

CZABANOWSKI Robert, KUŚWIK Jakub

## **INTERAKTYWNY SYSTEM STEROWANIA SUWNICĄ POMOSTOWĄ NATOROWĄ**

### *Streszczenie*

*Przedstawiono interaktywny system sterowania suwnicą pomostową natorową, zrealizowany przy wykorzystaniu zaawansowanego oprogramowania sterownika PLC. Pozwala ono na realizację szerokiego zakresu zadań transportowych z wizualizacją stanu suwnicy i jej otoczenia.*

### **WSTĘP**

Współczesne urządzenia transportu bliskiego, w tym suwnice, są zwykle wyposażone w układy napędowe i układy sterowania umożliwiające osiągnięcie wymaganych parametrów roboczych: prędkość podnoszenia, udźwig itd. W przypadku potrzeby realizacji złożonych zadań, urządzenia te wyposażane są w układy sterowania umożliwiające wykonywanie bardziej złożonych zadań niż klasyczne przenoszenie ładunków. Budowane są one na bazie sterowników mikroprocesorowych i mają możliwość komunikacji z otoczeniem (systemem nadrzędnym) w celu wymiany sygnałów pomiarowych i sterujących. Umożliwia to graficzną wizualizację pracy urządzenia z możliwością kontroli wybranych parametrów.

### **1. LABORATORYJNA SUWNICA POMOSTOWA NATOROWA**

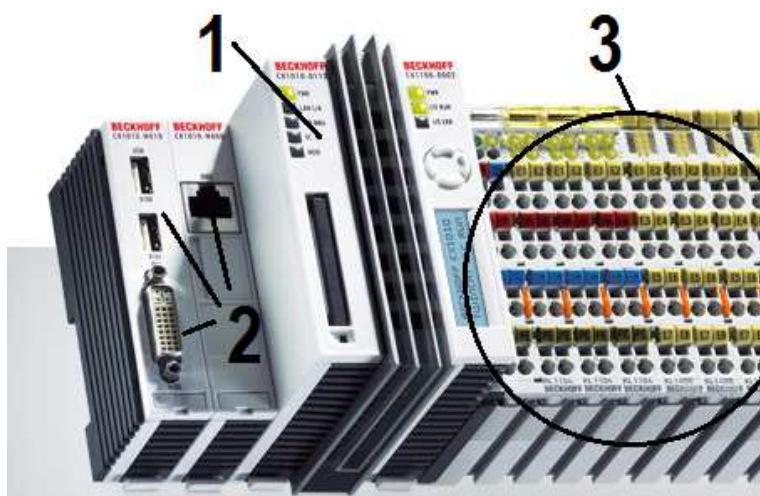
Lekka suwnica pomostowa natorowa (rys. 1), stanowiąca wyposażenie Laboratorium Zakładu Inżynierii Maszyn Roboczych i Pojazdów Przemysłowych, jest wykorzystywana, obok realizacji typowych zadań transportowych (manipulowanie co cięższym wyposażeniem hali laboratorium, do realizacji projektów badawczych i prac studenckich. Nowoczesny, mechatroniczny układ napędowy suwnicy pozwala na tworzenie i testowanie różnych systemów sterowania [3].

Suwnica laboratoryjna, umożliwiająca przemieszczanie jednostek ładunkowych w przestrzeni roboczej (hala laboratorium) jest wyposażona w indywidualne elektronapędy zasilane i sterowane falownikami oraz system sterowania umożliwiający sterowanie urządzeniem manualnie, przy pomocy kasety sterowniczej (dostępne są dwie wersje: przewodowa i bezprzewodowa) oraz z wykorzystaniem sterownika PLC. Zastosowano sterownik firmy Beckhoff (CX1000) wraz z niezbędnymi modułami do odbierania i wysyłania sygnałów sterujących oraz akwizycji sygnałów pomiarowych z przetworników pomiarowych zainstalowanych na suwnicy. Układ pomiarowy suwnicy jest wyposażony w przetworniki umożliwiające identyfikację obciążeń ustroju nośnego suwnicy (siły boczne, ciężar ładunku), położenia i parametrów kinematycznych przemieszczanej jednostki ładunkowej (enkodery inkrementalne wraz z indukcyjnymi czujnikami zbliżeniowymi).



**Rys. 1.** Lekka suwnica pomostowa natorowa w Laboratorium Zakładu Inżynierii Maszyn Roboczych i Pojazdów Przemysłowych Politechniki Wrocławskiej  
 Źródło: [materiały własne]

Zastosowany sterownik CX1000 (rys.2) jest klasycznym przedstawicielem tej grupy sterowników przemysłowych. Modułowa budowa (montaż na szynie DIN) umożliwia łatwą konfigurację i jej modyfikację według potrzeb. Urządzenie pracuje pod kontrolą systemu operacyjnego Windows CE i umożliwia komunikację z otoczeniem wykorzystując sieć Ethernet (domyślnie) lub interfejs szeregowy RS 232C. W suwnicy laboratoryjnej zainstalowano również router WiFi w celu umożliwienia bezprzewodowej komunikacji ze sterownikiem.

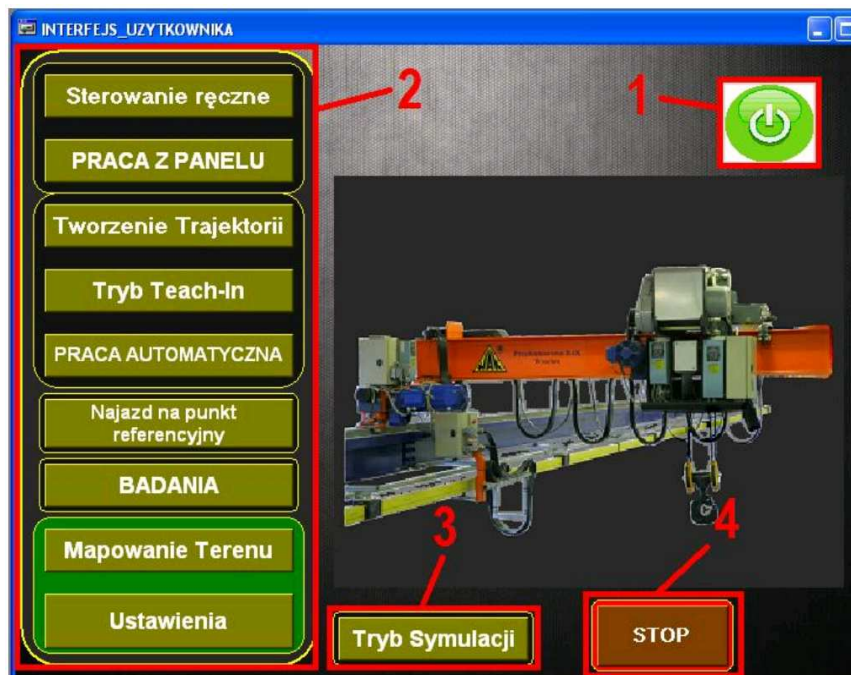


**Rys. 2.** Sterownik PLC o budowie modułowej (1-jednostka centralna -CPU, 2-porty komunikacyjne, 3-moduły we/wy) [1]  
 Źródło: [1]

Integralnym składnikiem system sterowania jest oprogramowanie, które umożliwia realizację wymaganych funkcji urządzenia. Firma Beckhoff, podobnie jak inni producenci sterowników PLC, oferuje środowisko programistyczne (TwinCAT PLC Control [1]) umożliwiające generowanie programu na 6 sposobów. W pakiecie dostępne są narzędzia wspierające uruchamianie i testowanie generowanego kodu (np.:debugger), emulator programowy sterownika oraz narzędzie do testowania i zarządzania stroną sprzętową (System Manager). Pakiet TwinCAT oferuje również tworzenie interfejsów użytkownika pozwalających na wizualizację stanu obiektu i obsługę programu przy pomocy typowych elementów: przyciski, okna dialogowe itp.

## 2. INTERAKTYWNY PROGRAM DO STEROWANIA, MONITOROWANIA I WIZUALIZACJI STANU SUWNICY I JEJ OTOCZENIA

Stworzony program, podobnie jak systemy typu SCADA, umożliwia interaktywną obsługę suwnicy przy pomocy systemu ekranów wizualizacji, które umożliwiają realizację poszczególnych zaplanowanych funkcji. Główny ekran „INTERFEJS UŻYTKOWNIKA” (rys. 3) pozwala na włączanie oprogramowania (1), dostęp do wszystkich funkcji programu (2) a także włączanie trybu symulacji (3), użytecznego do nauki obsługi i testów oraz przycisk stop (4) wyłączający napędy suwnicy.

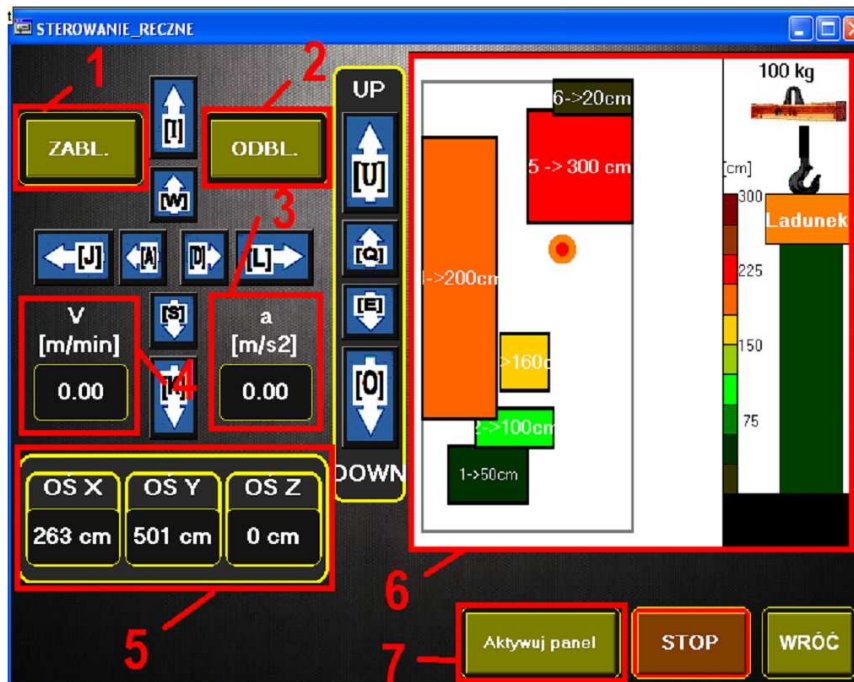


**Rys. 3.** Ekran główny (1-przycisk włączający, 2- menu, 3- przycisk włączający tryb symulacji, 4 – przycisk zatrzymujący działanie programu)

Źródło: [materiały własne]

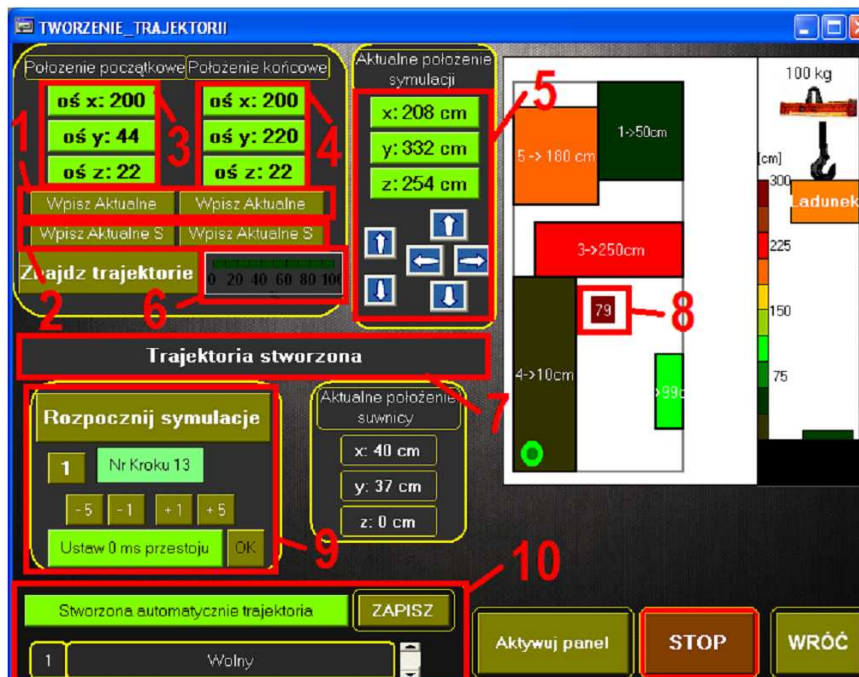
Wszystkie funkcje programu są realizowane poprzez kolejne ekrany wizualizacyjne dostępne w menu programu. Najważniejsze z nich to:

- Sterowanie ręczne – umożliwia sterowanie napędami suwnicy przy pomocy klawiatury oraz wskaźnika myszy, jednocześnie wizualizowane jest położenie jednostki ładunkowej oraz wybrane parametry (rys. 4). Z tego poziomu możliwa jest również aktywacja panelu operatorskiego;
- Praca z panelu – uaktywnienie tej funkcji wyłącza, zgodnie z dyrektywą maszynową [2], możliwość sterowania z poziomu programu przy pomocy myszy i/lub klawiatury – kontrolę przejmuje operator z kasetą sterowniczą;
- Tworzenie trajektorii – procedura pozwalająca automatyczne poszukiwanie optymalnej trajektorii pomiędzy wprowadzonymi punktami: początkowym i końcowym (rys. 5). Uzyskaną trajektorię można sprawdzić w trybie symulacji, modyfikować oraz zapisać do pliku, np.: w celu późniejszego odtworzenia;
- Tryb „teach-in” – jest kolejnym trybem tworzenia trajektorii w sposób interaktywny, z możliwością zapisu poszczególnych położenia z krokiem automatycznym ;



**Rys. 4.** Ekran sterowania ręcznego (1- blokada napędów, 2-odblokowywanie napędów, 3-aktualne przyspieszenie, 4-aktualna prędkość suwnicy, 5-aktualne położenie suwnicy, 6-wizualizacja obszaru roboczego, 7- przycisk aktywacji pracy za pomocą panelu)

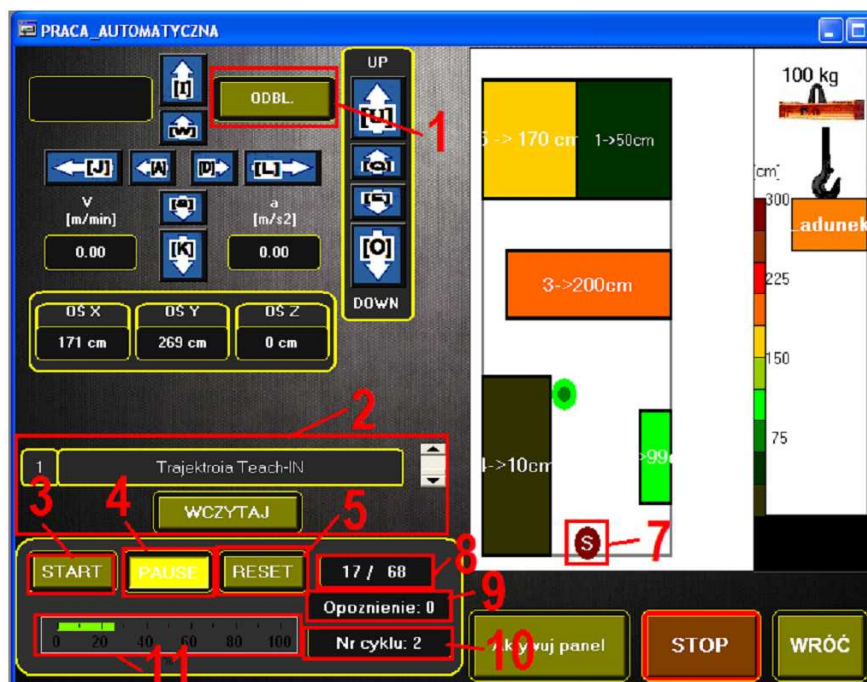
Źródło: [materiały własne]



**Rys. 5.** Tworzenie trajektorii (1-przycisk przypisania aktualnego położenia suwnicy jak początkowe lub końcowe, 2-tak jak w 1 tylko wpisuje położenie symulacji, 3-pola edycyjne punktu początkowego, 4-pola edycyjne punktu końcowego, 5-pole edycji położenia symulacji, 6-pasek postępu tworzonej symulacji, 7-pole wyświetlające bieżące komunikaty, 8-znacznik symulacji, 9-pole edycyjne symulacji, 10-pole zapisywania stworzonej trajektorii)

Źródło: [materiały własne]

- Praca automatyczna – pozwala na wczytanie zapisanej trajektorii i realizację przemieszczania jednostki ładunkowej w trybie automatycznym z jednoczesną wizualizacją położenia ładunku i wybranych parametrów suwnicy (rys. 6);
- Najazd na punkt referencyjny – procedura niezbędna z uwagi na używane w systemie pomiarowym enkodery inkrementalne, pozwala na zerowanie liczników układu pozycjonowania jednostki ładunkowej;
- Badania – umożliwia rejestrację do pliku tekstowego wybranych parametrów suwnicy;
- Mapowanie terenu – procedura umożliwia edytowanie wirtualnej mapy przestrzeni roboczej suwnicy wykorzystywanej przez program sterujący (rys. 7) – aktywny jest podgląd on-line wprowadzonych zmian;
- Ustawienia – możliwe jest wprowadzenie i modyfikacja niezbędnych danych geometrycznych suwnicy, parametrów do symulacji i interpolacji; Ponadto istnieje możliwość zapisu do pliku wprowadzonych danych, wczytanie zapisanej wcześniej konfiguracji a także wczytanie konfiguracji domyślnej, zapisanej w pamięci programu;

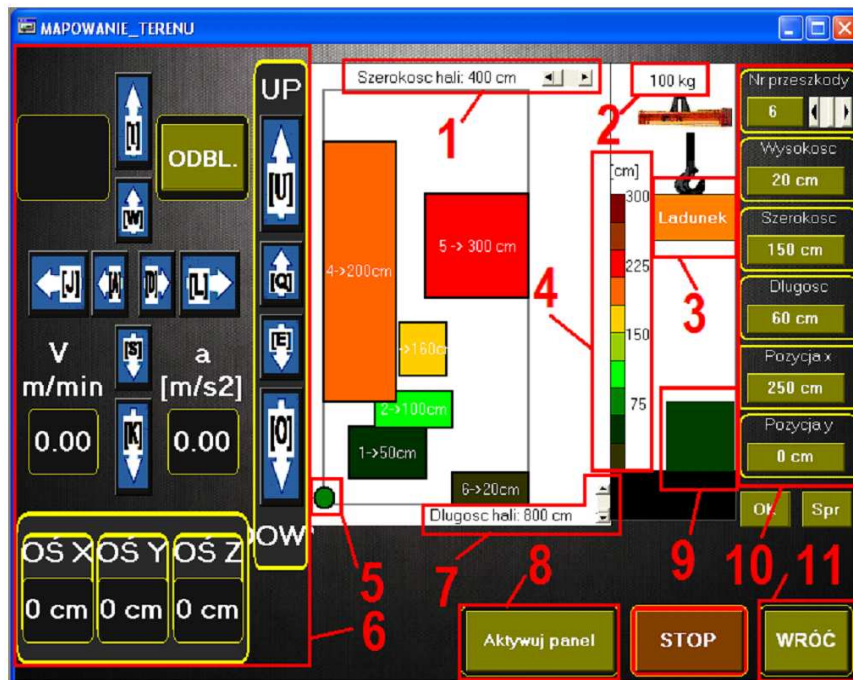


**Rys. 6.** Ekran pracy automatycznej (1-wyłączenie blokady napędów, 2-pole wczytywania trajektorii, 3-przycisk startujący wczytana trajektorię, 4-przycisk wstrzymujący wykonywaną pracę, 5-esteowanie postępów w pracy automatycznej, 7-punkt początkowy wczytanej trajektorii, 8-aktualny krok / liczba kroków, 9-opóźnienie w bieżącym kroku, 10- nr wykonanych cykli, 11-pasek stanu)

Źródło: [materiały własne]

## PODSUMOWANIE

Przedstawiony interaktywny system sterowania istotnie poszerza możliwości suwnicy pomostowej umożliwiając: graficzną wizualizację stanu suwnicy i położenia ładunku, monitorowanie pracy operatora, automatyczne wykonywanie zadań, poszukiwanie optymalnych trajektorii przemieszczanych jednostek ładunkowych w hali. Dalsza rozbudowa systemu sterowania może polegać na zaimplementowaniu podsystemu umożliwiającego rozpoznawanie przeszkód i powiązanie go z zaproponowaną wirtualną mapę przestrzeni roboczej suwnicy pomostowej.



**Rys. 7.** Ekran MAPOWANIE TERENU (1- szerokość hali (w poziomie), 2- waga ładunku, 3- wizualizacja wielkości ładunku, 4-legenda dotycząca wysokości przeszkód, 5-wizualizacja aktualnego położenia suwnicy, 6-zagnieżdżona wizualizacja do sterowania ręcznego, 7- długość hali (w pionie), 8-aktywacja pracy za pomocą panelu, 9-wizualizacja przeszkody nad którą znajduje się hak suwnicy, 10-pole edycji przeszkód, 11- przycisk powrotu do ekranu głównego)

Źródło: [materiały własne]

## BIBLIOGRAFIA

1. Beckhoff – strona internetowa producenta <http://www.beckhoff.pl/> (data dostępu: grudzień 2012).
2. Dyrektywa 2006/42/WE Parlamentu Europejskiego i Rady w sprawie maszyn, Dziennik Urzędowy UE, L 157/24, 9.06.2006 r.
3. Czabanowski R., System sterowania suwnicy pomostowej natorowej z wykorzystaniem wzmacniacza SPIDER8, Wybrane Problemy Inżynierskie, Nr 2, Gliwice 2011 r., s. 73-78.

## INTERACTIVE SYSTEM CONTROL OF OVERHEAD CRANE

### Abstract

This paper presents an interactive control system of overhead crane, carried out with the use of advanced software PLC. It allows the realization of a wide range of transport tasks with visualization of the crane and its workspace.

### Autorzy:

dr inż. **Robert Czabanowski** – Politechnika Wroclawska, Wydział Mechaniczny, Instytut Konstrukcji i Eksploatacji Maszyn, ul. Łukasiewicza 7/9, 50-351 Wrocław

inż. **Jakub Kuświk** – Politechnika Wroclawska