

УДК 629.7.05

Построение системы управления ориентацией космического аппарата с учетом упругих элементов конструкции

Макеич Сергей Григорьевич^(*) otd67@niiem.ru

АО «НИИ ЭМ», Истра, Московская обл., Россия

Аннотация. Предложен вариант усовершенствованной системы управления (СУ) угловым движением (ориентацией) космического аппарата (КА) типа «Кондор-ФКА», учитывающей наличие упругих элементов конструкции. Управление осуществляется с помощью двигателей-маховиков (ДМ). Для оценки параметров ориентации (углового положения и скорости) используется наблюдатель второго порядка на основе датчика угловой скорости (ДУС) и звездного датчика (ДЗ). Наблюдатель данного типа обеспечивает фильтрацию колебаний, вызванных упругостью конструкции КА.

Ключевые слова: космические аппараты, упругие элементы конструкции, система ориентации, наблюдатель, двигатели-маховики, звездный датчик

Введение. Опыт летной эксплуатации КА «Кондор-ФКА» и «Спутник-С» показал, что при проектировании СУ ориентацией необходимо учитывать наличие и характеристики упругих элементов конструкции (солнечные батареи, антенны). В ряде случаев избежать возникновения автоколебаний, вызванных упругими элементами, удастся настройкой соответствующих параметров контроллера ДМ. Но при наличии «существенных» упругих элементов, эти меры могут оказаться недостаточными.

В КА типа «Кондор-ФКА» для оценки параметров ориентации используется бесплатформенная инерциальная система (БИС) [1] на основе ДУС с коррекцией по ДЗ. Недостатки такой СУ: отсутствует фильтрация скорости; интегратор в цепи обратной связи повышает порядок СУ.

Материалы и методы; результаты. Система ориентации обеспечивает приведение (переориентацию) КА в целевую систему координат (СК) и стабилизацию в ней. Основные целевые СК: орбитальная (ОСК) и путевая (отклоняющаяся от ОСК по курсу для компенсации «бега Земли» при выполнении съемки). Предлагаемая СУ представляет собой замкнутый контур управления с отрицательной обратной связью (ООС) по вектору состояния. Вектор состояния включает:

- собственный кватернион поворота (параметры Родрига-Гамильтона) [1, 2] из инерциальной СК (ИСК) в СК, связанную с КА (ССК);
- вектор скорости данного поворота в проекциях ИСК.

На вход контура поступает выходной сигнал формирователя. Прямой участок цепи контура составляют контроллер, исполнительные органы (ДМ) и объект управления (КА). В цепи обратной связи находится наблюдатель. Формирователь вычисляет референсный вектор состояния, в соответствии с

текущей задачей ориентации: приведения или стабилизации. Приведение реализуется программным поворотом с постоянной скоростью из начального положения в требуемое. Наблюдатель вычисляет оценку текущего вектора состояния. Реализован как наблюдающее устройство идентификации [3] — СУ второго порядка с ООС по вектору измерений (ДУС и ДЗ). Объектом управления является модель КА. На выходе модели имеем оценку вектора состояния, корректируемую по измерениям ДУС и ДЗ. Сигналы (ускорения) коррекции вычисляются линейным преобразованием вектора рассогласования. Наблюдатель такого типа в точности (до погрешностей) воспроизводит поведение объекта управления, поэтому коэффициент передачи в цепи ООС СУ ориентации равен единице [3]. В наблюдатель дополнительно введен контур автокоррекции систематической ошибки ДУС. В контроллере вычисляется ускорение, необходимое для устранения рассогласования между референсным вектором и оценкой. Далее вычисляются требуемый крутящий момент и сигналы управления ДМ. На этапах приведения контроллер представляет собой пропорционально-дифференциальный регулятор. На этапах стабилизации — пропорционально-интегрально-дифференциальный регулятор для устранения статической ошибки от возмущающих моментов. Пропорциональная составляющая вычисляется по векторной части кватерниона рассогласования [2].

Заключение. Предлагаемая СУ ориентации обеспечивает необходимое качество управления даже при наличии «существенных» упругих элементов конструкции КА. Фильтрация скорости и автокоррекция ДУС в наблюдателе снижают требования к точностям ДУС. Используемый наблюдатель не повышает порядок СУ. Это упрощает настройку контроллера и наблюдателя: выбор их параметров осуществляется независимо друг от друга. Устранение колебаний сигналов управления ДМ обеспечивает «щадящую» эксплуатацию ДМ и снижает энергопотребление.

Список источников

- [1] Бранец В.Н. *Лекции по теории бесплатформенных инерциальных навигационных систем управления*. Москва, МФТИ, 2009, 304 с.
- [2] Челноков Ю.Н. *Кватернионные модели и методы динамики, навигации и управления движением*. Москва, ФИЗМАТЛИТ, 2011, 560 с.
- [3] Кузовков Н.Т. *Модальное управление и наблюдающие устройства*. Москва, Машиностроение, 1976, 184 с.