

# Zespół napędowy jako substytut pomostu

Krzysztof Galas<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Student 1 rok MU Mechatronika, Wydział Mechatroniki, Uniwersytet Kazimierza Wielkiego w Bydgoszczy

**Streszczenie:** *Celem badania jest zaprezentowanie alternatywnego rozwiązania dla niszczących pomostów nad zbiornikami wodnymi. Projekt bazuje na dostępnym rozwiązaniu jakim jest platforma pływająca. Dobrane do tego został silnik krokowy, sterownik PLC oraz panel operatorski. Do symulacji tych połączeń wykorzystano środowisko WinProLadder oraz EasyBuilderPro. Przedstawione rozwiązanie obejmuje także projekt metalowej obudowy oraz obudowy w celu przechowywania na czas braku użytkowania. Do tego zostało wykorzystany program Autodesk Fusion 360. Rozwiązanie może pomóc poprawić komfort pobytu nad akwenami wodnymi, dzięki łatwiejszej konserwacji niż klasyczne rozwiązania.*

**Słowa kluczowe:** *PLC, język drabinkowy, silnik krokowy, sterowanie, pomost.*

## *Drive unit as replacement for the platform*

**Abstract:** *The aim of the study is to present an alternative solution to decaying bridges over water tanks. The project is based on the available floating platform solution. This has been matched to the stepper motor, PLC and operator panel. WinProLadder and EasyBuilderPro were used to simulate these connections. The illustrated embodiment also includes the design of the metal casing and the housing to hold for the duration of the absence of use. For this was used Autodesk Fusion 360. The solution can help improve the comfort of stay on waterwater, thanks to easier maintenance than classic solutions.*

**Keywords:** *PLC, ladder language, stepper motor, control, bridge.*

## 1. Wprowadzenie

Rekreacja wodna w dzisiejszych czasach stała się bardzo popularna. Kiedy rozpoczyna się sezon letni, ludzie bardzo często wybierają, jako miejsce swojego urlopu jeziora czy też inne miejsca ulokowane blisko wody. Jedni preferują poranne łowienie ryb, inni sporty wodne, takie jak windsurfing czy kitesurfing. Wszystkich tych ludzi łączy jedna potrzeba - dostęp do wody.

Zaproponowano zastosowanie modułowego pomostu pływającego typu WaterFun, który charakteryzuje się dużą trwałością i jednocześnie lekkością. Ponadto pomost tego typu nie wymaga konstrukcji nośnej, a jedynie podpór w postaci słupków, które mają na celu zakotwiczenie pomostu, ale także zapobieganie chybotaniu lub nawet wywróceniu.

Projekt poszczególnych elementów konstrukcji zostanie wykonany w środowisku CAD, natomiast sterujący silnikiem program przy użyciu oprogramowania

WinProLadder oraz EasyBuilderPro.

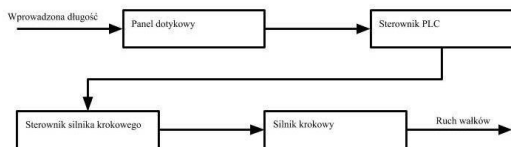
Istotą projektu jest zwiększenie komfortu osób korzystających ze standardowych pomostów. Podczas wakacji można zaobserwować zmartwionych rodziców, którzy obserwują swoje pociechy biegnące po wiekowych konstrukcjach, dorosłych, którzy z ostrożnością wykonują każdy krok.

To rozwiązanie świetnie sprawdzi się w przypadku bardzo ograniczonej przestrzeni, gdzie trzeba było wybierać pomiędzy kąpieliskiem, a postawieniem pomostu. Za pomocą odpowiedniego mechanizmu, pomost będzie wsuwany do stalowej obudowy, tak więc istnieje możliwość regulowania jego wysunięcia.

## 2. Metody

**Schemat układu sterowania** Na Rysunku 1 przedstawiono model działania sterowania wysuwaniem platformy pływającej. Opiera się ono na

wykonywaniu ruchu obrotowego silnika krokowego. Jako narzędzie do wprowadzania danych wykorzystany został panel dotykowy. Przetwarza on dane wprowadzone przez użytkownika, które są analizowane poprzez sterownik PLC. Otrzymane dane następnie są przekazywane do sterownika silnika krokowego. Odpowiada on za wskazanie i kontrolę obrotów silnika krokowego. Następnie przekazywane impulsy elektryczne wprowadzają w ruch napęd całego systemu [2].

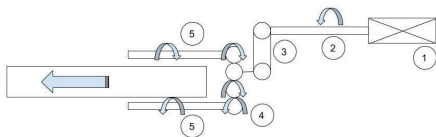


Rysunek 1: Schematyczne przedstawienie układu sterowania

### Schemat dynamiczny układu napędowego

Przeniesienie napędu w taki sposób by powodował jednostajne i równomierne wysuwanie platformy zostało przedstawione na Rysunku 2. Przedstawiono graficznie kierunki oczekiwanego ruchu poszczególnych elementów. Ruch platformy powodują wałki wykorzystując zjawisko tarcia pomiędzy stykającymi się powierzchniami platformy i wałków.

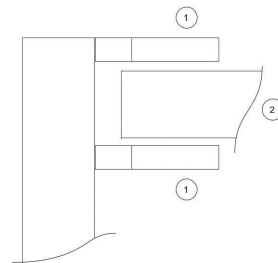
Maksymalne wysunięcie pomostu jest powiążane ze średnicą wałków. Na jej podstawie i wiedzy o ilości kroków silnika, obliczana jest odpowiednia liczba obrotów do wykonania wysunięcia. Aby zapobiec wysunięciu pomostu w warunkach niesprzyjających m.in. nadmiernego podniesienia poziomu wody, czujniki uniemożliwią wykonanie akcji oraz pojawi się stosowny komunikat na wyświetlaczu. Znaczne obniżenie poziomu wody uniemożliwi korzystanie z pomostu.



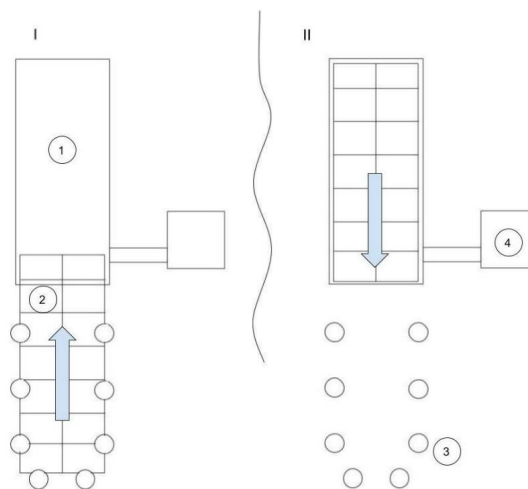
Rysunek 2: Szkic z naniesionymi elementami wewnętrznymi: silnik (1), wałek (2), łańcuch (3), koło zębate (4), wałek pokryty gumą (5).

**Koncepcja konstrukcji** Konstrukcja opiera się na ruchomym (chowanim) podeście oraz statycznej, nieruchomej bazie. Aby zapobiec nadmiernym

ruchom części unoszącej się na wodzie zaproponowano zestaw słupków (Rysunek 3). Ograniczają one poziome jak i pionowe przesunięcia platformy. Rysunek 4 przedstawia ich rozmieszczenie jak i domyślny układ całej konstrukcji widziany z góry. Wysokość słupa będzie statycznie dostosowana do poziomu lustra wody, tak aby platforma wpasowała się między gumowymi uchwytami. Sam słup jest jednostką samodzielną nie łączącą się z całą konstrukcją.



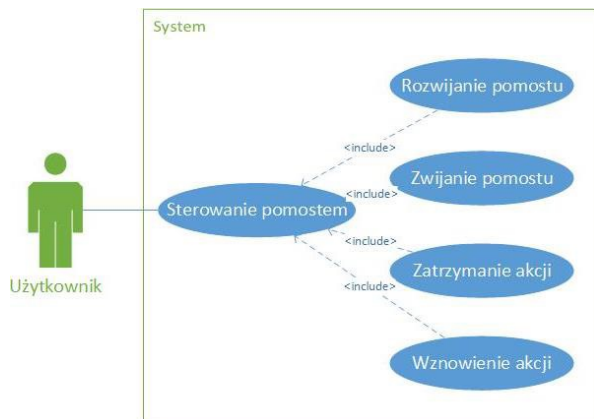
Rysunek 3: Szkic słupków podtrzymujących: gumowy uchwyt (1), pomost (2).



Rysunek 4: Szkic wysuniętego i schowanego pomostu: kieszeń (1), pomost (2), pal (3), skrzynka sterownicza (4).

**UML - Unified Modeling Language** Notacja, umożliwiająca wizualne przedstawienie swojego toku rozumowania innym osobom. Dzięki zastosowaniu, składających się na ten język modelowania, diagramów, projektowanie systemu przebiega w sposób zorganizowany i uwzględnione zostają różne punkty odniesienia. Przedstawiono dzięki niemu schemat przypadków użycia (Rysunek 5) pokazuje w uproszczeniu odpowiednie zachowanie sys-

temu w przypadku ingerencji użytkownika. Cztery podstawowe funkcje zawierają się na całość sterowania pomostem, co jest realizowane przez program. Kolejne kroki działania systemu od momentu interakcji człowieka przedstawione są na diagramie (Rysunek 6) [3].



Rysunek 5: Diagram przypadków użycia



Rysunek 6: Diagram przebiegu programu

**PLC** Sterowniki PLC programowane są przede wszystkim w środowiskach dostarczanych przez

producenta danego modelu za pomocą jednego z kilku dostępnych języków programowania. Jednym z takich języków jest ladder diagram (LAD) [7].

Można za jego pomocą zaprogramować wybrany wyświetlacz LCD, w tym także wyświetlacz dotykowy, co minimalizuje ilość fizycznych elementów układu. Brak wykorzystania przełączników, przycisków czy diod zmniejsza ryzyko uszkodzenia pojedynczych elementów układu, minimalizując tym samym konieczność częstego kontrolowania sprawności urządzenia. Wyświetlacz można łatwo dostosować do potrzeb zarówno użytkowników urządzenia, jak i środowiska w jakim ma pracować.

Do symulacji oraz programowaniem panelu wykorzystano WinProLadder oraz EasyBuilderPro. Programy te są środowiskiem programistycznym, w którym została zaimplementowana cała logika systemu.

### 3. Rezultaty

**Silnik krokowy** Jako narzędzie do wysuwania całej platformy wybrano silnik krokowy NEMA 34: M13430604.1), głównie ze względu na jego wysoki moment trzymający, który wynosi 12,4 [Nm]. Jest to atut z tego względu, iż nie ma potrzeby wprowadzenia ręcznego hamulca, który musiałby powstrzymać pomost przed odpłynięciem [1][6][10][14].

**Sterownik silnika krokowego** Wybrano sterownik silnika krokowego SSK-B16 ( Rys. 4.2), który jest kompatybilny z zastosowanym silnikiem krokowym. Dużą zaletą tego sterownika jest możliwość jego konfiguracji przez komputer osobisty, co także wspomaga diagnostykę oraz serwisowanie, w sytuacji wystąpienia awarii urządzenia. Posiada także zróżnicowaną gamę napięć zasilających, co daje możliwość wprowadzenia dowolnego źródła zasilania.

**Sterownik PLC** Zastosowano sterownik marki Fatek FBs-32MAT2 z tego powodu, iż posiada on możliwość rozbudowania, dzięki różnym modułom oferowanym przez producenta. Nie posiada on bardzo dużej ilości wejść w podstawowym zestawie, jednak jest ona wystarczająca na potrzeby projektu.

**Zasilanie** W tym przypadku można zastosować zasilanie fotowoltaiczne, gdyż konstrukcja domyślnie nie ma się znajdować na otwartej przestrzeni. Ist-

nieją na rynku gotowe rozwiązania składające się z panelu słonecznego, akumulatora oraz regulatora.

**Panel operatorski** Wybrano sterownik marki Weintec MT8101iE, posiada on szeroki zakres temperatury pracy (od 0 do 50 stopni Celsjusza), pulpit dotykowy (dla ułatwienia i usprawnienia wprowadzania danych oraz komunikacji z użytkownikiem). Wyposażony jest także w zegar czasu rzeczywistego (RTC), dzięki czemu może obliczać czas w jakim zostaną wykonane poszczególne akcje.[8]

Dostęp do panelu jest ograniczony hasłem dostępu na ekranie głównym.



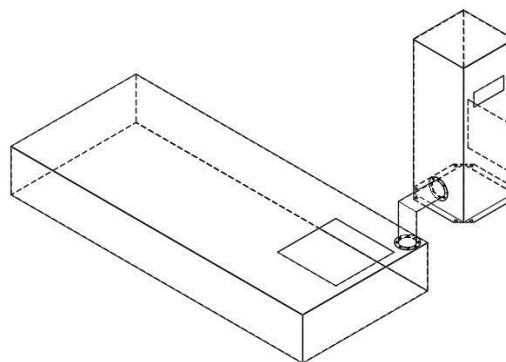
Rysunek 7: Widok panelu kontrolnego

**Wygląd interfejsu** Rysunek 7 przedstawia propozycję ekranu głównego panelu sterowania. Jego elementy graficzne są w pełni dostosowywać do potrzeb.

Strzałki widniejące nad przełącznikami służą jako etykiety opisujące akcję, która zostanie wykonana po ich przełączeniu. Lewy odpowiada za wysuwanie pomostu i reset licznika odpowiadającego akcji wsuwania, a prawy to wsuwanie pomostu i reset licznika akcji wysuwania.

W celu zmiany wysunięcia pomostu należy wybrać opcję „Zmień długość”. Jego naciśnięcie wpływa na wartość wyświetlaną w polu tekstowym. Użytkownik naciskając przycisk określoną ilość razy modyfikuje wartość, tak długo aż ta będzie zgodna z pożądaną. Po naciśnięciu przycisku „Koniec wprowadzania”, program zmodyfikuje wartość ustawioną przez użytkownika, wyrażoną w metrach.

**Model CAD** Konstrukcja urządzenia i elementów jego obudowy zewnętrznej został wykonany w środowisku AutoCAD Fusion 360. Przedstawiono model w rzucie izometrycznym (Rysunek 8) [12].



Rysunek 8: Widok całej obudowy w rzucie izometrycznym

Jako łączenie poszczególnych elementów zostało przewidziane spawanie oraz wykorzystanie śrub M12. W projekcie zostały uwzględnione dwa wejścia, tak aby umożliwić konserwację, wymianę lub montaż odpowiednich komponentów mechanizmu.

Jako dodatkowe wzmocnienie zespołu części znajdujących się na ziemi przewidziano montaż do płyty betonowej bądź innego materiału.

Założono, że panel operatorski wraz z pozostałymi komponentami będzie znajdował się na powierzchni ziemi. Natomiast sam napęd będzie przenoszony przez wałek znajdujący się w obudowie, a następnie, za pomocą przekładni łańcuchowej, na kolejny wałek z gumowymi pierścieniami tak, aby tarcie mogło wypychać całość pomostu. Konstrukcja musi również spełniać podstawowe normy szczelności dla sprzętu elektronicznego pracującego w takich warunkach. Konstrukcja powinna przynajmniej spełniać normę IP54 czyli ochronę przed wnikaniem pyłu w ilości mogącej zakłócić pracę urządzenia oraz ochronę przed kroplami wody padającymi pod dowolnym kierunkiem z różnych stron.

Rozmiary konstrukcji nieprzekraczające  $25 m^2$  w mieście oraz  $35 m^2$  poza nim, nie wymagają posiadania pozwolenia na budowę. Sama ustawa nie przewiduje obostrzeń na temat konstrukcji na terenie plaży.

## 4. Wnioski

Użytkownik za pomocą panelu dotykowego ma możliwość ustawienia kierunku ruchu pomostu, a także odległości jaką ma on pokonać. Po zatwierdzeniu ustawionych danych użytkownik uruchamia akcję za pomocą przycisku „START”. Do dyspozycji posiada także przyciski „LOCK” oraz „STOP”,

które odpowiadają za zablokowanie lub zatrzymanie akcji.

Każde kliknięcie na ekranie panelu sterowania jest przetwarzane przez program sterownika PLC. Poszczególne działania powodują otwieranie się lub zamykanie wybranych cewek. Wystartowanie akcji za pomocą przycisku „START” wprowadza w ruch silniki krokowe, które po osiągnięciu wartości końcowej blokują się uniemożliwiając dalszy obrót.

Zastosowany system złożony jest z wielu elementów składowych, pozwala to na dowolną zmianę jednego z nich w nieskomplikowany sposób. Sterownik PLC jest urządzeniem łatwym w obsłudze i posiada duże możliwości personalizacji dzięki programowaniu z przeznaczonych do tego środowiskach. Język drabinkowy, który został wykorzystany do napisania programu sterującego, posiada jednakowe składowe niezależnie od wykorzystywanego środowiska programistycznego. Wykorzystanie sterownika silnika krokowego umożliwia rozbudowę projektu o kolejny silnik bez konieczności wykorzystania innych skomplikowanych metod.

Projekt spełnia wszystkie poczynione założenia. Urządzenie nie posiada działającego prototypu, jednakże wykonane na modelu symulacje dają rezultat o wyniku pozytywnym. Widoczne dowody na poprawność jego wykonania objawiają się poprzez reakcję systemu sterującego na akcję wprowadzane za pośrednictwem emulacji panelu sterowniczego na komputerze.

## Literatura

- [1] K. Bisztyga, *Sterowanie i regulacja silników elektrycznych*. Warszawa: Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, 1989.
- [2] B. Broel-Plater, *Układy wykorzystujące sterowniki PLC: projektowanie algorytmów sterowania*. Warszawa: Wydawnictwo naukowe PWN, 2008.
- [3] M. Doligalski, M.; Adamski, *Projektowanie strukturalnych programów dla sterowników PLC na podstawie modelu maszyny stanowej UML*. Zielonagóra: Uniwersytet Zielonogórski, 2007.
- [4] Z. Dyląg, Z.; Jakubowicz, A.; Orłoś, *Wytrzymałość materiałów T.1*. Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, 1996.
- [5] J. Felis, H. Jaworowski, and J. Cieślík, *Teoria maszyn i mechanizmów. Cz.1 Teoria mechanizmów*. Kraków: AGH Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-Dydaktyczne, 2008.
- [6] Z. Gientkowski, *Autonomiczne prądnice indukcyjne o wzbudzeniu kondensatorowym i przekształtnikowym*. Bydgoszcz: ATR, 1997.
- [7] T. Gilewski, *Szkola programisty PLC: język LAD w programowaniu sterowników przemysłowych*. Gliwice: Wydawnictwo Helion, 2018.
- [8] A. Hulewicz and Z. Krawiecki, *Sterownik PLC i panel operatorski w układzie automatyki inteligentnego budynku*. Poznań: Uniwersytet Poznański, 2017, no. 92.
- [9] J. Kwaśniewski, *Sterowniki PLC w praktyce inżynierskiej*. Legionowo: Wydawnictwo BTC, 2008.
- [10] E. Mitew, *Maszyny elektryczne. T.2*. Radom: Wydawnictwo Politechnika Radomska, 2005.
- [11] R. Orzechowski, Z.; Prywer, J.; Zarzycki, *Mechanika płynów w inżynierii środowiska*. Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, 1997.
- [12] K. Paprocki, *Zasady zapisu konstrukcji*. Warszawa: Oficyna Wydawnicza PW, 2000.
- [13] W. Prosnak, *Statyka płynów i dynamika cieczy*. Warszawa: Państwowe Wydawnictwo Naukowe, 1970.
- [14] J. Przepiórkowski, *Silniki elektryczne w praktyce elektronika*. Warszawa: Wydawnictwo BTC, 2005.
- [15] A. Skibiński, *Obsługa i naprawy silników elektrycznych: zasady bezpiecznej pracy*. Warszawa: Instytut Wydawczy Związków Zawodowych, 1984.
- [16] J. Żółtowski, *Podstawy konstrukcji maszyn: połączenia, łożyskowane, sprzęgła*. Warszawa: Oficyna Wydawnicza PW, 2002.