

В. К. БРУТЯН

КВАЗИОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ НЕСИММЕТРИЧНЫМИ И ОСЕСИММЕТРИЧНЫМИ ИСКУССТВЕННЫМИ СПУТНИКАМИ ЗЕМЛИ

В работе исследуются квазиоптимальные системы управления при помощи маховиков с применением методов, разработанных в [1]. Вначале рассматривается несимметричный искусственный спутник Земли (ИСЗ), находящийся на орбите с высотой 10^6 м и эксцентриситетом 10^{-1} м. Предполагается, что Земля является сферой и X_1, X_2, X_3 образуют систему ортогональных базисных осей, относительно которых ИСЗ должен быть выровнен. Угловая скорость базисной системы координат равна $\omega' = [0, \omega_2, 0]$, где ω_2 — угловая скорость линии, соединяющей центр масс ИСЗ с центром Земли. Пусть $\omega_2 = 8 \cdot 10^{-4}$ рад/с. Ортогональная система осей Y_1, Y_2, Y_3 является системой главных осей ИСЗ, называемых соответственно осями крена, тангажа и рыскания. Компоненты вектора угловой скорости вращения ИСЗ относительно базисной системы координат соответственно главным осям ИСЗ и угловые ошибки между базисными осями и осями ИСЗ именуется скоростями и углами крена, тангажа и рыскания.

Предполагается, что максимально возможные значения этих углов составляют примерно $18 \cdot 10^{-2}$ рад, а угловых скоростей — 10^{-1} рад/с относительно каждой оси [2, 3]. Пусть задачей системы управления является уменьшение всех углов до величины $18 \cdot 10^{-3}$ рад за 3 мин. Моменты инерции ИСЗ относительно осей Y_1, Y_2 и Y_3 принимаются равными: $270 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$, $200 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ и $140 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$, а максимально допустимые моменты количества движения маховиков (МКДМ) предполагаются равными: $14 \text{ кг} \cdot \text{м}^2/\text{с}$, $10 \text{ кг} \cdot \text{м}^2/\text{с}$ и $7 \text{ кг} \cdot \text{м}^2/\text{с}$ [2, 3].

Для рассматриваемой задачи вводятся следующие обозначения: x_1, x_2, x_3 и x_4, x_5, x_6 — углы и угловые скорости крена, тангажа и рыскания соответственно; a_i — i -ый МКДМ относительно ИСЗ.

Элементы матриц A и D_i равны нулю, за исключением $a_{11} = a_{24} = a_{35} = 1$, $d_{21} = i_1$, $d_{42} = i_2$, $d_{53} = i_3$, где $i_i = I_i^{-1}$, I_i — момент инерции ИСЗ относительно i -ой главной оси. Вектор u_i и матрица $L_i(a)$ имеют вид:

$$u_i^c = [I_1 \omega_2 i_1 \quad I_2 \omega_2 \quad -a_i \omega_2 I_3];$$

$$L_1(x) = \begin{vmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -\lambda_1 x_3 & 0 & -\lambda_1 x_2 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \lambda_2 x_3 & 0 & 0 & 0 & \lambda_2 x_1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \lambda_2 x_2 & 0 & -\lambda_2 x_1 & 0 & 0 \end{vmatrix}$$

Для квазиоптимального управления метод 1 позволяет получить:

$$u_{11} = -I_1 (\Gamma_{12} x_1 + \Gamma_{22} x_2 + z_1 \omega_2) + z_1 x_4 - z_2 x_3;$$

$$u_{12} = -I_2 (\Gamma_{12} x_3 + \Gamma_{22} x_1 + \omega_2) - z_1 x_3 - z_1 x_4;$$

$$u_{13} = -I_3 (\Gamma_{12} x_3 + \Gamma_{22} x_3 - z_1 \omega_2) + z_2 x_2 + z_1 x_4.$$

Используя для квазиоптимального управления метод 2 и двухчленную аппроксимацию выражения (8), можно получить:

$$u_{11} = -I_1 (\Gamma_{12} x_1 + \Gamma_{22} x_2 + z_1 \omega_2) - b_{122} z_3 x_4 - b_{133} z_2 x_3 - \beta (b_{122} z_1 x_3 - b_{133} z_1 x_2);$$

$$u_{12} = -I_2 (\Gamma_{12} x_3 + \Gamma_{22} x_4 + \omega_2) - b_{121} z_3 x_2 - b_{222} z_1 x_4 + \beta (b_{121} z_2 x_1 - b_{223} z_1 x_3);$$

$$u_{13} = -I_3 (\Gamma_{12} x_3 + \Gamma_{22} x_4 - z_1 \omega_2) - b_{111} z_2 x_2 - b_{222} z_1 x_4 + \beta (b_{111} z_2 x_2 - b_{222} z_1 x_3),$$

где $\beta = \Gamma_{12} \Gamma_{22}$; $b_{122}^- = (I_1 - I_2) / 2I_2$; $b_{133}^- = (I_1 + I_2) / 2I_2$.

Путем линеаризации исходных уравнений построен также алгоритм управления, согласно которому уравнения управления с помощью матриц имеют вид:

$$u_{11} = -I_1 (\Gamma_{12} x_1 + \Gamma_{22} x_2 + z_1 \omega_2);$$

$$u_{12} = -I_2 (\Gamma_{12} x_3 + \Gamma_{22} x_4 + \omega_2);$$

$$u_{13} = -I_3 (\Gamma_{12} x_3 + \Gamma_{22} x_4 - z_1 \omega_2).$$

Моделированием характеристик ИСЗ и системы управления на ЭВМ ЕС-1045 исследовались переходные процессы для нескольких наборов начальных условий. При этом для каждого набора начальных условий начальный коэффициент МКДМ принимался равным нулю или половине максимального значения. При моделировании использовались точные уравнения движения и учитывались векторы измеряемых возмущений.

Результаты моделирования для начальных условий: $x_{10} = x_{20} = x_{30} = 18 \cdot 10^{-2}$ рад, $x_{40} = x_{50} = x_{60} = 10^{-1}$ рад/с представлены в таблице. Анализ результатов моделирования показывает, что во всех случаях система управления, вычисленная на основе линеаризации, не в состоянии уменьшить угловую ошибку в течение заданного времени при коэффициенте, равном половине максимального начального значения

Метод синтеза	Коэффициент от макс. нач. МКДМ	Время переходного процесса, мин	Максимальный момент, кг·м·10 ⁻⁶	Величина функций качества
метод 1	0,5	2,5	91	13
	0	2	62	10
метод 2	0,5	2,5	192	11
	0	2,8	62	12
линеаризованный метод	0,5	12	70	14
	0	3	62	12

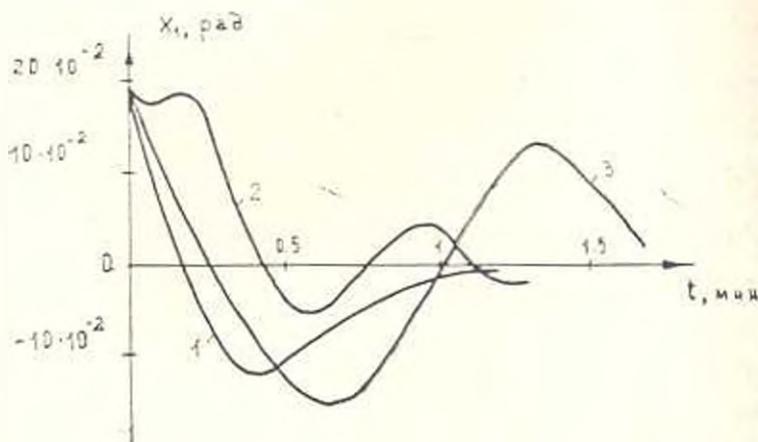


Рис. 1. Переходные процессы ИСЗ по углу крана

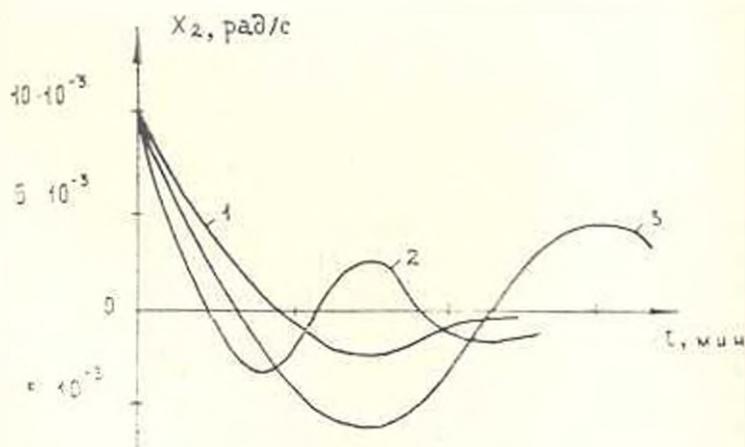


Рис. 2. Переходные процессы ИСЗ по угловой скорости крана.

МКДМ, тогда как квазиоптимальные системы при всех наборах начальных условий обеспечивают необходимый переходный процесс. В случае нулевого начального коэффициента МКДМ характеристики квазиоптимальных и линеаризованной систем близки друг к другу. Этот факт объясняется тем, что при малых начальных значениях МКДМ все три закона управления почти совпадают. Переходные процессы ИСЗ по углу и угловой скорости крена при коэффициенте, равном половине максимального начального значения МКДМ, соответственно показаны на рис. 1 и 2. Кривые 1 и 2 получены по методам 1 и 2, а кривые 3 — на основе линеаризации. По этим рисункам можно сделать следующие выводы. Переходный процесс системы, вычисленный на основе линеаризации, является совершенно неприемлемым. Квазиоптимальный метод 2 позволяет получить меньшее (по сравнению с методом 1) перерегулирование, однако при этом переходный процесс является колебательным. Для несимметричного ИСЗ проводилось также вычисление системы управления, при котором учитывались только линейные и постоянные члены. Оптимизация выполнялась относительно квадратичного функционала качества. В этом случае длительность переходного процесса была больше часа.

Далее рассматривалась система управления осесимметричным ИСЗ, в которой маховики используются для точного управления, а именно — уменьшения углов рыскания и тангажа с максимально возможного значения $18 \cdot 10^{-2} \text{ рад}$ до 10^{-3} рад за время 8 мин. При этом максимальные начальные значения угловых скоростей рыскания и тангажа равны 10^{-1} рад/с , а скорость крена приблизительно равна 10^{-4} рад/с . Анализ полученных результатов показывает, что они сходны с предыдущими результатами. В этом случае также при коэффициенте, равном 0,7 максимального начального значения МКДМ, система управления, вычисленная на основе линеаризации, оказывается не в состоянии уменьшить угловые ошибки до необходимых пределов в течение заданного времени, тогда как системы, полученные на основе квазиоптимальных методов, уменьшают угловые ошибки до величины 10^{-3} рад за время 8 мин и меньше.

Վ. Կ. ՄՐՈՒՅՅԱԼ

ԵՐԿՐԻ ԱՆՇԱՄԱԶԱՔ ԵՎ ԱՌԱՆՅՔԱՀԱՄԱԶԱՔ ԱՐՉԵՍՏԱԿԱՆ ՄՈՒՐԱԿՆԵՐԻ ԿԵՂՉ ՀԱՄԱՐՅԱ ԿԱՌԱՎԱՐՈՒՄԸ

Ա մ փ ո փ ո ս մ

Դիտարկվում է Երկրի արհեստական մոլորակի տարածական դրոժյան n_2 զծային համակարգի սինթեզման խնդիրը թափանիվների օգնությամբ: Կեղծ համարյա համակարգերի համար էՀՄ-ի վրա ուսումնասիրվում են Երկրի արհեստական մոլորակի բնութագրերի մոդելավորման միջոցով կառու-

վարման պրոցեսները: Ստացված արդյունքների վերլուծությունը ցույց է տալիս, որ բոլոր դեպքերում կառավարման համակարգը, որը կառուցվում է գրծայնացման հիման վրա, ի վիճակի չէ փոքրացնելու տրված ժամանակամիջոցում անկյունային սխալները այն դեպքում, երբ կեղծ համարյա համակարգերը սկզբնական պայմանների ցանկացած հավաքածուի ժամանակ ապահովում են պահանջվող կառավարման պրոցեսները:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Брутян В. К. Управление пространственным положением ИСЗ при помощи марковиков // Изв. АрмССР. Сер. ГИ — 1987 — Т. XL — № 1 — С. 19—23.
2. Брутян В. К. Основные аспекты теории непрерывных марковских управляемых систем и ее приложение — Ереван: Айстап, 1981 — 298 с.
3. Инженерный справочник по космической технике / Под ред. А. В. Солодова. — М: Военное изд-во МО СССР, 1977. — 430 с.

Изв. АН АрмССР (сер. ГИ). т. XL, № 3, 1987

НАУЧНЫЕ ЗАМЕТКИ

С. О. МКРТЧЯН, В. В. ТАТЕВОСЯН, А. М. АВЕТИСЯН

ПОВЫШЕНИЕ ОДНОРОДНОСТИ РЕЗИСТИВНЫХ ПЛЕНОК

В технологии изготовления гибридных интегральных схем (ГИС) одной из важнейших технологических задач является повышение однородности напыленных пленок, которое достигается групповым характером технологических операций на общей подложке. Однако, даже в этом случае возможен разброс параметров удаленных друг от друга участков микросхем из-за неоднородности плотности потоков частиц, конденсирующихся на подложке. Поскольку напыление является основной технологической операцией, то разброс параметров, полученный в процессе напыления, является источником разброса параметров при всех последующих операциях. Очевидно, что разработка метода повышения однородности конденсированных пленок является одной из основных задач современной микроэлектроники.

В настоящее время в цифровой, аналоговой и вычислительной технике широкое распространение получили резистивные микросхемы, представляющие собой набор резисторов. Основное требование, предъявляемое к резистивным микросхемам — согласованность резисторов по величине сопротивления. В случае прецизионных резистивных микросхем это требование значительно усложняется согласованностью ТКС резисторов, которая должна превышать $10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ [1].

С целью решения этой задачи объектом исследования являлись пленки, полученные по тонкопленочной танталовой технологии. Из танталовых соединений наибольшее распространение получили соединения