

Синтез контура наведения телеуправляемого беспилотного летательного аппарата по критерию Летова-Калмана

Еромин А.М., Шабан С.А., Бабченко А.А.
Военная академия Республики Беларусь

Рассматривается синтез контура наведения телеуправляемого беспилотного летательного аппарата (БЛА) с заданными динамическими свойствами измерительного устройства, которые учитываются при синтезе как неизменная часть системы. Оптимальное управление синтезируется путем минимизации квадратичного функционала Летова-Калмана:

$$I = \frac{1}{2} (\varepsilon_u(t_2) - \varepsilon_p(t_2))^2 r_p^2(t_2) + \frac{1}{2} \int_{t_1}^{t_2} (a_1 (\varepsilon_u(t) - \varepsilon_p(t))^2 + a_2 (\dot{\varepsilon}_u(t) - \dot{\varepsilon}_p(t))^2 + kW_p^2(t)) dt,$$

где терминальный член представляет собой квадрат ошибки наведения в конечный момент наведения t_2 , квадратичные члены под интегралом с коэффициентами штрафа a_1, a_2 определяют качество регулирования в контуре наведения, квадратичный член от управления W_p характеризует суммарные энергетические затраты на управление с коэффициентом штрафа k .

Выбор коэффициентов штрафа функционала качества осуществляется эмпирическим способом. Считается, что максимально допустимые отклонения фазовых координат в любой момент времени вносят в функционал качества одинаковый вклад и приблизительно равняются вкладу максимально допустимого отклонения сигнала управления.

Данный способ позволяет найти аналитические зависимости между коэффициентами оптимального управления, а, следовательно, динамическими свойствами контура управления (запасами устойчивости, колебательностью, временем переходного процесса и т.д.) и коэффициентами штрафа функционала качества I .

В результате получено оптимальное управление

$$W_p = s_{21} (\varepsilon_{\delta} - \varepsilon_{\delta}) + s_{22} (\dot{\varepsilon}_{\delta} - \dot{\varepsilon}_{\delta}) + s_{23} \ddot{\varepsilon}_{\delta},$$

где s_{21}, s_{22}, s_{23} коэффициенты оптимального управления.

По результатам синтеза, в среде визуального моделирования MATLAB (SIMULINK), авторами разработана математическая модель наведения БЛА на маневрирующую цель.

Математическая модель позволяет проводить анализ динамических свойств контура телеуправления, нормальных ускорений и ошибок наведения БЛА.