

УДК 621.3.078.001

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

ТАНКОВАЯ СИСТЕМА НАВЕДЕНИЯ И СТАБИЛИЗАЦИИ С ПЕРЕМЕННОЙ СТРУКТУРОЙ

Постановка задачи. В работе [1] авторами решена задача параметрического синтеза линейной системы наведения и стабилизации танковой пушки, реализующей закон управления вида

$$U_{\varphi}(t) = - \left[k_{\varphi} \cdot \varphi(t) + k_{\dot{\varphi}} \cdot \frac{d\varphi}{dt} \right]. \quad (1)$$

Коэффициенты усиления k_{φ} и $k_{\dot{\varphi}}$ выбирались из условия обеспечения максимального запаса устойчивости замкнутой системы наведения и стабилизации, содержащей регулятор (1) и объект управления, расчетная схема которого приведена на рис. 1, а возмущенное движение описывается системой дифференциальных уравнений

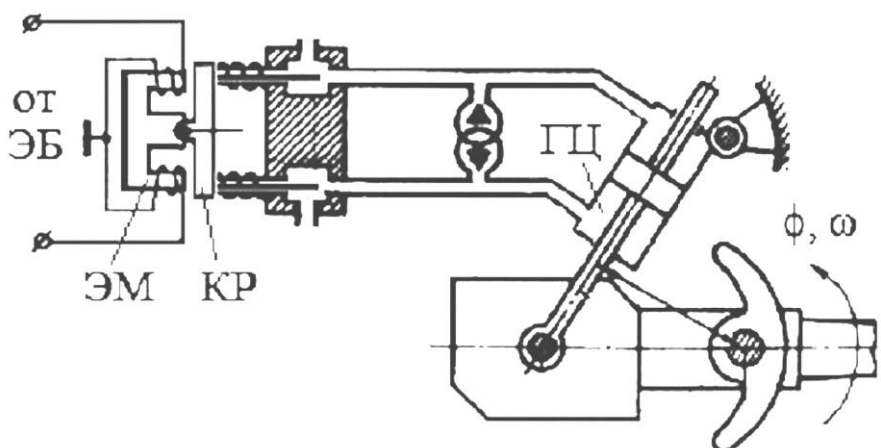


Рисунок 1 – Расчетная схема системы управления

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

где приняты следующие обозначения: $\varphi(t)$ – угол рассогласования оси канала ствола относительно направления на цель; $\beta(t)$ – угловое отклонение коромысла электрогидравлического усилителя от нейтрального положения; $i_y(t)$ – разность токов в обмотках электромагнита управления; $U_{\varphi}(t)$ – сигнал управления, формируемый электронным

блоком; $M_B(t)$ – возмущающий момент; I_0 – момент инерции танковой пушки относительно оси цапф; I_k – момент инерции коромысла относительно оси поворота; f – коэффициент вязкого трения; c – коэффициент жесткости пружины, удерживающей коромысло в нейтральном положении; L_y – индуктивность обмотки электромагнита управления; r_y – активное сопротивление обмотки; K_M , K_D , K_e – коэффициенты пропорциональности.

В работе [2] решена задача синтеза оптимальной по быстродействию системы наведения и стабилизации танковой пушки. При этом рекомендовано в процессе наведения выбирать закон управления в виде

$$U_\varphi(t) = -U_\varphi^* \operatorname{sign} \left\{ x_1(t) + \frac{1}{2b \cdot U_\varphi^*} \operatorname{sign}[x_2(t)] \cdot x_2^2(t) \right\}, \quad (3)$$

где $x_1(t) = \varphi(t)$, $x_2(t) = \frac{d\varphi(t)}{dt}$, а в процессе стабилизации закон управления выбирается в виде

$$U_\varphi(t) = \begin{cases} \sigma(t) & \text{при } |\sigma(t)| \leq U_\varphi^*; \\ U_\varphi^* \cdot \operatorname{sign} \sigma(t) & \text{при } |\sigma(t)| > U_\varphi^*, \end{cases} \quad (4)$$

где функция $\sigma(t)$ равна

$$\sigma(t) = - \left[k_\varphi \cdot \varphi(t) + k_{\dot{\varphi}} \cdot \frac{d\varphi(t)}{dt} \right]. \quad (5)$$

При этом быстродействие замкнутой системы возрастает в 1,5 раза по сравнению с быстродействием системы с линейным регулятором.

В 60-е годы предыдущего столетия С.В. Емельяновым и В.И. Уткиным [3] была разработана теория автоматических систем с переменной структурой (СПС), которая однако не нашла широкого применения в промышленных регуляторах. Это было связано с тем, что сложные логические законы управления, были сложны для практической реализации регуляторами, построенными на аналоговой элементной базе. Только широкое использование цифровых регуляторов, содержащих ЦВМ в контуре управления, вновь привлекли внимание разработчиков к принципам СПС.

Решение задачи. В соответствии с работой [3] потребуем, чтобы коэффициенты усиления регулятора (4), (5) удовлетворяли условию

$$k_\varphi = \begin{cases} k_\varphi^* & \text{при } x_1(t) \cdot S(t) > 0; \\ -k_\varphi^* & \text{при } x_1(t) \cdot S(t) \leq 0; \end{cases} \quad (6)$$

$$k_{\dot{\varphi}} = \begin{cases} k_{\dot{\varphi}}^* & \text{при } x_2(t) \cdot S(t) > 0; \\ -k_{\dot{\varphi}}^* & \text{при } x_2(t) \cdot S(t) \leq 0, \end{cases} \quad (7)$$

где $S(t)$ – функция, определяемая соотношением

$$S(t) = x_2(t) - \lambda \cdot x_1(t). \quad (8)$$

На рис. 2 приведены переходные процессы в замкнутой системе с переменной структурой (2), (4) – (8) при следующих значениях параметров системы: $I_0=736,9$ Н·м·с²; $K_M=0,6 \cdot 10^{-3}$ Н·м·Па⁻¹; $K_D=1,228 \cdot 10^7$ Па; $r_y=100$ Ом; $L_y=0,01$ Гн; $K_e=100$ Н·м·А⁻¹; $I_K=0,01$ Н·м·с²; $f=1,5$ Н·м·с; $c=100$ Н·м, $U_\varphi^*=28$ в, $k_\varphi^*=7020$ в, $k_\varphi^*=301,6$ в·с. Значения величины λ выбирались равными $\lambda=-10$ (кривая 1), $\lambda=-7$ (кривая 2) и $\lambda=-3$ (кривая 3).

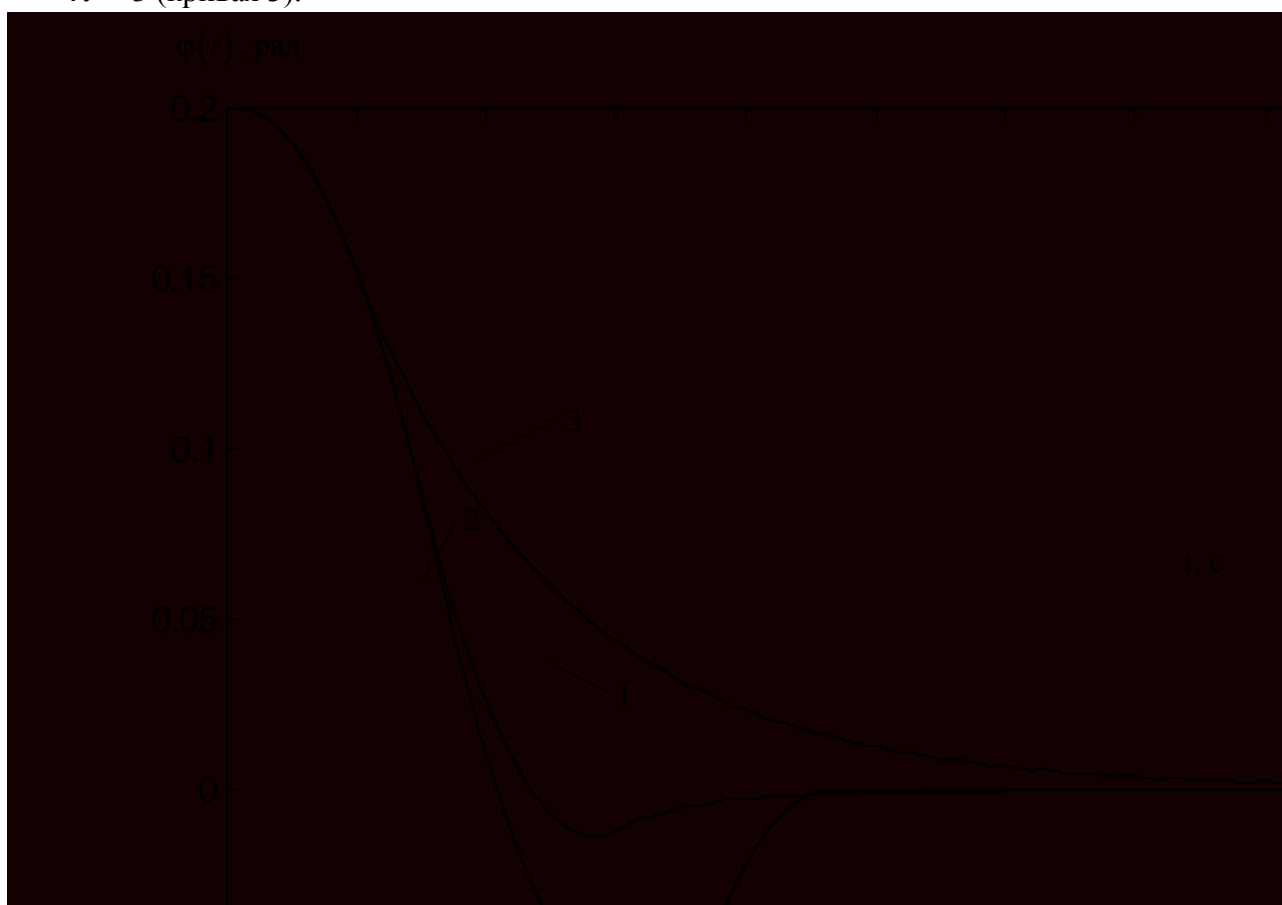


Рисунок 2 – Переходные процессы в замкнутой системе с переменной структурой

Сравнительный анализ кривых 1, 2 и 3 (рис. 2) позволяет сделать следующие выводы:

- при $\lambda=-10$ (кривая 1) переходный процесс в замкнутой СПС практически не отличается от переходного процесса в линейной системе (2), (4), (5) с постоянными коэффициентами, приведенного в работе [2];
- при $\lambda=-7$ (кривая 2) переходный процесс в замкнутой СПС значительно превышает по запасу устойчивости и быстродействию как переходный процесс в линейной системе (2), (4), (5) с постоянными коэффициентами, так и оптимальный по быстродействию переходный процесс в замкнутой системе (2), (3);

– при $\lambda = -3$ (кривая 3) быстродействие замкнутой СПС значительно ухудшается.

Заключение. Резюмируя сказанное, можно сделать обобщающий вывод, что при надлежащем выборе величины λ переходные процессы в замкнутой СПС можно считать оптимальными, как по запасу устойчивости, так и по быстродействию.

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 Е.Е., Александрова И.Е., Костяник И.В. Оптимальная по быстродействию система наведения и стабилизации танковой пушки // Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил. – 2006. Вип. 2(8).–с. 43–45.
3. Емельянов С.В., Уткин В.И. Теория систем с переменной структурой. – М.: Наука, 1979. –502 с.

УДК 621.3.078.001

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

ТАНКОВА СИСТЕМА НАВЕДЕННЯ І СТАБІЛІЗАЦІЇ ЗІ ЗМІННОЮ СТРУКТУРОЮ

В роботі робиться спроба застосування алгоритмів зі змінною структурою для систем наведення і стабілізації основного озброєння танків. Доведено, що при належному виборі параметру ковзного режиму процеси стабілізації відповідають високій точності стабілізації вісі каналу стволу танкової гармати відносно напряму на ціль.