

ЦИФРОВОЕ РОБАСТНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ДИСКРЕТНО – КОНТИНУАЛЬНЫМ ОБЪЕКТОМ

Введение. Вероятность попаданий при стрельбе с ходу из танковой пушки без стабилизатора не превышает 0,07. Применение систем наведения и стабилизации танкового вооружения позволяет повысить вероятность поражения цели при стрельбе с ходу в 7 – 10 раз, поэтому проблема повышения точности стабилизаторов танкового вооружения являются актуальными.

Анализ последних достижений и публикаций. В работах профессора Е.Е. Александра [1] рассмотрены вопросы параметрического синтеза систем стабилизации танкового вооружения с учетом упругости ствола при непрерывном и дискретном управлении. Однако в этих системах используется классическая структура регуляторов с жесткими обратными связями по сигналам с гироскопических датчиков углов и угловых скоростей пушки в канале вертикального наведения и башни в канале горизонтального наведения, что ограничивает возможности получения высокой точности работы системы.

Цель работы. Целью данной работы является повышение точности работы системы стабилизации танкового вооружения за счет применения робастного регулятора. Задачей статьи является синтез и исследование динамических характеристик робастной системы стабилизации танкового вооружения с учетом упругости ствола.

Изложение материала исследования. Рассмотрим математическую модель объекта управления системы стабилизации танкового вооружения, следуя работе [1]. Помимо вращения относительно оси цапф оно совершает упругие колебания. Обозначим через $\gamma(t)$ угол поворота жесткого тела в инерциальной системе координат, $y(x,t)$ - отклонение точек стержня от недеформированного состояния. Управление осуществляется с помощью стабилизирующего момента $M_{c0}(t)$, приложенного к основному жесткому телу. Возмущающий момент $M_{в0}(t)$ действует относительно оси поворота жесткого модуля, а по длине упругого элемента действует распределенная сила $F_0(x,t)$.

Синтезу систем стабилизации танкового вооружения посвящено большое количество работ [1], в которых также рассмотрены вопросы идентификации внешних возмущающих воздействий, вызванных случайными изменениями профиля дороги и колебаниями корпуса поддрессоренной части танка. В частности, в канале вертикального наведения на танковую пушку действуют два вида внешних возмущений: – продольно – угловые перемещения корпуса танка, обусловленные рельефом местности и продольно – угловые колебания поддрессоренной части танка относительно неподдрессоренной. Эти возмущения через трение в осях цапф вызывают возмущающие моменты, действующие на орудие.

Исполнительный орган вертикального наведения представляет собой последовательно соединенные беспоршневой электрогидравлический усилитель и исполнительный гидроцилиндр. Уравнение динамики исполнительного органа запишем в следующем виде:

$$T_y^2 \ddot{M}_{c0}(t) + 2\xi_y T_y \dot{M}_{c0}(t) + M_{c0}(t) = K_y u(t),$$

где T_y , ξ_y , K_y - соответственно постоянная времени, коэффициент демпфирования и коэффициент усиления электрогидравлического исполнительного механизма в канале вертикального наведения.

Для построения астатического робастного регулятора [2] введем интегратор с переменной состояния $Z(t)$, на вход которого подадим разность между заданным значением угла направления на цель $\varphi_3(t)$ и фактическим значением угла направления орудия $\varphi(t)$, так что уравнение состояния интегратора примет следующий вид:

$$\dot{z}(t) = \varphi_3(t) - \varphi(t).$$

Рассмотрим задачу робастной оптимизации системы стабилизации танкового вооружения в канале вертикального наведения. Введем следующие компоненты вектора состояния: угол $\phi(t)$ отклонения между осью канала ствола и направлением на цель и его производную $\dot{\phi}(t)$, значение функции $T_0(t)$ в представлении функции $y(x,t)$, характеризующей отклонение точек оси канала ствола от его недеформируемого состояния, а также производную этой функции $\dot{T}_0(t)$, момент стабилизации $M_{c0}(t)$ орудия с помощью исполнительного гидроцилиндра и его производную $\dot{M}_{c0}(t)$, момент возмущения $M_{в0}(t)$, обусловленный угловой скоростью перемещения корпуса танка в вертикальной плоскости, и его производную $\dot{M}_{в0}(t)$, силу возмущения $f_0(t)$, связанную с ускорением корпуса танка относительно его вертикальной оси, и ее производную $\dot{f}_0(t)$, а также переменную

состояния интегратора $z(t)$ для реализации астатического регулятора. При этом вектор состояния примет следующий вид:

$$\bar{X}(t) = \left\{ \begin{array}{l} \varphi(t), \dot{\varphi}(t), T_0(t), \dot{T}_0(t), M_{co}(t), \dot{M}_{co}(t), \\ M_{bo}(t), \dot{M}_{bo}(t), f_0(t), \dot{f}_0(t), z(t) \end{array} \right\}.$$

Метод решения. Построим робастный астатический регулятор для этого объекта управления. Представим эту систему дифференциальных уравнений в стандартной форме, принятой в теории H^∞ [2].

В вектор контролируемых параметров $\bar{z}(t)$ включим угол $\varphi(t)$ и скорость изменения угла $\dot{\varphi}(t)$ отклонения направления оси ствола от направления на цель, отклонение $T_0(t)$ и скорость отклонения $\dot{T}_0(t)$ оси ствола от недеформируемого состояния, выходное напряжение интегратора $z(t)$ и управляющее напряжение $u(t)$ электрогидравлического усилителя.

В вектор измеряемых переменных включим выходные напряжения гироскопических датчиков угла $\varphi(t)$ и угловой скорости $\dot{\varphi}(t)$, а также выходное напряжение интегратора измеренная с помехами $f_i(t)$ так, что

$$\varphi_u = \varphi + f_\varphi, \quad \dot{\varphi}_u = \dot{\varphi} + f_{\dot{\varphi}}, \quad z_u = z + f_z.$$

В вектор внешних возмущений $\bar{w}(t)$ включим заданное значение углового положения цели φ_3 , входной сигнал v_x формирующего фильтра продольно – угловых перемещений корпуса танка, вызванных рельефом местности, а также продольно – угловых колебаний подрессоренной части танка относительно неподдресоренной, входной сигнал v_f формирующего фильтра ускорения корпуса танка относительно его вертикальной оси, приложенного к распределенным массам ствола и вызывающего упругие колебания, помехи $f_\varphi, f_{\dot{\varphi}}$ измерения углов φ_u угловых скоростей $\dot{\varphi}$ отклонения направления ствола от направления на цель, а также помехи измерения f_z выходного напряжения интегратора z .

Результаты моделирования. В качестве примера на рис. 1 показан переходный процесс угла $\varphi(t)$ отклонения между осью канала ствола и направлением на цель при отработке системой заданного рассогласования $\Delta\varphi = 0,1$ между направлением орудия и направлением на цель.

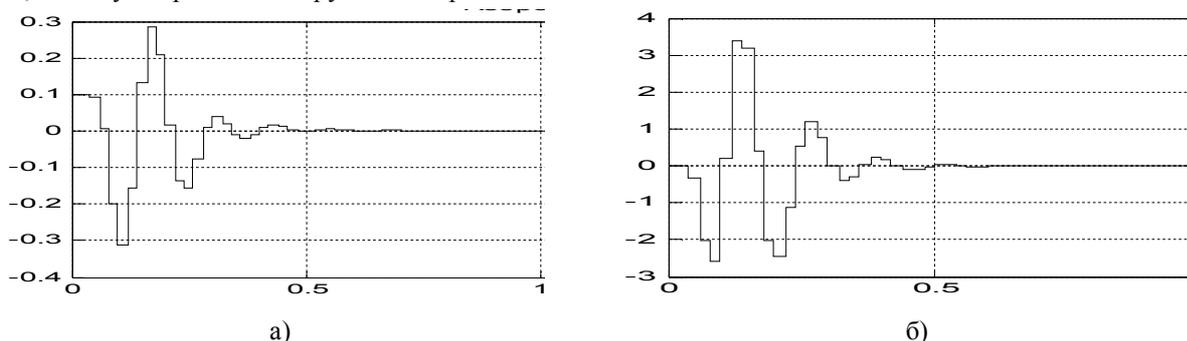


Рис. 1 Переходный процесс угла отклонения а) и его скорости б) при отработке цифровой робастной системой рассогласования $\Delta\varphi = 0,1$

Выводы. Таким образом, с помощью робастных регуляторов удалось получить приемлемые показатели качества для стабилизатора танкового вооружения как дискретно-континуального объекта управления с учетом упругих колебаний ствола орудия.

Литература

1. Александров Е.Е., Богаенко И.Н., Кузнецов Б.И. Параметрический синтез систем стабилизации танкового вооружения. – К.: Техніка, 1997. – 112 с.
2. Никитина Т.Б. Синтез приближенно – оптимальных нелинейных систем цифрового управления технологическими процессами с аналитическими нелинейностями. //Автоматизация виробничих процесів. Київ. – 2003. - №2(17). – С.62

**Kuznetsov B.I., Nikitina T.B., Kuznetsova L.G.,
Kolomiets V.V., Vasilets T.E., Varfolomeev A.A.,
Kobilyanskij B.B.**

DIGITAL ROBUST CONTROL FOR DISCRETE – CONTINUAL PLANT

The method of digital robust control synthesis by the tank gun control system with elastic elements is developed. The example of dynamic characteristics for such system is given.