансований моментом сили інерції M_u , виникаючим при прискореному русі обертуючого тіла, тобто $M_y = M_u$.

Основний закон динаміки обертального руху має вигляд:

$$M = I\varepsilon, \quad (6)$$

де M – момент сили; I – момент інерції; ε – кутове прискорення.

За аналогії з поступальним рухом можна вважати, що момент сили інерції обертуючого тіла

$$M_u = -I\varepsilon, \quad (7)$$

тоді з (5) і (7) отримаємо:

$$\varepsilon = \frac{\chi}{I} \varphi. \quad (8)$$

При відомому коефіцієнті жорсткості спіральної пружини χ і моменті інерції обертуючого тіла I , кутове прискорення ε залежить лінійно від кута повороту тіла φ відносно положення рівноваги.

Якщо обертуюче тіло має форму стержня, то, розмістив перпендикулярно осі обертання, що проходить через середину стержня, лімба, проградуирований в радіанах, отримуємо можливість вимірювати кут закручування φ . Його також можна виміряти оптичним методом. Це аналог лінійного акселерометра – кутового акселерометра.

Перетворивши φ в електричний сигнал, перше інтегрування дає миттєве значення кутової швидкості, а друге – миттєве значення кутового шляху.

Список використаних джерел

1. Поколенко О. І. Використання аналогії у фізичному практикумі / О. Поколенко, І. Антропов, Н. Русанова // Матеріали III міжнародної науково-методичної конференції «Актуальні проблеми викладання та навчання фізики у вищих освітніх закладах». – Львів : Ліга-прес, 2009. –

C. 197-199.

2. Кавинов И. Ф. Инерциальная навигация в околоземном пространстве / И. Ф. Кавинов. – М. : Машиностроение, 1988. – 144 с.

References (translated and transliterated)

1. Pokolenko O. I. Vykorystannia analogii u fizychnomu praktykumi [Using an analogy in a physical practice] / O. Pokolenko, I. Antropov, N. Rusanova // Materialy III mizhnarodnoi naukovo-metodychnoi konferentsii «Aktualni problemy vykladannia ta navchannia fizyky u vyshchych osvitynykh zakladakh». – Lviv : Liha-pres, 2009. – S. 197-199. (In Ukrainian)

2. Kavinov I. F. Inercialnaia navigatciia v okolozemnom prostranstve [Inertial navigation in near-Earth space] / I. F. Kavinov. – М. : Mashinostroenie, 1988. – 144 s. (In Russian)