

МОДЕЛЬ ДИСКРЕТНО-КОНТИНУАЛЬНОГО ОБЪЕКТА ЦИФРОВОЙ РОБАСТНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

Постановка проблемы, связь с научными и практическими задачами. Применение систем наведения и стабилизации танкового вооружения позволяет существенно повысить вероятность поражения цели при стрельбе с ходу, поэтому все современные танки имеют стабилизаторы танкового вооружения.

Анализ последних достижений и публикаций по данной проблеме. В штатных системах стабилизации танкового вооружения 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. Применение управляющей ЭВМ позволяет реализовать более сложные законы управления и, в частности, алгоритмы робастного управления [1-2]. Для синтеза такой системы необходима соответствующая математическая модель.

Цель статьи. Целью данной работы является построение математической модели дискретно-континуального объекта цифровой робастной системы управления. Задачей статьи является синтез и исследование динамических характеристик математической модели дискретно-континуального объекта управления.

Изложение материала исследования, полученных научных результатов. Рассмотрим математическую модель объекта управления, следуя работе [1-2]. Представим дискретно-континуальный объект управления в виде твердого тела и упругого элемента. 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.

Предположим, что 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 $F_0(x, t)$.

Тогда уравнение движения упругого элемента относительно твердого тела может быть записано в следующем виде [1-2]:

$$I_0 \ddot{\varphi}(t) - \int_r^{r+1} m_1(x) \frac{\partial^2 y(x, t)}{\partial t^2} dx = M_{c0}(t) + M_{в0}(t).$$

Рассмотрена задача построения модели эквивалентного возмущающего воздействия $w_B(p)$, минимизирующего H^∞ норму разности частотной характеристики модели $w_B(p)$ эквивалентного возмущающего воздействия и фактического возмущающего воздействия $w_3(p)$, полученного по экспериментальным данным. Определим минимальную ошибку построения модели

$$\gamma = \min \|w_B - w_3\|_\infty.$$

Это классическая проблема Неванлинны - Пика, которая может быть решена с помощью алгоритма Неванлинны.

Естественно, что для упрощения задачи синтеза регулятора целесообразно получить более простую передаточную функцию эквивалентного возмущающего воздействия w_B . В этом случае может быть задан уровень толерантности γ отклонения аппроксимированной передаточной функции от передаточной функции модели ошибки

$$\|w_B - w_3\|_\infty \leq \gamma.$$

Задавая различные значения уровня толерантности γ можно получить существенное упрощение аппроксимирующей передаточной функции w_B эквивалентного возмущающего воздействия w_3 . Заметим, что впервые применение минимаксного критерия для нахождения аппроксимирующего полинома, минимизирующего максимальное отклонение аппроксимирующей функции от экспериментальных значений, было предложено Чебышевым.

Введем следующие компоненты вектора состояния: угол $\varphi(t)$ отклонения между осью канала ствола и направлением на цель и его производную $\dot{\varphi}(t)$, 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 $M_{co}(t)$ орудия с помощью исполнительного гидроцилиндра и его производную $\dot{M}_{co}(t)$, момент возмущения $M_{bo}(t)$, обусловленный угловой скоростью перемещения корпуса танка в вертикальной плоскости и его производную $\dot{M}_{bo}(t)$, силу возмущения $f_0(t)$, связанную с ускорением корпуса танка относительно его вертикальной оси и его производную $\dot{f}_0(t)$. При этом вектор состояния примет следующий вид

$$\bar{X}_0(t) = \begin{Bmatrix} \phi(t), \dot{\phi}(t), T_0(t), \dot{T}_0(t), M_{co}(t), \dot{M}_{co}(t), \\ M_{bo}(t), \dot{M}_{bo}(t), f_0(t), \dot{f}_0(t) \end{Bmatrix}.$$

Тогда в уравнении состояния возмущенного движения непрерывного дискретно-континуального объекта стабилизации совместно с уравнениями формирующих фильтров и исполнительного электрогидравлического привода с гидроцилиндром

$$\dot{X}_0(t) = A_0 X_0(t) + B_0 u(t),$$

матрица состояния примет следующий вид

$$A_0 = \begin{array}{c} \left[\begin{array}{cccccccc} 1 & & & & & & & \\ & -\frac{a_0 b_0}{\Delta} & -\frac{\xi a_0 b_0}{\Delta} & \frac{c_0}{\Delta} & & & \frac{c_0}{\Delta} & \frac{a_0}{\Delta} \\ & 1 & & & & & & \\ & -\frac{I_0 b_0}{\Delta} & -\frac{\xi I_0 b_0}{\Delta} & -\frac{a_0}{\Delta} & & & -\frac{a_0}{\Delta} & \frac{I_0}{\Delta} \\ & & & & 1 & & & \\ & & & & \frac{-1}{T_y^2} & \frac{-2\xi_y}{T_y} & & \\ & & & & & & 1 & \\ & & & & & & \frac{-1}{T_B^2} & \frac{-2\xi_B}{T_B} \\ & & & & & & & \frac{1}{T_f^2} \\ & & & & & & & \frac{-1}{T_f} \end{array} \right] \end{array}$$

Здесь введено обозначение $\Delta = I_0 c_0 + a_0^2$.

Заметим, что эта система уравнений является упрощенной, так как в ней учитывается лишь первый тон упругих колебаний стержня.

Для этого непрерывного объекта управления построим его дискретный аналог

$$\bar{x}_d(k+1) = A_d \bar{x}_d(k) + B_d \bar{u}(k),$$

где $A_d = I + \frac{A_0 \Delta}{1!} + \frac{A_0^2 \Delta^2}{2!} + \dots + \frac{A_0^n \Delta^n}{n!}$.

Результаты моделирования. Моделирование на ЭВМ разработанной математической модели дискретно-континуального объекта управления цифровой робастной системы показало, что в переходных процессах содержатся слабо демпфированные колебания, соответствующая первому тону упругих колебаний ствола танковой пушки.

Выводы из проведенного исследования, перспективы этого направления. Таким образом, в работе разработана математическая модель дискретно-континуального объекта цифровой робастной системы управления. В математической модели учтено наличие твердого тела и длинного упругого стержня, жестко закрепленного в твердое тело.

Литература

1. Никитина Т.Б. Робастная стабилизация танкового вооружения. Вестник НТУ «ХПИ», Сборник научных трудов. Тематический выпуск «Автоматика и приборостроение». 2007, №10. С. 134 – 144.
2. Никитина Т.Б. Робастная стабилизация дискретно – континуального объекта. // Технічна електродинаміка. Тематичний випуск. Проблеми сучасної електротехніки. Частина 4. Київ. 2007. С. 60 – 64.