



**POLITECHNIKA  
RZESZOWSKA**  
im. IGNACEGO ŁUKASIEWICZA



**WYDZIAŁ  
BUDOWY MASZYN  
I LOTNICTWA**  
POLITECHNIKI RZESZOWSKIEJ

## KATEDRA TECHNIK WYTWARZANIA I AUTOMATYZACJI

Przedmiot:

**Napęd i sterowanie maszyn**

Temat  
ćwiczenia:

Napęd mechaniczny z silnikiem krokowym

Numer ćwiczenia:  
**1**

### 1. Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest zapoznanie się z budową, zasadą działania oraz cechami charakterystycznymi układu napędu z silnikiem krokowym stosowanych we współczesnych obrabiarkach CNC. Ponadto student może zapoznać się z nowoczesnymi układami sterującymi wykorzystującymi sterownik PLC oraz ich możliwościami w zakresie programowego sterowania położeniem i prędkością z wykorzystaniem rozkazów standardu kodowania ISO CNC.

### 2. Przebieg ćwiczenia

1. Uruchomić układ pod nadzorem prowadzącego ćwiczenia.
2. Przeprowadzić konfigurację układu zgodnie z instrukcją stanowiskową.
3. Wykonać procedurę najazdu na punkt referencyjny.
4. Napisać program sterujący, zawierający tor ruchu podany przez prowadzącego.
5. Dokonać obserwacji pracy napędu w zakresie różnych wartości prędkości ruchu.
6. Zmienić tryb pracy sterownika silnika krokowego na mikrokrok z wartością podziału.
7. Dokonać ponownej obserwacji pracy napędu w zakresie różnych wartości prędkości ruchu.

### 3. Wytyczne do opracowania sprawozdania

Sprawozdanie studenci wykonują indywidualnie i samodzielnie.

Sprawozdanie powinno zawierać:

- datę ćwiczenia, grupę, imię i nazwisko osoby biorącej udział w ćwiczeniu,
- schemat blokowy stanowiska laboratoryjnego,
- napisany program sterujący wraz z komentarzami,
- opis procedury konfiguracji napędu i programowania,
- wnioski.

## SILNIK KROKOWY

Silniki krokowe umożliwiają łatwe sterowanie drogi i prędkości obrotowej w zakresie do kilkuset obrotów na minutę, zależnie od parametrów silnika i sterownika.

Charakterystyczną cechą silnika krokowego jest utrzymywanie rotora w zadanej pozycji. Silniki krokowe są stosowane tam, gdzie kluczowe znaczenie ma możliwość precyzyjnego sterowania ruchem, przy niewygórowanych wymaganiach dotyczących dynamiki:

- w ploterach i małych obrabiarkach CNC.
- w robotyce,
- w drukarkach, skanerach oraz ploterach,
- w napędach CD/DVD,
- w samochodach – np. ustalanie składu mieszanki,
- w mechanicznych urządzeniach regulacyjnych (np. zaworach automatycznych),
- w urządzeniach pomiarowych.

### Zalety:

1. Kąt obrotu silnika jest proporcjonalny do liczby impulsów wejściowych.
2. Silnik pracuje z pełnym momentem w stanie spoczynku (o ile uzwojenia są zasilane).
3. Precyzyjne pozycjonowanie i powtarzalność ruchu - dobre silniki krokowe mają dokładność ok. 3 - 5% kroku i błąd ten nie rośnie wraz z liczbą kroków.
4. Ze względu na brak szczotek - duża trwałość silnika, zależna od trwałości łożysk.
5. Możliwość sterowania w pętli otwartej, co umożliwia wykorzystanie go w serwonapędach bez kosztownych układów pomiaru położenia.
6. Szeroki zakres prędkości obrotowych, uzyskiwany dzięki temu, że prędkość jest proporcjonalna do częstotliwości impulsów wejściowych.

### Wady:

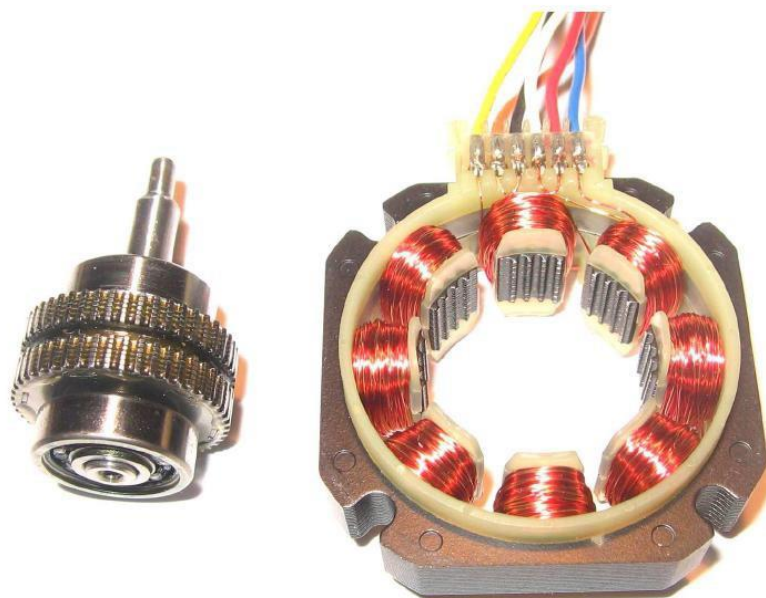
1. Rezonanse mechaniczne (brak płynności pracy), pojawiające się przy niewłaściwym sterowaniu (np. zbyt mały podział kroku).
2. Trudności przy pracy z dużymi prędkościami.

3. Przy źle dobranych warunkach pracy występuje zjawisko gubienia kroków.

4. Duży pobór prądu i związana z tym emisja ciepła (mała sprawność).

### Budowa silnika krokowego

Silnik krokowy składa się z rotora i stojana.



*Silnik hybrydowy firmy SANYO DENKI, typ: 103-556-0270*

Wyróżniamy kilka rodzajów silników krokowych prądu stałego, z których obecnie najpopularniejsze to:

- z magnesem stałym (PM),
- hybrydowy.

Silniki z magnesem stałym mają najczęściej niewielką rozdzielczość 24-48 kroków na obrót.

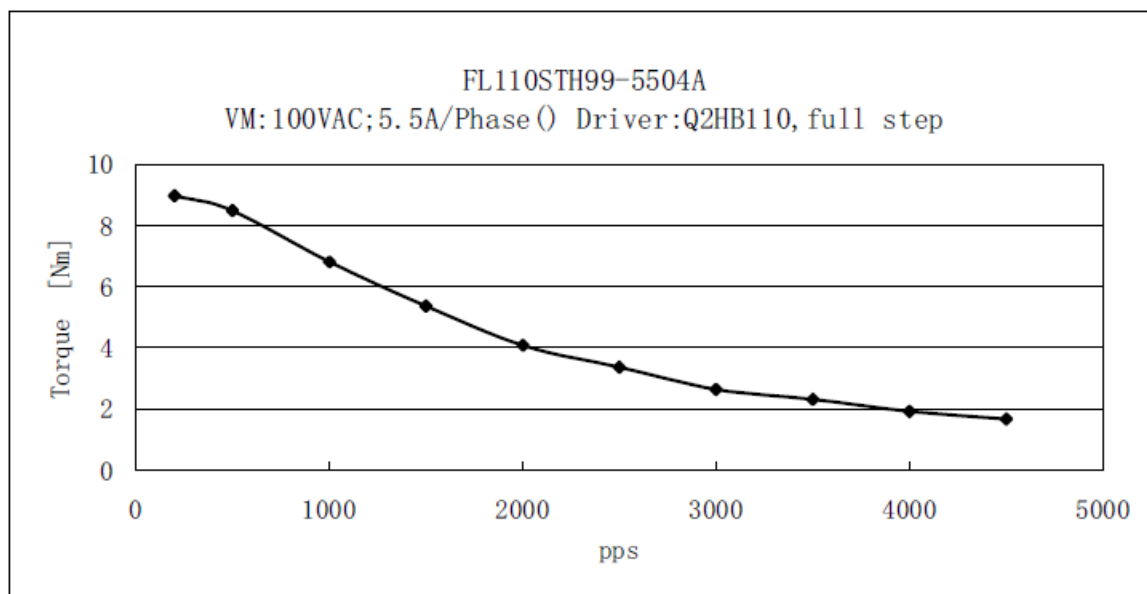
Napędy hybrydowe standardowo dysponują rozdzielczością 100-400 kroków na obrót.

Ich zaletą jest osiągnięcie wyższych momentów trzymających przy zbliżonych rozmiarach.

#### **Podstawowe parametry silnika:**

- Nominalne natężenie prądu, jakie można stosować, by nie przeciążać silnika.
- Rezystancja uzwojenia.
- Moment bezwładności rotora.

- Moment trzymający – moment nieruchomego silnika przy zasilaniu znamionowym prądem,
- Charakterystyka momentu silnika w funkcji liczby impulsów na s (pps).
- Maksymalna prędkość pracy (bez obciążenia).
- Prędkość start-stopowa.



Przykładowa charakterystyka mechaniczna silnika krokowego średniej mocy.

W przypadku napędzania określonego urządzenia maksymalna częstotliwość start-stopowa jest zależna od momentu obciążenia i można ją wyznaczyć z równania:

$$f = \frac{f_s}{\sqrt{1 + \frac{J_l}{J_r}}}$$

gdzie:

$f_s$  – maksymalna częstotliwość start/stop,

$J_l$  – bezwładność obciążenia,

$J_r$  – bezwładność rotora

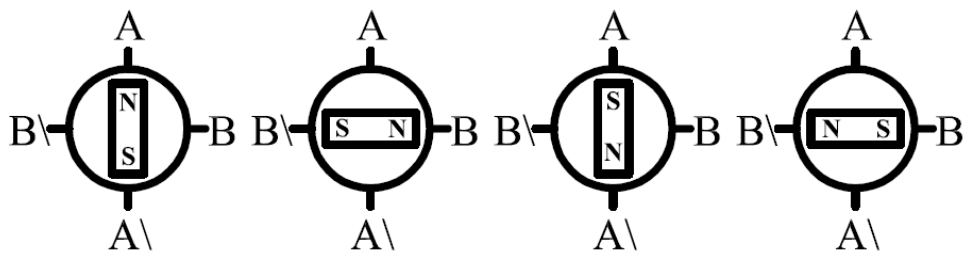
## STEROWANIE SILNIKAMI KROKOWYMI

Podstawowe stosowane obecnie rodzaje sterowań silników krokowych to:

- pełnokrokowe,
- półkrokowe,
- mikrokrokowe.

Przy sterowaniu **pełnokrokowym** jednocześnie pracują dwie fazy.

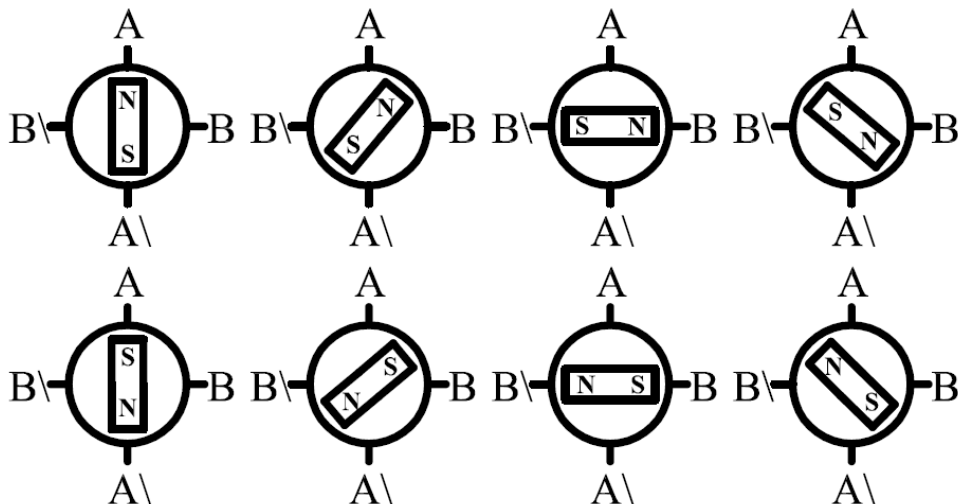
Kolejność pracy jest następująca :



AB-A'B-A'B'-AB'

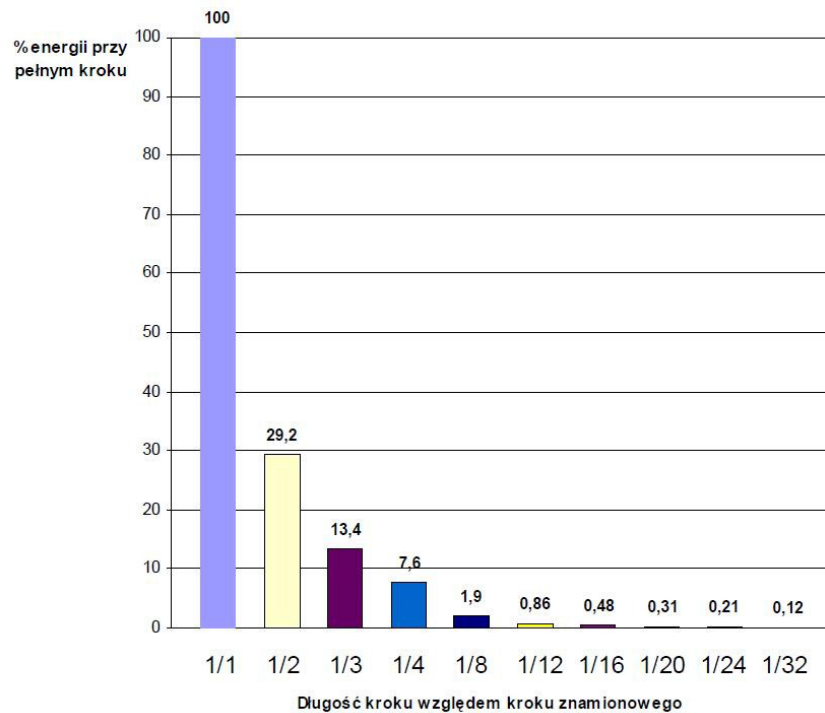
Sterowanie **półkrokowe** jest bardziej złożone. Stojan zasilany jest naprzemiennie na jedną, a następnie dwie fazy. Daje to w efekcie dwukrotnie mniejszy krok i pozwala na wyeliminowanie w dużym stopniu drgań mechanicznych silnika w trakcie pracy.

Schemat pracy w trybie półkrokowym:



AB-B-A'B-A'-A'B'-B'-AB'-A.

Sterowanie **mikrokrokowe** różni się od pełnokrokowego tym, że każdy krok podzielony jest na wiele mniejszych. Dzięki temu uzyskuje się przede wszystkim większą rozdzielczość, a co za tym idzie bardziej płynną pracę i zmniejszenie wpływu rezonansów silnika. W praktyce zadowalające rezultaty zmniejszenia wpływu rezonansu silnika uzyskuje się już przy podziale 1/8 i 1/16.



Częstotliwość własna każdego układu zależy od momentów bezwładności rotora i od momentu bezwładności obciążenia.

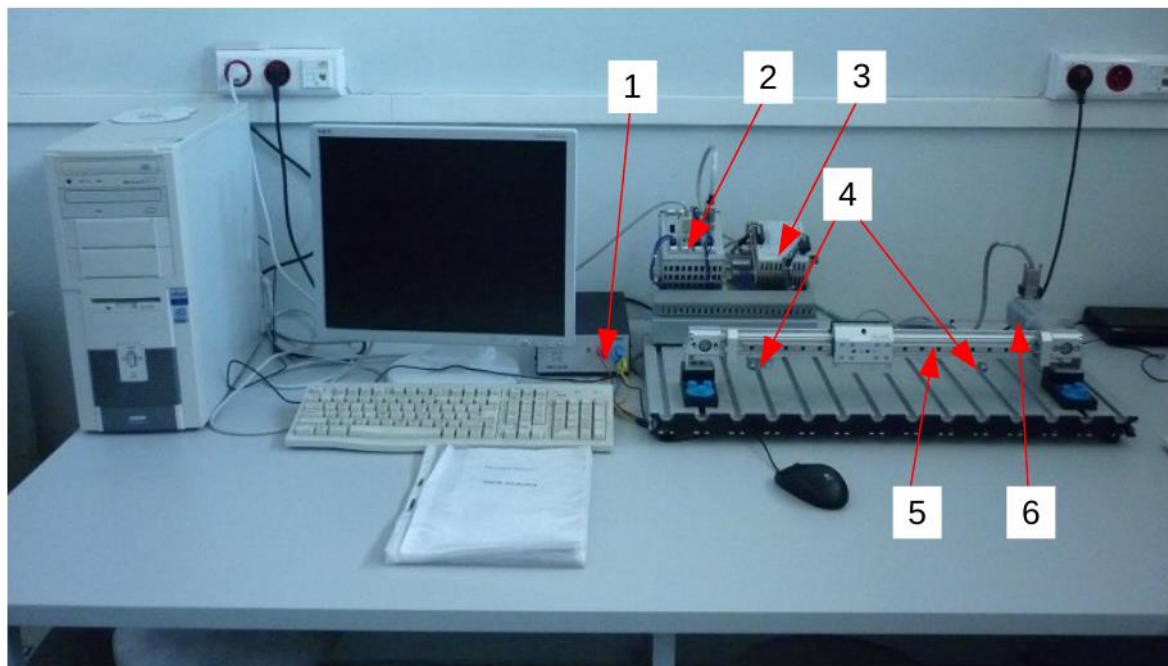
$$J_C = J_R + J_O \text{ [kg}\cdot\text{m}^2\text{]}$$

Opis częstotliwości własnej układu:

$$f_0 = 0,25 \cdot P \cdot \sqrt{n \cdot \frac{M_s}{I_c}}$$

gdzie  $M_s$  to moment trzymający, a  $n$  to liczba kroków na obrót.

Widok ogólny stanowiska przedstawiono na rys 1.

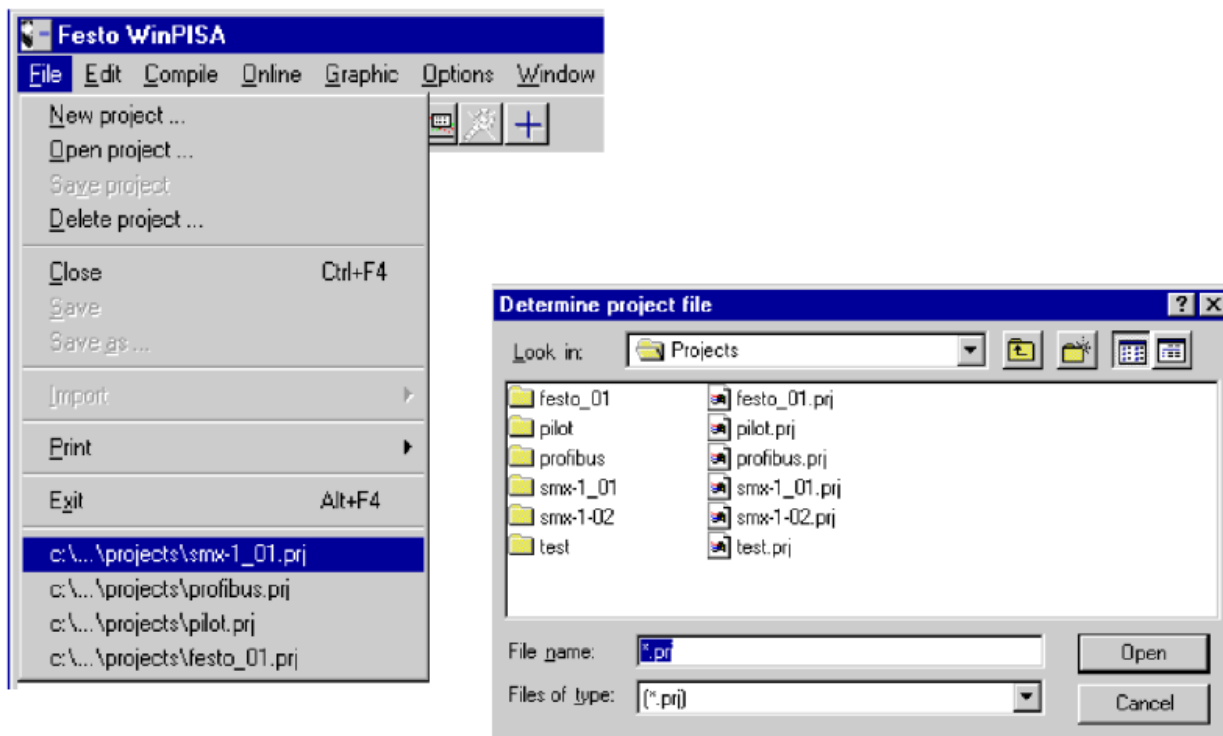


Rys. 1 Widok ogólny stanowiska z silnikiem krokowym:

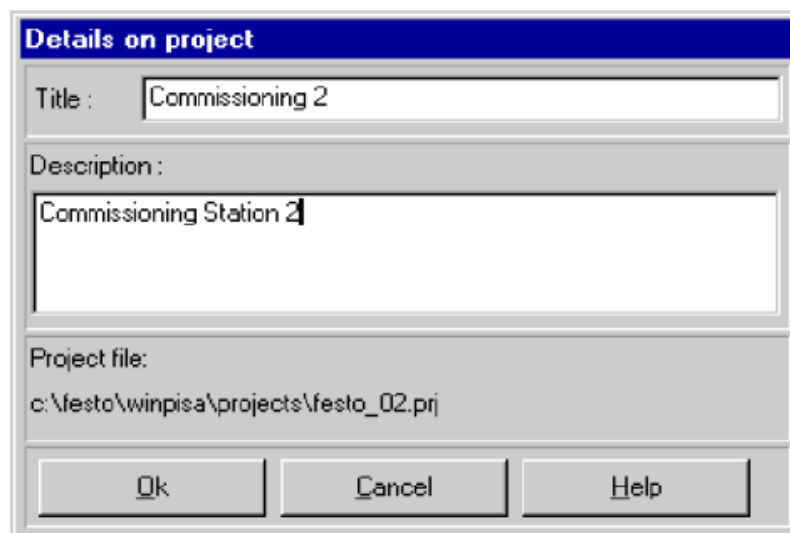
1-zasilacz, 2- sterownik

PLC, 3-sterownik silnika, 4- wyłączniki krańcowe (bazowe),5- prowadnica, 6- silnik krokowy

## 1. Tworzymy nowy projekt.



## 2. Wprowadzamy własny tytuł i skrótowy opis projektu

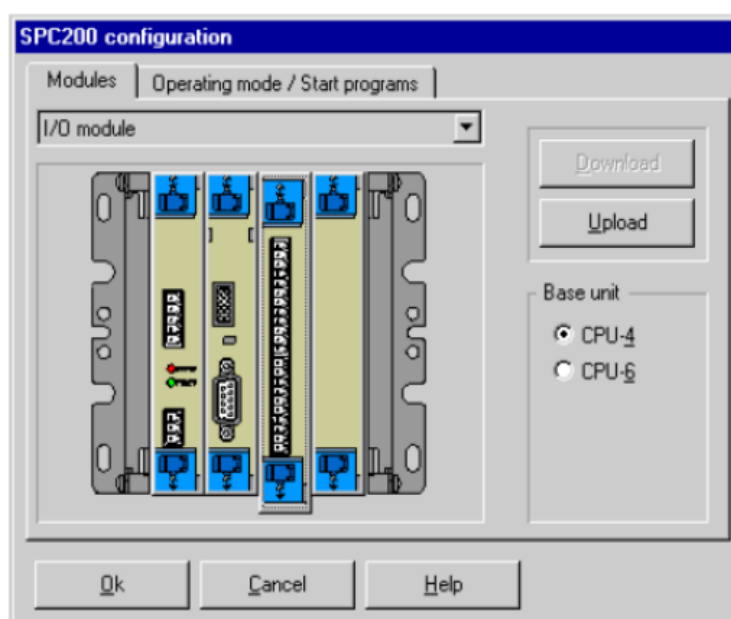


## 3. Edytujemy projekt w oknie projektu.

Najpierw sprzęt (hardware)

W katalogu hardware dodajemy sterownik PLC SPC200, składa się on początkowo tylko z modułu zasilacza i modułu diagnostycznego.

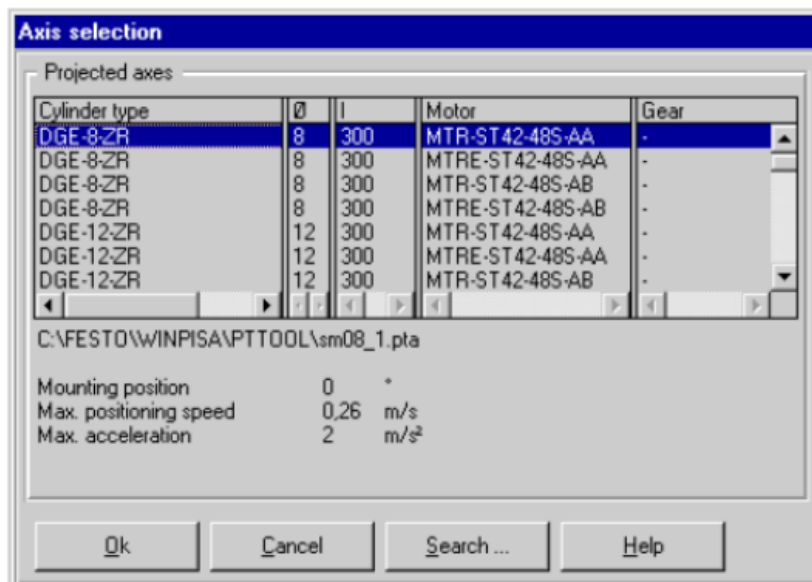
Dodajemy kolejno pakiet wejść wyjść I/O, oraz pakiet zadajnika silnika krokowego (stepper indexer).







Następnie indeksera dodajemy oś sterowaną (z silnikiem krokowym).  
 Właściwy rodzaj osi i typ silnika sprawdzamy na stanowisku laboratoryjnym.



A teraz software.  
 Listę pozycji ignorujemy (i tak mamy tylko jedną oś sterowaną).  
 Dodajemy nowy program :



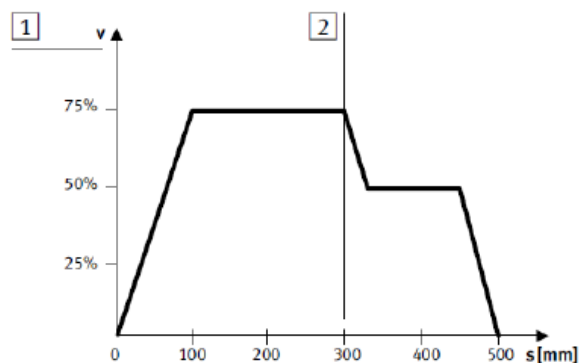
Całość projektu ( hardware i software) kompilujemy i wysyłamy do sterownika SPC200 (DOWNLOAD).

#### 4. Skrócony opis wybranych rozkazów:

- G00** ruch na pozycję z największą możliwą prędkością,
- G01** ruch na pozycję z podaną prędkością, (np. FX10 – 10% prędkości maksymalnej),
- G02** ruch na pozycję z prędkością START STOP ową,
- G90** w układzie współrzędnych absolutnych,
- G91** w układzie współrzędnych przyrostowych,
- G74** wykonaj ruch referencyjny,
- G04** chwilowe zatrzymanie posuwu,
- M30** zakończenie programu,
- L** <nr. podprogramu> wywołanie podprogramu,
- M02** zakończenie podprogramu,
- G08** wartość przyśpieszenia (rozpędzanie),
- G09** wartość hamowania ( wytracanie prędkości)

Przykłady programowania.

- N010 G00 X120** - ruch na poz. 120 z prędkością maksymalną,
- N020 G01 X100 FX10** - ruch na poz. 100 z 1/10 prędkości maksymalnej,
- N030 G08 X50** - przyspieszenie na 50% wartości max.
- N031 G01 X80 FX50** - ruch na poz. 50 z połową prędkości maksymalnej
- N032 G08 X0** - przywrócenie maksymalnej wartości przyśpieszenia.



- N010 G00 X0**
- N011 G25 X60**
- N012 G01 X500 FX75**
- N013 G01 X500 FX50**

1 Record numbers, positions and parameters (black)

2 NC commands (blue)

3 Comment text (green)

```
0 : Program : Commisioning X axis
N000 G01 G90 X100 Fx10 ;Move to X100 at 10% speed
N001 G01 X200 Fx10 ;Move to X100 at highest speed
N002 M30 ;End program with repeat
```

**UWAGA: komentarze dodajemy po średniku.**

Całość projektu ( hardware i software) kompilujemy i wysyłamy do sterownika SPC200 (DOWNLOAD).

## 5. Uruchomienie programu

Po załadowaniu programu do sterownika uruchamiamy go początkowo w trybie pracy blokowej, a następnie w trybie pracy ciągłej.

**Pamiętając o tym aby przed każdą zmianą nastaw sterownika krokowego wyłączyć jego zasilanie.**

Opracowany podczas zajęć projekt należy skompilować najpierw przy ustawieniu podziału kroku podstawowego silnika 1/2 lub 1/1, a następnie dla podziału kroku 1/4 lub 1/10 (pierwsze trzy mikro wyłączniki w pakiecie indeksera), (zmiany należy dokonać również w liście parametrów osi sterowanej).

Pytania kontrolne:

- Zastosowanie silnika krokowego
- Zalety silnika krokowego
- Wady silnika krokowego
- Sposoby sterowania silnikami krokowymi
- Podstawowe parametry silnika krokowego