

Dr inż. P.Szynkarczyk, mgr inż. A.Andrzejuk, mgr inż. M.Kozak,
mgr inż. T.Krakówka, prof. dr hab. inż. A.Masłowski
Zespół Inteligentnych Systemów Mobilnych
Przemysłowy Instytut Automatyki i Pomiarów

MODERNIZACJA ROBOTA INSPEKCYJNO- INTERWENCYJNEGO KLASY INSPECTOR

W referacie przedstawiono wykonane prace oraz wyniki badań prototypu zmodernizowanego robota interwencyjno-inspekcyjnego SR-11 klasy INSPECTOR. Zakres prac obejmował zarówno opracowanie koncepcji modernizacji, zakup niezbędnych podzespołów, wykonanie projektu, przeprowadzenie modernizacji, oprogramowanie jak i badania prototypu pod kątem poprawności jego działania. Prace opisane w referacie, dotyczące elementów sterowania, układów elektronicznych, okablowania, były prowadzone równoległe do prac modernizacyjnych części mechanicznych robota, stanowiących odrębny projekt.

MODERNIZATION OF THE INSPECTOR CLASS SURVEILLANCE ROBOT

In the paper research works as well as results of testing of modernized surveillance mobile robot SR-11 INSPECTOR have been presented. Range of works concerned both conception of the modernization and purchase of essential components, project realization, software and prototype testing. Simultaneously to these (control systems, electronics, cables, software) another works on modernization of mechanical parts of the robot have been done under separate project.

1. WSTĘP

Opracowany [1] ostatnio w PIAP robot interwencyjno-inspekcyjny SR-10 INSPECTOR (fot.1), mimo że został przychylnie oceniony przez jej potencjalnych użytkowników, wymagał wprowadzenia pewnych udoskonaleń. Wynikały one z doświadczeń własnych zespołu wykonawców, propozycji jednostek antyterrorystycznych po testach prototypu robota, postępu technicznego i zmian na rynku podzespołów elektronicznych oraz elektrycznych. W ich wyniku powstała zmodernizowana wersja robota SR-11 INSPECTOR (fot.2).

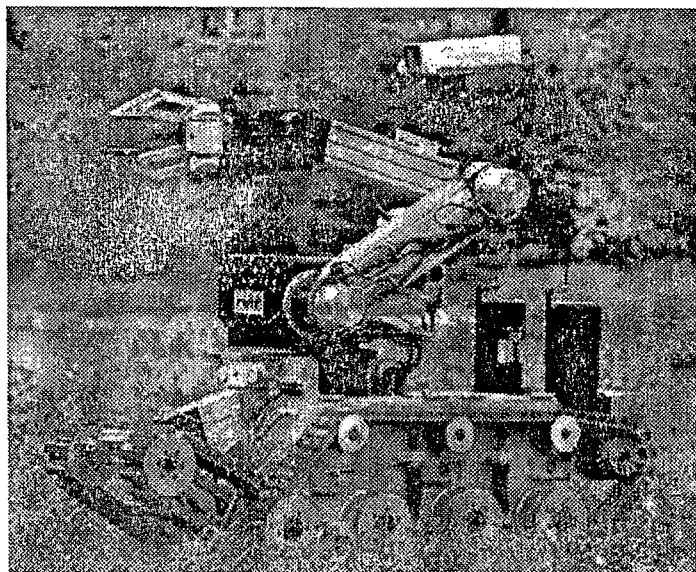
W ramach udoskonaleń zmieniono komputer pokładowy robota. Wprowadzone zostały znaczne modyfikacje niektórych elementów elektrycznych (np. struktura układu zasilania). Robot został wyposażony w nowocześniejsze elementy elektroniczne (np. kamery). Zmiany te były połączone z modyfikacjami mechanicznymi (np. przesunięcie środka ciężkości robota,

ułatwienie wymiany akumulatorów). Powstał także nowy pulpit z przenośną konsolą sterowniczą (fot.3).

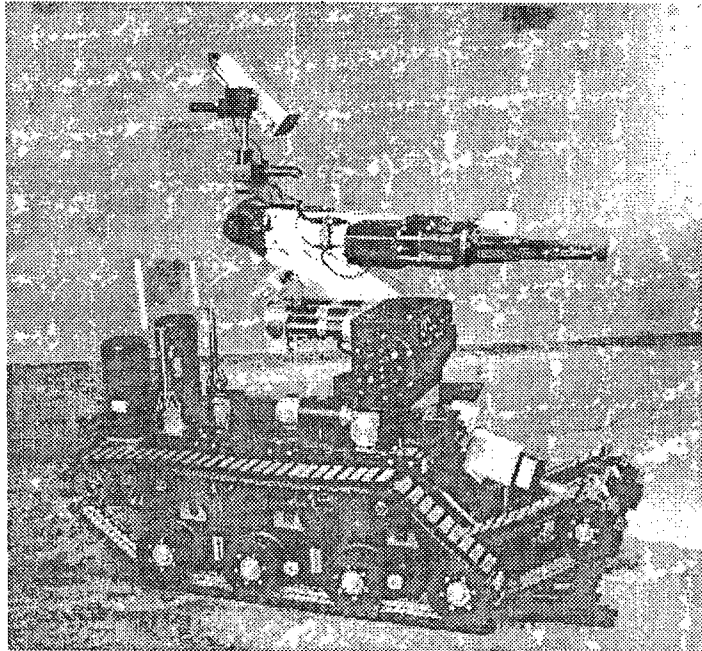
Zakres prac obejmował zarówno opracowanie koncepcji modernizacji, zakup niezbędnych podzespołów (jak np. kamery, modemy radiowe, czujniki, akumulatory), same prace modernizacyjne, oprogramowanie jak i badania prototypu pod kątem jego poprawnego działania.

Prace były połączone z innymi – prowadzonymi równolegle lub poprzedzającymi niniejsze. Komputer pokładowy robota jak i panel sterowniczy były wykonane w ramach oddzielnych projektów [2][3].

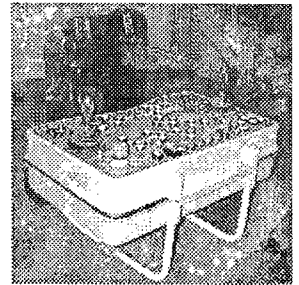
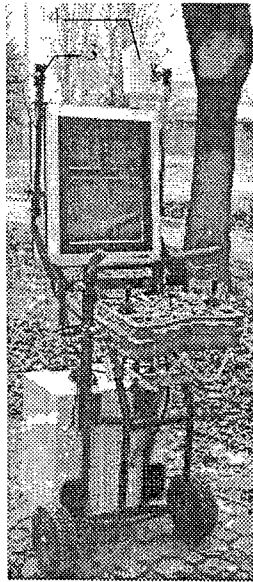
Modernizacja części mechanicznej robota (z wyjątkiem mocowań układów elektronicznych) również jest wynikiem innego projektu [4].



Fot.1. SR10 INSPECTOR



Fot.2. SR11 INSPECTOR



Fot.3 Stanowisko operatorskie z przenośną konsolą.

2. DANE TECHNICZNE ZMODERNIZOWANEGO ROBOTA SR11 INSPECTOR

2.1 Charakterystyka ogólna

Zakres temperatur pracy urządzenia	Temp otoczenia od -30 do +50°C
Odporność na warunki pogodowe	Deszcz, śnieg, oszronienie, praca zimą i latem
Czas pracy robota na zasilaniu akumulatorowym (na jednym zestawie), w temp. otoczenia 21°C	Przy maksymalnym obciążeniu nie mniej niż 2 godziny. Okolo 8 godzin przy niskim obciążeniu.
Czas pracy stanowiska operatorskiego na zasilaniu akumulatorowym (na jednym zestawie), w temp. otoczenia 21°C	Powyżej 4 godzin niezależnie od tego czy robot jest w tym czasie sterowany czy nie, oraz dodatkowo okolo 3 godziny po odłączeniu konsoli sterowniczej od stanowiska operatorskiego.
Zdalne sterowanie radiowe – zasięg minimalny	W terenie płaskim odkrytym : 500 m W terenie zabudowanym : 150 m
Zdalne sterowanie radiowe – charakterystyka ogólna	Sterowanie: transmisja cyfrowa, kodowana Transmisja dźwięku od robota do stanowiska operatorskiego. Możliwość pracy więcej niż jednego robota na danym obszarze (przy sterowaniu zarówno przewodowym jak i radiowym). Anteny: - robot: dookólne - stanowisko operatorskie: dookólne, antena wizyjna: kierunkowa
Zdalne sterowanie kablowe - zasięg minimalny	Zależny od zastosowanego kabla (odcinki 100m, 50m, 10m).
Zdalne sterowanie kablowe – charakterystyka ogólna	Automatyczne wykrywanie uszkodzenia kabla i przełączanie na sterowanie drogą radiową.
Rodzaj napędów	Silniki elektryczne 24V DC
Kamery	(Typ kamery: PCC-57 A; 1/3", Obiektyw 2.9 P; Rozdzielczość 570 Linii TV): - jezdna przednia, kolorowa, szerokokątna - jezdna tylna, kolorowa, szerokokątna - chwytaka, kolorowa, szerokokątna (Typ kamery: CCD-TRI-Q-2012P, 1/2", Obiektyw 8-64mm /F.1.6 Al.): - manipulacyjna, kolorowa (trójkresowa; kolorowa, czarno-biała, podczerwona) o zmiennej ogniskowej i ostrości, o sterowanym zdalnie położeniu (lewo-prawo, góra-dół). Wszystkie kamery z własnymi oświetlaczami halogenowymi (2 x 20 lub 2 x 35 W).

2.2 Platforma mobilna

Napęd	Gąsienicowy o elastycznym zawieszeniu, wyposażony w sprzęgła przeciążeniowe.
Zasilanie	Przez kabel sterowniczy z sieci 220 V lub z pokładowych akumulatorów.
Czujniki odległości	Robot zaopatrzony jest w czujniki odległości od przeszkód.

	Przeźren monitorowana wokół platformy mobilnej przez czujniki odległości od przeszkód: 0...2,5m.
Czujnik stanu akumulatora robota	Czujnik mierzy napięcie na zaciskach akumulatorów robota.
Gąsienica	Zapewniona jest możliwość wymiany gumowych elementów gąsienicy bez potrzeby jej zdejmowania. Luz w gąsienicach nie wpływa na prostoliniowość ruchu platformy robota. Możliwa jest łatwa regulacja luzu gąsienicy.
Złącza elektryczne	Wszystkie gniazda spełniają normy militarne MIL-C26482 oraz UTE 93422 - HE 301

2.3 Manipulator i chwytak

Liczba stopni swobody	5 stopni swobody oraz zacisk szczęk chwytaka, możliwość stosowania dodatkowego stopnia swobody (zginanie nadgarstka na boki).
Podstawowe zakresy ruchu	Obrót wieży manipulatora: +/- 200° Obrót chwytaka: nieograniczony Zgięcie nadgarstka chwytaka: +/- 90° Rozwarcie maksymalne szczęk chwytaka: 320 mm
Uchwyty mechaniczne i złącza elektryczne	1) Do mocowania strzelby. Po oddaniu strzału następuje automatyczne przeładowanie broni. 2) Do współpracy z urządzeniem. 3) Do współpracy z wybijakiem do szyb. 4) Do mocowania tzw. wąsów na końcach szczęk chwytaka. 5) Do mocowania wyrzutników pirotechnicznych. 6) Do podłączania dodatkowych urządzeń elektrycznych 24 V. 7) Do mocowania różnych rodzajów szczęk chwytaka.
Sprzęgła przeciążeniowe	We wszystkich stopniach swobody.
Orientacja ramion i chwytaka w przestrzeni	Zachowanie stałej orientacji pozostałych ramion manipulatora przy ruchu jednego z nich. Stabilność konstrukcji podczas oddawania strzałów z broni.
Czujniki krańcowe	Zastosowanie systemu czujników i wyłączników uniemożliwiających samouszkodzenie robota przy manewrowaniu manipulatorem.
Czujniki położenia	W czterech głównych stopniach swobody.
Szczęki chwytaka	Wymienne
Czujnik siły ścisku szczęk chwytaka.	Zainstalowany w chwytaku.

2.4 Stanowisko operatorskie

Stanowisko operatorskie	Składane, przewoźne, rozłączalne z przenośną konsolą sterowniczą
Odczyt danych na dwóch monitorach pomocniczych LCD	1) Siła ścisku szczęk chwytaka. 2) Stan naładowania akumulatorów robota. 3) Stan łączności radiowej lub kablowej (sygnalizacja zbliżania się do granicy zasięgu radiowego). 4) Położenie głównych stopni swobody manipulatora i przedniej gąsienicy - reprezentacja graficzna. 5) Odległości od przeszkód wokół platformy mobilnej -

	reprezentacja graficzna. 6) Wybrana kamera. 7) Wybrane klawisze funkcyjne.
Monitor wizyjny	15", kolorowy, LCD, możliwość uzyskiwania obrazu z wybieranej przez operatora kamery
Zasilanie	Z sieci 220 V lub z pokładowych akumulatorów.
Sygnalizacja zbliżania się do granicy zasięgu radiowego	Zmiana ikony wyświetlanej na pomocniczym monitorze LCD
Stop awaryjny	Umieszczony na konsoli operatorskiej.
Sterowanie prędkością ruchu platformy mobilnej	Płynna (proporcjonalne), dwa zakresy.
Sterowanie manipulatorem, chwytakiem i przednią gaśnicą	Płynne (proporcjonalne) lub z ustaloną prędkością, możliwość jednoczesnego sterowania wieloma stopniami swobody przy ustalonej prędkości.

3. BADANIA

Badania robota SR11 INSPECTOR prowadzone były w dwóch etapach [5]. W pierwszym badane były pojedyncze podsystemy elektryczne i elektroniczne. W drugim etapie prowadzone były badania robota jako całości.

3.1 Badania poszczególnych podsystemów robota

Wyniki niektórych badań przedstawiono w poniższych tabelach.

3.1.1 Badania stycznika głównego

Typ: LRE 400A; 28 VDC, 60 Ohm.

Wyniki:

Prąd pobierany przy 24V DC: 0.412 A

Napięcie wyłączenia: 5 V

Napięcie załączenia: 15 V

3.1.2 Badania czujników położenia kąтового

Dla 24V DC, pomiary prądu dla położenia min i max

Lp	Min [mA]	Max [mA]	Nr fabryczny
1	3,85	21,19	3939
2	3,85	21,5	3938
3	3,85	20,86	3936
4	3,85	21,09	3937
5	3,87	21,32	3935

Czujnik nr 3939, sprawdzenie wrażliwości na napięcie zasilania

Napięcie [V]	Min [mA]	Max [mA]
5	1,09	1,09
7	1,53	1,53
8	3,21	16,57

9	3,82	18,98
10	3,85	21,1
12	3,84	21,19
15	3,85	21,19
20	3,85	21,19
24	3,85	21,19
30	3,84	21,19
36	3,85	21,19

3.1.3 Badania modemów radiowych

Zbadano łączność radiową za pomocą modemów radiowych i przy zastosowaniu różnych anten.

Badania wykonano za pomocą:

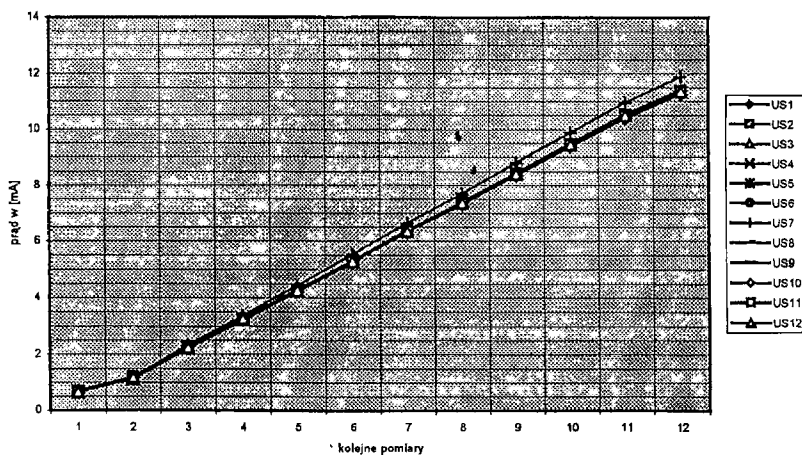
- 1) komputera PII 400 MHz + modem radiowy
- 2) komputera typu laptop 486/25 + modem radiowy
- 3) programu Norton Commander w opcji terminala
- 4) anten do modemów: mała (0 dB) i duża (3dB)

Wykonano porównanie skuteczności anteny małej i dużej oraz dużej po skróceniu kabla. Wyniki odczytywane subiektywnie wskazują na nieco lepszą łączność za pomocą anteny dużej ze skróconym kablem.

3.1.4 Badania czujników ultradźwiękowych

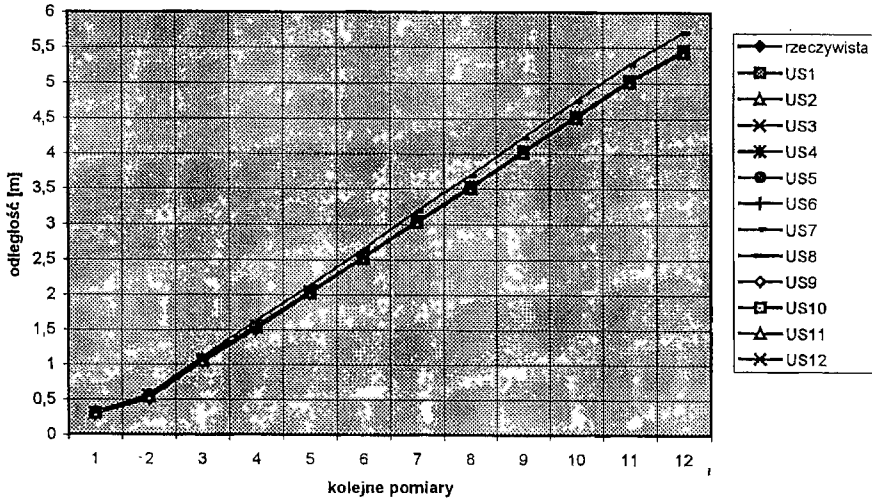
Badania czujników ultradźwiękowych dotyczyły pomiarów prądów i napięć na ich wyjściach, przy różnych odległościach testowanych przeszkód. Wyniki tych doświadczeń są zobrazowane na rys.3.1. i rys 3.2.

wykres odczytów z czujników w zakresie prądowym



Rys. 3.1.

odległość mierzona w zakresie napięciowym



Rys. 3.2.

3.1.5 Badania nadajnika video

Badania nadajnika video zostały przeprowadzone za pomocą urządzenia Site Master S332B. Stwierdzono moc nadajnika 3,6 W. Stwierdzono również prawidłowy odbiór obrazu video przez firmowy odbiornik video na wszystkich kanałach.

3.1.6 Badania pod względem poboru prądu i wymagań stabilizacji napięcia

Urządzenie	Wymagania minimalne
Komputer	12V, akumulator
Modem radiowy	12 V, 0.750 A, 9W
Video nadajnik	12...24V, 1.8A przy 10,6V => 19 W
Kamery małe	12V, 2,7W, 230mA
Kamera duża	12V, 6W, 500mA
zoom i focus w kamerze dużej	8...16V, 1.4W (120mA przy 12V)
Grzałki w kamerach	12V DC, 2,5W, 210mA
Halogeny	24 V DC, 20 W, 850mA
Czujniki ultradźwiękowe	12...30VDC, około 140 mA
Czujniki położenia	12...36V DC (w tym zakresie te same wskazania), 4-20 mA
Czujnik siły ścisku	16...30VDC
Sterowniki silników bazy mobilnej	24/36VDC +/- 10%, 60 A
Stycznik główny	min 15 V na załączenie, min 5V na podtrzymanie (24V DC: 0.412 A)
Styczniki kierunku	24V DC, 375mA, 9W
Przełączniki różne	Po około 1W 12 lub 24 VDC

3.1.7 Badania pozostałych elementów robota

Badania pozostałych elementów robota ze względu na ich budowę i specyfikę lub ze względu na brak specjalistycznych urządzeń pomiarowych ograniczyły się do stwierdzenia, czy działają one, czy też nie. Do elementów takich należały:

- akumulatory, transformator separujący,
- czujnik siły ścisku chwytaka,
- mikrofon,
- stacyjka włącznika robota, przycisk stopu awaryjnego,
- przełącznik włącznika robota,
- bezpieczniki,
- styczniki kierunku,
- zasilacz główny,
- sterowniki silników głównych,
- wyłączniki położeń krańcowych,
- kable i złącza.

3.2 Badania prototypu robota

Zmodernizowany robot SR11-Inspector został sprawdzony pod kątem realizacji wszystkich jego funkcji zgodnie z procedurą opisaną w [5]. Pełna dokumentacja wyników badań zawarta jest w opracowaniach [2],[5].

4. PODSUMOWANIE.

W wyniku prac modernizacyjnych obecny zestaw inspekcyjno-interwencyjny, składający się z robota SR-11 INSPECTOR i stanowiska operatorskiego, stanowi nowe jakościowo urządzenie zrobotyzowane do neutralizacji ładunków wybuchowych. Wersja przedstawiona w referacie, po odbyciu niezbędnych testów poligonowych, weszła na wyposażenie oddziałów pirotechnicznych jednostek antyterrorystycznych Policji Państwowej w grudniu 2000 r. Z perspektywy kilku miesięcy ich użytkowania roboty klasy SR-11 INSPECTOR okazały się nie tylko bezpiecznymi i niezawodnymi, ale także wszechstronnymi w zastosowaniach i łatwymi w obsłudze.

LITERATURA

- [1] A. Andrzejuk, A. Masłowski, P. Szykarczyk, M. Kozak, T. Krakówka: SR-10 INSPECTOR - nowa generacja robotów do zadań specjalnych. Konferencja Naukowo-Techniczna AUTOMATION 2000, Warszawa, 12-14 kwietnia, Mat. konf. str 192-199.
- [2] A. Andrzejuk i inni: Opracowanie i wstępne badania prototypu przenośnego stanowiska operatorskiego, Opracowanie naukowo-badawcze PIAP nr.7865, grudzień 2000
- [3] M. Kozak i inni: Opracowanie, wykonanie i badanie 2 prototypów specjalizowanych komputerów do zastosowań w robotach mobilnych, Opracowanie naukowo-badawcze PIAP nr.7882, grudzień 2000
- [4] I. Bojanek, W. Klimasara, M. Ludwiński: Projekt mechaniki gaśnicowych robotów mobilnych do zadań specjalnych. Konferencja Naukowo-Techniczna AUTOMATION 2001, Warszawa, 28-30 marca 2001.
- [5] P. Szykarczyk i inni: Opracowanie i badania prototypu zmodernizowanej konstrukcji robota interwencyjno-inspekcyjnego klasy INSPECTOR, Opracowanie naukowo-badawcze PIAP nr.7883, grudzień 2000