

Szymon MICHALIK<sup>1</sup>, Jacek RYSIŃSKI<sup>2</sup>

Opiekun naukowy: Jacek RYSIŃSKI<sup>2</sup>

## STANOWISKO LABORATORYJNE DO BADANIA SYNCHRONIZACJI SERWONAPĘDÓW

**Streszczenie:** W ramach niniejszej pracy przygotowano projekt stanowiska laboratoryjnego do badania serwonapędów. Na podstawie opracowanej dokumentacji technicznej wykonano i zmontowano stanowisko, wykorzystując m.in. technologie druku 3D. Do napędu zastosowano serwonapęd Astraada z serii SRV-63. Elementami sterującymi są sterownik PLC Astraada One Compact ECC2100 oraz wyświetlacz HMI. Przeprowadzono wstępne badania doświadczalne synchronizacji pracy urządzenia.

**Słowa kluczowe:** serwonapęd, stanowisko laboratoryjne, synchronizacja pracy napędu

## LABORATORY TEST STAND FOR TESTING SERVOMOTOR SYNCHRONIZATION

**Summary:** The article presents the design of a laboratory test stand for testing servo drives. Based on the developed technical documentation, the bench was made and assembled using 3D printing technologies. An Astraada servo drive from the SRV-63 series was used for the drive. The control elements are an Astraada One Compact ECC2100 PLC and an HMI display. Preliminary experimental tests have been carried out to synchronize the operation of the device.

**Keywords:** servo motor, test stand, drive synchronization

### 1. Wstęp

Obecnie w przemyśle można zauważyć rosnącą popularność serwonapędów. Dużą przewagę nad silnikami krokowymi zyskały dzięki zastosowaniu zamkniętej pętli zwrotnej i wysokiej jakości ruchu. W wielu rozwiązaniach niezbędne jest zastosowanie więcej niż jednego serwomechanizmu. Jakość synchronizacji przemieszczeń napędów ma kluczowe znaczenie dla dokładności wykonywanych operacji technologicznych [1÷4, 8÷9].

---

<sup>1</sup> mgr inż., Akademia Techniczno-Humanistyczna w Bielsku-Białej, Wydział Budowy Maszyn i Informatyki

<sup>2</sup> dr inż., Akademia Techniczno-Humanistyczna w Bielsku-Białej, Wydział Budowy Maszyn i Informatyki, email: jrysinski@ath.bielsko.pl

W takich przypadkach często niezbędne jest wykorzystanie możliwości zsynchronizowanej pracy dwóch lub więcej takich urządzeń w celu wykonania danej, na pozór łatwej, czynności.

Celem pracy było przeprowadzenie badań podczas synchronicznej pracy serwonapędów na stanowisku własnej konstrukcji. W ramach badań doświadczalnych sprawdzono sterowność momentem, prędkością, jak również pozycją.

## 2. Projekt oraz wykonanie stanowiska

Przystępując do pracy konieczne było przygotowanie różnych koncepcji stanowiska oraz wybór najlepszego rozwiązania. Zdecydowano się na wykorzystanie systemu Inventor do budowy modelu 3D stanowiska. Na etapie koncipowania zastosowano metodę od ogółu do szczegółu.

### 2.1. Dobór osprzętu

Urządzeniami realizującymi główne zadanie stanowiska są serwonapędy firmy Astraada z serii SRV-63, które umożliwiają proces dokładnego pozycjonowania, regulację prędkości oraz momentu obrotowego (rys. 1).



*Rysunek 1. Serwonapęd wraz ze wzmacniaczem [5]*

Zastosowanymi na stanowisku elementami sterującymi są sterownik PLC oraz wyświetlacz HMI. Zadaniem sterownika jest połączenie pracy wszystkich urządzeń ze sobą.

Wyświetlacz zadaje i odbiera informację od sterownika i przekazuje ją użytkownikowi. Wykorzystany w stanowisku sterownik to Astraada One Compact ECC2100 (rys. 2).

Wyposażony jest on w 4 wejścia i wyjścia dyskretnie, oraz 4 wejścia analogowe. Pozwala on na komunikację za pomocą protokołów: EtherCAT, CAN, CANOpen, Modbus TCP/IP oraz Modbus RTU. Zasilany jest napięciem stałym 24V. Posiada on jednostkę CPU o taktowaniu 800 MHz [6].

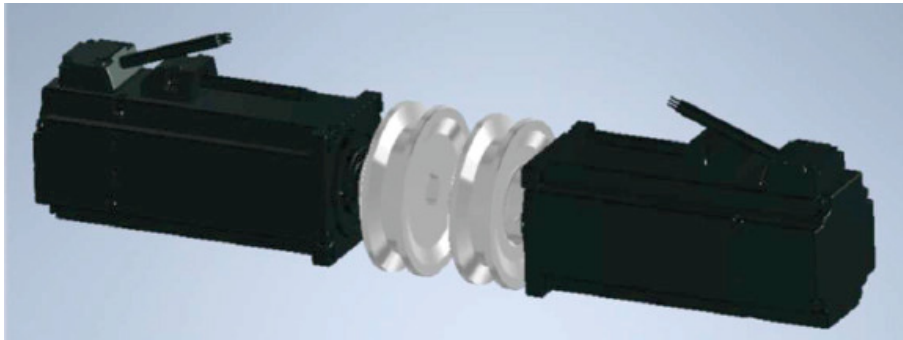


Rysunek 2. Sterownik PLC oraz panel HMI [5]

Kolejnym elementem wchodzącym w skład stanowiska jest prowadnica liniowa z zamocowanym silnikiem krokowym, którego zadaniem jest wprowadzenie mocowania serwo silnika wraz z nim w ruch liniowy. W celu poprawnej pracy silnika został on połączony z dedykowanym sterownikiem oraz zostały dołożone elementy dodatkowe które pozwoliły na prawidłową pracę układu prowadnicy z silnikiem

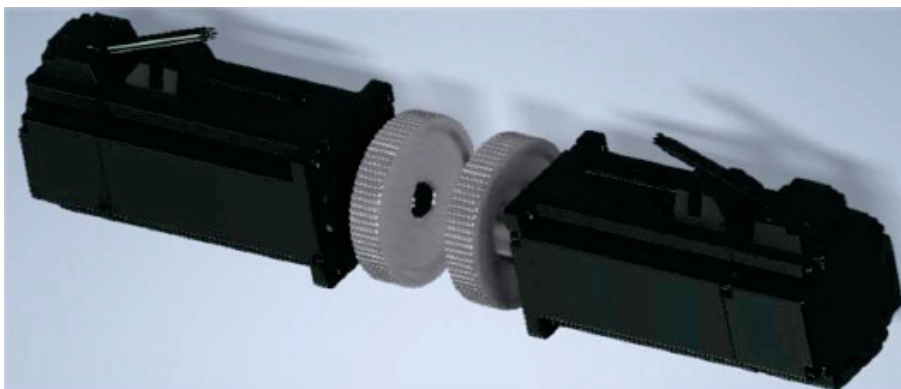
## 2.2. Przygotowanie dokumentacji technicznej

Pierwszą propozycją realizacji jest projekt dwóch przekładni pasowych, położonych równolegle względem siebie, w sposób umożliwiający zaobserwowanie zjawiska synchronizacji serwonapędów (rys. 3). Zaletą takiego rozwiązania jest możliwość znakowania pasa w celu dokładnego określenia różnic powstałych podczas prowadzenia badań. Wadą natomiast jest konieczność wykonania wielu dodatkowych elementów w celu montażu pasów oraz dokładnego spozycjonowania ich względem serwonapędów. Ponadto, w przypadku pasa gładkiego, zawsze istnieje możliwość powstania poślizgu, co wiąże się z powstaniem przekłamań podczas pracy urządzeń.



Rysunek 3. Pierwsza propozycja realizacji synchronizacji – gładkie koła pasowe

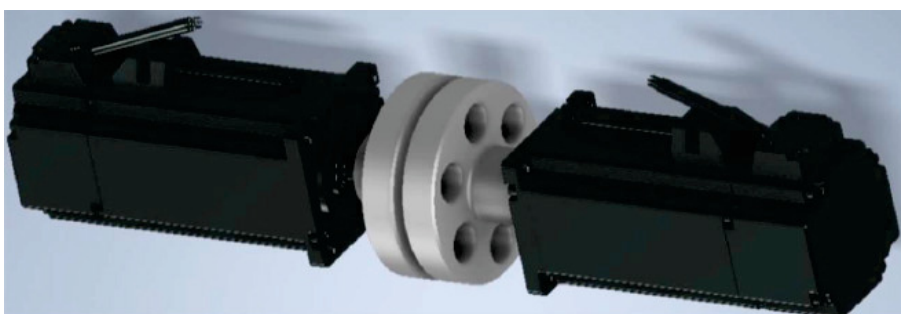
Druga realizacja jest usprawnieniem pierwszej propozycji, a mianowicie zaproponowano, aby zastosować zamiast pasa płaskiego i kół pasowych, koła zębate oraz pasek zębaty, który swoje zastosowanie znajduje na przykład w takich rozwiązaniach, jak maszyny CNC, bądź drukarki 3D (rys. 4).



*Rysunek 4. Druga propozycja realizacji synchronizacji – koła zębate*

Główną zaletą zastosowania tego typu rozwiązania jest eliminacja praktycznie zjawiska poślizgu. Wadą tego typu rozwiązania jest trudność w wykonaniu koł zębatach o odpowiedniej geometrii. Rozwiązanie to jest dość kosztowne, podobnie, jak w przypadku pierwszej propozycji, wymaga wielu dodatkowych elementów.

Trzecim zaproponowanym rozwiązaniem jest zamocowanie jednego z silników na wózku prowadnicy liniowej, natomiast drugiego nieruchomo naprzeciw niego (rys. 4). Na wałach obu silników umieścić tarcze – jedną z otworami na powierzchni bocznej (serwonapęd unieruchomiony) oraz drugą z kołkami na powierzchni bocznej o rozstawie odpowiadającym otworom pierwszej z tarcz (serwonapęd poruszający się na prowadnicy liniowej). W tego typu rozwiązaniu synchronizacja jest realizowana w momencie, gdy serwomechanizm ruchomy dojeżdża w skrajną pozycję umożliwiającą połączenie się kołków zamontowanych w tarczy do luźnych otworów tarczy nieruchomego serwonapędu.



*Rysunek 5. Trzecia propozycja realizacji synchronizacji – tarcze z otworami i kołkami*

Zaletą tego rozwiązania jest mała liczba potrzebnych elementów, a dzięki eliminacji układu pasowego nie wystąpi zjawisko poślizgu. Wadą zastosowania tego rozwiązania jest konieczność zastosowania prowadnicy liniowej. Jednakże istnieje wiele gotowych rozwiązań na rynku łącznie z silnikiem pozwalającym na realizację tego ruchu.

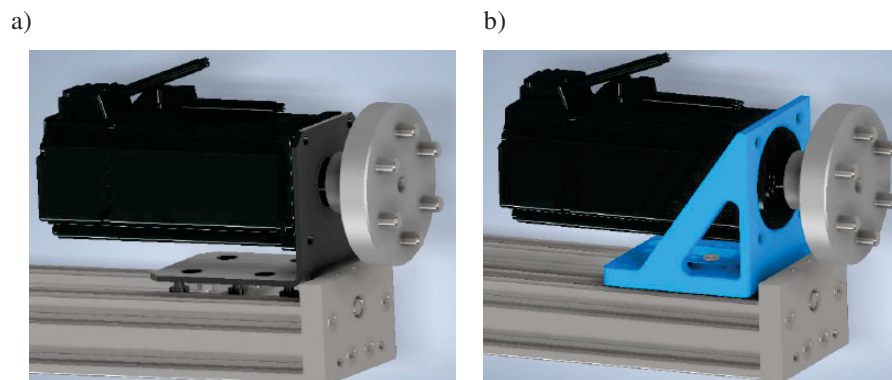
Po przeprowadzeniu analizy stwierdzono, że rozwiązaniem optymalnym pod względem kosztu oraz jakości możliwych do otrzymania wyników badań, jest trzecia propozycja, czyli stanowisko składające się z tarcz oraz prowadnicy liniowej. Dalsze prace nad stanowiskiem zostały przeprowadzone w oparciu o przyjęte rozwiązanie.

W kolejnym kroku, wykonano projekt elementów mocujących, których zadaniem jest odpowiednie usytuowanie serwonapędów względem siebie, z zachowaniem należytej sztywności. Początkowo wszystkie elementy mocujące zostały zaprojektowane pod kątem wykonania ich ze stali, czy też aluminium za pomocą obróbki ubytkowej. W późniejszym etapie podjęto decyzję o tym, aby, elementy montażowe zostały wykonane za pomocą metody addytywnej – wykonano je z tworzywa sztucznego przy użyciu drukarki 3D (rys. 6).

Zastosowanie technologii druku 3D podczas realizacji projektu pozwala na szybkie sprawdzanie jakości zamodelowanego elementu. Dzięki temu można w początkowej fazie projektowania wyłapać drobne błędy albo w znacznym stopniu usprawnić docelowy detal.

Element mocujący serwonapęd do prowadnicy liniowej, został zaprojektowany początkowo jako kątownik stalowy o wymiarach 90x90 o grubości 5 milimetrów.

W momencie zamiany metody wykonania, element został poddany modyfikacji. Zastąpiono oryginalny element prowadnicy liniowej, płytkę pozwalającą mocować dodatkowe elementy, wydrukowanym kątownikiem mocowanym bezpośrednio z łożyskami prowadnicy, wzmocniony podporą skośną na obu jej końcach.

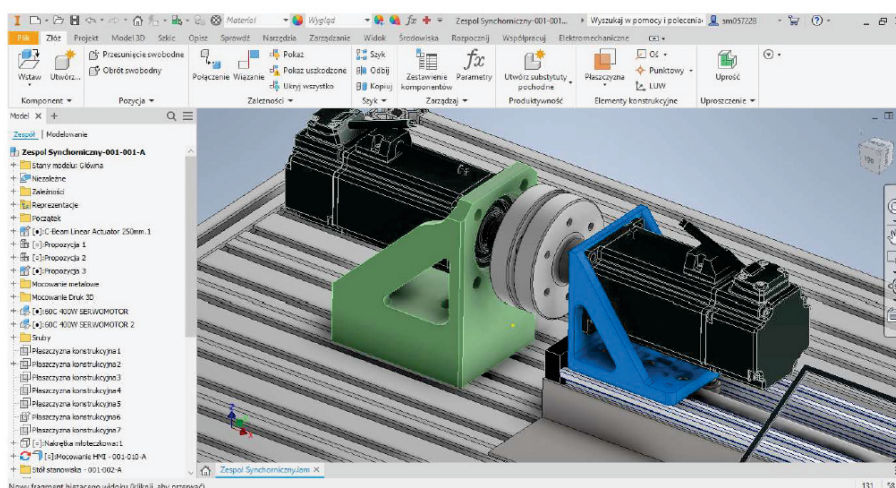


Rysunek 6. Rozwiązanie mocowania serwonapędu do prowadnicy liniowej:  
a) stalowe, b) z tworzywa

Posiadając już zaprojektowane elementy mocujące oraz po dobraniu prowadnicy liniowej z silnikiem, których zadaniem jest realizacja ruchu jednego z serwonapędów, rozpoczęto pracę nad projektem stołu stanowiska. Przyjęto, że wszystkie zaprojektowane dotychczas elementy znajdować się będą na środku stołu. Ponadto założono, że na stole niezbędne jest miejsce na umieszczenie pozostałych elementów, takich jak wyświetlacz, czy też przycisk bezpieczeństwa i osłony elementów ruchomych. Dodatkowo niezbędne było pozostawienie miejsca na przewody i wszystkie elementy elektroniczne. Podjęto decyzję o tym, że na stole znajdować się będą tylko najpotrzebniejsze elementy, a część zapewniająca sterowanie zostanie umieszczona poniżej blatu roboczego – na płycie przymocowanej do nóg stołu.

Stół stanowiska został zaprojektowany jako element złożony z profili aluminiowych – blat z profili 60mm x 30mm, natomiast nogi z profili 30 mm x 30mm. Połączone zostały za pomocą nakrętek młoteczkowych oraz śrub kołnierzowych o łbie kulistym. W blacie stołu zostały wykonane otwory pozwalające na przeprowadzenie przewodów z blatu stołu do urządzeń sterujących. Założono, że wszystkie elementy sterujące zostaną zamocowane na płycie stalowej perforowanej. Dodatkowo stół posiada cztery uchwyty, zamontowane na krótszych krawędziach bocznych blatu, pozwalające na przenoszenie stanowiska oraz nogi stanowiska są zakończone stopkami, które umożliwiają regulację wysokości każdej z nóg.

Następnym elementem, który został zamodelowany jest element mocujący wyświetlacz na blacie stanowiska. Został on zaprojektowany jako element płaski, wykonany poprzez gięcie blachy stalowej perforowanej, co pozwoliło na dobranie wygodnego wymiaru blachy oraz kąta gięcia, tak aby zapewnić użytkownikowi wygodne korzystanie ze stanowiska. Określono również element mocujący prowadnicę liniową. Do tego celu zostały wykorzystane dwa kątowniki umieszczone po obu stronach prowadnicy.



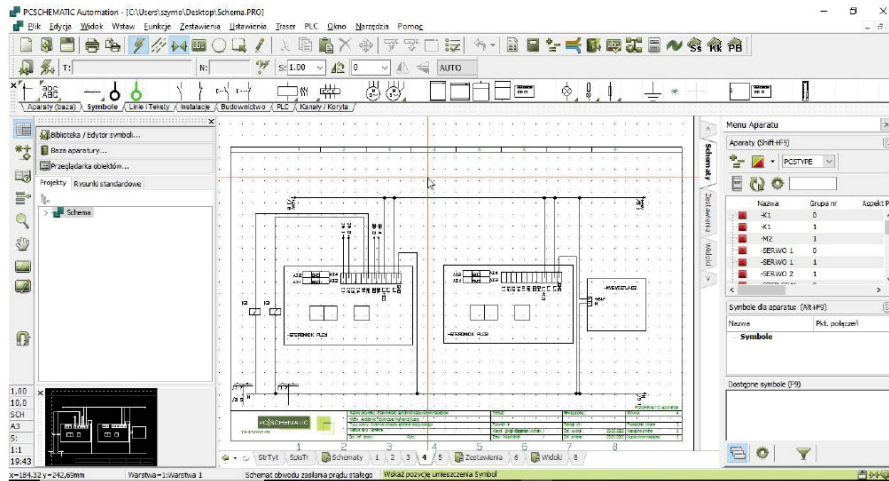
Rysunek 7. Model 3D stanowiska

### 2.3. Dokumentacja elektryczna stanowiska

Korzystając z programu PCSHEMATIC zaprojektowano połączenia elektryczne, które zapewniają prawidłową pracę całego stanowiska. Program ten pozwala na realizację dowolnych schematów elektrycznych, wykorzystując przy tym gotowe symbole urządzeń takich jak wyłącznik nadprądowy, zasilacz prądu stałego, czy też przekaźniki i ich cewki (rys. 8).

Oprócz schematów, możliwe jest przygotowanie zestawień elementów wykorzystanych w programie, z opisami oraz informacją o stronie, na której został wykorzystany dany element. Możliwe jest również przygotowanie dodatkowych rysunków np. przedstawiających rozmieszczenie elementów, bądź przedstawiających rozmieszczenie przewodów.

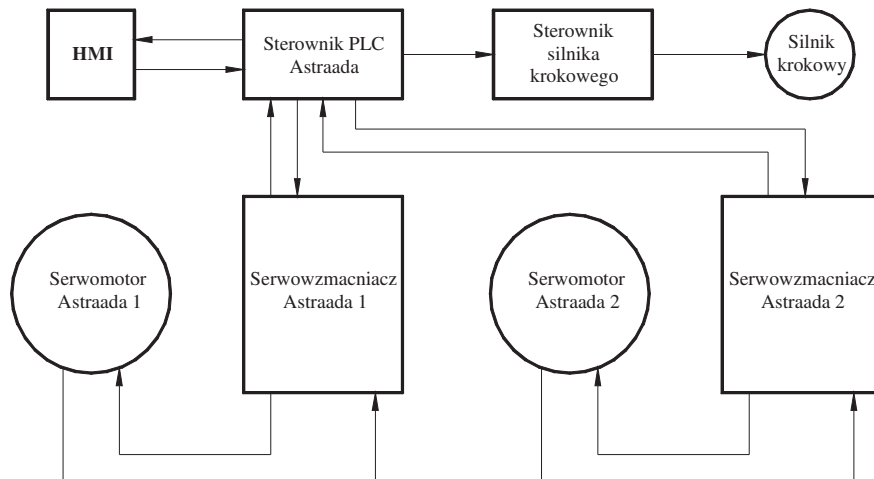




Rysunek 8. Interfejs programu PCSHEMATIC

#### 2.4. Opracowanie komunikacji pomiędzy urządzeniami oraz wizualizacji

Kluczowym elementem działania stanowiska było opracowanie komunikacji pomiędzy wszystkimi jej elementami, tak aby całość była ze sobą zintegrowana. Elementem łączącym ze sobą wszystkie urządzenia jest sterownik PLC, który komunikuje się z każdym z urządzeń za pomocą odpowiedniego protokołu. Z wyświetlaczem komunikuje się z wykorzystaniem protokołu Modbus TCP/IP, a z serwo wzmacniaczami za pomocą protokołu EtherCAT. Do sterowania prowadnicą liniową wykorzystane zostały wyjścia i wejścia cyfrowe sterownika.



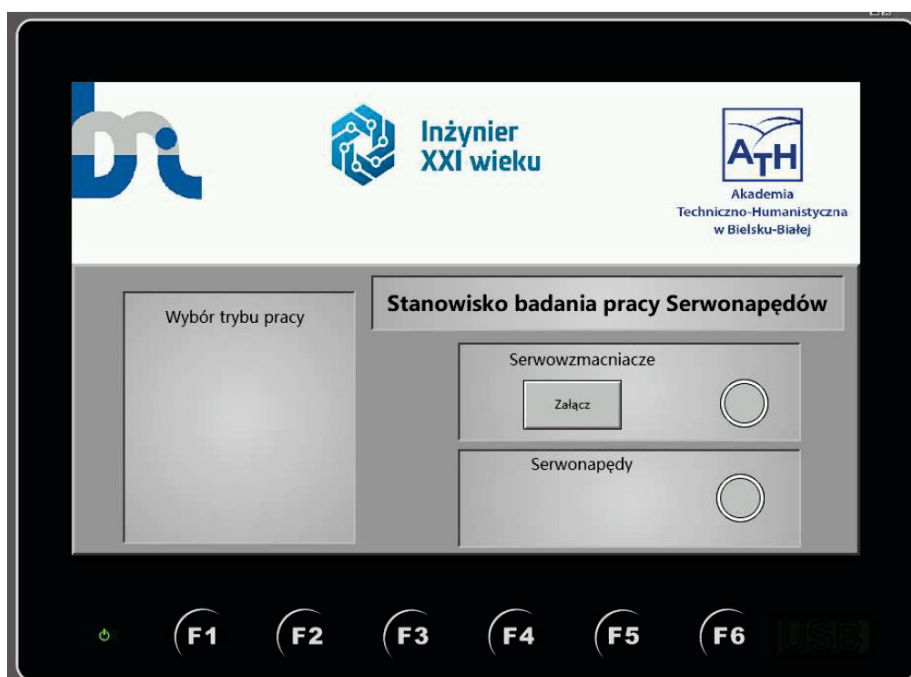
Rysunek 9. Schemat połączeń pomiędzy urządzeniami

Jako pierwsze zostało wykonane połączenie pomiędzy sterownikiem, a serwo wzmacniaczami. W tym celu należało za pomocą wyświetlacza wzmacniacza i umieszczonych przy nim przycisków ustawić w urządzeniu rodzaj komunikacji na EtherCAT, co pozwala na wymianę danych ze sterownikiem PLC.

Następnie przygotowano program CodeSys oraz sterownik Astraada ONE do uruchomienia serwonapędów z poziomu komputera.

Kolejnym krokiem było przygotowanie komunikacji pomiędzy wyświetlaczem, a sterownikiem PLC. Do tego celu wykorzystano sieć Ethernet i protokół Modbus TCP/IP.

W kolejnym kroku utworzono projekt w aplikacji Astraada HMI CFG, w którym następnie została wykonana wizualizacja docelowo wgrana na panel operatorski (rys. 10).



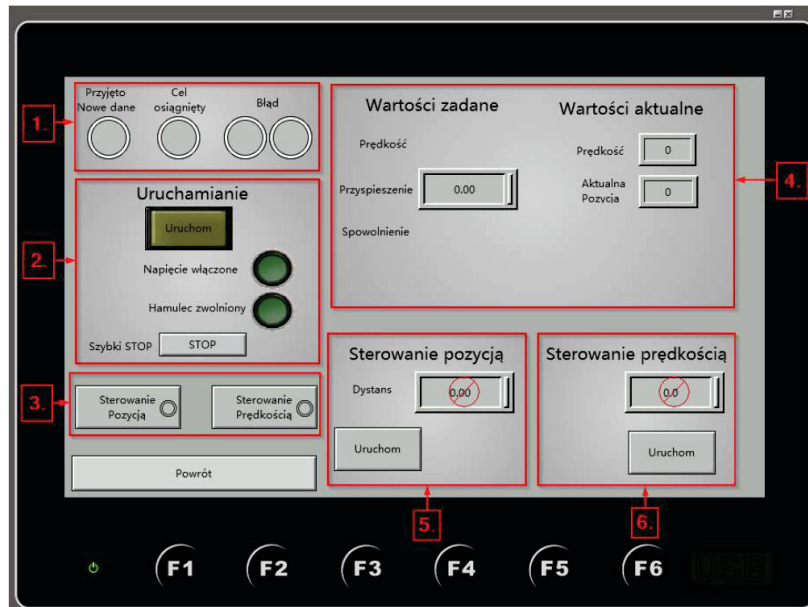
Rysunek 10. Wizualizacja okna Menu stanowiska

Przechodząc przykładowo do okna Tryb Manualny (rys. 11) wyświetla się okno umożliwiające wybór jednego z serwo motorów, którym chcemy sterować. Następnie po wyborze, któregoś z nich przechodzimy do czwartego, bądź piątego okna aplikacji, które są identyczne, a różnią się tylko elementem wykonawczym. Aplikacja manualna składa się z następujących elementów:

- Kontrolki sygnalizujących przyjęcie danych oraz powstanie błędów (1),
- przycisków uruchamiających serwonapęd oraz kontrolki sygnalizującymi ich stan (2),
- przycisków wyboru trybu pracy serwomechanizmu (3),
- okno umożliwiające zadanie wartości oraz odczyt aktualnych wartości (4),



- okienko dodatkowe, dedykowane pod konkretny rodzaj pracy urządzenia umożliwiające wprowadzenie dodatkowych potrzebnych parametrów do uruchomienia danego trybu (5,6).



Rysunek 11. Wizualizacja manualnego trybu pracy serwonapędu z podziałem na poszczególne części

## 2.5. Montaż stanowiska

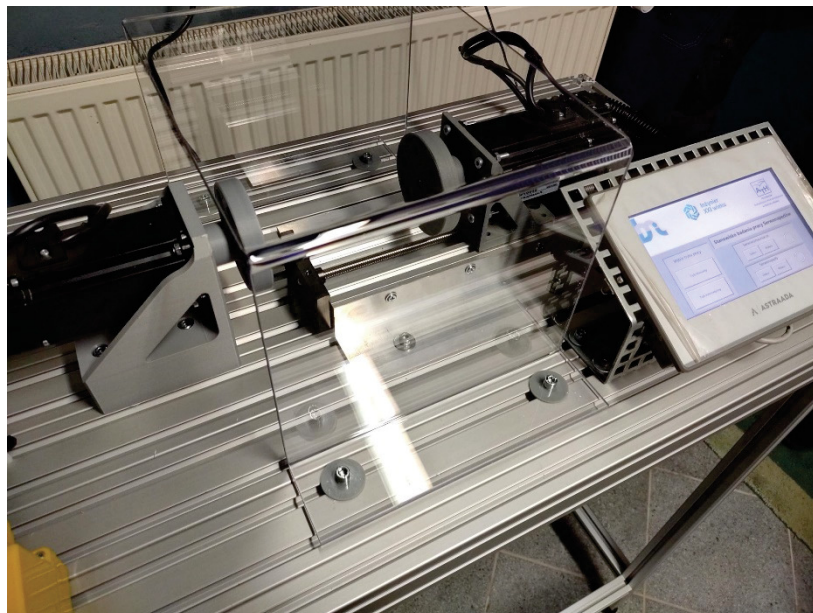
Wszystkie zaprojektowane podzespoły wykonano i zmontowano. Na rysunkach 12, 13 oraz 14 przedstawiono gotowe stanowisko.



Rysunek 12. Stanowisko badawcze – płyta górna



*Rysunek 13. Stanowisko badawcze – układ sterowania oraz zasilania*



*Rysunek 14. Stanowisko badawcze*

### 3. Badania doświadczalne

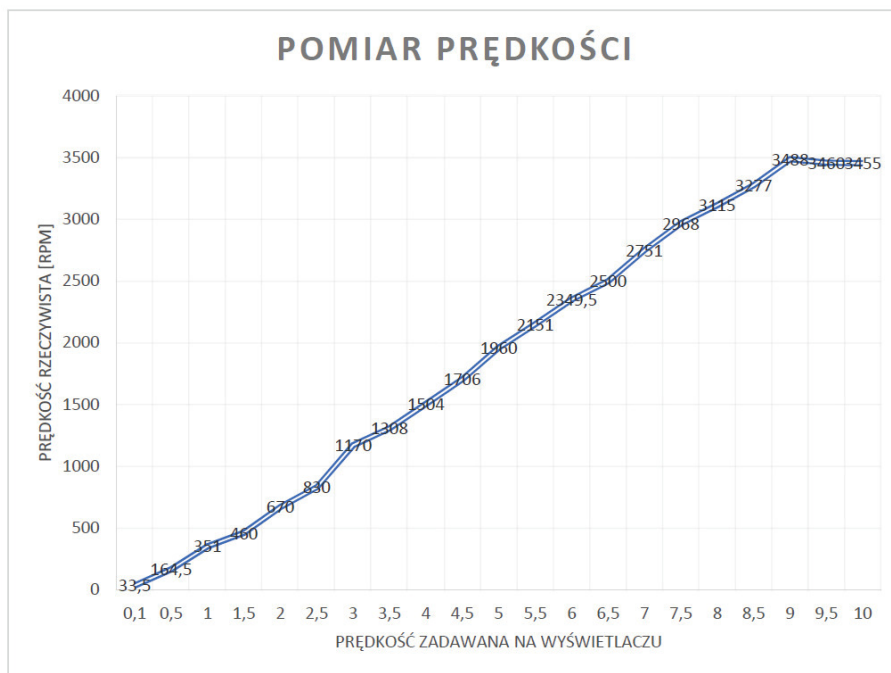
#### 3.1. Badanie prędkości przy pomocy tachometru

W celu określenia różnicy pomiędzy prędkością rzeczywistą, a zadawaną przy pomocy bloków odpowiedzialnych za ruch wykorzystano cyfrowy Tachometr laserowy firmy PeakTech o modelu 2795. Pozwolił on na pomiar prędkości w obrotach na minutę (RPM) z dokładnością  $\pm 0.05\%$ . Zastosowanie tego urządzenia umożliwia wykonanie pomiaru bezstykowo oraz stykowo, poprzez wykorzystanie dodatkowych końcówek, w zakresie od 2 RPM do 19 999 RPM [7].

Do przeprowadzenia badania wykorzystano serwonapęd stały, który uruchomiono z wyświetlacza w trybie manualnym, gdzie został wybrany ruch w trybie prędkości. Za pomocą okna aplikacji zadano parametry pracy tj. przyspieszenie oraz spowolnienie.

Następnie zadano prędkość i uruchomiono serwonapęd. Przed rozpoczęciem ruchu urządzenia przykładano tachometr do powierzchni bocznej tarczy i przygotowano do dokonania pomiaru. Po rozpędzeniu serwonapędu do zadanej wartości dokonywano odczytu wartości z tachometru. Dokonano 20 pomiarów z zakresu ustawianego od 0,5 do 10.

Na podstawie uzyskanych danych sporządzono wykres przedstawiający zależność pomiędzy wartościami zadawanymi, a tymi zmierzonymi tachometrem.



Rysunek 15. Wykres zależności wartości zadanych w funkcji wartości rzeczywistych

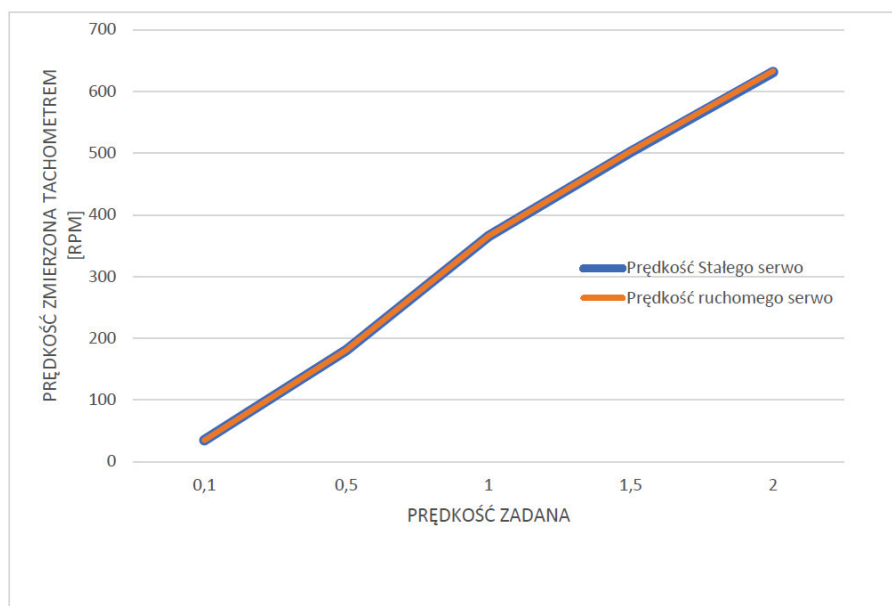
Po przeanalizowaniu otrzymanych wyników stwierdzono, że różnica pomiędzy wartościami zmierzonymi fizycznie, a zadawanymi z panelu wynosi 369,63 RPM. Ponadto określono, że pomiędzy kolejnymi pomiarami prędkości jej wzrost wynosi

średnio 195 RPM. Zauważono również, że serwowator jest w stanie osiągnąć prędkość większą niż deklaruje to producent, a największa zmierzona wartość wynosi 3488 RPM.

### 3.2. Badanie pracy synchronicznej przy pomocy tachometru

Następnie przeprowadzono badanie mające na celu sprawdzenie przy pomocy tachometru oraz automatycznego trybu pracy urządzeń jakość synchronizacji pomiędzy stałym, a ruchomym serwo silnikiem. Tak jak poprzednio skorzystano z tachometru Peaktech 2795. W trybie pracy automatycznej na wyświetlaczu zadano parametry przyspieszenia, spowolnienia, prędkości oraz czasu po czym uruchamiano działanie i poprzez przyłożenie tachometru najpierw do tarczy stałego serwowatora, a następnie ruchomego. Dla otrzymanych wyników określono błąd bezwzględny oraz względny, przyjmując wartości prędkości serwo silnika stałego, jako tą nadrzędną, a wartość prędkości silnika ruchomego, jako tą, która dąży do wartości tego pierwszego.

Z otrzymanych wyników można wywnioskować, że wraz z zwiększającą się prędkością obrotową zwiększa się również różnica pomiędzy wartościami prędkości pomiędzy urządzeniami. Jednakże można zauważyć, że średnio błąd względny wynosi 0,20%. Ponadto pomiary nie zostały przeprowadzone w całym zakresie prędkości, co jest spowodowane powstaniem dużych drgań na mocowaniu ruchomego serwowatora, dlatego nie jest możliwe określenie dokładnych fizycznych różnic pomiędzy wartościami prędkości.

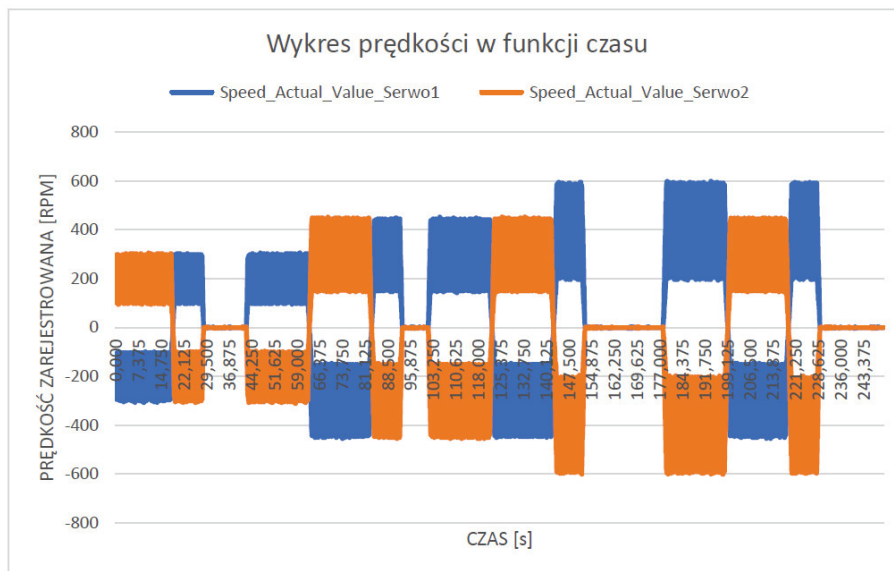


Rysunek 16. Wykres zależności prędkości zmierzonej w funkcji prędkości zadanej

### 3.3. Badanie pracy synchronicznej urządzeń przy pomocy obiektu Trace w Codesys

Jako ostatnie przeprowadzono badanie prędkości urządzeń podczas pracy synchronicznej wykorzystując dane rejestrowane w aplikacji CodeSys. W tym celu dodano obiekt typu Trace, który pozwala na nagrywanie zmian wartości zmiennych w czasie rzeczywistym. Następnie otrzymane dane można wyeksportować do pliku typu Excel w celu przeprowadzenia analizy, weryfikacji oraz optymalizacji otrzymanych wyników.

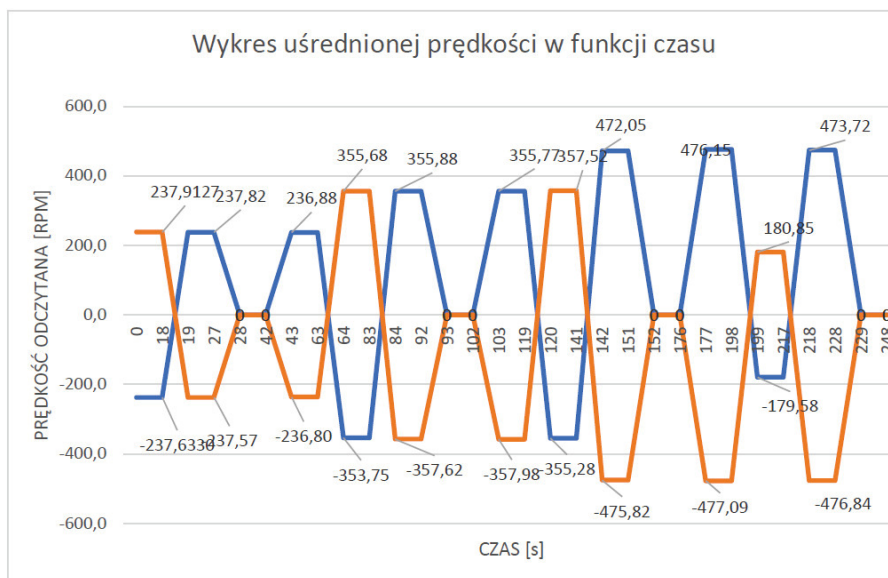
W celu przeprowadzania badań dodano dwie zmienne Speed\_Actual\_Value\_Serwo1 oraz Speed\_Actual\_Value\_Serwo2, których wartości zostały odczytywane co 25ms. Badanie polegało na wykonaniu czterech cykli pracy automatycznej z różnymi wartościami prędkości oraz kierunkiem obrotów urządzeń uruchamianych oraz zadawanych z wyświetlacza. Nagrane dane podczas przeprowadzonego badania zostały przedstawione na wykresie poniżej.



Rysunek 17. Wykres zależności prędkości w funkcji czasu

Jak widać na wykresie wartości prędkości ulegają ciągłej oscylacji przez co, odczyt danych jest utrudniony. W związku z czym podjęto próbę uśrednienia otrzymanych wartości. Po przefiltrowaniu danych oraz po ich uśrednieniu otrzymano wyniki przedstawione na wykresie poniżej.





*Rysunek 18. Wykres zależności prędkości w funkcji czasu z uśrednionymi wartościami*

Ponadto dane te zostały zapisane również w formie tabeli w celu określenia błędów pomiędzy wartościami prędkości obu urządzeń.

*Tabela 1. Uśrednione wartości prędkości oraz błąd bezwzględny i względny pomiędzy ich wartościami*

Cykl	Uśredniona prędkość serwonapędu		Błąd bezwzględny	Błąd względny
	stałego	ruchomego		
1	-237,63	237,91	0,28	0,12%
	237,82	-237,58	0,25	0,11%
2	236,88	-236,80	0,08	0,04%
	-353,75	355,68	1,93	0,55%
3	355,88	-357,62	1,74	0,49%
	355,77	-357,98	2,21	0,62%
4	-355,28	357,52	2,24	0,63%
	472,05	-475,82	3,77	0,80%
4	476,15	-477,09	0,94	0,20%
	-179,58	180,85	1,27	0,71%
	473,72	-476,84	3,12	0,66%



Można z nich wywnioskować, że podczas uruchomienia cyklu błąd pomiędzy wartościami jest najmniejszy. Ponadto podczas zmiany kierunku ruchu urządzenia z zachowaniem tej samej wartości prędkości powstały błąd jest zbliżony do wartości otrzymanych wcześniej. Zauważono również, że zwiększenie prędkości wraz ze zmianą kierunku ruchu powoduje powstanie większego błędu pomiędzy wartościami prędkości.

Porównując dane otrzymane w poprzednim badaniu, w którym wykorzystano do pomiarów tachometr można zauważyć, że błąd pomiędzy wartościami odczytanymi z wykorzystaniem obiektu typu Trace osiąga większe wartości niż ten mierzony fizycznie. Przyczyna wpływająca na powstałe różnice ma związek z niedokładnością przeprowadzonych pomiarów z wykorzystaniem tachometru wynikających z drgań zauważonych podczas pracy serwowymotoru ruchomego.

#### 4. Podsumowanie

W ramach niniejszej pracy wykonano projekt oraz zmontowano laboratoryjne stanowisko do badania serwonapędów. W pracy wykorzystano system Inventor do wykonania modelu 3D stanowiska oraz przygotowania dokumentacji technicznej. Poszczególne elementy wykonano tradycyjnymi metodami oraz wykorzystując technologie druku 3D.

Przygotowano dokumentację elektryczną wspomagając się programem PCSHEMATIC. Przygotowano wizualizację oraz komunikację pomiędzy poszczególnymi podzespołami.

Przeprowadzono wstępne badania doświadczalne. Stanowisko może posłużyć do przeprowadzania badań związanych z pracą zarówno pojedynczego urządzenia, jak i urządzeń pracujących w zespole. Analizując otrzymane wyniki badań można stwierdzić, że poziom błędów w zakresie synchronizacji jest niewielki.

Jednakże urządzenia nie działały pod obciążeniem, co daje możliwość wykorzystania istniejącego stanowiska do dalszych badań związanych z parametrami pracy serwonapędów.

#### LITERATURA

1. KOSMOL J.: Serwonapędy obrabiarek sterowanych numerycznie, WNT, Warszawa 1998.
2. MUSIAŁ M., CHRAPEK K., GŁÓWKA M.: Synchronizacja pracy serwonapędów AC w realizacji złożonych ruchów elementów wykonawczych robotów i maszyn, Konferencja Przemysł 4.0 a Zarządzanie i Inżynieria Produkcji, Zakopane 2013.
3. MICHTA D., SZMIDT A., KACZMARSKA B.: Uniwersalność druku 3D w technologii FDM, Research Gate 2017.
4. MORECKI A., KNAPCZYK J.: Podstawy robotyki: Teoria i elementy manipulatorów i robotów, WNT, Warszawa 1999.
5. Serwis internetowy firmy Astor: <https://www.astor.com.pl/>, 01.02.2022.

6. Karta katalogowa Astraada One Compact ECC2100:  
*<http://www.astor.com.pl/sklep/catalog/product/view/id/499/s/253000200/category/1011/>, 16.01.2022.*
7. PeakTech 2795 Operation Manual:  
*<https://www.manualslib.com/manual/1275967/Peaktech-2795.html>, 25.01.2022.*
8. JAWORSKA M.: Serwonapędy dla inżyniera: *<https://automatykab2b.pl/temat-miesiaca/50900-serwonapedy-dla-inzyniera/strona/4-rynek-serwonapedow-ma-duzy-potencjal>, 25.01.2022.*
9. KWAŚNIEWSKI J., DOMINIK I., LALIK K., KOZEK M.; Serwonapędy Siemens w praktyce inżynierskiej. Legionowo: Wydawnictwo BTC, 2020.