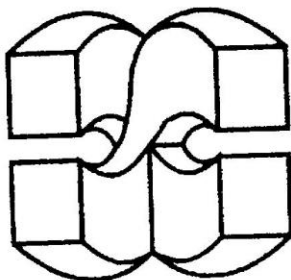


INFORMATION TECHNOLOGY
SCIENCE • TECHNIQUE • TECHNOLOGY
EDUCATION • HEALTH

PRINTED SCIENTIFIC WORKS



Министерство образования Украины
Харьковский государственный политехнический университет

**ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ:
НАУКА, ТЕХНИКА, ТЕХНОЛОГИЯ,
ОБРАЗОВАНИЕ, ЗДОРОВЬЕ**

Сборник научных трудов ХГПУ

Выпуск 6

В четырех частях

Часть
первая

Харьков 1998

УДК 621+539+519

Информационные технологии: наука, техника, технология, образование, здоровье: Сборник научных трудов ХГПУ. Вып. 6. В четырех частях. Ч. 1.- Харьков: Харьк. гос. политехн. ун-т, 1998. - 567 с.

В первой части представлены работы по актуальным вопросам создания и использования информационных технологий для решения задач микропроцессорной техники в автоматике и приборостроении, систем обеспечения надежности и электробезопасности энергетического оборудования, механики и управления.

Для научных работников, специалистов, преподавателей, аспирантов, студентов высших учебных заведений соответствующих специальностей.

Утверждено к печати ученым советом ХГПУ,
протокол № 3 от 27 марта 1998 г.

Представлено постоянно действующим международным программным комитетом конференции по информационным технологиям Харьковского государственного политехнического университета (Украина), Мишкольцкого университета (Венгрия), Магдебургского университета (Германия), Петрошанского университета (Румыния)

Программный комитет: Львов Г.И., Патко Д. (сопредседатели), Грабченко А.И. (зам. председателя), Баженов В.Г., Белов В.К., Бондаренко В.Е., Гуцаленко Ю.Г., Загребельный В.Н., Илиаш Н., Ковач Ф., Космачев С.М., Лиерат Ф., Наний В.В., Некрасов А.П., Новгородцев В.А., Пелих В.Ф., Перерва П.Г., Пискляров В.И., Рыщенко М.И., Тарасенко Н.А., Товажнянский Л.Л., Хорват М., Челени Й., Чернышев И.С.

Харьковский государственный политехнический университет,
310002, Харьков-2, Фрунзе, 21

Труды воспроизведены непосредственно с авторских оригиналов

ISBN 966-593-033-8

©Харьковский государственный
политехнический университет,
1998

**Компьютерные технологии
в механике и управлении.
Динамика и прочность машин**

УСПОКОЕНИЕ ВРАЩАЮЩЕГОСЯ СПУТНИКА ПРИ НЕПОЛНОЙ УПРАВЛЯЕМОСТИ

В.Б.Успенский, А.С.Назаров, Харьков, Украина

This article is devoted to consideration of a problem of calm not completely of controlled artificial companion of the Earth for want of to simultaneous unloading of the saturated inertial wheel with the help of force gyroscopic complex. For a solution of the given problem angular velocities program are set polynomial which will be realized with the help of managing movement. The choice of the order and factors polynomial of angular velocities is connected to boundary conditions of a problem. The conducted numerical modeling testifies to efficiency of the given approach.

Система управления ориентацией (СУО) искусственного спутника Земли (ИСЗ) комплектуется исполнительными органами (ИО) различных типов. Совместная работа ИО в штатных режимах функционирования позволяет рационально использовать ресурс управления, осуществляя разделение управляющего момента на различные ИО. В нештатных режимах функционирования СУО, например при отказе некоторых ИО, необходимо обеспечить работоспособность СУО. Поэтому актуальной является разработка методов совместной работы органов управления в нештатных режимах работы СУО ИСЗ.

Рассматривается задача успокоения не полностью управляемого ИСЗ при одновременной разгрузке «насыщенного» инерционного маховика (ИМ) с помощью силового гироскопического комплекса (СГК). Под неполной управляемостью здесь понимается потеря управляемости со стороны СГК по одной из связанных осей твердого тела (ТТ) (например, по третьей) из-за неработоспособности некоторых гиродинов (ГД), входящих в СГК. При этом предполагается, что управление вращением ИСЗ вокруг этой оси осуществляется малоэффективным ИМ, находящимся в состоянии «насыщения».

Вращение ИСЗ в данных условиях задается уравнениями

$$\begin{aligned}
I_1 \dot{\omega}_1 - (I_2 - I_3) \omega_2 \omega_3 &= M_1, \\
I_2 \dot{\omega}_2 - (I_3 - I_1) \omega_3 \omega_1 &= M_2, \\
I_3 \dot{\omega}_3 - (I_1 - I_2) \omega_1 \omega_2 &= m_3,
\end{aligned} \tag{1}$$

в которых M_1, M_2 - проекции управляющего момента, создаваемого СГК, $m_3 = J\dot{\Omega}$ - управляющий момент, создаваемый маховиком. Требуется за фиксированное время T осуществить успокоение вращающегося ИСЗ, при этом обеспечить разгрузку «насыщенного» ИМ с помощью СГК.

Будем считать, что в начальный момент времени известны $\bar{\omega}(0) = \{\omega_1(0), \omega_2(0), \omega_3(0)\}$ - угловая скорость ИСЗ и $\Omega(0)$ - угловая скорость маховика. Требуется за время T обеспечить $\Omega(T) = 0$ и одновременно с этим достаточно малую угловую скорость ИСЗ $\bar{\omega}(T)$.

Интерпретируем рассматриваемую задачу управления как обратную задачу динамики [1]. Перепишем систему (1) в виде

$$\begin{aligned}
\dot{\omega}_1 &= \alpha_1 \omega_2 \omega_3 + \mu_1, \\
\dot{\omega}_2 &= \alpha_2 \omega_3 \omega_1 + \mu_2, \\
\dot{\omega}_3 &= \alpha_3 \omega_1 \omega_2 + \mu_3.
\end{aligned} \tag{2}$$

Здесь $\alpha_1 = \frac{I_2 - I_3}{I_1}$; $\alpha_2 = \frac{I_3 - I_1}{I_2}$; $\alpha_3 = \frac{I_1 - I_2}{I_3}$ - безразмерные коэффициенты;

$\mu_1 = \frac{M_1}{I_1}$; $\mu_2 = \frac{M_2}{I_2}$; $\mu_3 = \frac{m_3}{I_3}$ - приведенные управляющие моменты.

Зададим программу изменения угловой скорости ИСЗ $\omega^*(t)$ и угловой скорости маховика $\Omega^*(t)$ в виде:

$$\omega_3^*(t) = a_3 t^3 + b_3 t^2 + c_3 t + d_3, \quad \omega_2^*(t) = d_2, \quad \Omega^*(t) = At + B. \tag{3}$$

Из третьего уравнения системы (2) получим:

$$\omega_1^*(t) = \frac{\dot{\omega}_3^*(t) - \mu_3^*(t)}{\alpha_3 \omega_2^*(t)}, \quad \text{или, с учетом того, что } \mu_3^*(t) = \frac{J\dot{\Omega}^*}{I_3} = \frac{JA}{I_3},$$

$$\omega_1^*(t) = \frac{3a_3 t^2 + 2b_3 t + c_3 - \frac{JA}{I_3}}{\alpha_3 d_2}. \tag{4}$$

Коэффициенты полиномов, входящие в (3), (4), определяются путем согласования программных значений угловых скоростей с заданными граничными условиями

$$\bar{\omega}^*(0) = \bar{\omega}(0), \bar{\omega}^*(T) = \bar{\omega}(T), \Omega^*(0) = \Omega_{max}, \Omega^*(T) = 0. \tag{5}$$

Задавая $\bar{\omega}(T) = \{0, \omega_2(0), 0\}$, для коэффициентов полиномов (3),

(4) последовательно получим:

$$B = \Omega_{max}; A = -B / T; d_3 = 0; c_3 = \dot{\omega}_3(0) = \alpha_3 \omega_1(0) \omega_2(0) + \mu_3(0);$$

$$a_3 = \frac{1}{T^2}(c_3 + \mu_3) + \frac{2}{T^3} \omega_3(0); b_3 = \frac{1}{2T}(\mu_3 - c_3) + \frac{T}{2} a_3; d_2 = \omega_2(0).$$

Реализацию программных угловых скоростей (3), (4) обеспечивают моменты

$$\mu_1^*(t) = \dot{\omega}_1^*(t) - \alpha_1 \omega_2(t) \omega_3(t), \quad \mu_2^*(t) = \dot{\omega}_2^*(t) - \alpha_2 \omega_3(t) \omega_1(t). \quad (6)$$

Реализация программной скорости ИМ в свою очередь создает

момент
$$\mu_3^*(t) = \frac{J A}{I_3}, \quad t \in [0, T]. \quad (7)$$

Здесь $\dot{\omega}_1^*(t) = \frac{2a_3 t + b_3}{\alpha_3 \omega_2^*(t)}$; $\dot{\omega}_2^*(t) = 0$ - программные угловые ускорения;

$\omega_1(t), \omega_2(t), \omega_3(t)$ - проекции угловой скорости ИСЗ.

Таким образом, управляющие моменты (6) и $\dot{\Omega}^* = -\Omega_{max} / T$ обеспечивают успокоение ИСЗ с одновременной разгрузкой ИМ. Выбор порядка и коэффициентов полиномиальных программных угловых скоростей (3), (4) связан с краевыми условиями задачи (5). Время T следует выбирать из условия осуществимости разгрузки ИМ

$$|\dot{\Omega}| = |\dot{\Omega}^*| = |A| \leq \dot{\Omega}_{max}.$$

Для иллюстрации работоспособности предложенного способа разгрузки ИМ при успокоении ИСЗ был проведен вычислительный эксперимент в следующих условиях: $T=10$ с - время разгрузки ИМ;

$\bar{\omega}(0) = \{0,0001, 0,0001, 0,0001\}$ рад/с - начальная угловая скорость ИСЗ;

$I = \text{diag} \{1200, 3000, 3300\}$ кг · м² - матрица моментов инерции ИСЗ;

$J=0,0015$ кг · м² - момент инерции инерционного маховика;

$\Omega_{max}=20 \cdot \pi$ рад/с - угловая скорость "насыщения" ИМ.

Конечное состояние характеризуется значениями

$$\bar{\omega}(T) = \{-5E - 9, 1E - 4, -2E - 8\} \text{ рад/с}, \quad \Omega(T) = 0.$$

Полученные результаты носят принципиальный характер и свидетельствуют об эффективности данного подхода.

Список литературы: 1. Крутько П.Д. Обратные задачи динамики управляемых систем: Линейные модели. - М.: Наука, - 1987. - 304 с.

Представлен докт. техн. наук Голоскоковым Е.Г.

Научное издание

Министерство
образования Украины
Харьковский
государственный
политехнический
университет

**ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ:
НАУКА, ТЕХНИКА, ТЕХНОЛОГИЯ,
ОБРАЗОВАНИЕ, ЗДОРОВЬЕ**

Сборник научных трудов ХГПУ

Выпуск 6

Часть первая

Составитель
Грабченко Анатолий Иванович

Ответственный секретарь
Гуцаленко Ю.Г.
Секретариат
Жорник Н.И., Серова Н.Н.
Оформление оригинал-макета
*Борзенко А.М., Крылов Е.С.,
Мироненко А.Л., Третьяк Т.Е.*

Подписано к печати 15.04.98. Формат 60×84 $\frac{1}{16}$

Бумага офсетная. Усл. печ. л.35,5.

Уч.-изд.л.35,25. Тираж 300 экз. Заказ № 3343-1

Фирма "Курсор Лтд"

310057, Харьков-57, Театральный пер. 11/13