

Александров Е.Е., Александрова И.Е., Костяник И.В.

СИНТЕЗ ОПТИМАЛЬНОГО ПО ТОЧНОСТИ СТАБИЛИЗАТОРА ОСНОВНОГО ВООРУЖЕНИЯ ТАНКА

Постановка задачи. Точность стабилизации принято оценивать значением интегрального квадратичного функционала, вычисленного на решениях математической модели замкнутой системы стабилизации. Так для замкнутой системы стабилизации танковой пушки, возмущенное движение которой описывается системой дифференциальных уравнений [1]

$$\begin{aligned} I_0 \frac{d^2\varphi(t)}{dt^2} &= -K_M K_D \beta(t) + M_B(t); \\ I_k \frac{d^2\beta(t)}{dt^2} + f \frac{d\beta(t)}{dt} + c\beta(t) &= K_e \Delta i_y(t); \\ L_y \frac{di_y(t)}{dt} + r_y i_y(t) &= - \left[k_\varphi \varphi(t) + k_\dot{\varphi} \frac{d\varphi}{dt} \right], \end{aligned} \quad (1)$$

точность стабилизации целесообразно оценивать с помощью функционала [2]

$$I = \int_0^T \left[\beta_1^2 \varphi^2(t) + \beta_2^2 \dot{\varphi}^2(t) \right] dt, \quad (2)$$

где β_1 и β_2 – весовые коэффициенты, подлежащие выбору.

Поставим задачу выбора варьируемых коэффициентов усиления стабилизатора k_φ и $k_\dot{\varphi}$ при условии, что на решениях системы (1) достигается минимума интегральный квадратичный функционал (2). Поставленная задача решается в два этапа. На первом этапе осуществляется выбор весовых коэффициентов β_1 и β_2 функционала (2), а на втором этапе – выбор коэффициентов усиления k_φ и $k_\dot{\varphi}$ при выбранных весовых коэффициентах β_1 и β_2 .

Выбор весовых коэффициентов β_1 и β_2 . Аддитивный интегральный квадратичный функционал (2) представим в виде взвешенной суммы двух функционалов

$$I = \beta_1^2 I_1 + \beta_2^2 I_2,$$

где функционалы I_1 и I_2 равны

$$I_1 = \int_0^T \varphi^2(t) dt; \quad (3)$$

$$I_2 = \int_0^T \dot{\varphi}^2(t) dt. \quad (4)$$

Для выбора весовых коэффициентов β_1 и β_2 воспользуемся методом, изложенным в работах [3,4]. Отыщем значения функционалов (3) и (4) при минимизации каждого из них на решениях системы (1). Для этого воспользуемся методом факторного эксперимента [5], выбирая в качестве варьируемых факторов коэффициенты усиления k_φ и $k_{\dot{\varphi}}$, а в качестве параметров оптимизации – функционалы (3) и (4).

В качестве стартовой точки при решении задач стабилизации функционалов (3) и (4) выбиралась точка максимального запаса устойчивости замкнутой системы [1] с координатами $k_\varphi^*=3303,2$ в и $k_{\dot{\varphi}}^*=301,6$ в·с. На рис. 1 точка 0 соответствует стартовой точке, точка 1 – точке минимума функционала (3), а точка 2 – точке минимума функционала (4).

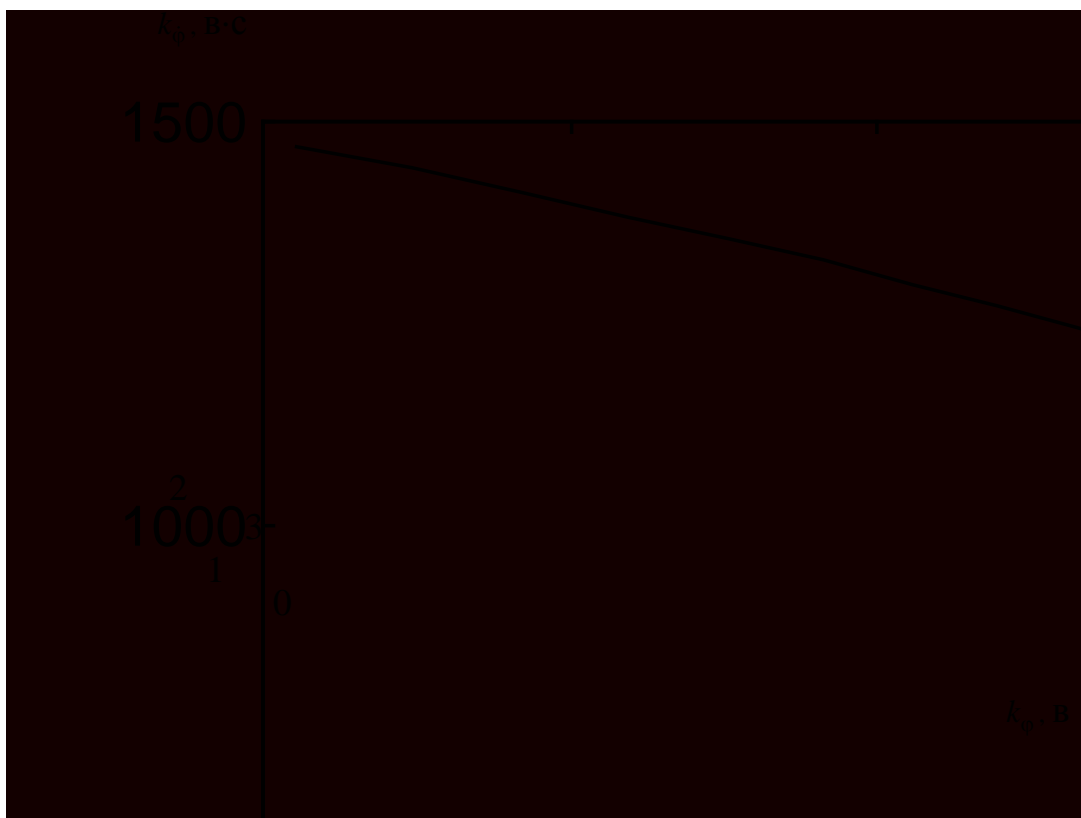


Рисунок 1 – Расположение в области устойчивости замкнутой системы стартовой точки и точек минимума функционалов (3), (4) и (6)

Воспользовавшись результатами работы [4], запишем соотношения для вычисления весовых коэффициентов β_1 и β_2

$$\beta_1 = \frac{\varphi_{max} \cdot I_2^*}{\varphi_{max}^2 \cdot I_2^* + \dot{\varphi}_{max} \cdot I_1^*}; \quad \beta_2 = \frac{\dot{\varphi}_{max} \cdot I_1^*}{\varphi_{max}^2 \cdot I_2^* + \dot{\varphi}_{max} \cdot I_1^*}, \quad (5)$$

где I_1^* , I_2^* – минимальные значения функционалов (3) и (4); φ_{max} , $\dot{\varphi}_{max}$ – максимально допустимые значения переменных $\varphi(t)$ и $\dot{\varphi}(t)$. Начальные условия при интегрирова-

нии системы (1) выбирались равными: $\varphi(0)=0,2$; $\dot{\varphi}(0)=0,1 \text{ с}^{-1}$; $\beta(0)=0$; $\dot{\beta}(0)=0 \text{ с}^{-1}$; $i_y(0)=0$ а. Максимально допустимые значения переменных $\varphi(t)$ и $\dot{\varphi}(t)$ были выбраны равными $\varphi_{max}=0,3$; $\dot{\varphi}_{max}=0,1 \text{ с}^{-1}$.

Подставляя приведенные значения соответствующих величин в формулы (5), получаем $\beta_1=3,264$; $\beta_2=0,208$.

Решение задачи синтеза. Подставим полученные значения весовых коэффициентов β_1 и β_2 в соотношение (2). Тогда аддитивный функционал качества приобретает следующий вид:

$$I = \int_0^T [10,654\varphi^2(t) + 0,0433\dot{\varphi}^2(t)] dt. \quad (6)$$

Воспользовавшись методом факторного эксперимента при варьируемых факторах k_φ , $k_{\dot{\varphi}}$ и параметре оптимизации (6), получаем, что минимальное значение параметра оптимизации (6) $I^*=1,1746 \cdot 10^{-1}$ достигается при следующих значениях варьируемых факторов $k_\varphi^*=2650$ в; $k_{\dot{\varphi}}^*=410$ в·с (точка 3 рис.1).

На рис. 2 приведены переходные процессы в замкнутой системе (1), соответствующие точке 0 рис.1 (точке максимального запаса устойчивости замкнутой системы – кривая 1) и точке 3 рис. 1 (точке минимума функционала (6) – кривая 2).

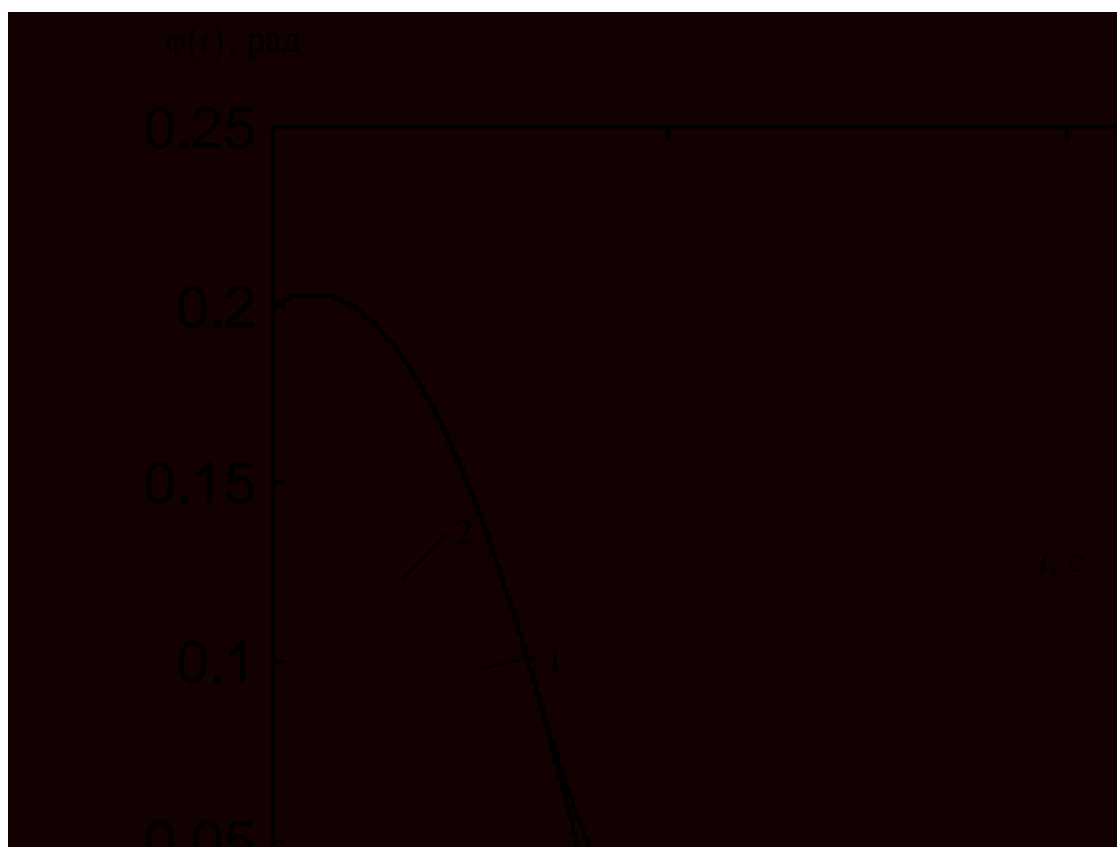


Рисунок 2 – Переходные процессы в замкнутой системе стабилизации

Заключение. Синтез стабилизатора основного вооружения танка, основанный на минимизации интегрального квадратичного функционала с учетом выбора весовых коэффициентов функционала, приводит к наивысшей точности стабилизации оси канала ствола танковой пушки относительно направления на цель.

Литература

1. Александров Е.Е., Александрова И.Е., Костяник И.В. Выбор коэффициентов усиления электронного блока танковой системы наведения и стабилизации //Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил. –2006. Вип. 2(8).–с. 55–57.
2. Александров Є.Є., Александрова Т.Є., Кечев М.А. та ін. Автоматизоване проектування танкових автоматичних систем. – Харків: НТУ “ХПУ”, 2003. – 137 с.
3. Александров Е.Е., Александрова Т.Е. О выборе весовых коэффициентов оптимизируемого функционала в теории аналитического конструирования оптимальных регуляторов// Радіоелектроніка, інформатика, управління – №1. – 2001. – с. 135–137.
4. Александров Е.Е., Александрова Т.Е. Выбор оптимизируемого функционала в задачах параметрического синтеза систем стабилизации. // Артиллерийское и стрелковое вооружение. – 2004. – №2. – с. 23–26.
5. Александрова И.Е. Имитационное моделирование. –Харьков: ХГПУ, 2000.– 91с.

УДК 621.3.078.001

Александров Є.Є., Александрова І.Є., Костяник І.В.

СИНТЕЗ ОПТИМАЛЬНОГО ЗА ТОЧНІСТЮ СТАБІЛІЗАТОРА ОСНОВНОГО ОЗБРОЄННЯ ТАНКА

Отримано рішення задачі параметричного синтезу стабілізатора основного озброєння танка. Вимоги до стабілізатору формалізовані і подані у вигляді вимоги мінімуму адитивного інтегрального квадратичного функціоналу. Запропонована методика вибору вагомих коефіцієнтів адитивного функціоналу. Зроблений порівняльний аналіз двох систем стабілізації – оптимальної за запасом стійкості і оптимальної за точністю.