

## **MD-520P**

Serwomechanizm położenia z silnikiem DC

Instrukcja użytkownika, DTR

# **INSTRUKCJA**

## Spis treści

1. Charakterystyka stanowiska.....	3
1.1. Zastosowania:.....	3
1.2. Budowa stanowiska.....	3
1.3. Silnik prądu stałego.....	7
1.4. Kontroler silnika DC ME-104.....	9
1.5. Enkoder.....	10
1.6. Sygnały wejściowe i wyjściowe sterownika PLC.....	11
2. Instrukcja BHP.....	12
2.1. Wskazówki ogólne.....	12
2.2. Sterowanie silnikiem DC – program demonstracyjny.....	12
2.3. Konserwacja i przechowywanie stanowiska.....	12
2.4. Bezpieczeństwo pracy z urządzeniami elektrycznymi.....	13
2.5. Modernizacja stanowiska przez użytkownika.....	13
3. Ćwiczenia.....	14
3.1. Ćwiczenie nr 1. Identyfikacja elementów, zapoznanie ze stanowiskiem.....	14
3.2. Ćwiczenie nr 2. Sterowanie prędkością obrotową silnika.....	15
3.3. Ćwiczenie nr 3. Obsługa enkodera.....	15
3.4. Ćwiczenie nr 4. Serwomechanizm położenia.....	16
3.5. Ćwiczenie nr 5. Serwomechanizm prędkości.....	16
4. Załączniki.....	17

## 1. Charakterystyka stanowiska

Stanowisko dydaktyczne MD-520P umożliwia realizację ćwiczeń z zastosowaniem serwomechanizmu położenia. Układ tworzą silnik prądu stałego połączony z enkoderem inkrementalnym za pomocą taśmy ze znacznikiem położenia.

Sygnałami wyjściowymi są sygnały z enkodera inkrementalnego.

Stanowisko współpracuje ze sterownikami PLC i umożliwia tworzenie algorytmów sterowania położeniem.

### 1.1. Zastosowania:

- Zapoznanie się z układem sterowania oraz układem realizującym proces regulacji
- Zapoznanie się z zasadami działania regulatorów dwustawnych, P, PI.
- Nabycie umiejętności związanych z rozwiązywaniem praktycznych problemów inżynierskich.

### 1.2. Budowa stanowiska

Na Rys. 1 przedstawiono budowę przykładowego stanowiska z serwomechanizmem położenia .



Rys. 1: Stanowisko dydaktyczne z serii MD-520P

**Stanowisko MD-520P składa się z:**

- **K1:** Sterownik PLC **S7-1200 1215C DC/DC/DC (6ES7215-1AG40-0XB0))**
- Przewód komunikacyjny 1x Ethernet
- Oprogramowanie sterownika PLC: Step7 Basic
- **A1:** Panel operatorski HMI Simatic KTP400, Siemens
- Przyciski i kontrolki sterownicze na szynę TH-35:
  - **S1:** przycisk podwójny z podświetleniem: monostabilny ze stykiem NO zielony S1.S0, przycisk monostabilny ze stykiem NC czerwony S1.S1, lampka w kolorze zielonym S1.P;
  - **S2:** przycisk monostabilny ze stykiem NO żółty z podświetleniem;
  - **S3:** przycisk bez samoczynnego powrotu ze stykiem NC, grzybowy, awaryjny ;
  - **S4:** przycisk monostabilny ze stykiem NO czarny;
  - **S5:** przełącznik pokrętny 2-pozycyjny 2xNO, pokrętny;
- **M1:** Silnik prądu stałego **24 V DC**
- **T2:** Kontroler silnika DC, ME-104 dopasowany do silnika, montaż TH-35.
- **B1:** Enkoder inkrementalny (400 impulsów/obr).
- Taśma ze znacznikiem – 1 szt.
- Osłona serwomechanizmu ze skalą – 1 szt.
- Listwa zasilająca WAGO – 1 kpl.
- **Q1:** wyłącznik główny stanowiska,
- **F1:** wyłącznik różnicowo-nadprądowy B10, 30mA,
- **T1:** zasilacz 24V DC, 60W;
- **K2:** switch przemysłowy 24 V DC;
- Konstrukcja stanowiska z profili aluminiowych
- Elementy łączeniowe i konstrukcyjne niezbędne do poprawnej pracy stanowiska
- Zasilanie stanowiska: sieciowe 230 V AC

Na Rys.2. przedstawiono ekran główny panela operatorskiego KTP400.

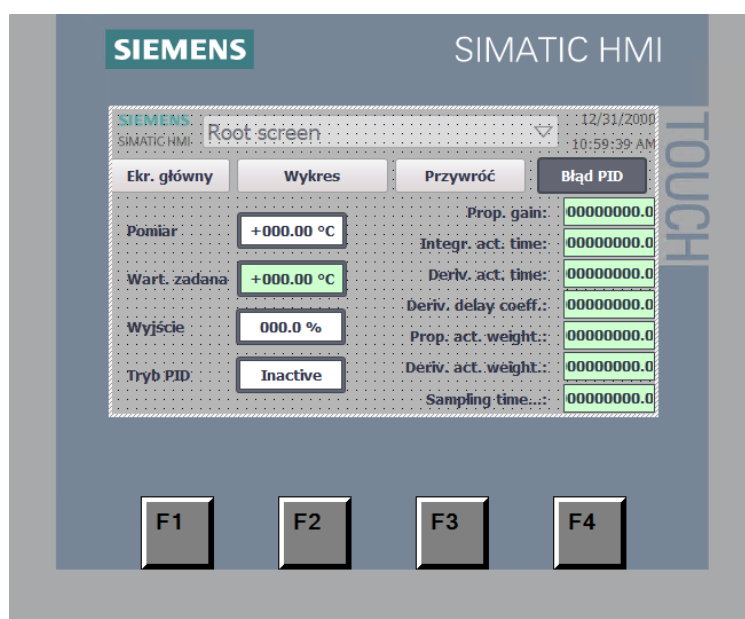
Pola zielone – możliwość edycji parametrów:

- *Wartość zadana [°C]*

- Parametry konfiguracyjne wbudowanego regulatora PID:
  - *Prop. gain* – wzmacnienie,
  - *Int.act.time* – czas opóźnienia,
  - *Deriv. act. time* – czas wyprzedzenia,
  - *Deriv. delay coeff.*
  - *Prop. act. weight*
  - *Deriv. act. weight*
  - *Sampling time*

Pola białe — prezentacja wartości:

- *Pomiar* – wartość mierzona,
- *Wyjście [%]* - sygnał sterujący,
- *Tryb PID* – informacja o rodzaju pracy regulatora (tryb ręczny, tryb autotunig itp.)

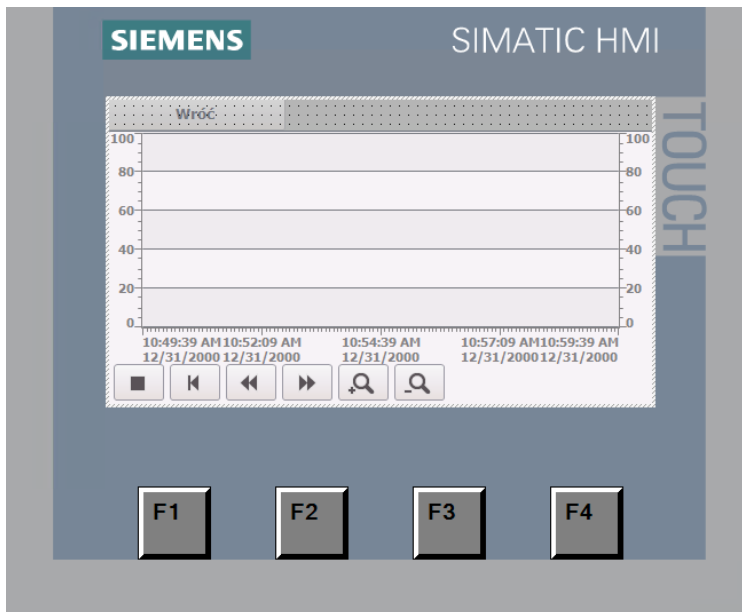


Rys. 2: Ekran główny na panelu HMI

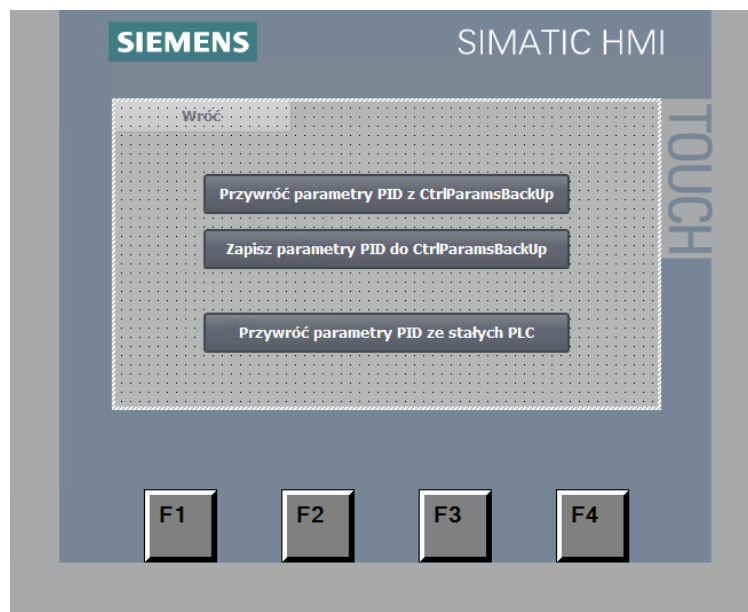
Przyciski na ekranie:

- *Wykres* – przejście do ekranu wykresu (Rys. 3.);
- *Przywróć* – przejście do ekranu przywracania parametrów domyślnych regulatora PID (Rys.4.);

- *Błąd PID* – wyświetlanie informacji o błędach regulatora i kasowanie błędów.



Rys. 3: Ekran Wykres



Rys. 4: Ekran Przywróć

### 1.3. Silnik prądu stałego

Na stanowisku wykorzystano silnik prądu stałego RH158.200.24 (Rys. 5), oznaczony na schemacie elektrycznym jako M1.



Rys. 5: Silnik prądu stałego RH158.200.24, źródło: [www.micromotors.eu](http://www.micromotors.eu)

Cechy rodziny silników RH:

- Możliwość montażu w różnych pozycjach.
- Kierunek obrotów zależy od polaryzacji.
- Maksymalne obciążenie promieniowe wału: 50N.
- Maksymalne obciążenie osiowe wału: 10 N.
- Zakres temperatury pracy: od -20°C do 60°C.
- Waga: około 190 g

Parametry użytkowe silnika zebrano w poniższej tabeli.

Parametr		Wartość	Jednostka
Napięcie znamionowe		24	V
Moment znamionowy		100	Ncm
Przełożenie		198,5:1	
Prędkość	bez obciążenia	33	obr/min
	przy obciążeniu znamionowym	23	
Prąd	bez obciążenia	<70	mA
	przy obciążeniu znamionowym	290	



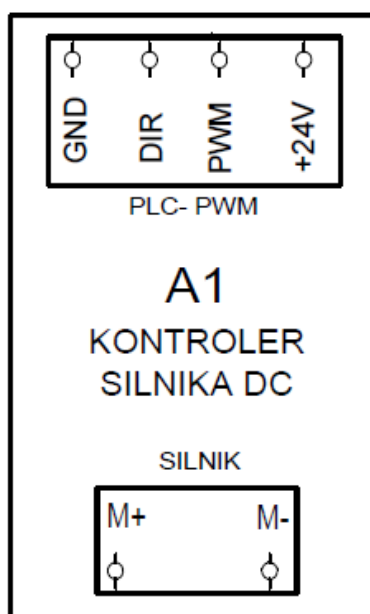


#### 1.4. Kontroler silnika DC ME-104

Kontroler silnika DC ME-104 kontroluje kierunek oraz wartość prądu płynącego przez silnik M1. Jest on sterowany przez sterownik PLC, który generuje sygnały 24 V DC:

- sygnał kierunku DIR
- sygnał PWM, częstotliwość od DC (włącz/wyłącz) do 10 kHz, zalecana 1 kHz.

Schemat wyprowadzeń kontrolera przedstawiono na Rys. 10.



Rys. 6: Kontroler ME-104

Kontroler silnika jest zbudowany na układzie DRV8801 Texas Instruments, który integruje w sobie m.in. mostek H i kontrolę prądu.

Kontroler posiada dwa złącza sygnałowe:

- X1 (PLC-PWM) – podłączenie zasilania oraz wejście sygnałów sterujących, kolejno:
  - GND – masa zasilania i sygnałów,
  - DIR – wejście sygnału PNP 5/24 V,
  - PWM – wejście sygnału PNP 5/24 V,
  - 24V – plus zasilania.
- X2 (M+ M-) – podłączenie obciążenia, uzwojeń silnika, kolejno:
  - M+
  - M-

Sygnał wysoki na wejściu PWM powoduje uaktywnienie obwodów wyjściowych.

Gdy sygnał DIR jest wysoki, prąd będzie przepływał od wyprowadzenia M+ do M-.

Gdy sygnał DIR jest niski, prąd będzie przepływał od wyprowadzenia M- do M+.

### 1.5. Enkoder

Na stanowisku zastosowany został enkoder inkrementalny N38G6-400-BM-8-30F2 (Rys. 7) z wyjściami A, B oraz Z (nieużywane). Jest on połączony z wałem wyjściowym silnika przez pasek zębany i daje 400 impulsów na obrót.

Zastosowany enkoder jest wyposażony w wyjścia typu push-pull o napięciu 24V.



Rys. 7: Enkoder inkrementalny N38G6-400-BM-8-30F2

W tabeli przedstawiono parametry enkodera:

Lp.	Parametr	Wartość
1.	Rozdzielczość	400 impulsów / obrót
2.	Sygnały wyjściowe	A, B, Z
3.	Napięcie zasilania Vcc [V DC]	8 - 30
4.	Rodzaj wyjścia	push-pull
5.	Pobór prądu [mA]	< 150
6.	Max obciążenie prądowe [mA]	30

Lp.	Parametr	Wartość
7.	Stan wysoki sygnału [V]	$\geq 0,7V_{cc}$
8.	Stan niski sygnału [V]	0,5
9.	Max częstotliwość [kHz]	150
10.	Max siła promieniowa [N]	20
11.	Max siła osiowa [N]	10
12.	Optymalna prędkość pracy [obr/min]	5000

## 1.6. Sygnały wejściowe i wyjściowe sterownika PLC

Według dokumentacji elektrycznej stanowiącej załącznik do niniejszej instrukcji.

## 2. Instrukcja BHP

### 2.1. Wskazówki ogólne

1. Przed przystąpieniem do pracy należy zapoznać się z budową stanowiska dydaktycznego oraz rolą poszczególnych elementów wykonawczych, oraz z dokumentacją elektryczną przykładowego połączenia.
2. Nie wolno włączać stanowiska bez instruktażu i zezwolenia osoby prowadzącej zajęcia dydaktyczne.
3. Zasilanie stanowiska: 230 V AC
4. Nie wolno dotykać ruchomych części mechanicznych np. **wału silnika**, gdy stanowisko jest podłączone do zasilania.

#### **Zachowaj ostrożność!**

**Na stanowisku występują ruchome części mechaniczne takie jak wał silnika.**

**Nie wolno dotykać ruchomych części mechanicznych, gdy stanowisko jest podłączone do zasilania.**

### 2.2. Sterowanie silnikiem DC – program demonstracyjny

- Przycisk **S1** – załączanie/wyłączanie pracy stanowiska
- Przełącznik 3-pozycyjny **S3** umożliwia sterowanie silnikiem DC:
  - pozycja I (lewe położenie) – zmniejszanie wartości zadanej
  - pozycja 0 (neutralna) – brak sterowania silnikiem
  - pozycja II (prawe położenie) – zwiększanie wartości zadanej
- Przycisk czarny **S2** – zmiana wartości zadanej o 1000

### 2.3. Konserwacja i przechowywanie stanowiska

1. Stanowisko należy przechowywać w pomieszczeniu zamkniętym.
2. W celu zabezpieczenia stanowiska przed nadmiernym zabrudzeniem należy regularnie przecierać konstrukcję delikatnie zwilżoną szmatką/gąbką i przedmuchiwać sprężonym powietrzem.

## 2.4. Bezpieczeństwo pracy z urządzeniami elektrycznymi

1. Należy przestrzegać ogólnych przepisów użytkowania instalacji oraz szczegółowych zaleceń eksploatacyjnych urządzeń elektrycznych i elektronicznych.
2. Napięcie bezpieczne (robocze i dotyku) w zależności od warunków środowiskowych wynosi:
  - dla prądu przemiennego:
    - 50 V (pomieszczenia suche),
    - 25 V (pomieszczenia mokre i gorące);
  - dla prądu stałego:
    - 120 V (pomieszczenia suche),
    - 60 V (pomieszczenia mokre i gorące).
3. Skutki oddziaływania prądu przemiennego na człowieka:
  - $I > 25 \text{ mA}$  – początek skurczów mięśni;
  - $I > 70 \text{ mA}$  – początek migotania komórek sercowych;
  - $I > 200 \text{ mA}$  – migotanie komórek serca (skurcz mięśni sercowych – ograniczenie krążenia krwi);
  - $I > 3 \text{ A}$  – paraliż i zatrzymanie pracy serca;
  - $I > 5 \text{ A}$  – zwęglenie tkanek organizmu.
4. Osobie, która uległa porażeniu prądem elektrycznym, należy bezzwłocznie udzielić pierwszej pomocy!

## 2.5. Modernizacja stanowiska przez użytkownika

5. Producent wyraża zgodę na wprowadzenie samodzielnych zmian instalacji elektrycznej na stanowisku przez użytkownika.
6. Przed dokonaniem zmian na stanowisku wymagane jest zapoznanie się z dokumentacją elektryczną stanowiska udostępnioną przez Producenta.
7. Wszelkie zmiany elektryczne na stanowisku powinny być wykonywane z poszanowaniem dobrych praktyk, obowiązującymi przepisami, normami oraz zasadami wiedzy technicznej.
8. Wszelkie zmiany elektryczne wykonane przez użytkownika są wykonywane na jego własną odpowiedzialność i ryzyko.

### 3. Ćwiczenia

---

#### 3.1. Ćwiczenie nr 1. Identyfikacja elementów, zapoznanie ze stanowiskiem

##### Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest zapoznanie się z budową stanowiska oraz funkcjami poszczególnych elementów wykonawczych.

##### Program ćwiczenia

1. Podłącz zasilanie do stanowiska. Podłącz sygnały PWM i DIR do wyjść ( tranzystorowych) sterownika PLC. Upewnij się, że sygnał PWM jest podłączony do wyjścia obsługującego taki tryb pracy.
2. Użyj monitora pracy sterownika (lub napisz odpowiedni program), żeby włączać i wyłączać silnik oraz kontrolować kierunek jego obrotów.
3. Podłącz sygnały enkodera do odpowiednich (licznikowych) wejść sterownika PLC. Obserwuj zmianę sygnałów podczas ruchu wału enkodera.

### 3.2. Ćwiczenie nr 2. Sterowanie prędkością obrotową silnika

#### Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest zapoznanie się sposobem sterowania prędkością obrotową silnika przy użyciu funkcji PWM. Dodatkowo poznanie teorii modulacji impulsu.

#### Program ćwiczenia

1. Napisz program, w którym wykorzystasz wbudowaną w sterownik obsługę wyjść PWM do sterowania prędkością silnika. Ustaw częstotliwość pracy na około 1 kHz. Niech wartość prędkości będzie przechowywana w zmiennej programowej, a nie wpisana na sztywno.
2. Zmieniaj wypełnienie w zakresie 10%...100%. Obserwuj pracę silnika podczas zwiększania i zmniejszania sygnału sterującego. Zwróć uwagę na minimalny sygnał przy którym nastąpi ruszenie zatrzymanego silnika oraz zatrzymanie pracującego.
3. Pamiętaj o możliwości zmiany kierunku obrotów silnika.

### 3.3. Ćwiczenie nr 3. Obsługa enkodera

#### Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest przygotowanie enkodera do pracy.

#### Program ćwiczenia

1. Skonfiguruj sterownik tak, aby wejścia licznikowe, do których jest podłączony enkoder, pracowały jako licznik impulsów. Użyj projektu/programu z poprzedniego ćwiczenia.
2. Zmieniaj prędkość oraz kierunek obrotów silnika i obserwuj wartość licznika. W jakim formacie jest zwracana wartość (ile bitów? znak?) i jaki jest zakres?
3. Skonfiguruj sterownik tak, aby wejścia licznikowe, do których jest podłączony enkoder, pracowały jako miernik częstotliwości. Użyj projektu/programu z poprzedniego ćwiczenia.
4. Zmieniaj prędkość oraz kierunek obrotów silnika i obserwuj zmierzoną częstotliwość. W jakim formacie jest zwracana wartość (ile bitów? znak?) i jaki jest zakres?

### 3.4. Ćwiczenie nr 4. Serwomechanizm położenia

#### Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest implementacja serwomechanizmu położenia.

#### Program ćwiczenia

1. Skonfiguruj sterownik do sterowania prędkością i kierunkiem obrotów silnika oraz zliczania pozycji enkodera.
2. Napisz program, w którym zaimplementujesz regulator trójpółożeniowy. Powinien on obliczać różnicę między wartością licznika a zadaną pozycją – uchyb regulacji. Jeśli uchyb jest większy od pewnej wartości progowej, to powinien zostać załączony silnik. Pamiętaj o uwzględnieniu znaku uchybu i kierunku obrotów silnika. Prędkość pracy silnika może być stała, niezależna od uchybu.
3. Przetestuj program dla różnych wartości progu zadziałania i prędkości silnika.
4. Napisz program, w którym zaimplementujesz regulator P:
  1. Wprowadź współczynnik proporcjonalności regulatora P, przez który pomnożysz uchyb.
  2. Wyznacz wartość bezwzględną iloczynu i odpowiednio określ jej zakres – dolny próg załączenia oraz maksymalną wartość, jaką można podać na wyjście PWM.
  3. Wyznacz znak iloczynu i użyj go do określenia kierunku obrotów silnika
5. Przetestuj program dla różnych wartości współczynnik proporcjonalności P i progu zadziałania.
6. 5. Rozszerz program do regulatora PI. W tym celu na przykład dopisz kod, który będzie okresowo (np. co 100 ms) dodawał uchyb do zmiennej tworzącej całkę. Pamiętaj w przemnożeniu pierw uchybu przez współczynnik opóźnienia I. Na koniec dodaj wartość całki i wyjścia członu P. Jak poprzednio pamiętaj o sformatowaniu wyniku – określ dolny próg załączenia oraz maksymalną wartość, jaką można podać na wyjście PWM.
7. Przetestuj program dla różnych wartości współczynnika opóźnienia I, proporcjonalności P i progu zadziałania.

### 3.5. Ćwiczenie nr 5. Serwomechanizm prędkości

#### Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest implementacja serwomechanizmu prędkości.

#### Program ćwiczenia

1. Skonfiguruj sterownik do sterowania prędkością i kierunkiem obrotów silnika oraz pomiaru prędkości wału enkodera.
2. Napisz kolejne regulatory jak w przypadku serwonapędu położenia.



## 4. Załączniki

---

1. Dokumentacja elektryczna stanowiska
2. *Kod programu na sterownik PLC i panel HMI*