

Алгоритмы автоматического маневрирования подвижным объектом

Под маневрированием подвижного объекта в плоскостях стабилизации понимают изменение на заданные величины соответствующих угловых и линейных координат объекта управления. Перед началом маневра и после его завершения все угловые и линейные скорости (исключая скорость хода), а также отклонения исполнительных органов при отсутствии внешних возмущений должны быть нулевыми. Главными требованиями, которые предъявляются к качеству маневра, являются предельное быстродействие и минимальное перерегулирование по управляемой координате.

Для математической формализации проблемы автоматического маневрирования в принципе могут быть применены следующие подходы:

- теория оптимального программного быстродействия с реализацией управления в виде программы отклонения исполнительных органов в функции времени;
- теория оптимального быстродействия с реализацией управления в виде нелинейной обратной связи;
- теория линейных регуляторов с их параметрической оптимизацией по коэффициентам закона управления.

Необходимо отметить, что, к сожалению, при построении штатных законов управления не удастся ограничиться каким-либо одним из указанных подходов в силу целого ряда присущих им недостатков.

В первую очередь, укажем недостатки подхода, базирующегося на теории оптимального быстродействия.

1. Большие пределы изменения координат объекта в ходе маневров не позволяют пользоваться при синтезе оптимальных программ линейными моделями объекта, что с учетом большой размерности исключает построение оптимальных программ на борту в ходе движения.

2. Реализация оптимальных программ (даже при их наличии) невозможна без использования обратных связей, поскольку любое программное движение в вертикальной плоскости не является асимптотически устойчивым по Ляпунову и, кроме того. Поскольку на ДС постоянно воздействуют внешние неопределенные факторы, требующие непрерывного функционирования системы стабилизации.

3. Формирование нелинейного оптимального по быстродействию регулятора в силу сложности нелинейных уравнений динамики практически невозможно. Отметим, что всякие приближения к нему нежелательны, поскольку движения оптимальных нелинейных систем имеют ряд

динамических особенностей вблизи поверхностей переключения, которые отрицательно сказываются на приводе исполнительных органов.

4. Непосредственное использование нелинейных регуляторов, которые существенно отличаются по своей структуре от штатных линейных алгоритмов управления, требует выполнения соответствующих переключений перед началом маневра, что крайне нежелательно с позиций качества управления и его надежности.

Альтернативным подходом по отношению к теории оптимального быстрогодействия является обеспечение автоматического маневрирования с помощью линейных алгоритмов обратной связи вида

$$u = \tilde{K}\tilde{x} + k_p(x_p - x_{pz}) - \delta, \quad x = \begin{pmatrix} \tilde{x} \\ x_p \end{pmatrix} \quad (8.19)$$

с позиционным базовым законом управления или

$$u = L\dot{x} + v_p(x_p - x_{pz}) \quad (8.20)$$

со скоростным базовым алгоритмом стабилизации. Здесь через x_p обозначена регулируемая координата объекта, а через x_{pz} — ее желаемое (заданное) значение в конце маневра. Заметим, что при каждом фиксированном значении скорости хода и заданной величине x_{pz} , коэффициенты законов (8.19) и (8.20) могут быть выбраны так, чтобы обеспечить оптимальный по быстродействию маневр. Однако изменение коэффициентов автомата в столь широких пределах крайне нежелательно. С другой стороны, фиксация коэффициентов по отношению к x_{pz} на некотором уровне приводит к существенному недоиспользованию возможностей органов управления либо к большим перерегулированием.

В связи с отмеченными обстоятельствами, обеспечение автоматического маневрирования объекта осуществляется на базе специального подхода, объединяющего достоинства оптимального быстрогодействия и линейного регулирования. Предлагаемый подход состоит в следующем.

1. По известной скорости хода для существенно упрощенной линейной модели движения объекта тем или иным способом (построением оптимальной программы либо синтезом оптимальной обратной связи) формируются квазиоптимальные по отношению к соответствующей базовой модели законы

$$x_p = x_p^*(t), \dot{x}_p = \dot{x}_p^*(t), \delta = \delta^*(t), \quad (8.21)$$

изменения регулируемой координаты, ее производной и положения исполнительных органов при маневре.

2. С целью определенной компенсации неучтенных свойств объекта управления и условий его функционирования, тем или иным способом осуществляется коррекция функций (8.22).

3. В соответствии с (8.19) или (8.20) формируются базовые алгоритмы автоматического маневрирования вида

$$u = Kx + k_p^p (\dot{x}_p - \dot{x}_p^*(t)) + k_p (x_p - x_p^*(t)) - (\delta - \delta^*(t)), \quad (8.21)$$

или

$$u = L\tilde{x} + \mu_p^p (\dot{x}_p - \dot{x}_p^*(t)) + v_p (x_p - x_p^*(t)) + \delta^*(t)$$

для позиционного или скоростного варианта соответственно.

4. Осуществляется переход от базовых алгоритмов (8.21) к законам управления по выходу ОНФ.