

dr inż. Izabela Krzysztofik  
 mgr inż. Adam Rozenau  
 Politechnika Świętokrzyska

## UKŁAD POMIAROWY DO WYZNACZANIA POŁOŻENIA PUNKTOWEGO ŹRÓDŁA ŚWIATŁA

*W pracy zaprezentowano układ pomiarowy do wyznaczania położenia punktowego źródła światła. Układ tego typu zastosowany jest w samonaprowadzających pociskach raketowych. Przedstawiono wyniki pomiarów uzyskanych dla wybranych typów modulatorów optycznych oraz wypływające z nich wnioski i uwagi końcowe.*

## MEASURING SYSTEM FOR DETERMINATION OF POSITION OF PUNCTUAL SOURCE OF LIGHT

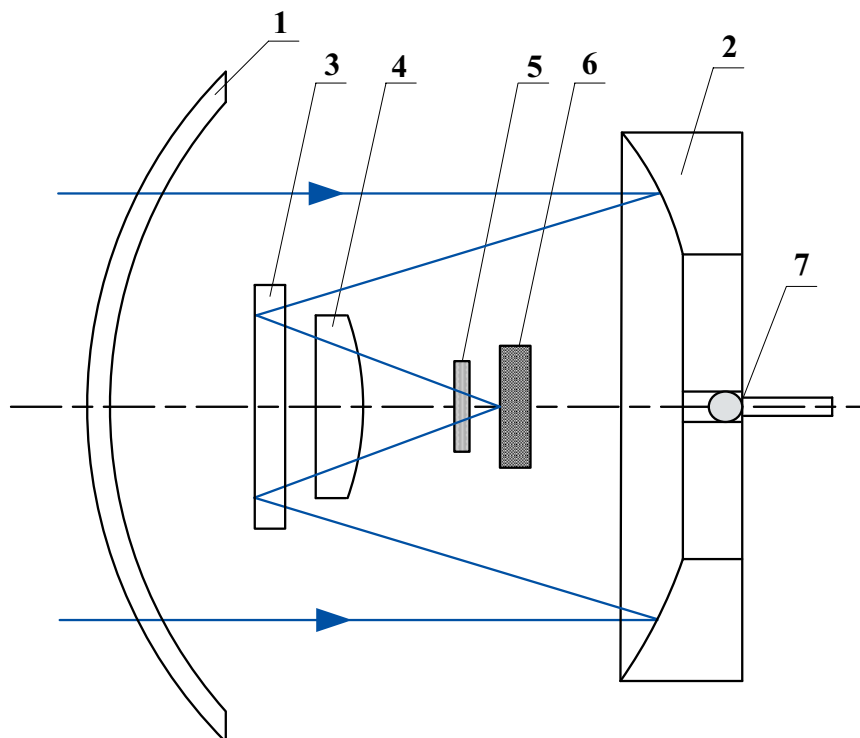
*The paper presents measuring system for determination of position of punctual source of light. This system is applied in the homing missiles. There are results of measurements for select optical modulators and conclusions.*

### 1. WPROWADZENIE

Jedną z ważniejszych części systemu kierowania pocisków raketowych samonaprowadzających się na cel jest optyczny koordynator celu. Koordynator przeznaczony jest do wykrycia i określenia współrzędnych celu, na podstawie energii elektromagnetycznej generowanej przez sam cel. Najczęściej wykorzystywanym rodzajem energii jest promieniowanie w zakresie ultrafioletu ( $\lambda < 0.4\mu\text{m}$ ), widzialnym ( $\lambda = 0.4 \div 0.8\mu\text{m}$ ) i w zakresie podczerwieni ( $\lambda > 0.8\mu\text{m}$ ) [1].

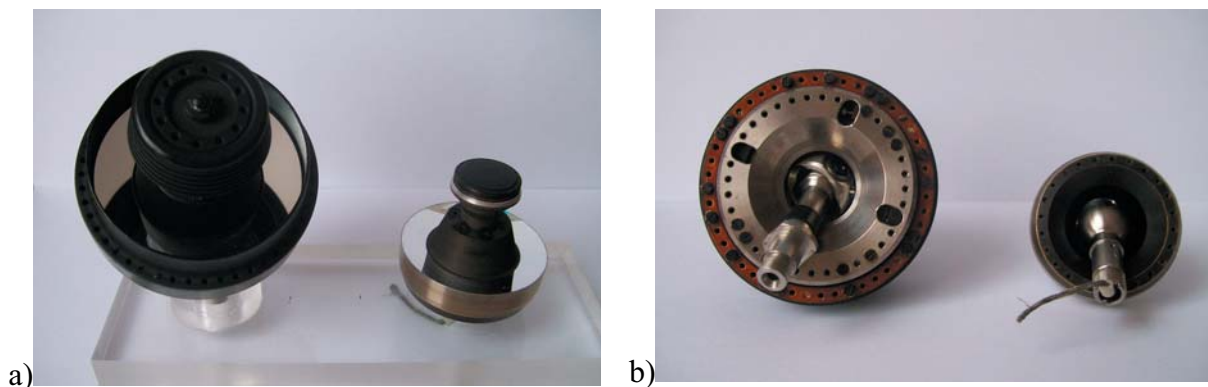
Optyczny koordynator celu składa się z obiektywu zwierciadłowego, układu analizującego obraz metodą modulacji sygnału za pomocą rastrów, odbiornika promieniowania (detektora) oraz elementu wykonawczego, który stanowi giroskop o trzech stopniach swobody. Giroskop zawieszony jest na przegubie Cardana a w jego krążku zamocowane jest zwierciadło pierwotne. Układ optyczny koordynatora przekształca przestrzenny rozkład energii promieniowania skupiając go na swojej płaszczyźnie ogniskowej. Schemat układu optycznego koordynatora celu przedstawia rys. 1 zaś widok ogólny fot. 1. Promieniowanie pochodzące od celu przechodzi przez owiewkę i pada na zwierciadło pierwotne a następnie na zwierciadło wtórne. Po odbiciu od zwierciadła wtórnego przechodzi przez soczewkę korekcyjną i pada na wirujący raster. Strumień promieniowania po zmodulowaniu przez raster pada na detektor, który zamienia go w sygnał elektryczny. Sygnał ten jest obrabiany w torze elektronicznym, z którego otrzymujemy informacje o współrzędnych promieniującego obiektu.

Raster (modulator optyczny) jest płytką, zwykle o postaci krążka, który jest podzielony na części całkowicie przepuszczające promieniowanie, całkowicie nieprzepuszczające i częściowo przepuszczające promieniowanie [2]. Raster wiruje ze stałą prędkością względem układu optycznego. W związku z tym do detektora będzie docierał promień w sposób przerywany, co powoduje, iż sam detektor generuje napięcie zmienne w czasie. Na podstawie zmienności tego napięcia wyznaczamy położenie punktowego źródła światła, jakim jest cel.



Rys. 1. Schemat układu optycznego koordynatora:

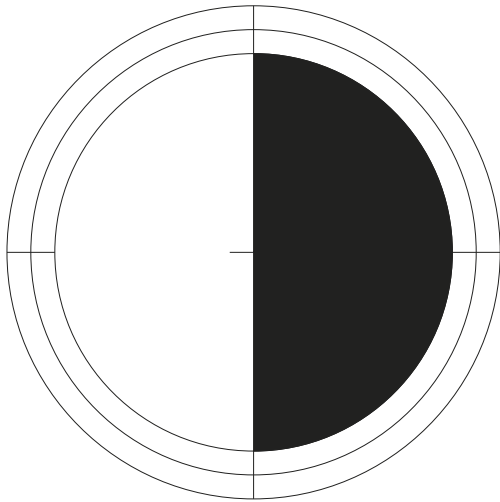
1 – owiewka, 2 – zwierciadło pierwotne, wklęsłe (rotor giroskopu), 3 – zwierciadło wtórne, płaskie, 4 – soczewka korekcyjna, 5 – raster, 6 – detektor, 7 – przegub Cardana



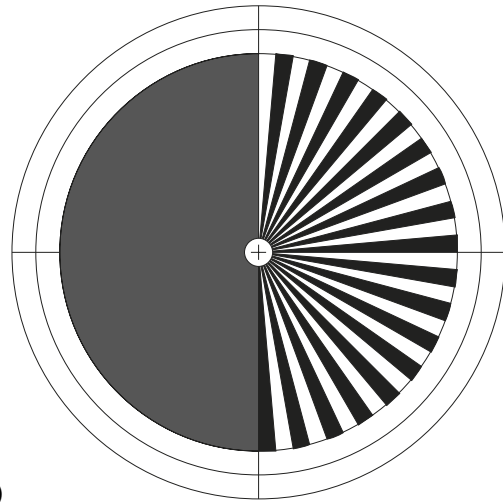
Fot. 1. Widok układu optycznego koordynatora celu z pocisków Strzała 1 i Strzała 2:

a) od przodu, b) przegub Cardana

W pociskach raketowych samonaprowadzających się na cel stosowane są modulatory różnego typu. Najstarsze z nich to raster połówkowy i tzw. „wschodzące słońce” – rys. 2. Były to modulatory najprostsze. Przykłady niektórych ulepszonych rastrów pokazano na rys. 3.



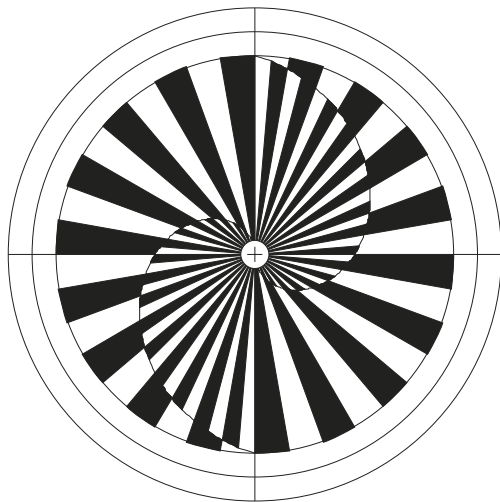
a)



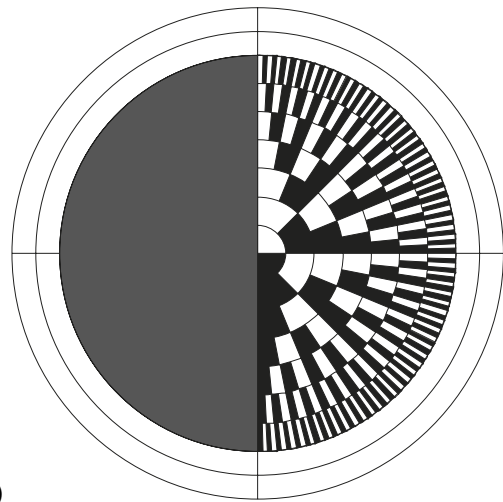
b)

Rys. 2. Modulator optyczny:

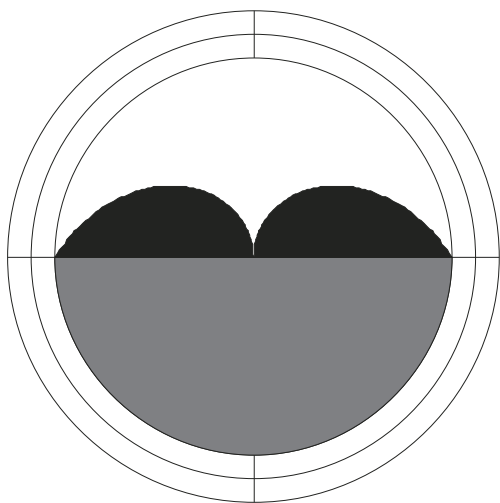
a) połówkowy, b) wschodzące słońce



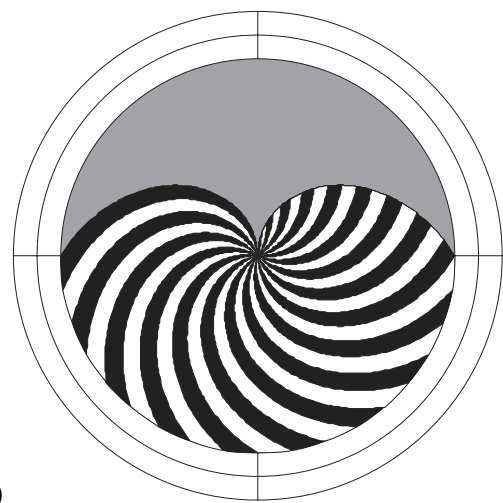
a)



b)



c)

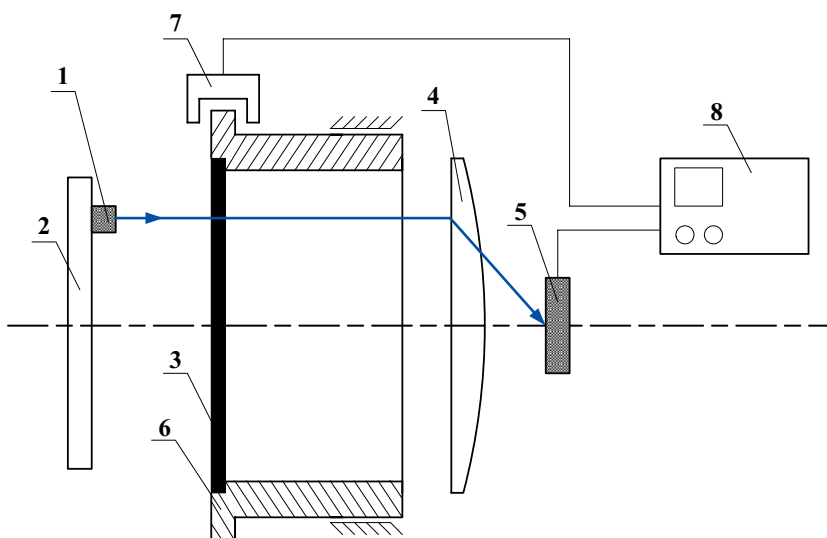


d)

Rys. 3. Przykładowe wzory ulepszonych modulatorów optycznych

## 2. OPIS STANOWISKA

Autorzy niniejszej publikacji zbudowali stanowisko umożliwiające badanie własności różnego typu rastrów. Układy optyczne rzeczywistych koordynatorów celu pocisków raketowych są skomplikowanymi, precyzyjnymi układami zwierciadłowo-soczewkowymi. Ich zadaniem jest skupienie promieniowania docierającego od celu (po przejściu przez raster) na detektorze. W celu uproszczenia układu optycznego, na stanowisku zastosowano źródło promieniowania imitujące cel dające wiązkę promieniowania równoległą do osi głównej stanowiska. Pozwoliło to na sprowadzenie układu optycznego do jednej soczewki przy zachowaniu istoty analizy obrazu celu przy pomocy rastra. Ze względów praktycznych, aby umożliwić wzrokową obserwację wiązki promieniowania, zastosowano promieniowanie widzialne. Schemat stanowiska pokazany jest na rys. 4 a jego widok ogólny na fot. 2.

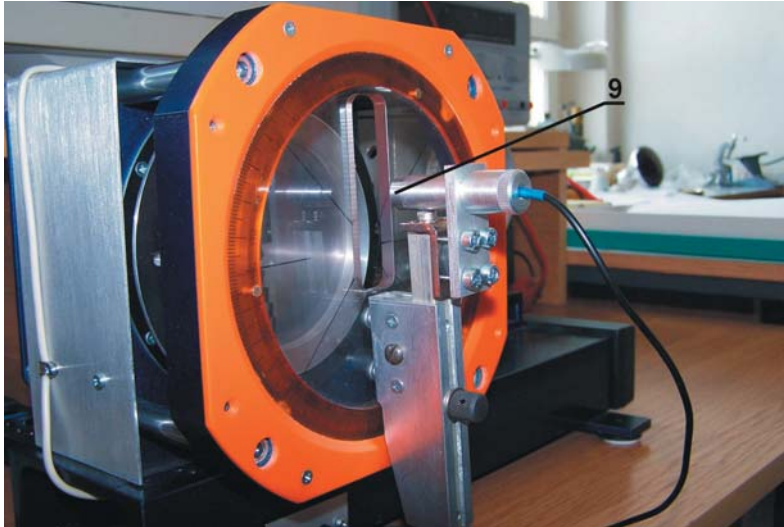


Rys. 4. Schemat stanowiska: 1 – źródło promieniowania imitujące cel, 2 – tarcza, 3 – raster, 4 – soczewka, 5 – detektor, 6 – tuleja, 7 – bramka fotoelektryczna, 8 – układ formowania i pomiaru sygnału



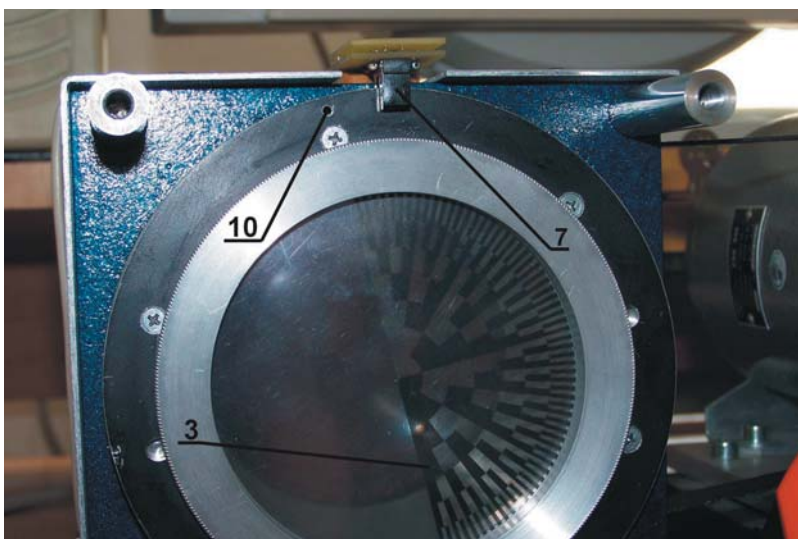
Fot. 2. Widok ogólny stanowiska

Położenie celu w płaszczyźnie prostopadłej do osi głównej stanowiska można zmieniać przez obrót tarczy 2 oraz promieniowe przemieszczenie celu na tarczy. Jako źródło promieniowania zastosowana została dioda laserowa o długości fali 650 nm i mocy 5mW. Na obudowę diody laserowej można zakładać wymienne przysłony pozwalające na uzyskiwanie różnych kształtów przekroju poprzecznego wiązki promieniowania celu – fot. 3.



Fot. 3. Źródło promieniowania imitujące cel: 9 – przysłona kształtująca przekrój poprzeczny wiązki promieniowania.

Raster 3 mocowany jest na powierzchni czołowej tulei 6 przy pomocy nakrętki. Tuleja wraz z rastrem wprowadzana jest w jednostajny ruch obrotowy silnikiem elektrycznym poprzez przekładnię pasową. W kołnierzu tulei 6 wykonany jest otwór 10 – patrz fot. 4, który umożliwia bramce fotoelektrycznej 7 generowanie impulsów stanowiących znaczniki położenia kąowego tulei. Bramkę stanowi zespół nadajnik-odbiornik podczerwieni umieszczony we wspólnej obudowie ze szczeliną, w którą wchodzi kołnierz tulei z otworem. Bramka generuje impuls w momencie, kiedy otwór w kołnierzu tulei przechodzi przez szczelinę bramki. Jako detektor promieniowania zastosowana została fotodioda.

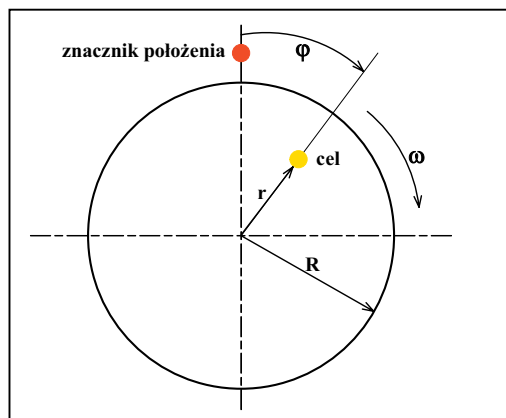


Fot. 4. Widok rastra i bramki fotoelektrycznej: 3 – raster, 7 – bramka fotoelektryczna, 10 – otwór w kołnierzu tulei

### 3. WYNIKI POMIARÓW

Na stanowisku przeprowadzono badania wybranych typów rastrów. Przy wyznaczaniu współrzędnych położenia celu stosowano oznaczenia pokazane na rys. 5. Promień każdego rastra wynosił  $R = 42 \text{ mm}$ , prędkość kątowna  $\omega = 14062,5 \text{ deg/s}$  oraz okres  $T = 0,0256 \text{ s}$ .

Rys. 5. Schemat oznaczeń stosowanych przy wyznaczaniu położenia celu

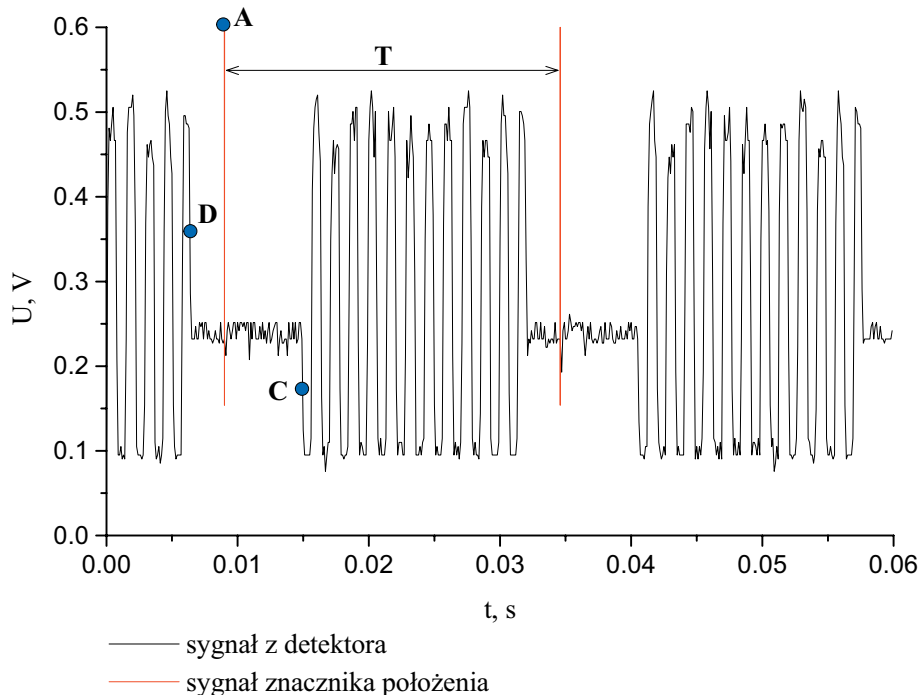


#### 3.1. Raster nr 1

a)



b)



Rys. 6. Wzór (a) oraz sygnał z detektora i znacznika położenia (b) dla rastra nr 1

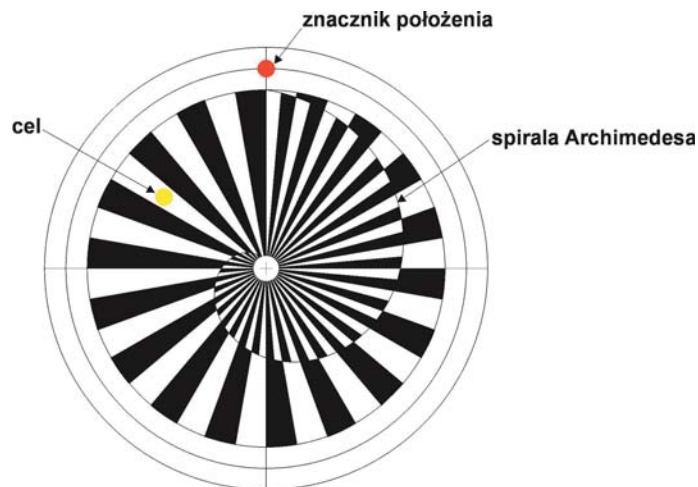
Z otrzymanego wykresu odczytujemy położenie katowe i promieniowe celu:

$$\varphi = \omega \left( \frac{t_C + t_D}{2} - t_A \right) \approx 24 \text{ deg} \quad (1)$$

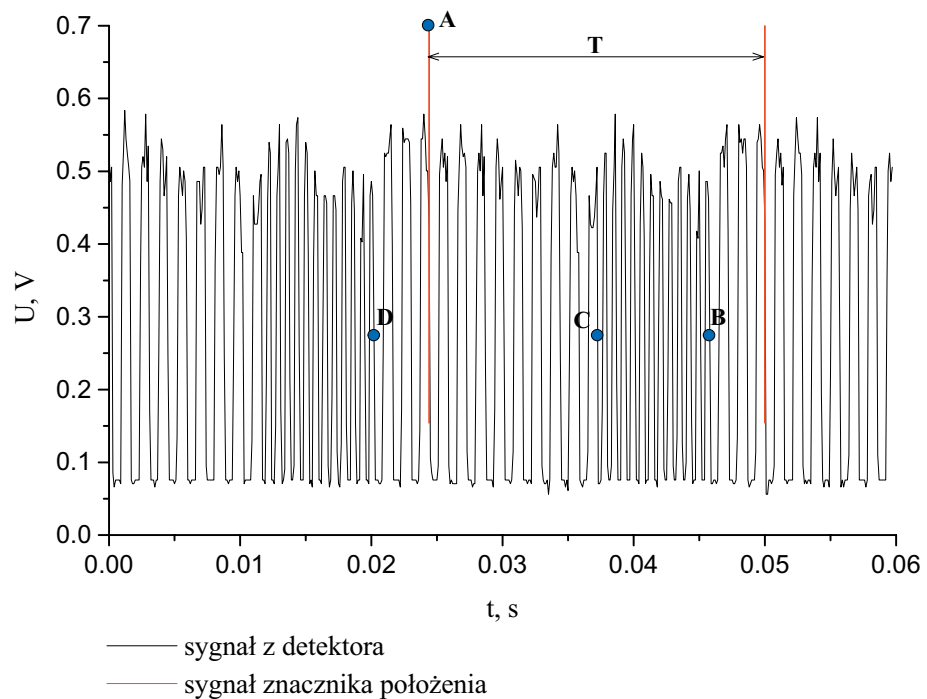
$$\frac{r}{R} = \frac{2(t_C - t_D)}{T} = 0,67 \quad (2)$$

### 3.2. Raster nr 2

a)



b)



Rys. 7. Wzór (a) oraz sygnał z detektora i znacznika położenia (b) dla rastra nr 2

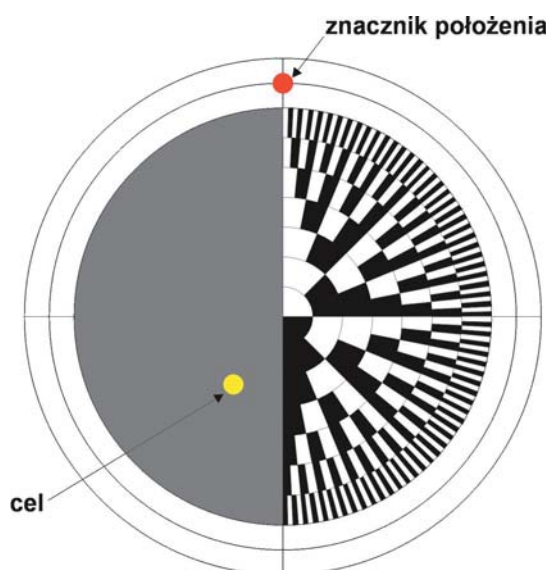
Z otrzymanego wykresu odczytujemy położenie katowe i promieniowe celu:

$$\varphi = \omega(t_B - t_A) \approx 302 \text{ deg} \quad (3)$$

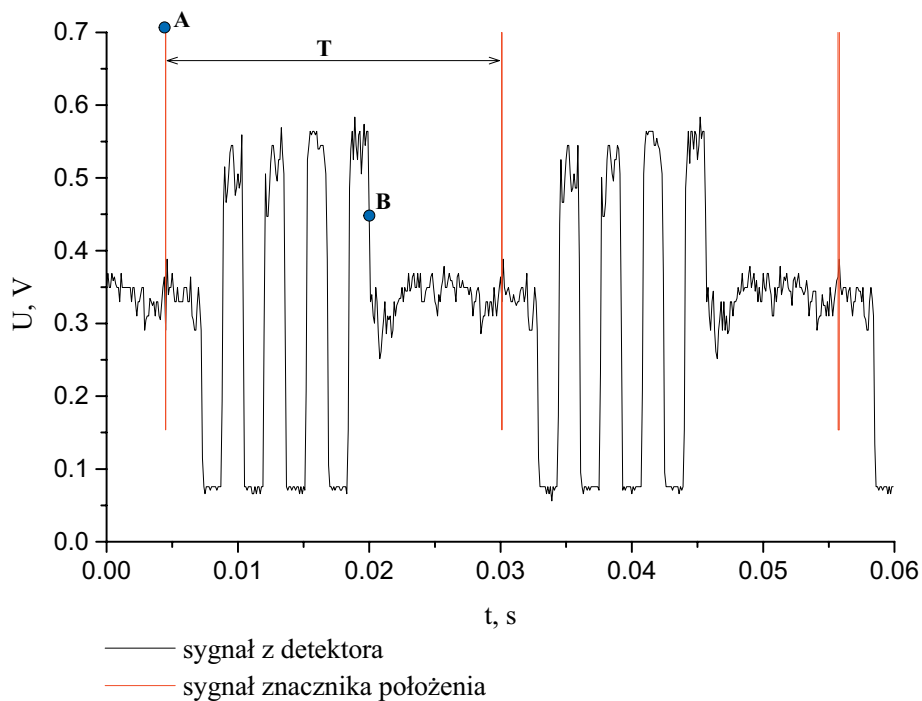
$$\frac{r}{R} = \frac{t_C - t_D}{T} = 0,66 \quad (4)$$

### 3.3. Raster nr 3

a)



b)



Rys. 8. Wzór (a) oraz sygnał z detektora i znacznika położenia (b) dla rastra nr 3

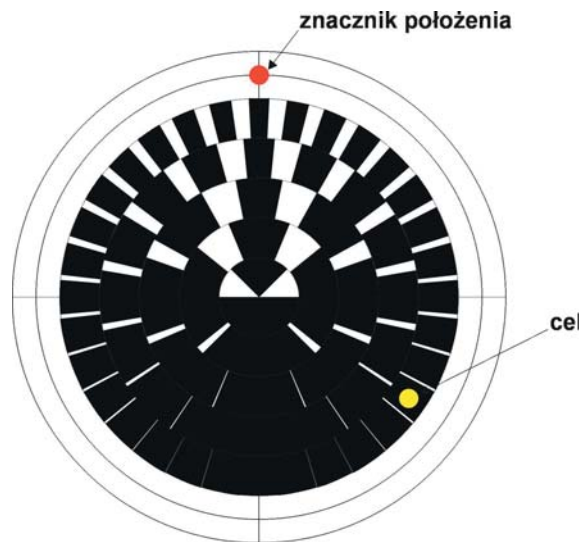
Z otrzymanego wykresu odczytujemy położenie kątowe i promieniowe celu:

$$\varphi = \omega(t_B - t_A) \approx 218 \text{ deg} \quad (5)$$

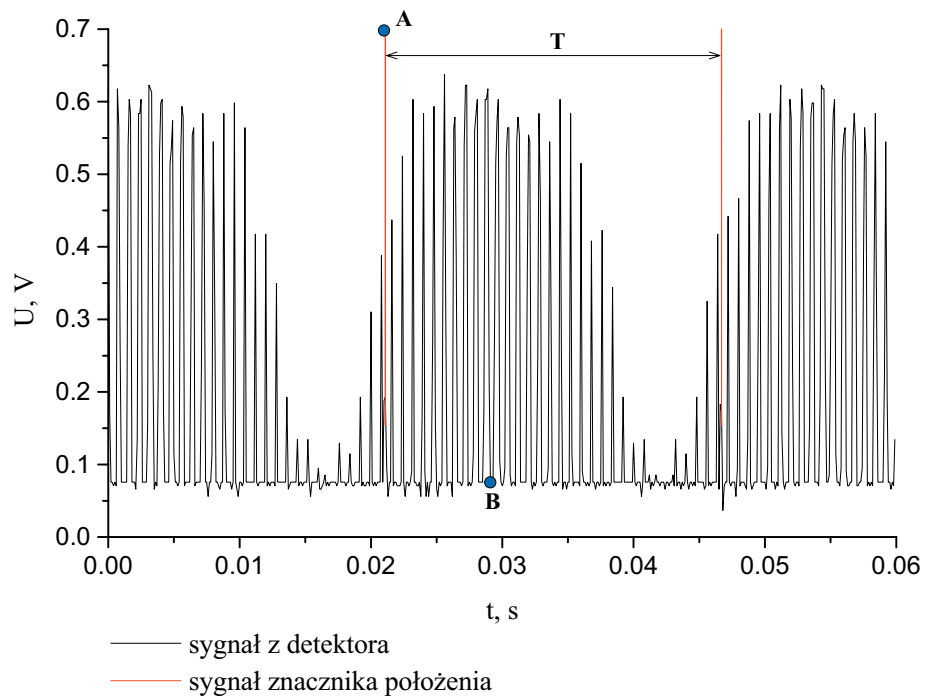
$$0,29 < \frac{r}{R} < 0,43 \text{ (4 impulsy/okres)} \quad (6)$$

## 3.4. Raster nr 4

a)



b)



Rys. 9. Wzór (a) oraz sygnał z detektora i znacznika położenia (b) dla rastra nr 4

Z otrzymanego wykresu odczytujemy położenie kątowe i promieniowe celu:

$$\varphi = \omega(t_B - t_A) \approx 114 \text{ deg} \quad (7)$$

$$0,8 < \frac{r}{R} < 1 \text{ (32 impulsy/okres)} \quad (8)$$

#### **4. UWAGI KOŃCOWE I WNIOSKI**

Z przedstawionych wyników pomiarów widać jak łatwo można określić współrzędne położenia punktowego źródła promieniowania. Ponadto w niektórych koordynatorach celu wyznaczany jest albo kąt albo promień, na jakim znajduje się cel, gdyż sposób naprowadzania pocisku oraz zastosowanie zapalnika zbliżeniowego nie wymaga dokładniejszego oznaczenia położenia celu.

Zaprezentowany układ pomiarowy może mieć szerokie zastosowania wojskowe i cywilne.

#### **5. LITERATURA**

1. Borowczyk W., Wochna A.: Układy i urządzenia optoelektroniczne w uzbrojeniu. Skrypt WAT, Warszawa 1999
2. Koruba Z., Osiecki J.: Budowa, dynamika i nawigacja pocisków raketowych bliskiego zasięgu. Skrypt PŚk Nr 348, Kielce 1999
3. Kamler J. Mańk A.: Odbiorniki fotoelektroniczne i ich zastosowanie. WNT, Warszawa 1966
4. Łapiński M.: Pomiary elektryczne i elektroniczne wielkości nieelektrycznych. Wyd.3, WNT, Warszawa 1974