

УДК 629.78

СИНТЕЗ ОПТИМАЛЬНОГО ЗАКОНА УПРАВЛЕНИЯ ПЕРЕОРИЕНТАЦИЕЙ НАНОСПУТНИКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

© Сеницын Л.И., Крамлих А.В.

e-mail: sinitsin_leonid@mail.ru

*Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация*

Исследованию задачи управления угловым движением космических аппаратов в различных постановках и с использованием широкого спектра методов решения посвящено множество публикаций. Предлагается ещё один подход к решению этой задачи, заключающийся в том, что эффективная, при разработке систем стабилизации, методика аналитического конструирования оптимальных регуляторов (АКОР) используется в контексте управления угловым движением при совершении сложных манёвров.

Сформулируем постановку задачи. Из заданного начального положения необходимо перевести систему, описывающую возмущённое движение наноспутника под воздействием гравитационного и аэродинамического моментов, в требуемое конечное положение по произвольно заданной траектории с ограничением на управление и с заданной точностью.

Синтез оптимального закона управления переориентацией наноспутника включает в себя следующие блоки:

- Выбор программной траектории для манёвра переориентации;
- Поиск опорных точек программной траектории;
- Автоматизацию переходов между опорными точками;
- Аналитическое конструирование оптимальных регуляторов.

В зависимости от требуемого целевого назначения наноспутника выбирается программная траектория. Поскольку конструирование оптимальных регуляторов происходит при условии линеаризованных уравнений движения, программную траекторию необходимо разбить на локальные участки, на каждом из которых будет выполняться условие линеаризации – величина отклонений в пределах каждого участка не должна превышать 5 единиц для углов и скоростей изменения углов для достижения точности приближения линеаризованных уравнений в одну тысячную. На рис. 1 схематично показаны опорные точки на траектории, имеющей вид отрезка прямой.

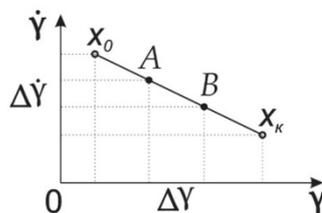


Рис. 1. Опорные точки на траектории

Задача алгоритма состоит в нахождении такого управления, которое бы с соблюдением критериев оптимальности плавно переводило бы систему от одной опорной точки к следующей и в выполнении этой процедуры от начала программной траектории до её конца.

На каждом новом локальном участке начальное отклонение определяется как разница между текущей опорной точкой и текущим положением, полученным на предыдущем локальном участке с добавлением некоторой случайной величины, включающей в себя неучтённые факторы и погрешности реального объекта. При достижении требуемой точности попадания в новую опорную точку, алгоритм переходит к обработке следующего локального участка, а его положение становится новыми начальными условиями.

Для нахождения управления [1] объектом, возмущённое движение которого описывается уравнением

$$\dot{\hat{x}} = A\hat{x} + Bu, \quad (1)$$

находится матрица C^T уравнения регуляторов

$$u = C^T \hat{x}, \quad (2)$$

такая, что на асимптотически устойчивых движениях системы (1), (2), возбуждённых произвольными начальными отклонениями, минимизировался функционал

$$J = \int_0^{\infty} (\hat{x}^T Q \hat{x} + u^T u) dt, \quad (3)$$

где $A^{n \times n}$, $B^{n \times m}$ – заданные матрицы; $Q^{n \times n}$ – заданная положительно-определённая матрица.

Для нахождения $C = -P^0 B$ решается алгебраическое уравнение Риккати:

$$PA + A^T P - P B B^T P + Q = 0, \quad (4)$$

где P – симметричная матрица чисел размеров $n \times n$.

Результаты моделирования работы алгоритма в виде фазовых траекторий для программной траектории, имеющей вид отрезка прямой представлены на рис. 2.

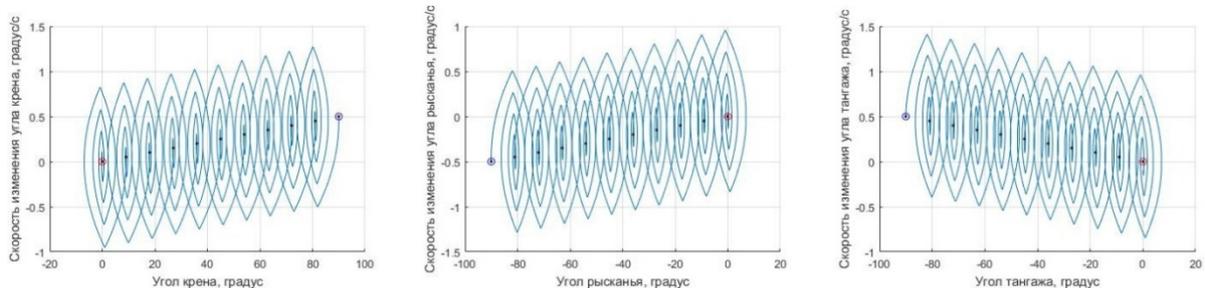


Рис. 2. Фазовые траектории процесса переориентации

На рис. 2 углы крена, рысканья и тангажа расположены по горизонтальным осям, а скорости изменения этих углов по соответствующим вертикальным осям. Конечная точка программной траектории находится в начале координат (0,0) для каждого из графиков.

Созданная по предложенному в работе алгоритму программа позволяет находить оценку времени переориентации при указанных ограничениях на переменные управления и другие параметры модели.

Библиографический список

1. Александров, А.Г. Оптимальные и адаптивные системы [Текст]: учеб. пособие для вузов по спец. «Автоматика и упр. в техн. системах» / А.Г. Александров. – М.: Высш. шк., 1989. – 263 с.