

Tadeusz **MARTYNIAK**
Piotr **ŚWISZCZ**

UNIWERSALNY ZESTAW POMIAROWY WSPÓLPRACUJĄCY Z MAGISTRALĄ CAN

Streszczenie: Omówiono możliwość podłączeń różnych przetworników do uniwersalnego zestawu pomiarowego, oraz metodykę pomiarów

1. WPROWADZENIE

Uzyskanie dokładności i powtarzalności wyników pomiarów w przeprowadzanych badaniach urządzeń i wyrobów produkcji specjalnej związane jest między innymi z zastosowaniem odpowiedniej magistrali przesyłania danych. Najbardziej efektywnym sposobem konstruowania układów jest wykorzystanie różnych przetworników wielkości nieelektrycznych na postać cyfrową, w których dane przesyłane są magistralą CAN.

2. MAGISTRALA CAN

Przesyłanie danych odbywa się różnymi sposobami oraz różnym sposobem transmisji.

Obecnie magistralą bardzo nowoczesną, szybką, odporną na zewnętrzne źródła zakłóceń oraz cechującą się wysoką niezawodnością transmisji jest magistrala **CAN** czyli "Controller Area Network" [1] zaprojektowana przez firmę BOSCH [2].

Magistrala CAN jest szeregowym systemem przesyłania danych czasu rzeczywistego i transferze do 1 Mbit/s.

Głównym jej przeznaczeniem był przemysł motoryzacyjny. Dopiero później znalazła zastosowanie w urządzeniach medycznych, domowych, automatyce przemysłowej, oraz w technice pomiarowej.

Wszystkie urządzenia (węzły) pracujące w tym standardzie takie jak: sterowniki, czujniki, przetworniki, wyświetlacze, enkodery i aparatura kontrolno-pomiarowa można integrować poprzez magistralę CAN, która pozwala na bezzakłócenową i szybką wymianę danych w czasie rzeczywistym.

Magistrala CAN jest standardem międzynarodowym udokumentowanym jako ISO 11898. Otwarta struktura sieci pozwala na produkcję urządzeń z tą magistralą przez wielu producentów.

Dynamiczny rozwój magistrali CAN wygenerował wiele elementów, które obecnie znajdują szerokie zastosowanie w konstrukcji układów sterowania i diagnostyki pojazdów specjalnych.

Popularność standardu CAN dla wybranych działów przemysłu jest tak duża, że obecnie nie widać dla niego konkurenta, a wielu producentów podzespołów automatyki i sterowania wykorzystuje ten standard do integracji swoich produktów.

Wymagania stawiane układom stosowanym w konstrukcji urządzeń można podzielić na dwie grupy.

Do pierwszej grupy należą wymagania odporności na warunki klimatyczne (środowiskowe) i mechaniczne.

Do drugiej grupy należą: podatność na diagnostykę, technikę pomiarową, język programowania oraz możliwość współpracy z urządzeniami oferowanymi przez różnych producentów.

Obecnie standard CAN jest liderem w konstrukcjach pojazdów cywilnych (samochody osobowe, ciężarowe i autokary), a ostatnio również w pojazdach specjalnych [8].

Po dokonaniu obserwacji wymagań stawianym współczesnym pojazdom inżynieryjnym i logistycznym wydaje się, że wykorzystanie cyfrowych sieci do integracji zróżnicowanego wyposażenia jest jedyną słuszną obroną drogą.

Dlatego celowe jest wprowadzenie rozwiązań pozwalających na elastyczne projektowanie systemów, których rozwój nie jest związany z dużymi nakładami przy modernizacjach pojazdów.

Do podstawowych zalet wynikających z zastosowania magistrali CAN w instalacjach wyrobów i technice pomiarowej (połączenia sieciowe) należą:

1. **Niezawodność** – transmisja w sieci kontynuowana jest nawet w przypadku krótkotrwałego przerwania jednego z przewodów transmisji lub jego zwarcia do masy lub zasilania.
2. **Odporność na zakłócenia** – stosuje się połączenia za pomocą tzw. skrętki dwuprzewodowej ekranowanej lub nieekranowanej. Dane w postaci bitowej są kodowane w systemie **NRZ** (**n**on **R**eturn to **Z**ero) i przesyłane różnicowo. Taki sposób kodowania zapewnia minimalną liczbę przejść przez zero i bardzo dużą odporność na zakłócenia zewnętrzne (w mobilnych zastosowaniach wymagana jest wysoka niezawodność w transmisji danych).
3. **Oszczędność okablowania** – zmniejsza ilość przewodów łączących elementy wyposażenia elektrycznego.
4. **Kompatybilność** – standard magistrali CAN jest protokołem otwartym, a zatem przetworniki urządzeń wykonawczych różnych producentów podzespołów automatyki i sterowania mogą współpracować ze sobą bez żadnych konfliktów.
5. **Prostota obsługi i eksploatacji** – standard magistrali CAN pozwala na szybkie przeszkolenie w zakresie obsługi urządzeń.

3. ZASTOSOWANIE

Nieustanny rozwój techniki powoduje, że w wyrobach specjalnych stosuje się urządzenia nowej generacji, które podlegają szeregom specjalistycznych badań.

Ponadto brak możliwości zakupu specjalistycznych przyrządów pomiarowych niejednokrotnie stanowił czynnik nowatorski dla badaczy-pomiarowców, automatyków i programistów.

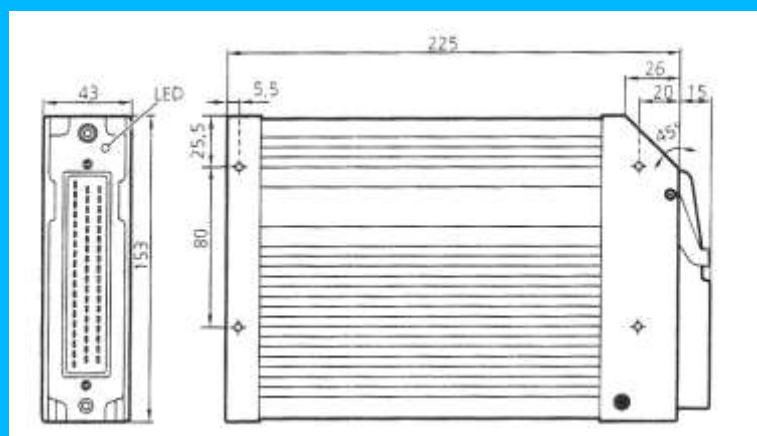
Potrzeba wykonania dokładnego pomiaru kąta przechyłu osi Ramowego Układu Wsporczego (RUW) w wyrobach SPR i BREŃ w płaszczyźnie X-Y spowodowała, że autorzy referatu przeprowadzili analizę techniczną i ekonomiczną dostępnych na rynku czujników kąta, kierując się kryteriami dokładności pomiaru oraz ceny.

Ostatecznie do wykonania zestawu pomiarowego zwanego dalej uniwersalnym zostały dobrane następujące elementy firmy Ifm Electronic GmbH - Niemcy[3] współpracujące z magistralą CAN [4]:

- sterownik CR0501 (rys.1),
- wyświetlacz graficzny CR1001 (rys.2),
- przetwornik kąta CR2101 (rys.3),
- dodatkowy osprzęt,
- napisane oprogramowanie do sterownika i wyświetlacza.

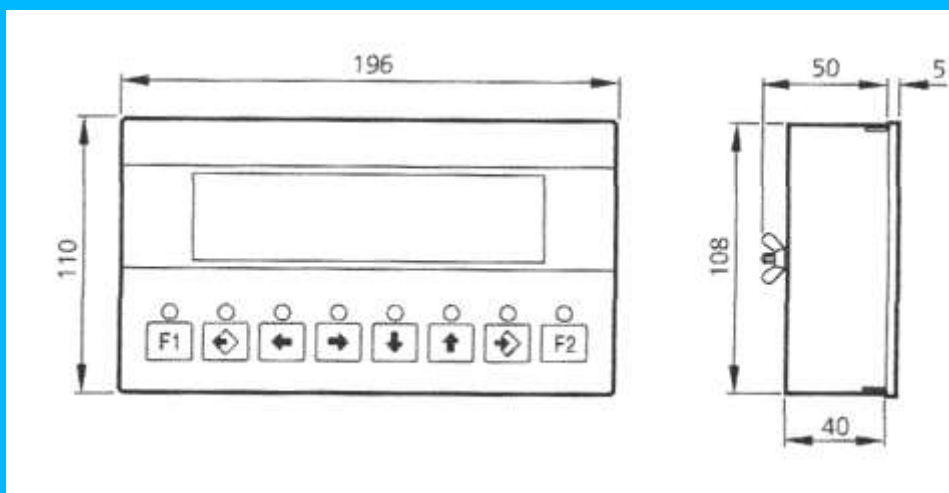
Dane techniczne ww. urządzeń podano w tabelicy:

| CR0501 – STEROWNIK | |
|--------------------|--|
| | 1. Wejścia <ul style="list-style-type: none">- 8 cyfrowych typu L,- 8 impulsowych 0 - 50 kHz,- 2 wejścia analogowe 0 - 10 V, rozdzielczość 10 bit, pasmo 5 Hz,- 2 wejścia analogowe 0 - 10 V, rozdzielczość 10 bit, pasmo 500 Hz. |
| | 2. Wyjścia <ul style="list-style-type: none">- 8 wyjść typu PWM dla zaworów proporcjonalnych. |
| | 3. Porty komunikacyjne <ul style="list-style-type: none">- Port RS232C,- Port CAN-Bus. |
| | 4. Stopień ochrony IP67. |



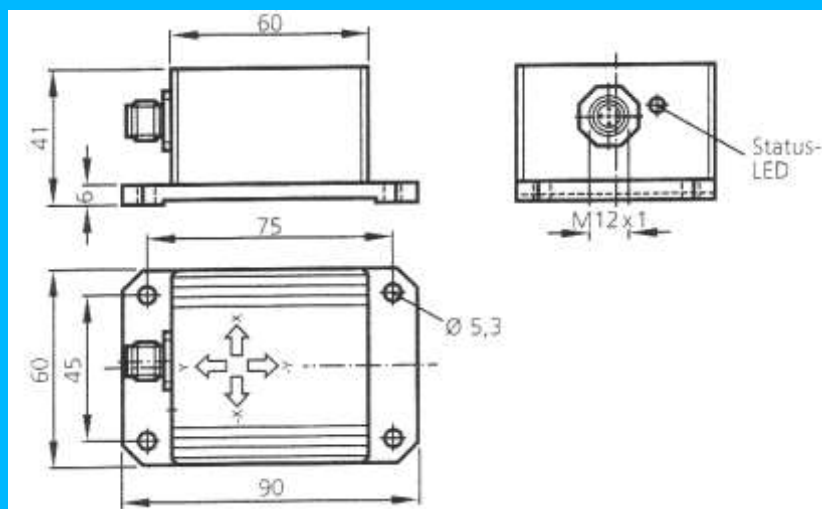
Rys.1. Sterownik CR0501

| CR1001 - WYŚWIETLACZ GRAFICZNY | |
|--------------------------------|--|
| | 240x64 pikseli współpracujący ze sterownikiem, porty RS232C/TTY, CANBUS, 24V/CANBUS. |



Rys.2. Wyświetlacz graficzny

| CR 2101 - PRZETWORNIK KĄTA X – Y | |
|----------------------------------|--|
| | <ul style="list-style-type: none"> - Zakres -15° - $+15^{\circ}$, - Rozdzielczość 0.001°, - Histereza 0.01°, - Dokładność 0.025°, - Stopień ochrony IP67, - Wyjście CANBUS, - Zasilanie 10-30 [V]. |



Rys.3. Przetwornik kąta CR 2101

Po wykonaniu uniwersalny zestaw pomiarowy został wykorzystany w OBRUM-Gliwice w Zakładzie Badań i jest przeznaczony do pomiaru kąta przechyłu dla:

- Ramowego Układu Wsporczege (RUW) przytwierdzonego do płyty technologicznej (etap I badań),
- Ramowego Układu Wsporczege (RUW) zamontowanego w pojazdach SPR-22 lub SPR-22B-2 (etap II badań).

4. METODYKA BADAŃ RUW

Nieodzownym elementem techniki pomiarowej jest opracowana metodyka badań, która dla RUW opisano poniżej.

Do ramowego układu wsporczege RUW montuje się masę zastępczą anteny radaru (określa ją dokumentacja danego wyrobu). Na powierzchni górnej (bazowej) RUW przykręca się przetwornik kąta (rys. 4) w kierunku osi wzdłużnej pojazdu (płaszczyzna X) i podłącza się do złącza obudowy elektronicznego przyrządu pomiarowego (rys.5).



Rys.4. Przetwornik kąta



Rys.5. Elektroniczny przyrząd pomiarowy

Po podłączeniu zasilania na wyświetlaczu pojawia się plansza startowa. Kolejne przyciski służą do aktywacji kalibracji oraz ekspozycji pomiaru.

Dodatkowo migająca dioda na przetworniku kąta informuje, że układ jest poprawnie podłączony (autotest) i można rozpocząć badania.

Następnie RUW ustawia się w położeniu pionowym i przed zadziałaniem obciążenia (odpowiadającego sile naporu wiatru) resetuje się aktualne wartości odchyień kątowych za pomocą przycisku znajdującego się na bocznej prawej stronie obudowy przyrządu.

Po zadaniu odpowiedniego obciążenia (do przodu i do tyłu kabiny - rys.6) wynik pomiaru kąta przechyłu RUW odczytuje się na wyświetlaczu (rys.7) z dokładnością do $0,025^\circ$.



Rys.6. Pomiar kąta przechyłu RUW



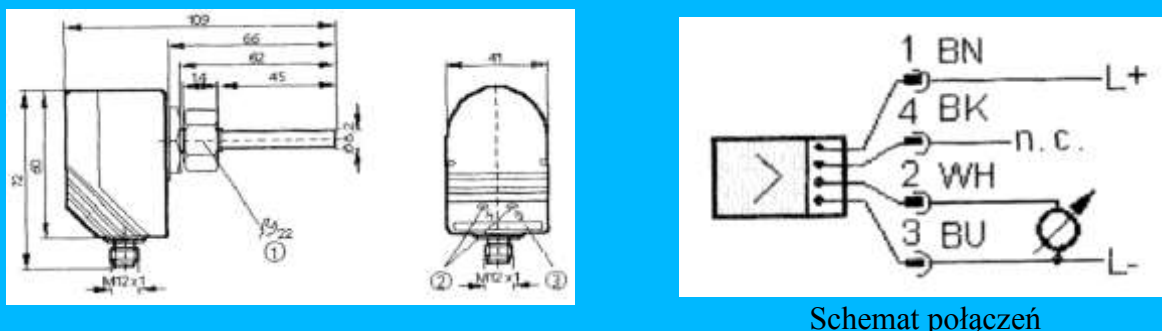
Rys.7. Ekspozycja pomiaru kąta na wyświetlaczu

Dodatkowo za pomocą uniwersalnego zestawu pomiarowego można kontrolować poszczególne stany kąta wychyleń RUW (w płaszczyźnie X-Y) przy podnoszeniu i opuszczaniu układu ramowego.

5. DODATKOWE APLIKACJE

Uniwersalny zestaw pomiarowy można wykorzystać do rejestrowania i przetwarzania innych pomiarów. W tym celu zestaw został wyposażony w wymagane przetworniki oraz procedury programowe do ich obsługi.

Autorzy do przedmiotowego zestawu podłączyli dodatkowo dwa przepływomierze analogowe (przetworniki przepływu) firmy Ifm Electronic GmbH (Niemcy) – (rys. 8),



Schemat połączeń

Rys.8. Przepływomierz analogowy

Schemat połączeń, które zapewniają pomiar przepływu oleju w zakresie od 5 ÷ 40 l/min w instalacjach stanowisk badawczych w Zakładzie Badań (rys. 9 i 10).



Rys.9. Stanowisko badawcze nr 1



Rys.10. Stanowisko badawcze nr 2

Wykorzystany w zestawie sterownik PLC (rys.1) posiada interfejs CAN, co umożliwia podłączenie dodatkowych urządzeń współpracujących z magistralą CAN.

Dzięki zastosowaniu sterownika PLC oraz programowalnego wyświetlacza możliwa jest dalsza rozbudowa zestawu o kolejne funkcje np. drukowania wyników pomiarów z uwzględnieniem czasu pracy.

Przypadek ten wymaga podłączenia drukarki z interfejsem szeregowym RS-232C i napisania procedur sterujących portem szeregowym sterownika.

Wyświetlacz posiada możliwość programowania grafiki co umożliwia prezentację wyników pomiarów w postaci wykresów lub tzw. Bargrafów.

6. WYZNACZANIE TRAJEKTORII URZĄDZEŃ WIRUJĄCYCH

Kolejnym wykorzystaniem zestawu pomiarowego stał się specyficzny pomiar trajektorii urządzeń wirujących (np. JAT-122).

W opracowaniu przyjęto, że każdy punkt oddalony o pewną odległość od osi obrotu masy wirującej zatacza linię krzywą **zwaną trajektorią ruchu tego punktu**. Spośród elementów i jego możliwych ruchów, rozpatrywany ruch punktu jest uważany za drgający.

Zjawiska drgań zachodzące w rzeczywistych układach są bardzo złożone i są wynikiem nakładania się drgań podstawowych [5].

W rozważanym układzie masy wirującej, o kształcie trajektorii decydują zarówno czynniki wewnętrzne związane z samą konstrukcją masy wirującej jak również zewnętrzne dotyczące warunków atmosferycznych np. siły wiatru, temperatury, ciśnienia.

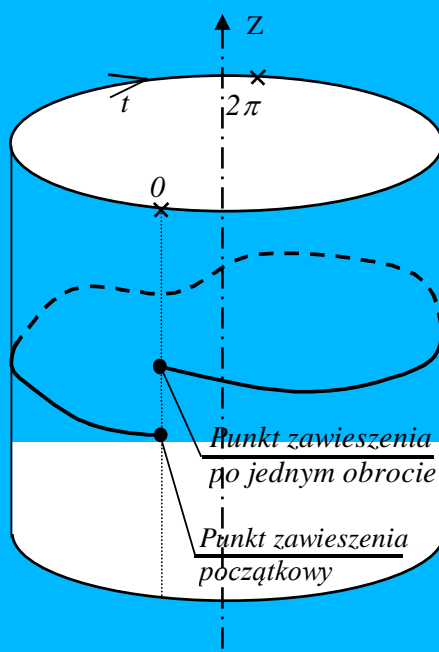
Rozpatrywane drgania można zaliczyć do drgań parametrycznych, które są wynikiem zmian w czasie parametrów układu i niewątpliwie mają wpływ na pracę wybranych wirujących zestawów radiolokacyjnych (np. JAT-122).

Konstrukcja układu równań różniczkowych opisujących drgania elementów wirujących jest bardzo złożona. Określenie rozwiązań układu w postaci jawnej (zamkniętej) jest wówczas niemożliwe, a zatem trajektorię ruchu punktu wirującej masy sprowadza się do rejestracji wyników.

Oceny pracy wirujących zestawów radiolokacyjnych należy dokonać na podstawie otrzymanych przebiegów, przy czym otrzymane wyniki mogą służyć do sterowania pracą zestawów. Autorzy wykorzystali uniwersalny zestaw pomiarowy do pomiaru trajektorii ruchu wirujących zestawów radiolokacyjnych np. JAT-22 (w osi pionowej Z) doposażony w dodatkowy przetwornik kąta przechyłu z interfejsem CAN (zamontowany na górnej powierzchni kabiny antenowej) oraz nowe procedury programowe do ich obsługi i eksploatacji.

Przetwornik ten ma możliwości przekazywania wyników pomiaru w ściśle określonych interwałach czasowych, które zostały tak dobrane, aby nie utracić informacji o przebiegu kształtu trajektorii oraz punktów przecięcia płaszczyzny zawierającej oś obrotu (przyjęto 8 punktów pomiarowych na obwodzie co 45° - pomiar co 1,25 s).

Po kolejnym obrocie punktu wirującej masy wokół osi, system pozwala na określenie charakteru drgań punktu wirującego i zarazem pomiar odchylenia osi (rys. 11).



Rys.11. Szkic poglądowy rozpatrywanego problemu

Można wyróżnić trzy zasadnicze przypadki drgań, w których powstają omawiane zjawiska:

1. **Drgania okresowe** – zataczana trajektoria jest linią zamkniętą, posiadającą jeden punkt przecięcia. Drgania takie charakteryzują się dokładną (stałą) powtarzalnością ruchu,
2. **Drgania prawie okresowe** – zataczana trajektoria posiada, co najmniej dwa punkty przecięcia (niepowtarzalne),
3. **Drgania chaotyczne** – zataczana trajektoria posiada punkty przecięcia, często układające się w pewne charakterystyczne kształty. Drgania charakteryzują się dużą nieregularnością i niepowtarzalnością ruchu.

W zależności od występującego przypadku należy dobrać odpowiednią częstotliwość rejestracji wyników pomiarowych z przetwornika kąta.

W pierwszym przypadku częstotliwość określa twierdzenie Shannona – Kotielnikowa.

W pozostałych przypadkach należy odnieść się do odpowiednich reguł i twierdzeń, dotyczących próbkowania sygnałów prawie okresowych i nieokresowych [7].

Ponadto nie można pozostawić bez komentarza faktu istnienia sił odśrodkowych, mających wpływ na przetwarzane wartości kąta.

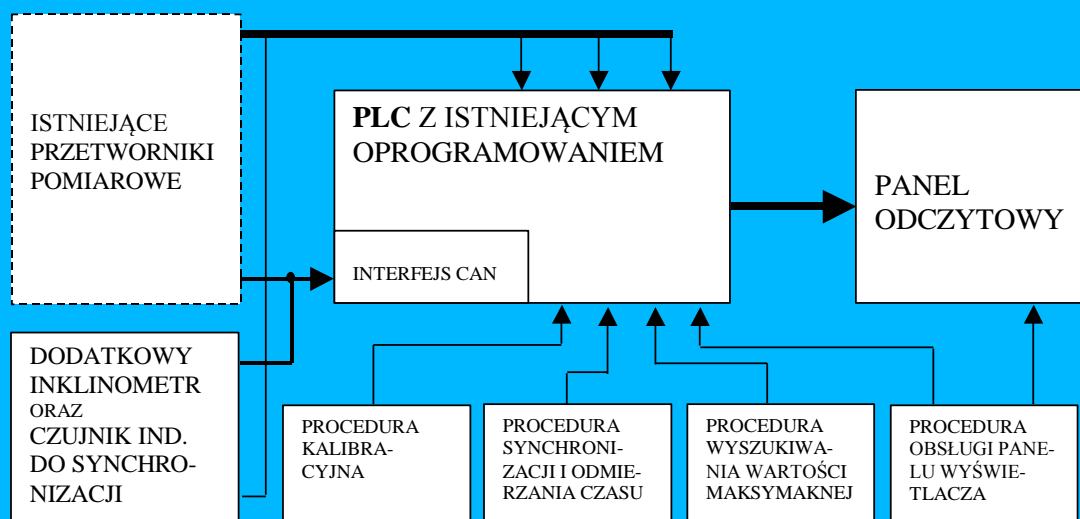
Na obecnym etapie rozwoju techniki komputerowej, wykonanie złożonych procedur korygujących w czasie rzeczywistym nie stanowi żadnego problemu.

Zastosowanie odpowiednich technik poboru próbek pomiarowych z przetwornika kąta oraz wspomnianych procedur korygujących jest obszernym problemem.

W związku z powyższym autorzy doposażyli uniwersalny zestaw pomiarowy w dodatkowy przetwornik kąta oraz wymagane procedury programowe zapewniające wykonanie pomiarów odchylenia osi wirowania jednostki antenowej JAT-122 (rys.12, 13 i 14).



Rys.12. Jednostka antenowa JAT-122



Rys.13. Schemat blokowy modernizowanej części zestawu

Opracowane oprogramowanie pozwoliło na wykonanie pomiarów odchylenia osi wirowania jednostki antenowej JAT-122 dla prędkości obrotowej wokół własnej osi wynoszącej odpowiednio 6 min^{-1} i 12 min^{-1} . Na wyświetlaczu, po wciśnięciu odpowiedniego przycisku odczytuje się następujące wartości: bieżącego odchylenia osi, maksymalnego odchylenia osi przy określonym kącie obrotu.

Po aktywacji kolejnego przycisku, odczytuje się wartości odchylenia osi dla poszczególnych 8. punktów pomiarowych (na obwodzie co 45°). Dodatkowo za pomocą uniwersalnego zestawu pomiarowego można rejestrować poszczególne stany odchylenia osi jednostki w trakcie wirowania.

Uzyskane wyniki odchylenia osi wirowania jednostki antenowej JAT-122 wynoszą: pomiar w kabine podantenowej na wsporniku łożyska - **max 4'** (przez układ pomiarowy jednostki) i pomiar odchylenia osi mierzony przez czujnik zamontowany na górnej części kabiny - **max 6'** (przez zestaw badawczy).

Powyższe wyniki są zbliżone do obliczeniowych wyników symulacji obciążenia kabiny antenowej (**max 9'**) podanych dla wariantu drugiego [9].



Rys.14. Uniwersalny zestaw pomiarowy

7. WNIOSKI

Na podstawie uzyskanych wyników badań, przedstawionych w niniejszym opracowaniu można sformułować następujące wnioski:

- konstrukcja uniwersalnego zestawu pomiarowego umożliwi dołączenie kolejnych przetworników co pozwoli na uproszczenie i przyspieszenie wielu rodzajów badań i testów przeprowadzanych w Zakładzie Badań OBRUM,
- każde doposażenie systemu pomiarowego o kolejne przetworniki czy funkcje nie komplikuje układu połączeń oraz prowadzenia dodatkowego okablowania. Wpłynie to również na zmniejszenie kosztów związanych z poszerzaniem funkcji całego systemu.

Ponad to konfigurację przedstawionego rozwiązania systemu pomiarowego można zastosować przy:

- serwisowaniu wybranych układów produkowanych pojazdów (autotesty),
- sterowaniu wyrobami specjalnymi nowej generacji (wersja bezobsługowa).

8. LITERATURA

- [1] BOSCH R.: CAN Specification VER.2.0 1991, Robert Bosch GmbH, Postfach 50, D-7000.
- [2] Controller Area Network – How CAN Works Copyright © 1996-2000.M.J.
- [3] Produkt news IFM electronic .
- [4] Produkt news IFM electronic Efektor <http://www.efektor.com/products>.
- [5] AWREJCEWICZ J.: Drgania deterministyczne układów dyskretnych. WNT, Warszawa 1996.
- [6] PASKO M., WALCZAK J.: Teoria sygnałów. Wydawnictwo Politechniki śląskiej, Gliwice 1999.
- [7] ŚWISZCZ P.: Analiza układów RLC z nieliniowymi elementami bezinercyjnymi. Politechnika śląska, Rozprawa doktorska, Gliwice 2001.
- [8] JURA J. : Możliwości wykorzystania w pojazdach specjalnych podzespołów z magistralą CAN. Szybkobieżne Pojazdy Gąsienicowe. Biuletyn Naukowo-Techniczny (14) nr.1, 2001.
- [9] ZIELIŃSKA A.: Weryfikacja wytrzymałości konstrukcji kabiny antenowej jednostki JAT-122. Szybkobieżne Pojazdy Gąsienicowe. Biuletyn Naukowo-Techniczny (15) nr.1, 2002.

THE UNIVERSAL MEASUREMENT UNIT CAN

Abstract: The paper discuss the possibility of connecting various converters to the universal measurement unit, and also the axle tilt measurement of the whirl devices

Recenzent: mgr inż. Jerzy JURA