

Dr inż. Wojciech KACZMAREK
Dr inż. Waldemar ŚMIETAŃSKI
Mgr inż. Szymon BORYS
Mgr inż. Piotr PRZYBYLSKI
Wojskowa Akademia Techniczna

DOI: 10.17814/mechanik.2015.7.252

PROJEKT APLIKACJI STERUJĄCEJ WIELOOSIOWĄ PLATFORMĄ DO BADAŃ DYNAMICZNYCH

Streszczenie: W referacie przedstawiono projekt aplikacji sterującej wieloosiową platformą do badań dynamicznych. Autorzy skupili się na opracowaniu panelu operatora, który umożliwia wygenerowanie określonych wymuszeń. Stanowisko zostało przygotowane w celu badania m.in.: stabilizacji układów.

CONTROL APPLICATION DESIGN FOR MULTI-AXIS PLATFORM FOR DYNAMIC RESEARCH

Abstract: This paper presents control application design for multi-axis platform used in dynamic testing. The authors focused on development of the operator panel, which is used to generate specified extortions. The stand has been prepared in order to study, inter alia, systems stability.

Słowa kluczowe: sterowanie, panel operatora, badania dynamiczne
Keywords: control, operator panel, dynamic testing

1. WPROWADZENIE

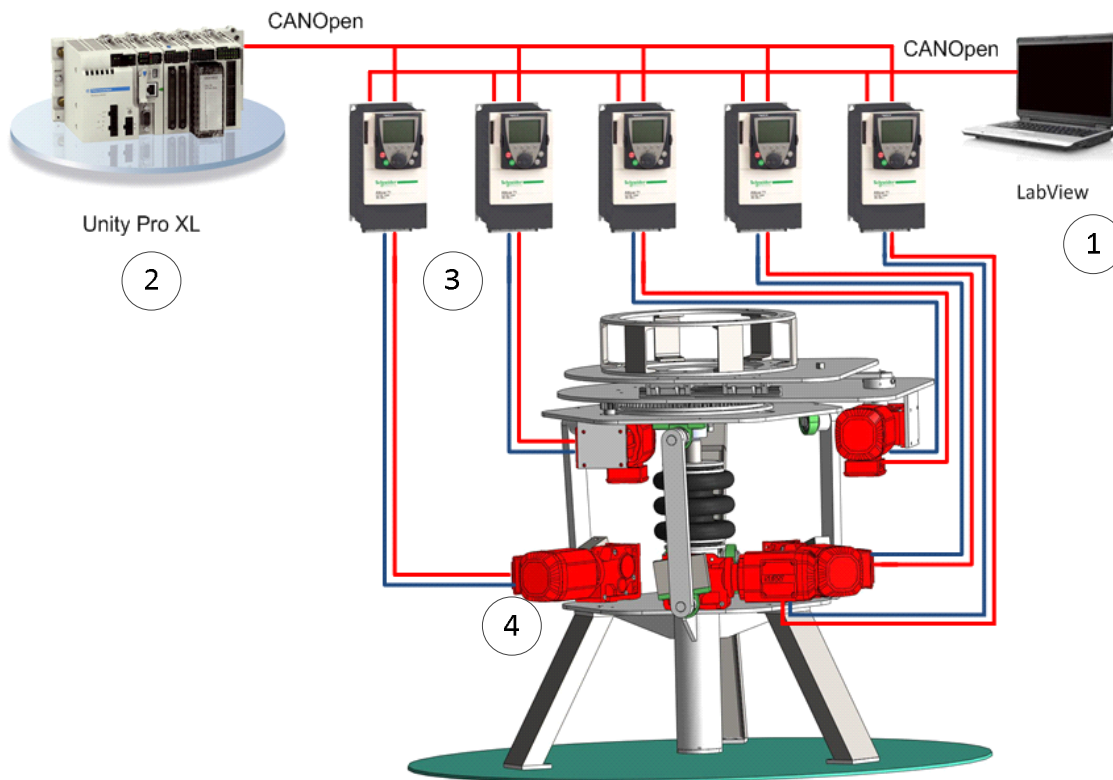
Konstruowanie urządzeń, które podczas eksploatacji są poddawane wymuszeniom dynamicznym, jest niezmiernie złożonym zagadnieniem, dlatego też wykorzystywane są do tego celu nowoczesne środowiska programistyczne. Podczas projektowania takich urządzeń (np.: głowic obserwacyjnych, układów stabilizacji) konieczne jest z jednej strony przeanalizowanie wytrzymałości konstrukcji urządzenia, z drugiej sprawdzenie poprawności działania systemów regulacji i stabilizacji. Dostępne na rynku środowiska projektowe (np.: ANSYS) umożliwiają przeprowadzenie dokładnych analiz dynamicznych, co gwarantuje wykonanie urządzenia spełniającego oczekiwania projektanta. W celu zbadania opracowywanych układów sterowania (regulacji i stabilizacji) konieczne jest opracowanie dokładnych modeli matematycznych konstruowanych obiektów. Najczęściej w pierwszej fazie projektowej są one wystarczające, jednak często się zdarza, że algorytmy regulacji muszą być dostrajane po wykonaniu demonstratora konstruowanego urządzenia. Dlatego też kolejną fazą badań takich układów są badania laboratoryjne. Możliwość ich przeprowadzenia podyktowana jest posiadaniem odpowiednich stanowisk laboratoryjnych.

W ramach prac badawczo-rozwojowych prowadzonych w Wojskowej Akademii Technicznej w Warszawie, tworzone są nowe rozwiązania, które w założeniu konstruktorów spełnią wymagania odbiorców. Aby było to możliwe, konieczne są m.in.: analiza istniejących rozwiązań konstrukcyjnych, prowadzenie symulacji komputerowych umożliwiających dobór odpowiednich komponentów tworzonego rozwiązania, opracowanie aplikacji (programów komputerowych) umożliwiających pełne funkcjonowanie urządzenia i w końcu przeprowadzenie badań urządzenia.

2. WIELOOSIOWA PLATFORMA DO BADAŃ DYNAMICZNYCH

Z uwagi na konieczność prowadzenia laboratoryjnych badań dynamicznych układów stabilizacji i naprowadzania (głównie z uwagi na to, że są one tańsze od badań terenowych), utworzono stanowisko badawcze, w skład którego weszła wieloosiowa platforma oraz układ sterowania (rys. 1). Podczas projektowania platformy wyspecyfikowano założenia, wśród których należy wyróżnić:

- wykonywanie przez platformę złożonych ruchów z obiektem o masie do 120 kg,
- mocowanie obiektu badań za pomocą specjalnego adaptera,
- wyważenie platformy dla zapewnienia ruchów bez wzajemnych przemieszczeń obiekt – platforma,
- programowalne sterowanie platformą również w pętli sprzężenia zwrotnego.



Rys. 1. Ogólny widok koncepcji wieloosiowej platformy w układem sterowania:
1 – komputer, 2 – sterownik programowalny, 3 – przemienniki częstotliwości, 4 – silniki asynchroniczne klatkowe

Platforma jest zbudowana z części mechanicznej z odciążaczem pneumatycznym [5, 7]. Do poruszania osiami aktywnymi platformy wykorzystano pięć silników asynchronicznych klatkowych z przekładniami firmy Sew. Układ sterowania platformy oparto o sterownik programowalny Modicon M340 firmy Schneider Electric. Sterownik został połączony z przemiennikami częstotliwości firmy Schneider Electric za pomocą magistrali CANOpen, co pozwoliło na jednoczesne sterowanie pięcioma silnikami napędzającymi platformę [6]. Do stanowiska załączono komputer, który pozwala na tworzenie oprogramowania dla sterownika oraz może pełnić funkcję konsoli operatora podczas generowania wymuszeń.

Wszystkie elementy układu sterowania zostały umieszczone w szafie sterowniczej (rys. 2). Sterowanie pięcioma silnikami z wykorzystaniem magistrali CANOpen jest możliwe dzięki zastosowaniu skrzynek przyłączeniowych VW3CANTAP2 (rys. 3), które pośredniczą w przesyłaniu sygnałów sterujących ze sterownika PLC do przemienników częstotliwości.



Rys. 2. Ogólny widok platformy oraz szafy sterującej z komputerem PC

W szafie sterowniczej zamieszczono dodatkowe elementy:

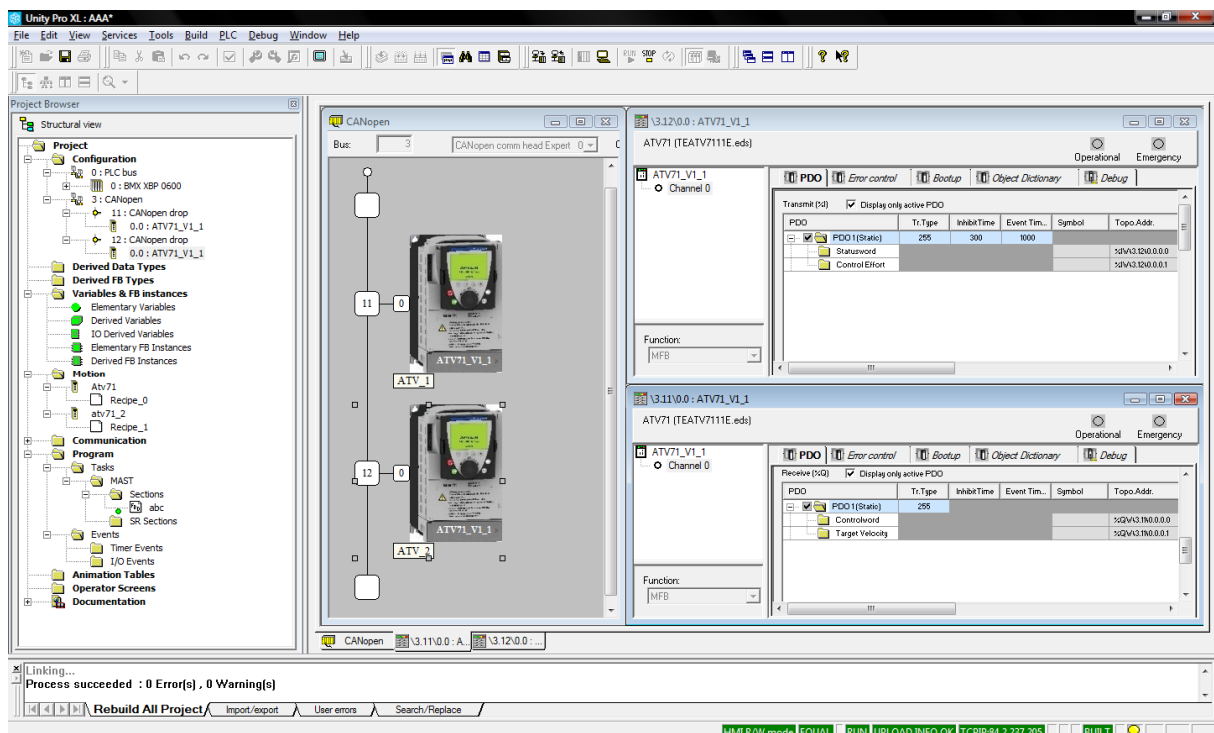
- panel HMI,
- switch ethernetowy.



Rys. 3. Ogólny widok skrzynki przyłączeniowej VW3CANTAP2

3. APLIKACJA STERUJĄCA WIELOOSIOWĄ PLATFORMĄ DO BADAŃ DYNAMICZNYCH

Aplikacja sterująca wieloosiową platformą do badań dynamicznych została opracowana w środowisku programistycznym Unity Pro XL firmy Schneider Electric (rys. 4), które posiada wbudowane funkcje komunikacyjne (Ethernet, CANopen).

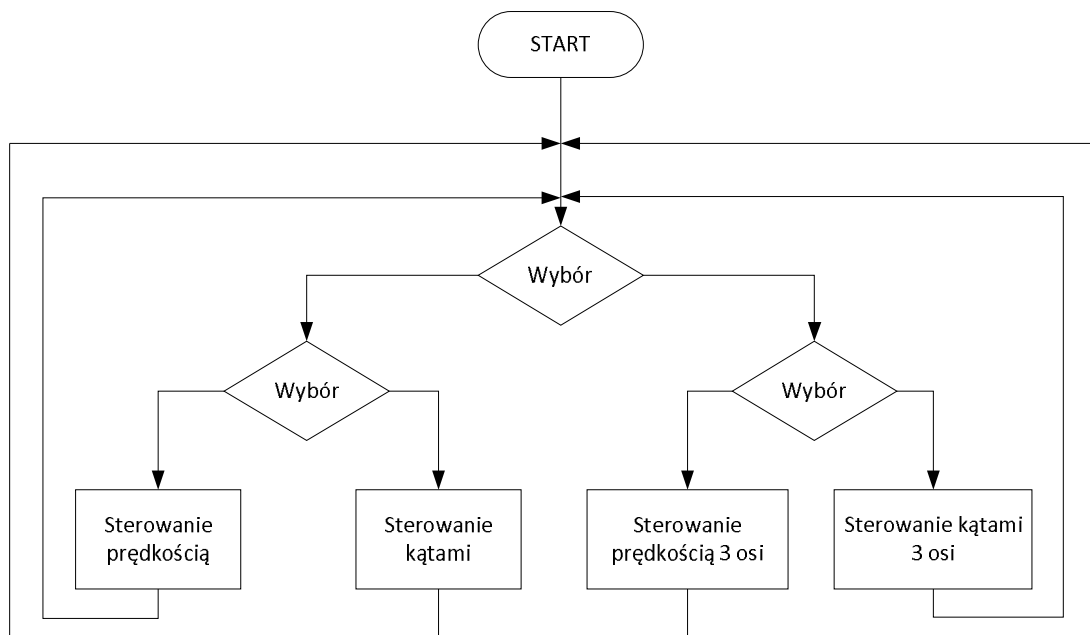


Rys. 4. Środowisko Unity Pro XL do programowania sterownika Modicon M340 [1]

Pulpit operatora

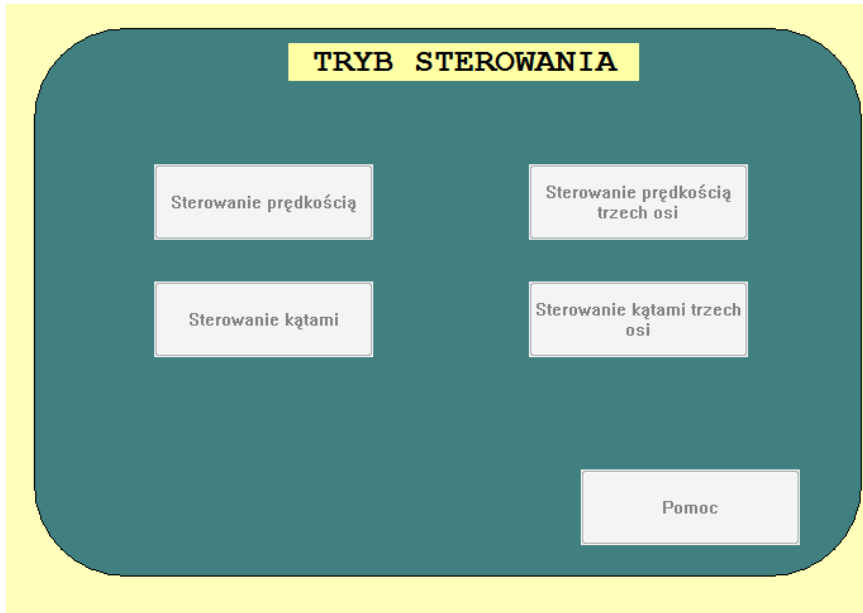
Przygotowano pięć pulpitów operatora (rys. 5), które umożliwiają:

- wybór trybu pracy (rys. 6),
- sterowanie prędkością (rys. 7) – definiowanie prędkości kątowych w stopniach/sekundę, z jakimi mają poruszać się poszczególne osie,
- sterowanie prędkością trzech osi (rys. 8) – definiowanie prędkości kątowej (ruch synchroniczny),
- sterowanie kątami – definiowanie kątów obrotów poszczególnych osi (dla osi głównych),
- sterowanie kątami trzech osi – definiowanie kątów (ruch synchroniczny).



Rys. 5. Algorytm głównego programu

Poniżej przedstawiono wybrane panele operatora (rys. 6-8). Na panelu głównym, operator dokonuje wyboru trybu sterowania platformą.



Rys. 6. Panel główny (wybór trybów sterowania)

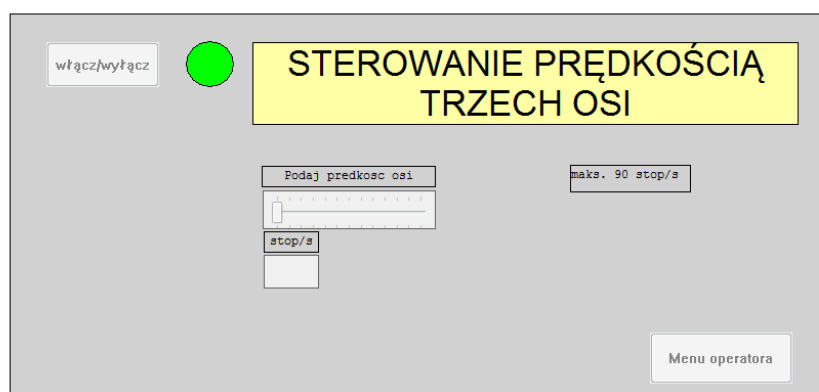
Panele sterowania prędkościami i kątami są podobne, więc w niniejszym opracowaniu zamieszczono wybrane (sterowanie prędkością). Na panelu sterowania prędkością operator ma możliwość zadania prędkości dla wybranych osi w stopniach/sekundę. Żądane wartości można wprowadzać za pomocą klawiatury lub suwaka.

Aby aktywować panel, należy wcisnąć przycisk „włącz/wyłącz”. Gdy panel jest nieaktywny, dioda sygnalizacyjna jest czerwona. Po aktywowaniu panelu, dioda przyjmuje kolor zielony. Wciśnięcie przycisku „Menu operatora” powoduje powrót do panelu głównego. Przed opuszczeniem panelu należy go deaktywować (dioda sygnalizacyjna powinna być czerwona). Obsługa pozostałych paneli przebiega tak samo jak panelu „sterowanie prędkością”. Wszystkie panele są wyposażone w przycisk włącz/wyłącz oraz menu operatora.



Rys. 7. Panel „sterowanie prędkością”

Panel „Sterowanie prędkością trzech osi” umożliwia synchroniczne sterowanie ruchem blatu (dół – góra).



Rys. 8. Panel „sterowanie prędkością trzech osi”

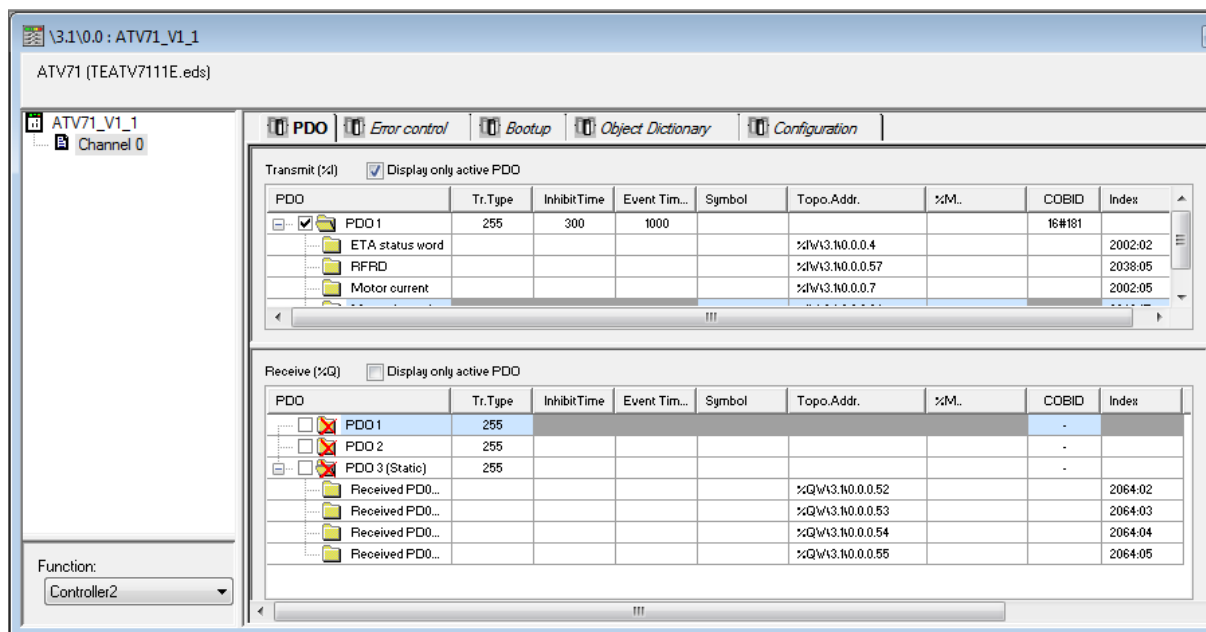
Konfiguracja obsługi sieci CANOpen

Podczas tworzenia aplikacji sterowania okazało się, że wykorzystanie bloków MFB i skorzystanie z mechanizmów CAN_HANDLER do obsługi sieci CANOpen nie pozwala na pełne odczytywanie informacji z enkoderów, a tym samym powstał problem sterowania z zamkniętą pętlą sprzężenia zwrotnego. Dlatego też w projekcie zdecydowano się na

wykorzystanie funkcji Controller 2. Innymi słowy, do komunikacji w sieci CANopen pomiędzy urządzeniem master (sterownik PLC) a urządzeniami slave (przebiegniki częstotliwości) wykorzystywano specjalne rejestry PDO, w których przechowywane są wartości zmiennych odbieranych i wysyłanych przez poszczególne falowniki.

Podejście takie wymusiło wprowadzenie odpowiednich ustawień sterowania w przebiegniku częstotliwości ATV71 – odczytywanie licznika enkodera funkcją PUC – sterowanie magistrali CANopen bitami z zakresu C 201–C 215 [1].

W programie sterującym dla każdego przebiegnika częstotliwości konieczne było zdefiniowanie rejestrów specjalnych PDO (transmisja i odbiór – rys. 9).



Rys. 9. Okno konfiguracji pierwszego przebiegnika częstotliwości (tabela: Transmit i Receive)

W zakładce odbioru danych (tabela Receive – rys. 10) aktywowano PDO1, gdzie zdefiniowano dwie zmienne Cmd value (załączenie zasilania) oraz LFRD (zadanie prędkości obrotowej [obr/min]).

PDO	Tr.Type	InhibitTime	Event Tim...	Symbol	Topo.Addr.	%M.	COBID	Index
PDO 1	255						16#201	
LFRD					%Qw13.1n0.0.0.19	%Mw429		2038:03
Cmd value					%Qw13.1n0.0.0.14	%Mw424		2037:02
PDO 2	255						-	
PDO 3 (Static)	255						-	
Received PDO...					%Qw13.1n0.0.0.52	%Mw462		2064:02
Received PDO...					%Qw13.1n0.0.0.53	%Mw463		2064:03
Received PDO...					%Qw13.1n0.0.0.54	%Mw464		2064:04
Received PDO...					%Qw13.1n0.0.0.55	%Mw465		2064:05

Rys. 10. Rejestry odbierane przez falowniki

W przypadku transmitowania danych z urządzenia typu slave (falownik) do mastera (sterownik) wykorzystano parametr PUC (parametr wysyłany przez falownik i przechowujący liczbę impulsów zliczanych przez enkoder). Z uwagi na to, że każde PDO może zawierać tylko 4 słowa i zakładka PDO1 była zapelniona, aktywowano PDO2 (rys. 11).

W projekcie wykorzystano następujące rejestry [2-4]:

- Cmd value – rejestr służący do podawania zasilania poszczególnym falownikom,
- LFRD – przechowuje zadaną prędkość obrotową silnika (obr/min),
- PUC – parametr wysyłany przez falownik, przechowuje liczbę impulsów zliczanych przez enkodery.

PDO	Tr.Type	InhibitTime	Event Tim...	Symbol	Topo.Addr.	%M.	COBID	Index
[-] PDO 1	255	300	1000				16#181	
[-] ETA status word					%Iw/3.1i0.0.0.4	%Mw4		2002:02
[-] RFRD					%Iw/3.1i0.0.0.57	%Mw57		2038:05
[-] Motor current					%Iw/3.1i0.0.0.7	%Mw7		2002:05
[-] Motor thermal ...					%Iw/3.1i0.0.0.64	%Mw64		2042:1F
[+] PDO 2	255	300	1000				16#281	
[-] PUC					%Iw/3.1i0.0.0.38	%Mw38		201A:0C
[+] PDO 3 (Static)	255	300	1000				-	
[-] Transmit PDO...					%Iw/3.1i0.0.0.0	%Mw0		2064:0C
[-] Transmit PDO...					%Iw/3.1i0.0.0.1	%Mw1		2064:0D
[-] Transmit PDO...					%Iw/3.1i0.0.0.2	%Mw2		2064:0E
[-] Transmit PDO...					%Iw/3.1i0.0.0.3	%Mw3		2064:0F

Rys. 11. Rejestry wysyłane przez falowniki

Tabela 1. Adresy Cmd value oraz LFRD poszczególnych osi

Nr osi	Adres Cmd value		Adres LFRD
	Obrót do przodu	Obrót do tyłu	
1	%MW424.0	%MW424.1	%MW429
2	%MW480.0	%MW480.1	%MW485
3	%MW536.0	%MW536.1	%MW541
4	%MW592.0	%MW592.1	%MW597
5	%MW648.0	%MW648.1	%MW653

Tabela 2. Adresy PUC poszczególnych osi

Nr osi	Adres PUC
1	%MW38
2	%MW120
3	%MW202
4	%MW284
5	%MW366

4. PODSUMOWANIE

Zaproponowane stanowisko może być wykorzystywane do badania układów stabilizacji poprzez dynamiczne wychylanie platformy zgodnie z opracowanymi algorytmami. Platformę można również wychylać i zatrzymywać w danym położeniu (np.: przy badaniu „dryftu” układów opartych o żyroskopy). Dzięki otwartości oprogramowania sterującego, panel

operatora może być dostosowany dla konkretnych potrzeb użytkownika. Podczas prac uruchomieniowych, przy gwałtownych zmianach kierunku obrotów silników dochodziło do przeciążenia przemienników częstotliwości, dlatego układ sterujący wzbogacono o rezystory hamowania. Ponadto, przy projektowaniu platform dynamicznych konieczne jest również opracowanie algorytmów regulacji, które powinny umożliwiać optymalne sterowanie całym układem. W przedstawionej aplikacji zastosowano pętle regulatorów na niskim poziomie (przebiegi częstotliwości – silnik) oraz w programie sterującym (układ sterowania – przemienniki częstotliwości).

LITERATURA

- [1] Altivar 61/71 – *CANopen User's manual*, Schneider Electric, 2006.
- [2] *CANopen COMMUNICATION MANUAL*, Advanced Motion Controls, 2006.
- [3] *Modicon M340*, Discovery Kit, Schneider Electric, 2006.
- [4] „*Modicon M340 CANopen*”, Schneider Electric, 2006.
- [5] *Opracowanie demonstratora technologicznego, stabilizowanej optoelektronicznej głowicy śledząco-celowniczej do zastosowań w przeciwlotniczych zestawach artyleryjskich małego i średniego zasięgu*, Sprawozdanie merytoryczne z wykonania Projektu Rozwojowego nR 0137/R/T00/2010/12 (PBR/15-572/2010/WAT), praca zbiorowa pod kierunkiem W. Kaczmarka, Warszawa 2013.
- [6] *The Basics of CANopen*, National Instruments. 2014.
- [7] *Wieloosiowa platforma ruchoma o 5 stopniach swobody PW-OKI*, dokumentacja techniczno-ruchowa wraz z instrukcją obsługi i eksploatacji, Starogard Gdański 2011.