

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАМКНЕНОЇ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНОЇ СИСТЕМИ НАВЕДЕННЯ ТАНКОВОГО ЗЕНІТНОГО КУЛЕМЕТА

Постановка задачі.

В роботі [1] наведена математична модель збуреного руху електромеханічної системи наведення танкового зенітного кулемета. Модель містить наступну систему нелінійних диференціальних рівнянь, що описують механічні і електричні процеси в електроприводі танкової зенітної установки:

$$\frac{d\omega_D(t)}{dt} = \left[\frac{C_M \alpha}{j_\Sigma} i_a^2(t) - \frac{M_B^*(t)}{j_\Sigma n \eta} \right] \text{sign} \sigma(t); \quad (1)$$

$$\frac{di_a(t)}{dt} = -\frac{r_a}{L_a} i_a(t) - \frac{C_E \alpha}{L_a} i_a(t) \omega_D(t) \text{sign} \sigma(t) + \frac{1}{L_a} U_y(t); \quad (2)$$

$$\frac{dU_r(t)}{dt} = \frac{1}{T_{\Gamma\Gamma}} U_r(t) + \frac{K_{\Gamma\Gamma}}{T_{\Gamma\Gamma}} \omega_D(t); \quad (3)$$

$$\sigma_y(t) = U_3(t) - U_r(t), \quad (4)$$

де $\omega_D(t)$ – кутова швидкість виконавчого електродвигуна; $i_a(t)$ – струм ланцюга якоря виконавчого електродвигуна; $U_r(t)$ – вихідний сигнал тахогенератора зворотнього зв'язку; $\sigma_y(t)$ – сигнал похибки; $M_B^*(t)$ – збурюючий момент, що діє на кулеметну установку; $U_3(t)$ – сигнал з пульта наведення; n – передавальне відношення редуктора; η – к.к.д. редуктора.

В роботах [2,3] на основі аналізу математичної моделі (1)-(4) зроблений висновок про доцільність використання в системі наведення танкового зенітного кулемета широтно-імпульсного модулятора (ШІМ), який реалізує алгоритм керування у вигляді:

$$U_y(t) = \begin{cases} U_0 & \text{при } kT_0 < t < (k + \gamma)T_0; \\ 0 & \text{при } (k + \gamma)T_0 < t < (k + 1)T_0; \end{cases} \quad (5)$$

$$\gamma[kT_0] = \begin{cases} 1 & \text{при } \frac{|\sigma(kT_0)|}{\theta |U_3(kT_0)|} \geq 1; \\ \frac{|\sigma(kT_0)|}{\theta |U_3(kT_0)|} & \text{при } \frac{|\sigma(kT_0)|}{\theta |U_3(kT_0)|} < 1; \end{cases} \quad (6)$$

а також оцінені значення варійованих параметрів алгоритму (5), (6) θ і T_0 , які забезпечують високу точність роботи системи наведення та мінімальні енергетичні витрати на наведення.

В даній роботі наводяться результати експериментальних досліджень замкненої системи наведення танкової зенітної установки, що отримані на спеціальному дослідному стенді.

Опис дослідного стенда. Параметри тестового сигналу задаються наступним чином:

$$U_3(t) = \begin{cases} 10t & \text{при } t \leq 1с; \\ 10 & \text{при } 1с < t \leq 3с; \\ 10 - 10(t - 3) & \text{при } 3с < t \leq 5с; \\ -10 + 10(t - 5) & \text{при } 5с < t \leq 6с. \end{cases}$$

У ручному режимі такий сигнал відтворити з достатньою точністю неможливо, тому він відтворювався програмно за допомогою мікроконтролера (МК), який входить до складу мікропроцесорного блока управління (МБУ) кулеметною установкою.

В якості МК був обраний широко розповсюджений мікроконтролер ATmega16 фірми Atmel, маючий у своєму складі три канали апаратної ШІМ та вісім 10-розрядних аналого-цифрових перетворювачів (АЦП).

Мікроконтролер з'єднаний з персональним комп'ютером (ПК) каналами так названого ISP та RS232 інтерфейсів. По каналу ISP в мікроконтролер записується («зашивається») робоча програма, а по каналу RS232 мікроконтролер обмінюється інформацією з ПК. Цей обмін, зокрема, включає передачу в МК параметрів задаючого впливу та приймання інформації про стан об'єкта.

Функціональна схема дослідного стенда наведена на рис. 1.

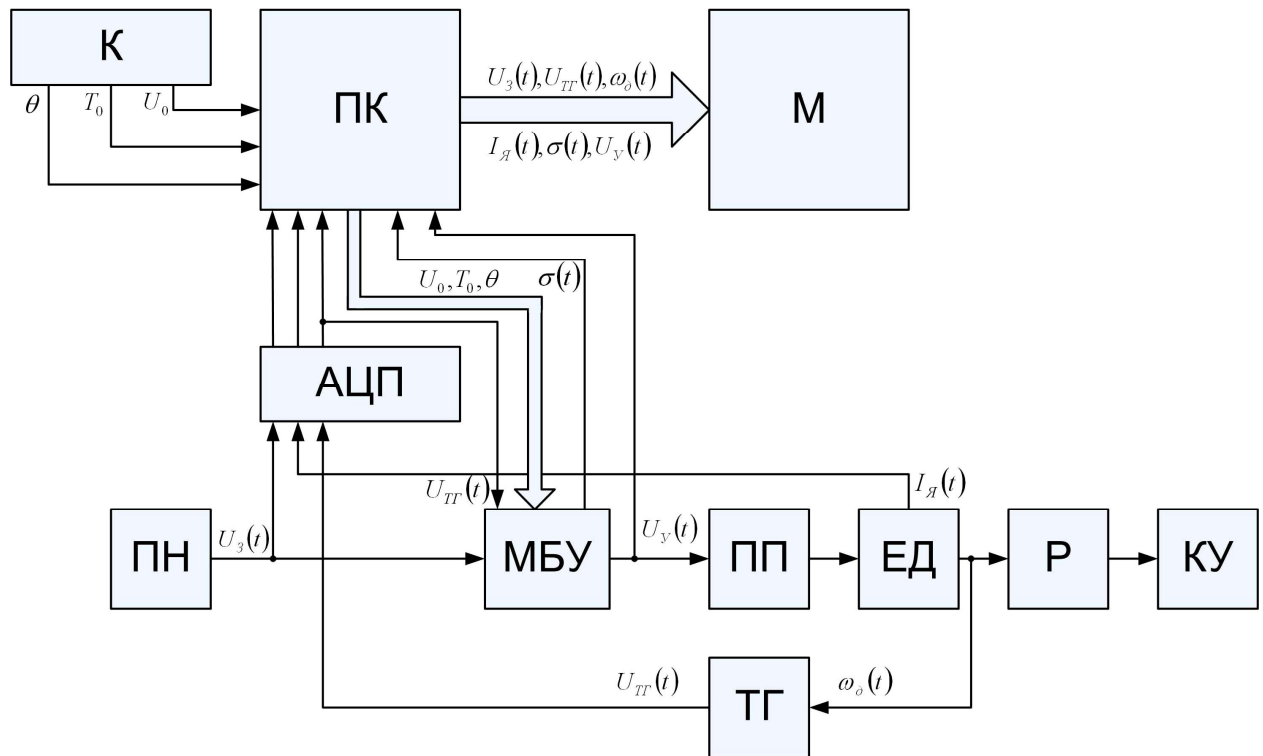


Рис. 1. Функціональна схема дослідного станда:

К – клавиатура; ПК – персональний комп'ютер; М – монітор; АЦП – аналого-цифровий перетворювач;
 ПН – пульт наведення; МБУ – мікропроцесорний блок управління; ПП – підсилювач потужності;
 ЕД – електродвигун; Р – редуктор; КУ – кулеметна установка; ТГ – тахогенератор

Результати експериментальних досліджень та висновки. На рис. 2,3 наведені перехідні процеси наведення танкової зенітної кулеметної установки при різних значеннях варійованого параметра θ алгоритму (5), (6). Порівняльний аналіз цих рисунків дозволяє зробити висновок [4], що висока точність роботи системи наведення забезпечується при значеннях параметра θ в інтервалі $0.01 \leq \theta < 0.1$, як це було доведено в роботі [2].

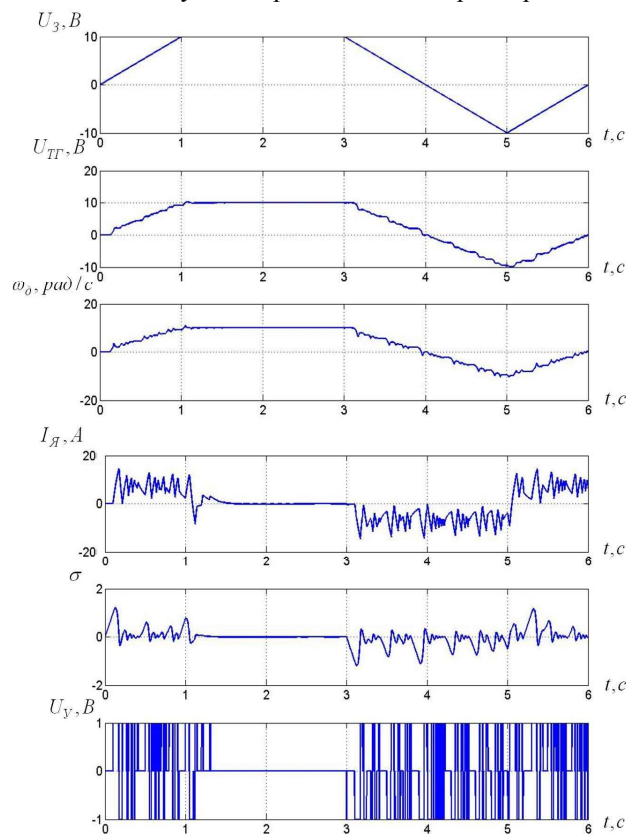


Рис. 2. Перехідні процеси наведення при $\theta = 0.04$, $T_0 = 10$ мс

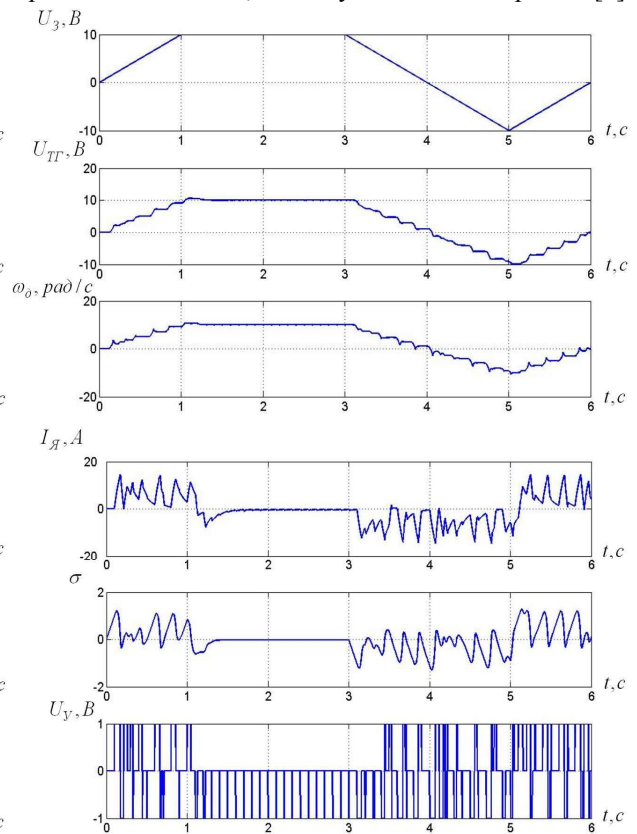


Рис. 3. Перехідні процеси наведення при $\theta = 0.2$, $T_0 = 10$ мс

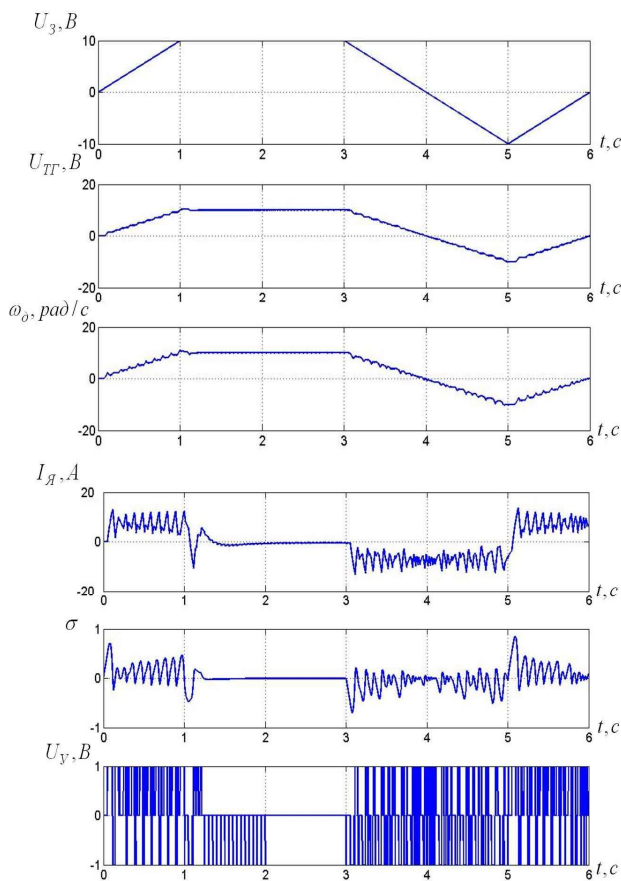


Рис. 4. Перехідні процеси наведення при $\theta = 0.04$, $T_0 = 20$ мс

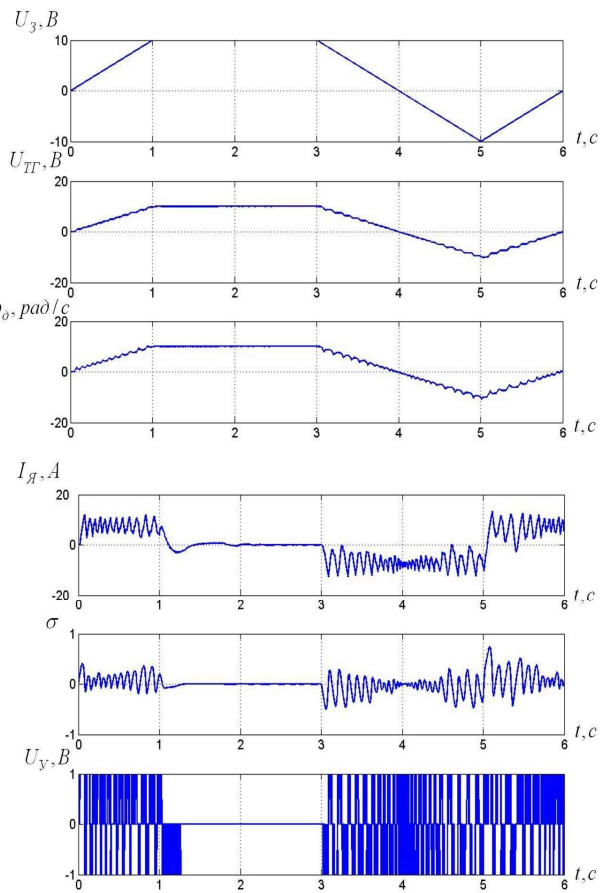


Рис. 5. Перехідні процеси наведення при $\theta = 0.04$, $T_0 = 50$ мс

На рис. 4,5 наведені перехідні процеси наведення при різних значеннях періоду повторення імпульсів T_0 ШІМ. З аналізу цих рисунків видно, що збільшення величини варійованого параметра T_0 призводить до збільшення енергетичних витрат на наведення.

Література.

1. Александров Є.Є., Костяник І.В., Сладких С.О. Математичне моделювання динамічних процесів в електроприводі імпульсного регулювання танкової зенітної установки // Вісник НТУ «ХПІ» «Проблеми автоматизованого електроприводу. Теорія і практика». – 2004. Вип. 43. – С. 61–63.
2. Александров Е.Е., Костяник И.В., Сладких С.А. Параметрический синтез электромеханической системы наведения танкового зенитного пулемета // Вісник НТУ «ХПІ» «Проблеми автоматизованого електроприводу. Теорія і практика». – 2005. Вип. 45. – С. 110–112.
3. Александров Е.Е., Костяник И.В., Сладких С.А. Сравнительный анализ электронных систем импульсного регулирования танковой зенитной установки // Механіка і машинобудування. – 2004. - №2. – С. 215–219.
4. Александров Е.Е., Костяник И.В., Сладких С.А. Динамические процессы в замкнутой системе управления танковой зенитной установкой // Артиллерийское и стрелковое вооружение. – 2004.-№3(12).–С. 12–14.