

## BADANIA SYMULACYJNE TACHOMETRYCZNEGO SYSTEMU KIEROWANIA OGNIEM Z ZALEŻNYM POMIAREM PRĘDKOŚCI KĄTOWEJ Z KOREKCJĄ W PRZELICZNIKU I UKŁADZIE NAPĘDOWYM

*W artykule przedstawiono wyniki badań symulacyjnych systemu kierowania ogniem dla małokalibrowej artylerii przeciwlotniczej z celownikiem tachometrycznym z zależnym pomiarem prędkości kątowej celu i elementami korekcyjnymi w przeliczniku i układzie napędowym. Symulację przeprowadzono dla systemu pracującego w warunkach dynamicznych.*

Przedstawiona przez autora koncepcja systemu kierowania ogniem z celownikiem tachometrycznym z korekcją w przeliczniku i układzie napędowym, ma na celu poprawienie warunków pracy operatora oraz wyeliminowanie „fałszywych” sygnałów wynikających z pomiaru prędkości kątowej celu na podstawie prędkości kątowej zestawu zawierającej także prędkość przemieszczania luf na punkt wyprzedzony [6]. W pracach [4] i [5] przeprowadzono analizę procesu celowania oraz wypracowywania, niezbędnego przy strzelaniu do celów ruchomych, kąta wyprzedzenia  $\sigma$  dla systemów z „zależnym” pomiarem prędkości kątowej celu.

Jak wynika z przeprowadzonych analiz ogólne transmitancje poszczególnych kątów, które składają się na rzeczywisty kąt wyprzedzenia celu dla systemu z „zależnym” pomiarem prędkości kątowej, są następujące:

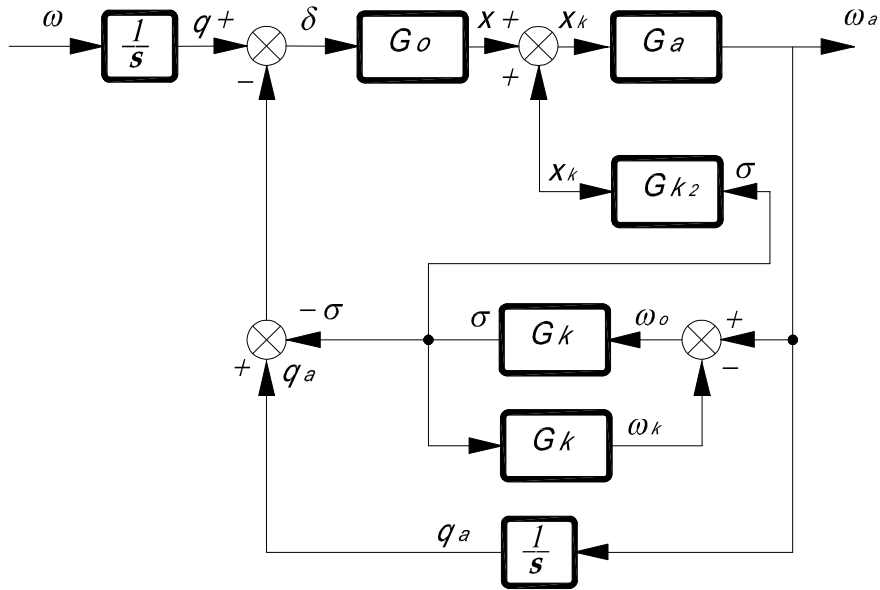
Transmitancja uchybowa  $G_\delta(s)$ , tj. kąta niezgrania znaczka celowniczego z celem  $\delta$ :

$$G_\delta(s) = \frac{\delta(s)}{q(s)} = \frac{s}{s + G_o(s)G_A(s) - sG_o(s)G_A(s)G_P(s)} \quad (1),$$

Transmitancja kąta wyprzedzenia  $G_\sigma(s)$  m postać:

$$G_\sigma(s) = \frac{\sigma(s)}{q(s)} = \frac{sG_o(s)G_A(s)G_P(s)}{s + G_o(s)G_A(s) - sG_o(s)G_A(s)G_P(s)} \quad (2).$$

W niniejszej pracy określone zostanie rozwiązanie systemu kierowania ogniem z elementami korekcyjnymi w przeliczniku i układzie napędowym. Na rysunku nr 1 przedstawiony jest schemat blokowy systemu kierowania ogniem z elementami korekcyjnymi w przeliczniku i układzie napędowym posługując się ogólnymi oznaczeniami poszczególnych elementów składowych.



Rys.1.Schemat blokowy układu z korekcją w przeliczniku i układzie napędowym.

Transmitancja kąta wyprzedzenia  $\sigma$  wyraża się wzorem:

$$G_{\sigma}(s) = \frac{\sigma(s)}{q(s)} = \frac{sG_O G_A G_P}{s + sG_{k1} G_P - sG_A G_P G_{k2} + G_O G_A + G_O G_A G_P G_{k1} - sG_O G_A G_P} \quad (3)$$

Transmitancja uchybowa układu (kąta niezgrania  $\delta$ ) ma postać:

$$G_{\delta}(s) = \frac{\delta(s)}{q(s)} = \frac{s(1 + G_{k1} G_P - G_{k2} G_A G_P)}{s + sG_{k1} G_P - sG_A G_P G_{k2} + G_O G_A + G_O G_A G_P G_{k1} - sG_O G_A G_P} \quad (4)$$

Cel korekcji jest osiągalny jeżeli elementy korekcyjne będą miały następujące transmitancje:

$$G_{k1}(s) = \frac{\omega_k(s)}{\sigma(s)} = s, \quad (5)$$

$$G_{k2}(s) = \frac{x_k(s)}{\sigma(s)} = \frac{s}{G_A(s)}. \quad (6)$$

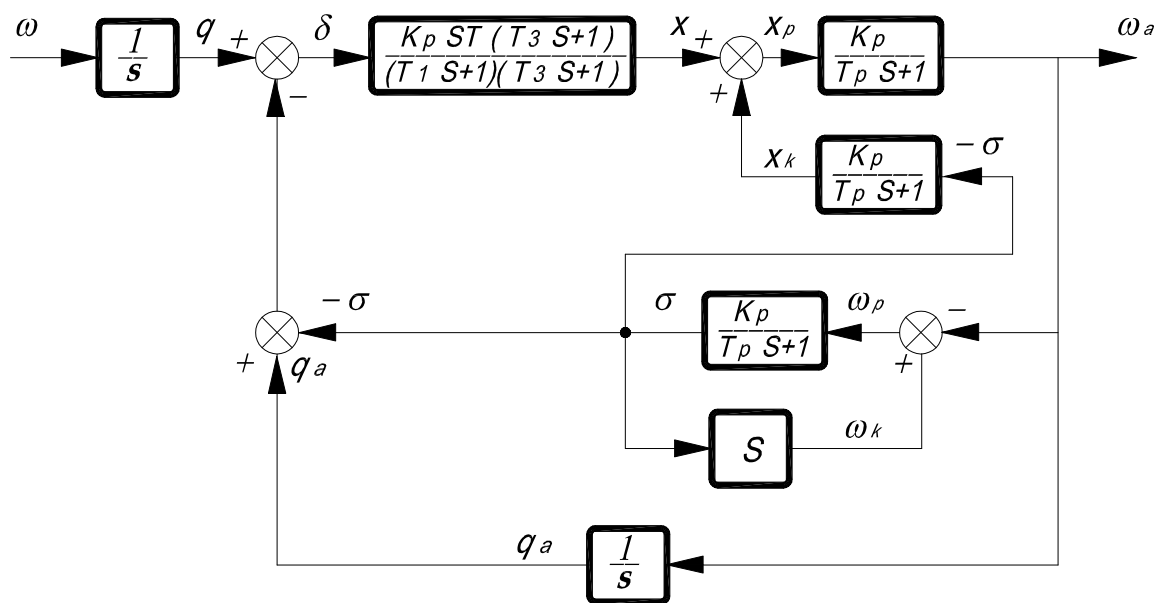
Opracowany model symulacyjny systemu kierowania ogniem artylerii przeciwlotniczej z celownikiem tachometrycznym i elementami korekcyjnymi w przeliczniku i układzie napędowym pozwala badać zachowanie się systemu w warunkach dynamicznych zbliżonych do występujących przy zwalczaniu szybkiego celu poruszającego się na niskiej

wysokości. Program KPRN1 umożliwia symulowanie pracy systemu o różnych właściwościach dynamicznych elementów składowych i operatorów-celowniczych. Poniżej przedstawiono wykresy obrazujące pracę systemu dla kilku wybranych wartości charakterystyk operatora i stałych, typowych wartościach opisujących układ napędowy.

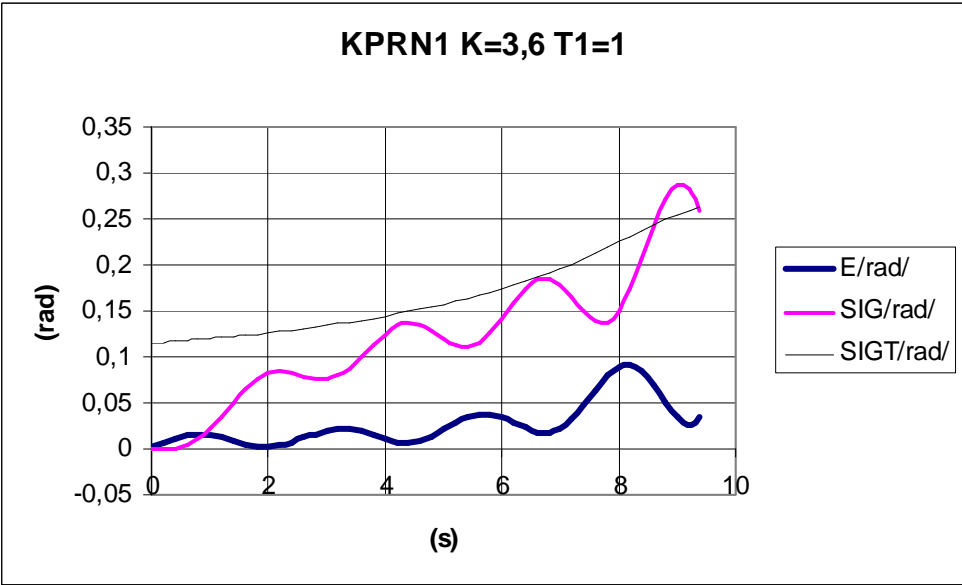
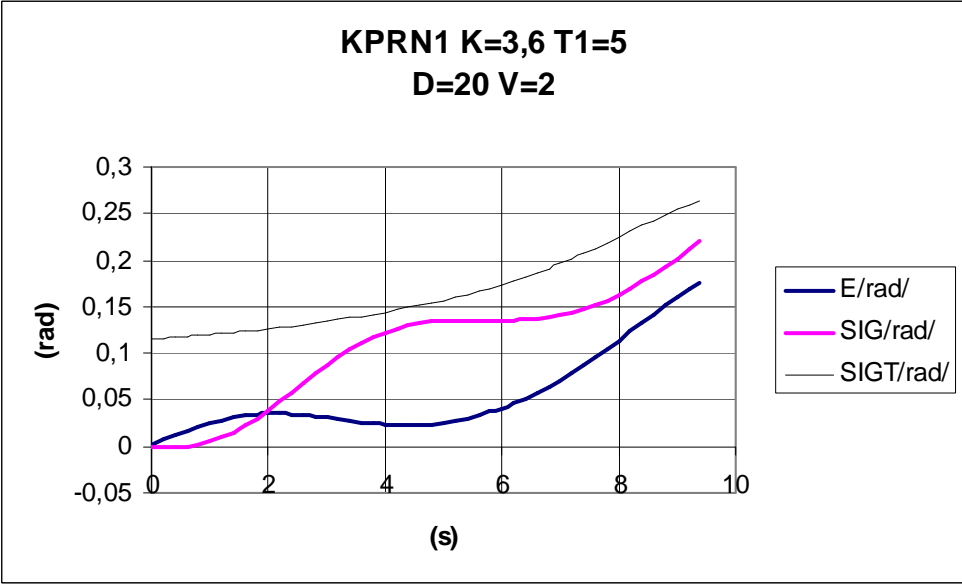
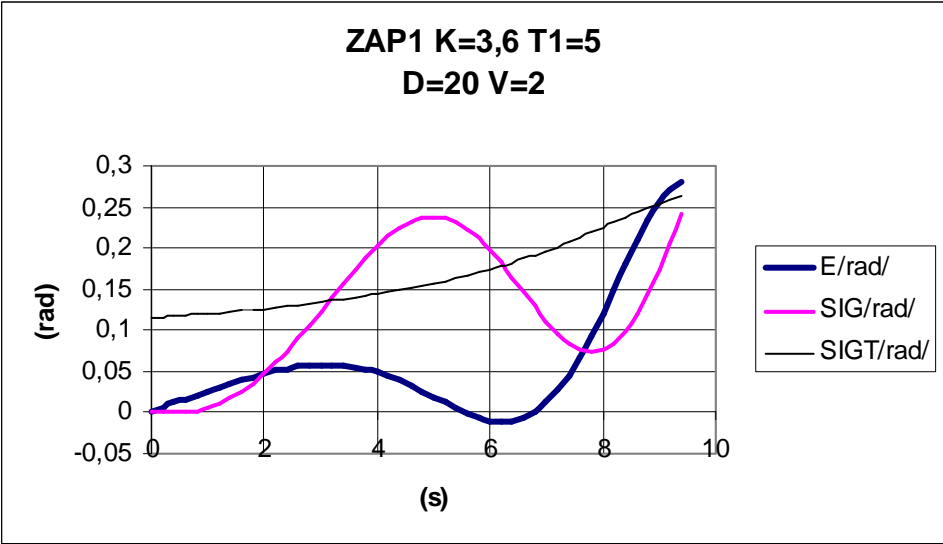
Schemat systemu przedstawiony jest na rys. 2. Na schemacie widoczne są powiązania strukturalne między poszczególnymi członami.

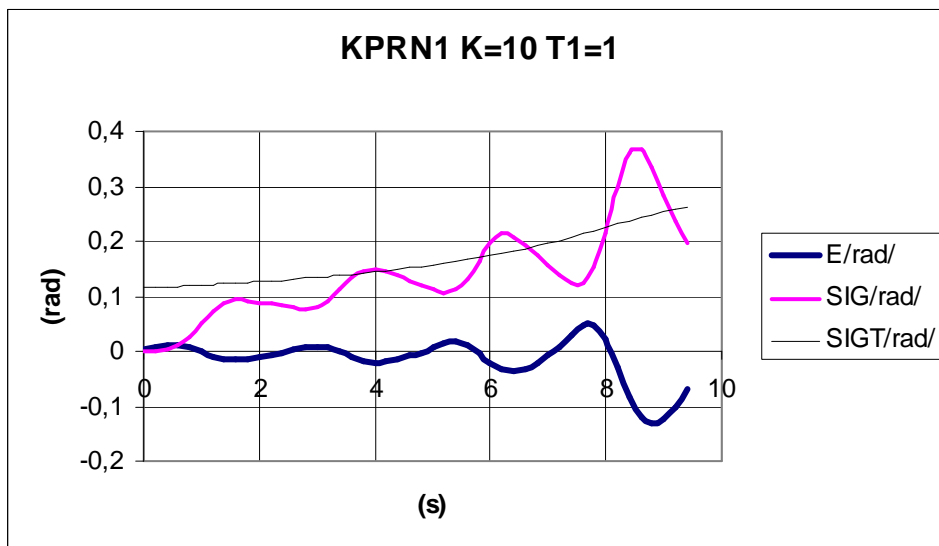
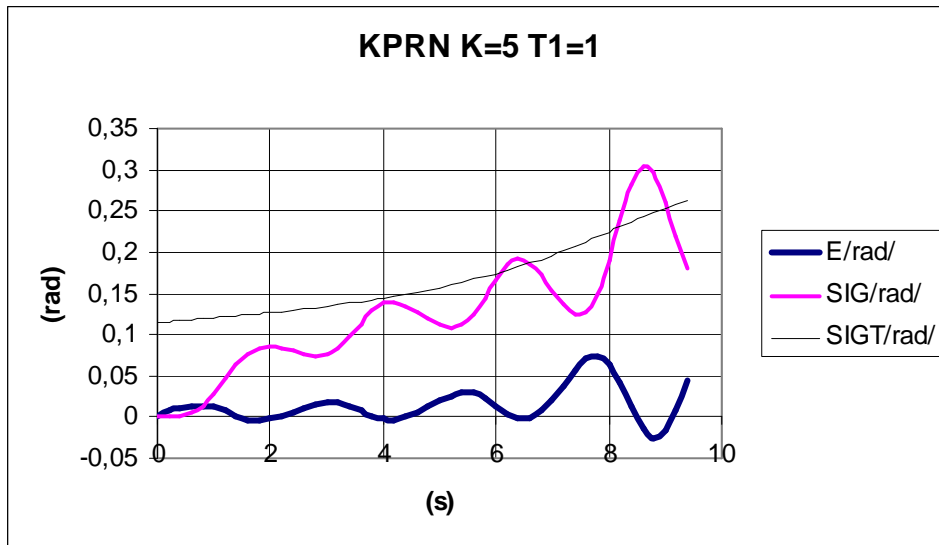
Na schemacie widoczne jest miejsce wprowadzania sygnałów korekcyjnych:

- pierwszego  $\omega_k$  na wejście przelicznika, gdzie odejmowany jest od sygnału odpowiadającego prędkości kątowej armaty, tak aby wypracowywany kąt wyprzedzenia  $\sigma$  był wyliczony na podstawie prędkości kątowej nie obciążonej błędem wynikającym z konieczności uwzględnienia kąta  $\sigma$  przy naprowadzaniu armaty na cel
- drugiego  $x_k$  na wejście układu napędowego, gdzie sumowany jest z sygnałem sterującym od operatora, tak aby układ napędowy, niejako niezależnie od operatora, zajmował położenie uwzględniające kąt wyprzedzenia celu  $\sigma$



Rys.2.Schemat blokowy systemu kierowania ogniem z „zależnym” pomiarem prędkości kątowej celu i elementami korekcyjnymi o typowych właściwościach dynamicznych.





Z przedstawionych powyżej wyników symulacji wynika, że w porównaniu do systemu z zależnym pomiarem prędkości (wykres ZAP1) system z korekcją w przeliczniku i układzie napędowym wykazuje zdecydowaną poprawę zarówno w torze kąta niezgrania  $E(t)$  jak i torze wypracowywanego w celowniku kąta wyprzedzenia celu  $SIG(t)$ . Na uwagę zasługuje także fakt, że dobrze wyszkolony operator sterujący systemem z zależnym pomiarem prędkości może pracować ze współczynnikiem wzmocnienia  $K=3,6$  i stałą czasową  $T1=5$ , znajdując się w obszarze na granicy stabilności systemu, natomiast dla systemu z korekcją zakres dopuszczalnych parametrów znacznie się powiększa umożliwiając pracę ze współczynnikiem wzmocnienia  $K=10$  i  $T1=1$ .

## **Wnioski**

1. Wyniki symulacji pracy systemu kierowania ogniem z zależnym” pomiarem prędkości kątowej celu i elementami korekcyjnymi w przeliczniku i układzie napędowym wskazują na możliwość uzyskania znacznie większej efektywności bojowej zestawów artylerii przeciwlotniczej przy zwalczaniu szybkich obiektów w porównaniu do aktualnie używanych zestawów z celownikami tachometrycznymi z zależnym pomiarem prędkości celu.
2. System z korekcją w przeliczniku i układzie napędowym po optymalizacji parametrów w zależności od kalibru armat, rodzaju pocisków i własności napędów może znaleźć zastosowanie w lekkich artyleryjskich zestawach przeciwlotniczych.

## **Literatura**

1. Pankowski Z.: Zagadnienie stabilności układu operator-celownik tachometryczny „sztywno” połączony z armatą – PROBL. TECH. UZBR. I RADIOL. 29/1977
2. Pankowski Z.: Tachometryczne układy kierowania ogniem – WOJSK. PRZ. TECH. Nr 12/1987
3. Pankowski Z., Kuśnierz T., Magier M.,--,:Urządzenie szkolno-treningowe do zestawu przeciwlotniczego - PROBL. TECH. UZBR. 79/2001
4. Pankowski Z.: Wpływ parametrów dynamicznych celownika tachometrycznego na efektywność zestawu przeciwlotniczego z „zależnym” pomiarem prędkości kątowej celu - PROBL. TECH. UZBR. 85/2002
5. Pankowski Z.: Optymalizacja parametrów dynamicznych celownika tachometrycznego w zależności od prędkości kątowej celu –PROBL. TECH. UZBR.3/2003.
6. Pankowski Z.: Tachometryczny system kierowania ogniem z zależnym pomiarem prędkości kątowej i elementami korekcyjnymi w przeliczniku i układzie napędowym – PROBL. TECH. UZBR.4/2006.