

Instrukcja ćwiczenia

Ćwiczenie nr	20.1.
Temat:	Badanie charakterystyk napędów elektrycznych
Stanowisko laboratoryjne	Napędy elektryczne - silnik prądu stałego
Opracował:	A. Mielewczyk

Instrukcja ćwiczenia nr 20.1.

Temat: Badanie charakterystyki napędów elektrycznych **Silnik prądu stałego**

1. Cel ćwiczenia:

Celem ćwiczenia jest wykreślenie charakterystyk obciążeniowych napędów elektrycznych za pomocą programu **DriveLab** dla silnika prądu stałego.

2. Zakres wymaganych wiadomości:

- sygnały cyfrowe i analogowe,
- budowa silnika prądu stałego,
- własności i charakterystyki silnika elektrycznego,
- programowanie ze stanowiska laboratoryjnego,
- programowanie w DriveLab,

3. Przebieg ćwiczenia:

Skonfigurować układ sterowania, wprowadzić parametry do programu DriveLab z funkcją regulacji prędkości i momentu obrotowego, wykreślić przebieg regulacji, przedstawić wnioski.

4. Stanowisko laboratoryjne:

Stanowisko badania napędów elektrycznych, silnik prądu stałego, program DriveLab.

5. Sprawozdanie z ćwiczenia:

Część wstępna, opis elementów, parametry konfigurowane poprzez DriveLab, sterowanie ręczne i sekwencyjne, przebieg regulacji prędkości i momentu, charakterystyki dynamiczne.

Spis treści

Instrukcja ćwiczenia nr 20.1	2
Silnik prądu stałego	2
1. Wprowadzenie	4
2. Opis stanowiska badawczego	7
3. Charakterystyka silnika prądu stałego	11
3.1 Zasada działania silnika prądu stałego	12
3.2 Kierunek obrotów silnika prądu stałego	12
3.3 Silnik bocznikowy prądu stałego	13
3.4 Silnik szeregowy prądu stałego	15
3.5 Silnik uniwersalny DC/AC	16
4. Zakładanie projektu w programie DriveLab	18
5. Przebieg ćwiczenia	27
Spis ilustracji	28

Stanowisko badania napędów elektrycznych

konfiguracja i sterowanie

1. Wprowadzenie



Rys. 1.1 Elementy stanowiska dydaktycznego – układ napędowy

Z podanych komponentów należy zbudować układ z silnikiem napędowym, Rys. 1.1 Elementy stanowiska dydaktycznego – układ napędowy W tym celu podłączamy zasilanie do układu oraz łączymy układ sterowania z komputerem.

Tabela 1.1 Oznakowanie kolorami połączeń zasilania i sygnałów na elementach

Kolor	Oznaczający	Kolor	Oznaczający
	Napięcie większe niż SELV np. napięcie zasilania od 90 do 400 V AC na przewód (szary)		24 V prądu stałego (czerwony)
	Przewód neutralny (szaro-niebieski)		0 V prądu stałego (niebieski)
	Przewód PE (zielony żółty)		
	Zacisk uziemienia ochronnego jako styk PE+		

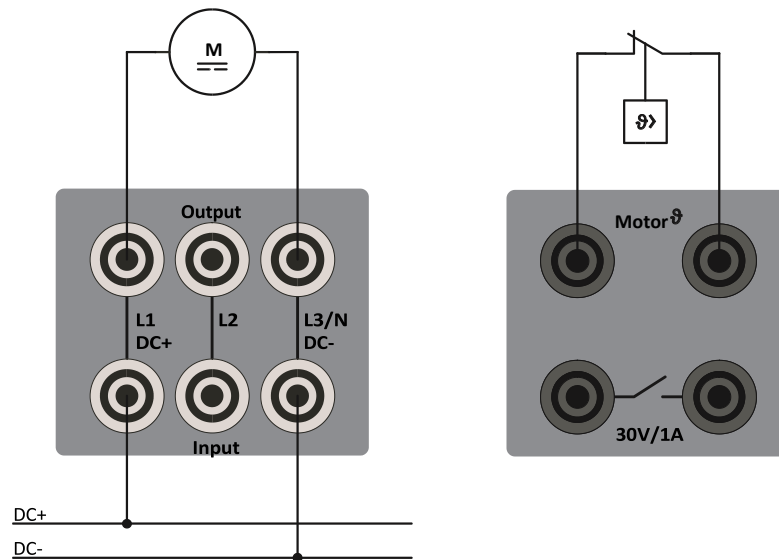
Tabela 1.2 Dane stanowiska testowego silników elektrycznych

Ogólne	Parametry
Wymiary	510 x 380 x 270 mm
Waga	21 kg
Otoczenia warunki	5 do 40° C, do 65% wilgotności względnej, bez kondensacji
Ochrona	IP20
Hałas poziom	70 dB
Ustawienie zakres prędkości _	-4000 obr/min ...+4000 obr/min
Ustawienie zakres momentu obrotowego	0...4 Nm
Moc hamowania	Maks. 400 W
Cykl pracy	Maks. 30%

Tabela 1.3 Dane elektryczne stanowiska testowego silników elektrycznych

Parametry	Specyfikacja elektryczna
Napięcie zasilania	110 do 230 V AC $\pm$ 10%
Prąd	Maks. 6 A
Panel złączy dla obiektu testowego	L1/L2/L3 400 V AC / 5 A
Napięcie pomiarowe	L1/L3, L1/N, DC+/DC- 400 V AC lub 250 V DC
Prąd pomiarowy	L1/DC+ input L1/DC+ output 5 A AC / 8 A DC
Błąd prądu wyjście	30 V / 1 A
Wejście termoprzełącznika	24 V DC / 0,1 A
Port USB	USB 2.0
Obwód sterujący	Czarne gniazda , 24 V prądu stałego
Obwód podstawowy	Szare gniazda, 400 V AC lub 250 V DC

Schemat połączenia na stanowisku testowym przedstawia Rys. 1.3 Podłączenie silnika prądu stałego i podłączenie termoprzełącznika



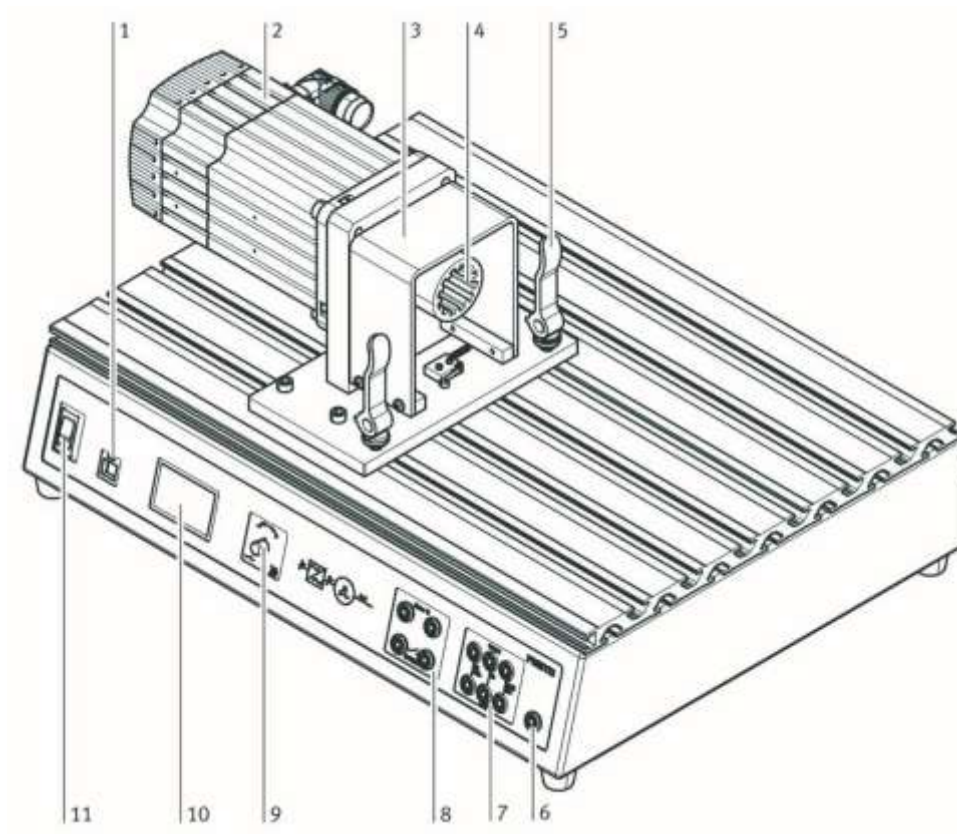
Rys. 1.3 Podłączenie silnika prądu stałego i podłączenie termoprzełącznika

2. Opis stanowiska badawczego

Główne elementy stanowiska badawczego to:

- Stanowisko testowe,
- Servo silnik hamulcowy,
- Silnik elektryczny do testów.

Obudowa stanowiska badawczego służy jako stojak montażowy, Rys. 2.1. Do stołu testowego można podłączyć różne obiekty testowe – silniki elektryczne. Szybkomocujące uchwyty ułatwiają zmianę jednego silnika testowego na drugi.



Rys. 2.1 Stanowisko testowe

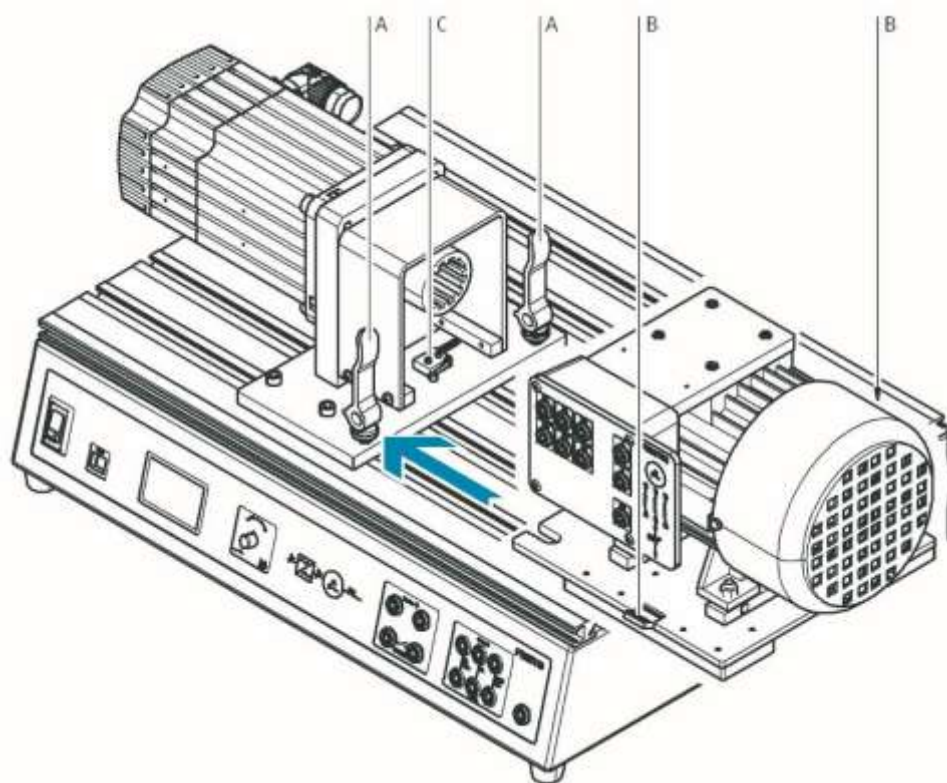
- 1 Port USB
- 2 Servo silnik hamulcowy
- 3 Osłona
- 4 Połączenie elastyczne wałów
- 5 Szybki zacisk
- 6 Przewód uziemienia ochronnego
- 7 Panel złączy dla obiektu testowego
- 8 Połączenia wyjść przełączających (bezpotencjałowe) i wejście termoprzełącznika
- 9 Pokrętło obrotowe
- 10 Wyświetlacz
- 11 Wyłącznik główny stanowiska testowego

Silnik servo hamulca pełni funkcję hamulca lub jednostki napędowej, w zależności od sposobu obsługi. Prąd jest odpowiednio regulowany przez sterownik. Zintegrowany kontroler reguluje moc zasilania silnika serwo hamulca. Sterowanie odbywa się za pomocą pokrętła lub zewnętrznie poprzez port USB w komputerze PC za pomocą programowania DriveLab. Port USB to interfejs umożliwiający połączenie stanowiska z komputerem PC i oprogramowaniem DriveLab.

Panel złączy wyposażony jest w gniazda zaciskowe do zasilania obiektu testowanego (L1, L2, L3), wejście temperaturowe i wyjście błędu. Pokrętło służy zarówno jako regulator, jak i przełącznik do obsługi stanowiska badawczego. Wyświetlacz wskazuje wartości mierzone, wartości charakterystyczne i tryb działania.

Montaż obiektu testowego:

1. Wyłącz wyłącznik główny i wyłącznik zasilania.
2. Zwolnij obie dźwignie szybkiego zacisku (A) na stole badawczym
3. Ściśnij i przytrzymaj dwie dźwignie zaciskowe (B) na badanym obiekcie.
4. Wprowadź płytkę obiektu testowego w szczeliny w obudowie stanowiska badawczego.



Rys. 2.2 Montaż silnika elektrycznego na stanowisku testowym

5. Popchnij badany obiekt w stronę silnika servo hamulca, aż zostanie uruchomiony wyłącznik krańcowy (C).
6. Bezpiecznie przymocuj badany obiekt do obudowy stanowiska testowego. W tym celu wystarczy zwolnić dwie dźwignie zaciskowe (B), które następnie automatycznie zabezpieczają badany obiekt. Następnie obróć zacisk dźwigni (A).
7. Podłączanie obiektu testowego:
 - Wyłącz wyłącznik główny i wyłącznik zasilania.
 - Podłączyć przewody zgodnie ze schematem połączeń.
 - Podłączyć zaciski termoprzełącznika do silnika.
 - Przed wykonaniem pomiaru ponownie włącz zasilanie.

Stanowiskiem testowym można sterować z komputera PC poprzez port USB. Wymagany jest do tego system operacyjny Windows i oprogramowanie DriveLab. Dzięki temu znacznie zwiększa się zakres funkcji stanowiska badawczego. Można na przykład automatycznie rejestrować krzywe charakterystyczne, konfigurować obciążenia statyczne i symulować różne modele obciążeń.

Sterowanie stanowiskiem badawczym odbywa się za pomocą pokrętła oraz informacji zwrotnej otrzymywanej na wyświetlaczu.

Tryb pracy wybiera się i konfiguruje za pomocą pokrętła na stanowisku badawczym. Dostępne są trzy różne tryby pracy:

- Sterowanie momentem obrotowym - celem tego trybu pracy jest rejestracja charakterystyki prędkości obrotowej silnika w obr./min, w tym celu obiekt testowy poddawany jest stale zadanej wartości momentu obrotowego w całym zakresie prędkości.
- Sterowanie prędkością obrotową - celem tego trybu pracy jest rejestracja charakterystyki momentu obrotowego przy jednej lub kilku wstępnie wybranych prędkościach silnika,
- Tryb komputera - po włączeniu tego trybu stanowisko testowe jest obsługiwane z komputera PC.

Pokrętło na stanowisku służy do wyboru rodzaju regulacji.

- Obróć pokrętło → strzałka przesuwa się w górę lub w dół o jedną linię.
- Naciśnij pokrętło → wybór zostanie potwierdzony, w rezultacie pojawia się następny ekran lub można wybrać wartość numeryczną za pomocą pokrętła.

Wartość liczbową momentu obrotowego/prędkości można szybko zresetować do zera poprzez dwukrotne naciśnięcie pokrętła.



Rys. 2.3 Przegląd komunikatów pojawiających się na stanowisku badawczym

Rozpoczęcie pomiaru kontroli momentu obrotowego:

1. Ustaw strzałkę na linii „Torque Con”, obracając pokrętkę, a następnie naciśnij pokrętkę, aby potwierdzić wybór.
2. Naciśnij pokrętkę, po czym odpowiednie pole pojawi się jako odwrotne wskazanie, za pomocą pokrętki wybierz wartość 0,8 Nm, silnik testowy jest teraz wprawiany w ruch, a jego prędkość jest stale wskazywana na wyświetlaczu pod linią „Prędkość”.

Zatrzymanie pomiaru:

1. Za pomocą pokrętki przesunąć strzałkę na wyświetlaczu na wiersz „Wyjście”.
2. Naciśnij pokrętkę, pojawia się okno nr 1 i pomiar zostaje zatrzymany.

Rozpoczęcie pomiaru kontroli prędkości:

Pomiar przy określonej prędkości obrotowej rozpoczyna się według tej samej podstawowej procedury, co przy pomiarze kontroli momentu obrotowego, przed rozpoczęciem regulacji silnik musi być zatrzymany. Wybierz wiersz „Speed Con” w oknie nr 1, a następnie w wierszu „Speed:” wprowadź żadaną prędkość w obr./min.

Zatrzymanie pomiaru:

1. Za pomocą pokrętki przesunąć strzałkę na wyświetlaczu na wiersz „Wyjście”.
2. Naciśnij pokrętkę, pojawia się okno nr 1 i pomiar zostaje zatrzymany.

Uruchamianie trybu pracy z komputera PC:

Okno nr 4 „Tryb PC / sterownik / **nieaktywne** ” pojawia się w następującym przypadku: podłączony komputer PC próbuje przejąć kontrolę nad stanowiskiem badawczym silnika za pomocą oprogramowania DriveLab. Należy potwierdzić sterowanie nad stanowiskiem badawczym silnika z komputera PC naciskając pokrętkę. Pojawia się okno numer 5 „ Tryb PC / kontroler / **aktywny** ”.

Wychodzenie z trybu pracy z komputera PC:

Dezaktywuj tryb pracy z komputera przez naciśnięcie pokrętki.

Chociaż stanowisko testowe nie umożliwia już sterowania za pośrednictwem komputera PC, nie umożliwia to jeszcze sterowania ręcznego. Następnym krokiem jest przejście do sterowania ręcznego na stanowisku badawczym. W tym celu zmieniamy z „PC Mode ” na „Hardware Mode” w oprogramowaniu DriveLab. Na stanowisku testowym silników pojawia się okienko nr 1, potwierdzające wykonanie tego kroku.

3. Charakterystyka silnika prądu stałego

Laboratoryjny silnik elektryczny prądu stałego przedstawia Rys. 3.1.



Rys. 3.1 Silnik elektryczny prądu stałego

Tabela 3.1 Symbole graficzne silników elektrycznych prądu stałego

Komponent	Symbol graficzny
Silnik elektryczny bocznikowy prądu stałego	
Silnik elektryczny szeregowy prądu stałego	
Silnik uniwersalny	

Tabela 3.2 Oznaczenia uzwojeń w silnikach prądu stałego

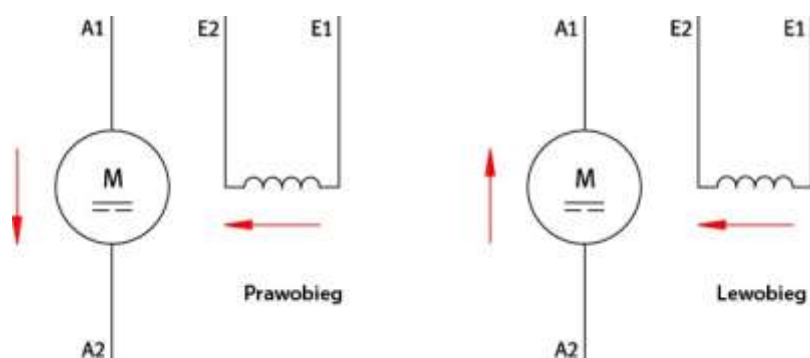
Uzwojenie	Oznaczenie
Uzwojenie twornika: Bocznikowe Szeregowe	A1–A2 A1–A2
Uzwojenie wzbudzające: Bocznikowe Szeregowe	E1–E2 D1–D2
Uzwojenie kompensacyjne	1C1–1C2
Uzwojenie komutacyjne	1B1–1B2

3.1 Zasada działania silnika prądu stałego

Działanie silnika prądu stałego polega na przepływie prądu przez przewodnik w polu magnetycznym. Uzwojenie, przez które przepływa prąd, to twornik, a uzwojenie wytwarzające pole magnetyczne to uzwojenie wzbudzające. W mniejszych silnikach za wytworzenie pola magnetycznego odpowiadają magnesy trwałe, a w dużych silnikach buduje się elektromagnesy - uzwojenia wzbudzające.

3.2 Kierunek obrotów silnika prądu stałego

Liczby po literowych symbolach uzwojeń oznaczają początek uzwojenia (1) i zakończenie uzwojenia (2). Gdy we wszystkich uzwojeniach prąd płynie od liczby 1 do liczby 2, silnik obraca się w prawo. Gdy kierunek przepływu w jednym z uzwojeń jest zmieniony (od liczby 2 do liczby 1), silnik obraca się w lewo. W praktyce kierunek obrotów silnika prądu stałego zmienia się, zmieniając kierunek przepływu prądu w tworniku (A1–A2), Rys. 3.2.



Rys. 3.2 Kierunek obrotów silnika prądu stałego

3.3 Silnik bocznikowy prądu stałego

Silnik bocznikowy DC - numer referencyjny 571868



Rys. 3.3 Uzwojenia silnika prądu stałego bocznikowego – tabliczka podłączeniowa

Tabela 3.3 Parametry silnika prądu stałego bocznikowego

Parametry	Wartość
Moc znamionowa	0,3 kW
Prędkość obrotowa	2000 obr/min
Napięcie / prąd DC	220 V/1,8 A
Napięcie / prąd wzbudzenia	220 V/0,3 A

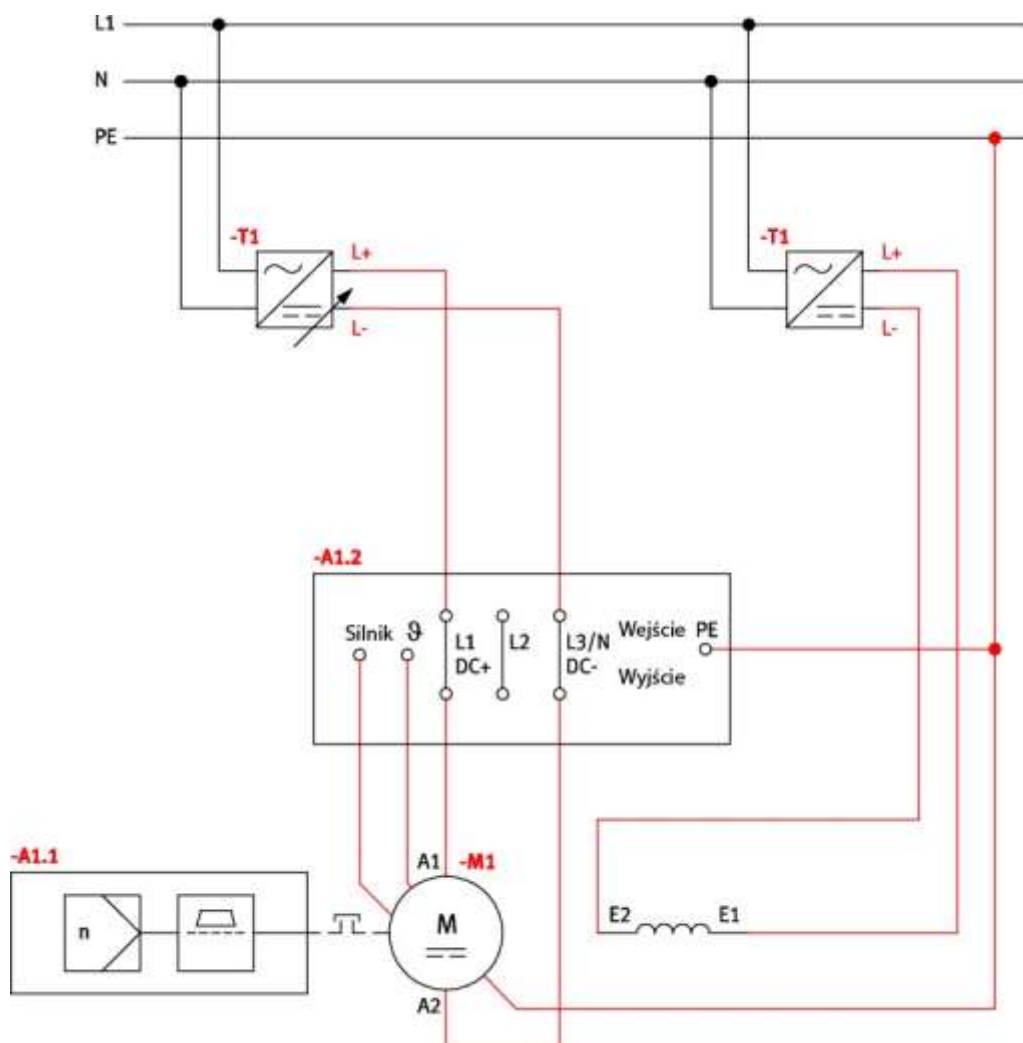
Tabela 3.4 Elementy do podłączenia silnika prądu stałego bocznikowego

Oznaczenie	Nazwa
T1	Zasilacz prądu stałego z regulowanym napięciem wyjściowym
T2	Zasilacz prądu stałego ze stabilizowanym napięciem wyjściowym
M1	Bocznikowy silnik prądu stałego
A1.1	Stanowisko kontrolne silników, system napędu i hamowania ze wspomaganiami
A1.2	Stanowisko kontrolne silników, płyta przyłączeniowa sprawdzanego silnika i wejście wyłącznika temperaturowego

Uzwojenie wzbudzające bocznikowe silnika należy podłączyć do źródła napięcia stałego 220V, napięcia nie należy przykładąć poprzez stanowisko testowe silników. Napięcie na tworniku może się mieścić w zakresie 0–220 V i musi zostać załączone poprzez stanowisko testowe silników (DC+, DC-)

W celu włączenia silnika należy najpierw przyłożyć stabilizowane napięcie stałe do uzwojenia wzbudzającego, a następnie uruchomić silnik, przykładając regulowane napięcie do uzwojenia twornika.

Podłączenie silnika prądu stałego bocznikowego do sieci przedstawia Rys. 3.4.



Rys. 3.4 Schemat podłączenia silnika prądu stałego bocznikowego do sieci

Napięcie przykładane do pola wzbudzenia nie może w żadnym wypadku zostać odłączone w trakcie pracy, ponieważ mogłoby to doprowadzić do rozbiegania silnika.

Przerwanie dopływu prądu wzbudzenia może spowodować rozbieganie silnika.

Prędkość obrotowa silnika prądu stałego bocznikowego zmienia się proporcjonalnie do napięcia na tworniku. Przez zmianę napięcia na tworniku można płynnie zmieniać prędkość obrotową w zakresie od zera do prędkości znamionowej.

Wraz ze zwiększającym się obciążeniem prędkość obrotowa zmniejsza się nieznacznie - cecha charakterystyczna pracy silnika bocznikowego. Prąd wzbudzenia pozostaje stały.

Na biegu jałowym silnik osiąga najwyższą prędkość obrotową – prędkość obrotową biegu jałowego. Jest ona zależna od napięcia znamionowego na tworniku, pola wzbudzenia i konstrukcji silnika.

Prędkość obrotową poniżej wartości znamionowej uzyskuje się, zwiększając napięcie na tworniku od zera do napięcia znamionowego (opornik rozruchowy/rozrusznik). Jeśli producent nie opublikował zastrzeżeń dotyczących dopuszczalnej prędkości obrotowej powyżej wartości znamionowej, uzyskana prędkość obrotowa może być wyższa od znamionowej najwyżej o 10%. Prędkość obrotowa powyżej wartości znamionowej uzyskuje się zmniejszając prąd wzbudzenia. W tym celu zmniejsza się napięcie wzbudzające - regulacja pola wzbudzenia.

Opór uzwojenia wzbudzającego jest względnie wysoki. Uzwojenie wzbudzające musi się cechować tak wysoką wartością oporu (wiele zwojów, cienki drut nawojowy), ponieważ w trakcie pracy

silnika działa pod napięciem znamionowym sieci prądu stałego (220 V), a w przypadku zasilania prądem stałym skuteczny jest tylko opór miedzi opór czynny uzwojenia.

Opór twornika jest względnie niski. Wynika z tego wysoka wartość prądu rozruchowego, którą należy obniżyć w trakcie uruchamiania silnika za pomocą odpowiednich środków (sterowany prostownik, przetwornica napięcia stałego, opornik rozruchowy/rozrusznik). W trakcie pracy powstaje napięcie przeciwdziałające – napięcie elektromotoryczne, które utrzymuje określoną wartość natężenia prądu.

3.4 Silnik szeregowy prądu stałego

Silnik szeregowy DC - numer referencyjny 571869



Rys. 3.5 Uzwojenia silnika prądu stałego szeregowego – tabliczka podłączeniowa

Tabela 3.5 Parametry silnika prądu stałego szeregowego

Parametry	Wartość
Moc znamionowa	0,3 kW
Prędkość obrotowa	2000 obr/min
Napięcie / prąd	220 V/1,9 A

Szeregowy silnik prądu stałego należy sprząc z systemem napędu i podłączyć do regulowanego źródła zasilania o napięciu wyjściowym od 0 do 220 V. Należy dopilnować, aby silnika szeregowego nie uruchamiać na biegu jałowym ze względu na ryzyko rozbiegania. Stanowisko kontrolne silników musi być włączone, a wartość momentu obrotowego musi wynosić około 0,5 Nm.

Należy podkreślić, że nie wolno przykładać napięcia do szeregowego silnika prądu stałego na biegu jałowym. Grozi to rozbieganiem silnika.

Prędkość obrotowa szeregowego silnika prądu stałego zmienia się proporcjonalnie do napięcia na tworniku. Silnik pracuje na biegu jałowym, dlatego przepływa przez niego prąd o względnie niskim natężeniu. Skutkuje to wysoką częstotliwością obrotów.

Pobór prądu przez szeregowy silnik prądu stałego wzrasta liniowo wraz z obciążeniem. Przy dużym obciążeniu silnik pobiera prąd o dużym natężeniu i powstaje wysoki moment obrotowy.

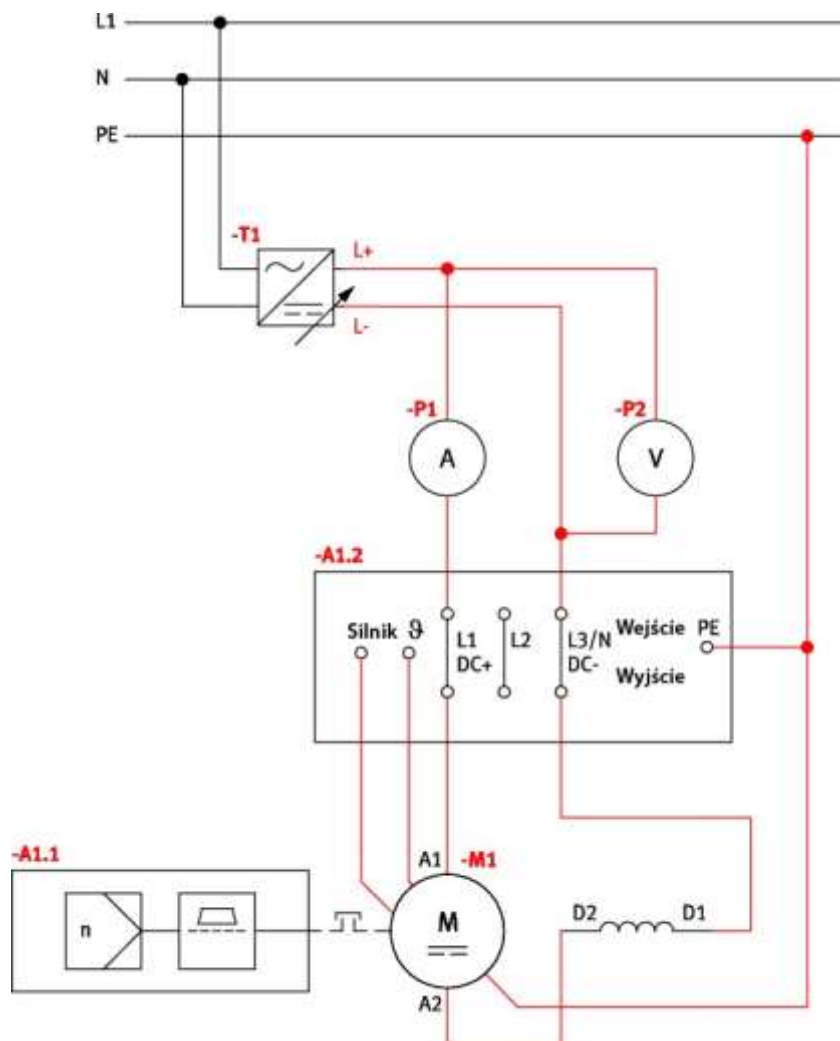
Wskutek szeregowego połączenia twornika i uzwojenia wzbudzającego w przypadku obciążenia zmienia się nie tylko natężenie prądu w tworniku I_A , ale także strumień magnetyczny B . Tym samym między natężeniem prądu I a momentem obrotowym M zachodzi zależność kwadratowa. Podwojenie prądu obciążenia oznacza podwojenie strumienia magnetycznego, a także osiągnięcie czterokrotności pierwotnej wartości momentu obrotowego.

Wraz ze wzrostem obciążenia rośnie natężenie prądu w tworniku i tym samym prąd wzbudzenia; narasta także strumień magnetyczny. Wraz ze wzrostem prądu wzbudzenia zmniejsza się

prędkość obrotowa. Spada ona znacznie szybciej niż w przypadku silnika bocznikowego - cecha charakterystyczna dla pracy silnika szeregowego.

Praca silnika szeregowego na biegu jałowym jest niebezpieczna, ponieważ może doprowadzić do zniszczenia silnika w wyniku działania dużych sił odśrodkowych.

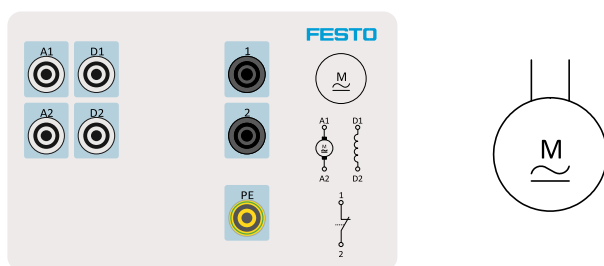
Podłączenie silnika prądu stałego szeregowego do sieci przedstawia Rys. 3.6.



Rys. 3.6 Schemat podłączenia silnika prądu stałego szeregowego do sieci

3.5 Silnik uniwersalny DC/AC

Silnik uniwersalny DC/AC - numer referencyjny 571871



Rys. 3.7 Uzwojenia silnika uniwersalnego DC/AC – tabliczka podłączeniowa

Tabela 3.6 Parametry silnika uniwersalnego DC/AC

Parametry	Wartość
Moc znamionowa	0,2 kW
Prędkość obrotowa	3000 obr/min
Napięcie / prąd zmienny AC	230 V/3.0 A
Napięcie / prąd stały DC	140 V/2,5 A

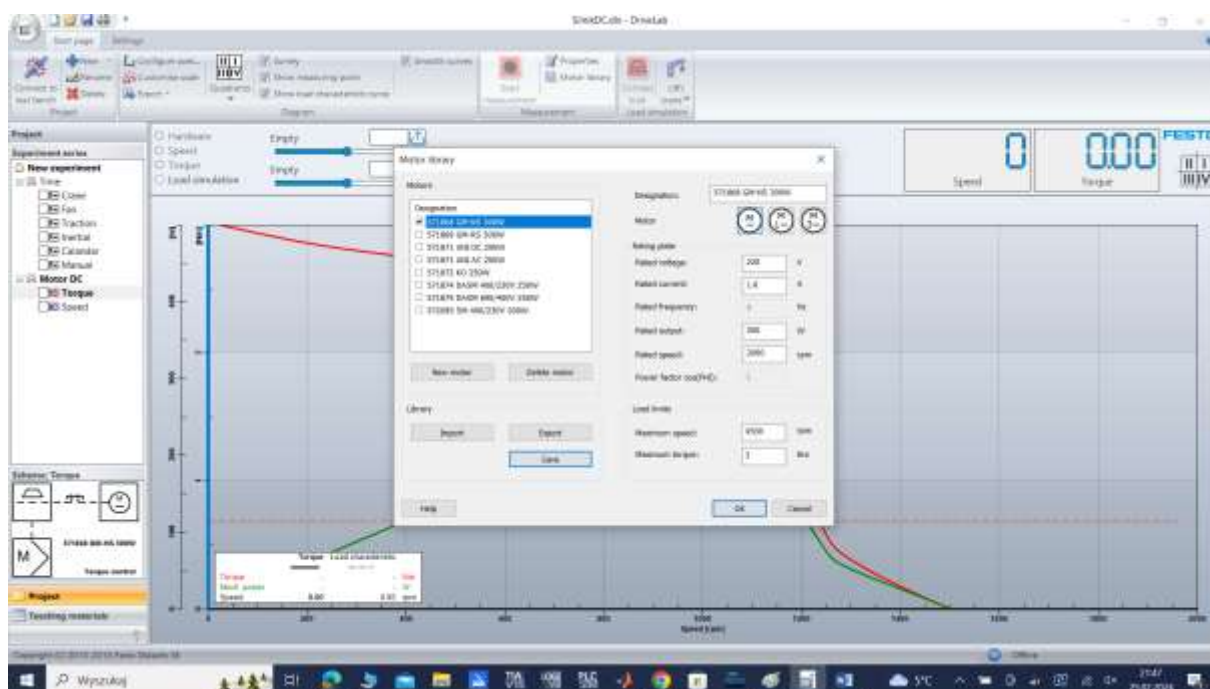
4. Zakładanie projektu w programie DriveLab

Załączamy na komputerze program DriveLab, wybieramy z Menu kartę Project i opcję New lub Open, Rys. 4.1.



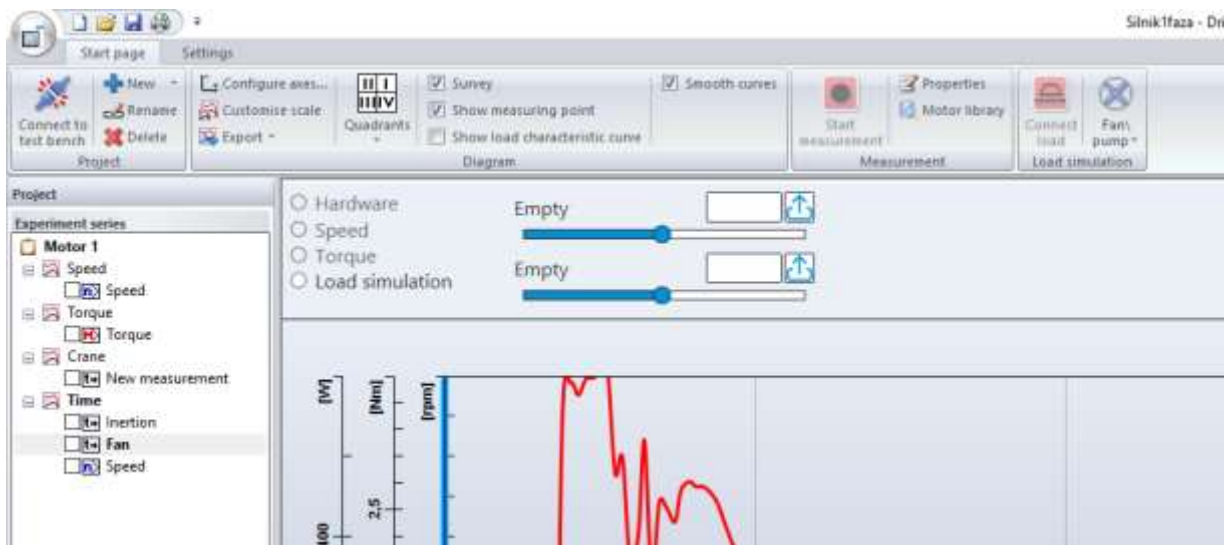
Rys. 4.1 Wczytanie lub otwarcie nowego projektu

Następnie wybieramy silnik do testów z biblioteki, Rys. 4.2. Silnik zapisany w bibliotece ma wpisane parametry, których program nie będzie przekraczał. Zapewnia to bezpieczeństwo pracy silnika.



Rys. 4.2 Wybranie parametrów silnika prądu stałego do testowania

Po tym kroku łączymy aplikację ze stanowiskiem testowym klikając ikonę , Rys. 4.3.



Rys. 4.3 Łączenie aplikacji ze stanowiskiem testowym

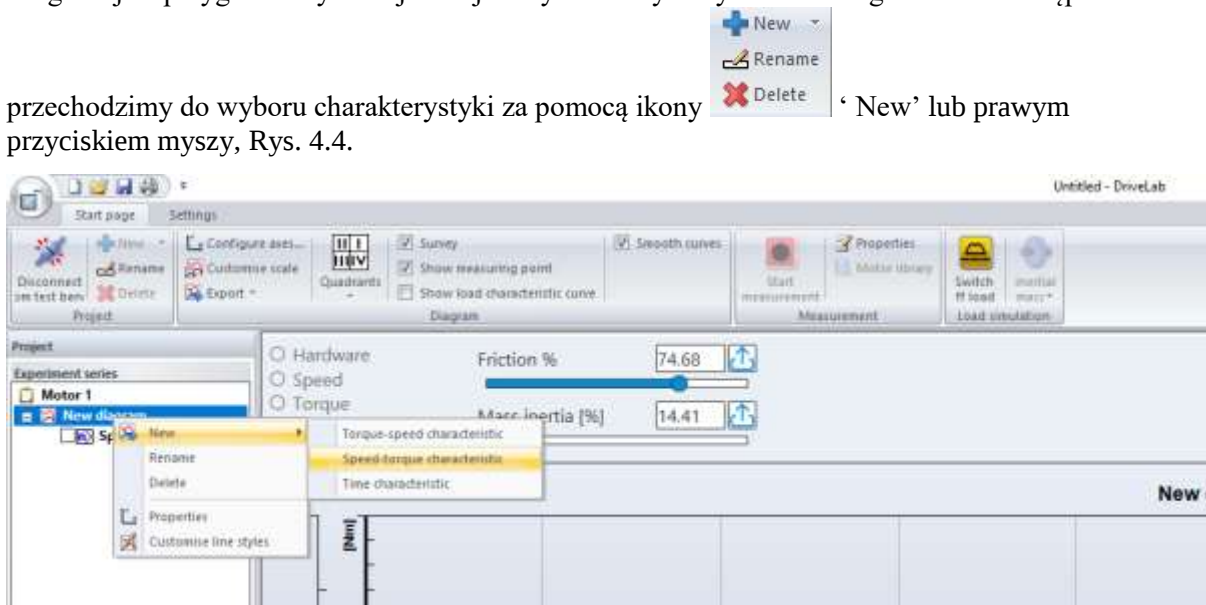
Połączenie potwierdzamy na stanowisku badawczym, jeżeli jest brak wiadomości na stanowisku badawczym, należy dodatkowo kliknąć ikonę  lub  i potwierdzić wiadomość, przejść do stanowiska badawczego i potwierdzić co powinno zakończyć proces połączenia.

3	4	5
Sterowanie momentem obrotowym Sterowanie prędkością Obrotową ➤ Komputer PC	Tryb sterowania z komputera Nieaktywny	Tryb sterowania z komputera ➤ Aktywny

Podłączony komputer PC próbuje przejąć kontrolę nad stanowiskiem badawczym silnika za pomocą oprogramowania DriveLab. Należy potwierdzić sterowanie na stanowisku badawczym silnika z komputera PC naciskając pokrętkę. Po poprawnym zakończeniu logowania musi pojawić się okno numer 5 Tryb PC / **aktywny**.

Program jest przygotowany do rejestracji danych rzeczywistych z badanego silnika. Następnie

przechodzimy do wyboru charakterystyki za pomocą ikony 'New' lub prawym przyciskiem myszy, Rys. 4.4.

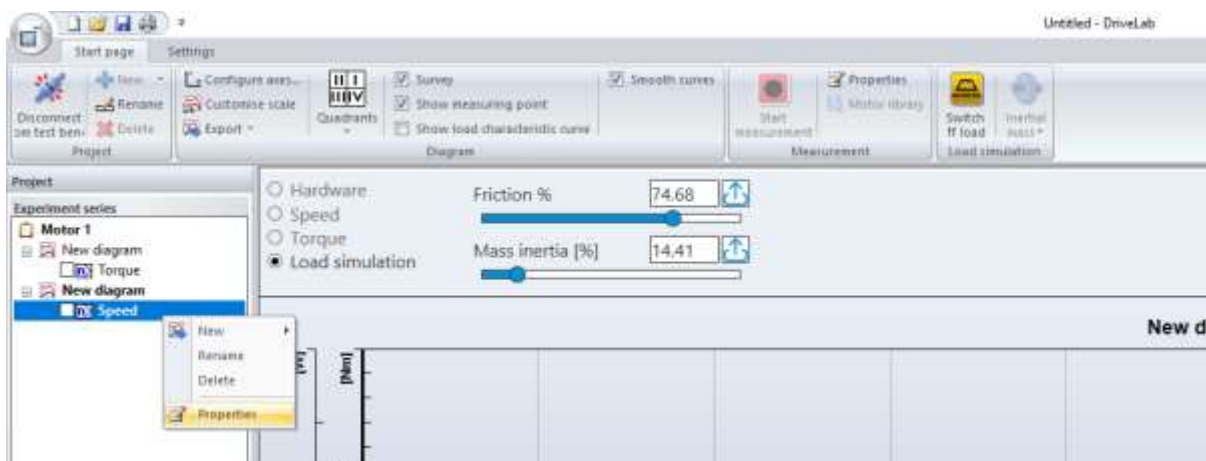


Rys. 4.4 Wybór charakterystyki do rejestracji

Mamy do wyboru następujące charakterystyki:

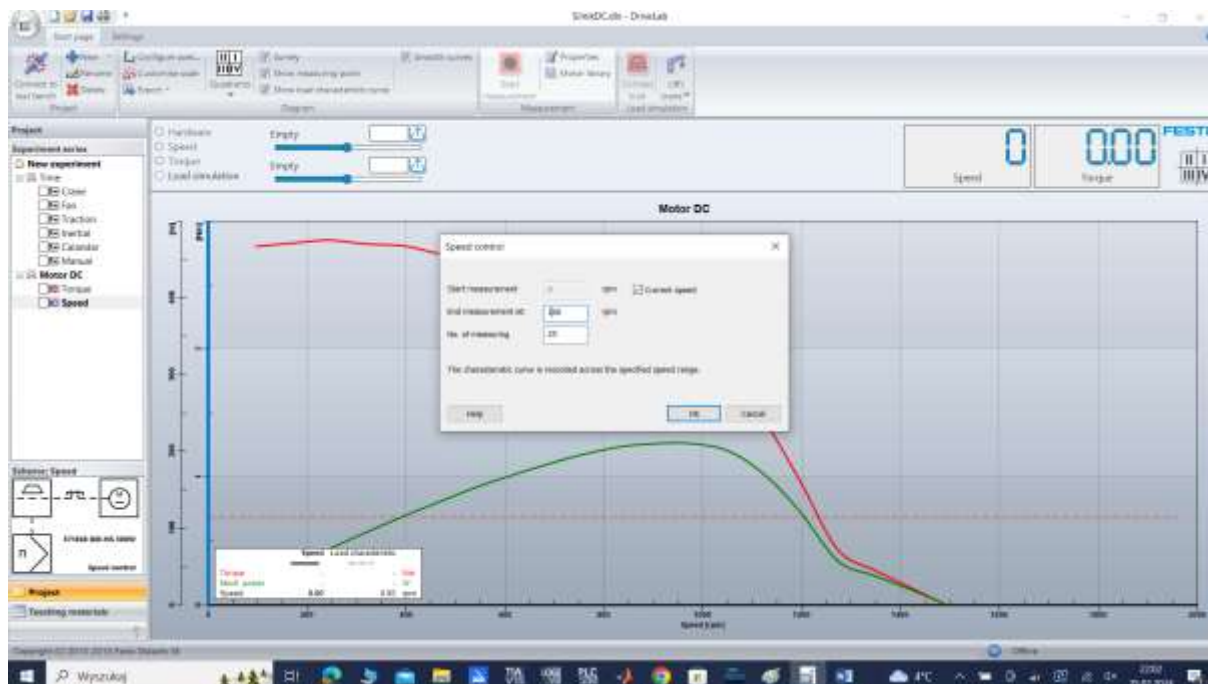
- statyczna momentowa,
- statyczna prędkościowa,
- dynamiczna.

Przykładowo wybieramy charakterystykę prędkościową i ustalamy parametry rejestracji, Rys. 4.5. Prawym przyciskiem myszy lub w menu wybieramy własności i ustalamy parametry rejestracji

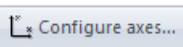


Rys. 4.5 Wybór parametrów charakterystyki

Należy określić przykładowo zakres pomiaru wielkości mierzonych np. od prędkości bieżącej do 100obr/min, Rys. 4.6. Wybraliśmy silnik prądu stałego i mniejsze prędkości przeciążają silnik, ale na czas pomiaru jest to dopuszczalne i bezpieczne.



Rys. 4.6 Parametry wybranej charakterystyki

W następnej kolejności klikamy ikonę  i konfigurujemy parametry wykresu, układ współrzędnych oraz zakres skali, Rys. 4.7.

The 'Diagram properties' dialog box is shown, allowing configuration of the graph axes and scales. The 'Measured variable' table is as follows:

Measured variable	X	Y	from	to	unit
Speed	☒	☐	0.00	2000.00	rpm
Torque	☐	☒	0.00	3.00	Nm
Mech. power	☐	☒	0.00	500.00	W
Effective power	☐	☐	0.00	1500.00	W
Apparent power	☐	☐	0.00	2000.00	VA
Reactive power	☐	☐	0.00	1000.00	Var
Efficiency	☐	☐	0.00	100.00	%
Slip	☐	☐	0.00	100.00	%
Power factor	☐	☐	0.00	1.00	-
Time	☐	☐	0.00	30.00	s
Voltage	☐	☐	0.00	500.00	V
Current	☐	☐	0.00	2.50	A

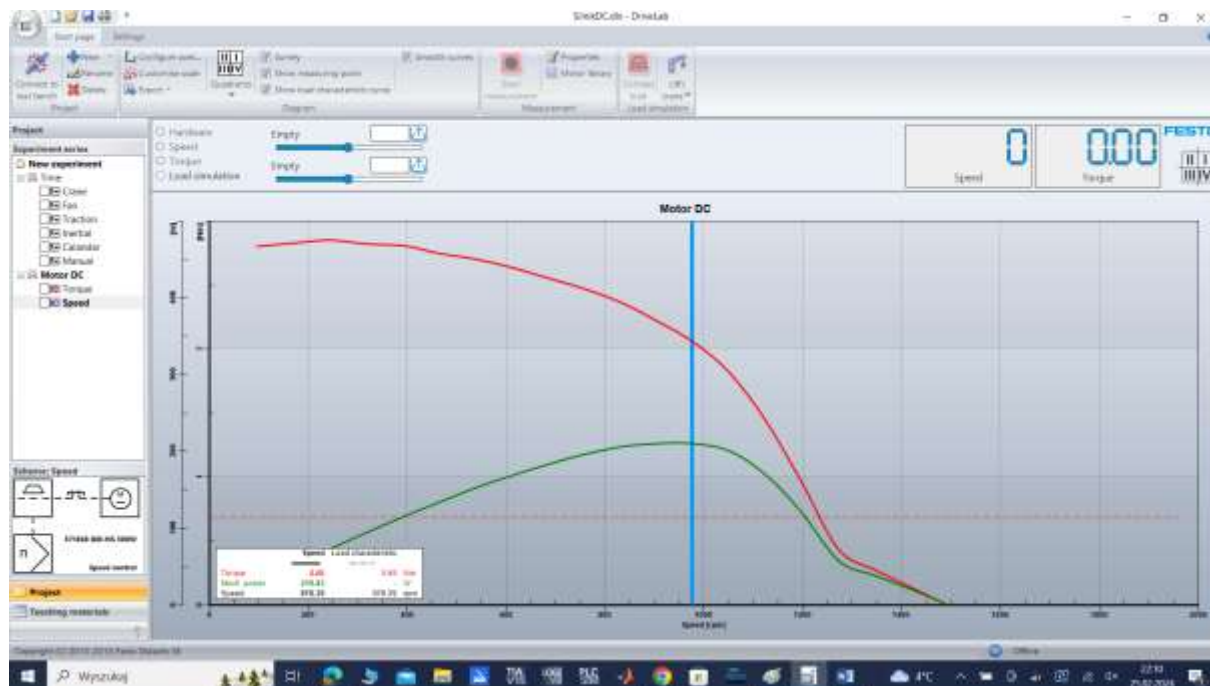
The dialog also includes 'OK', 'Cancel', and 'Help' buttons.

Rys. 4.7 Konfiguracja wykresu

Parametry zakresu charakterystyk są oszacowane przez program według mocy wybranego silnika. Zwiększanie zakresu nie jest wskazane. Zmniejszenie zakresu może być wprowadzone według

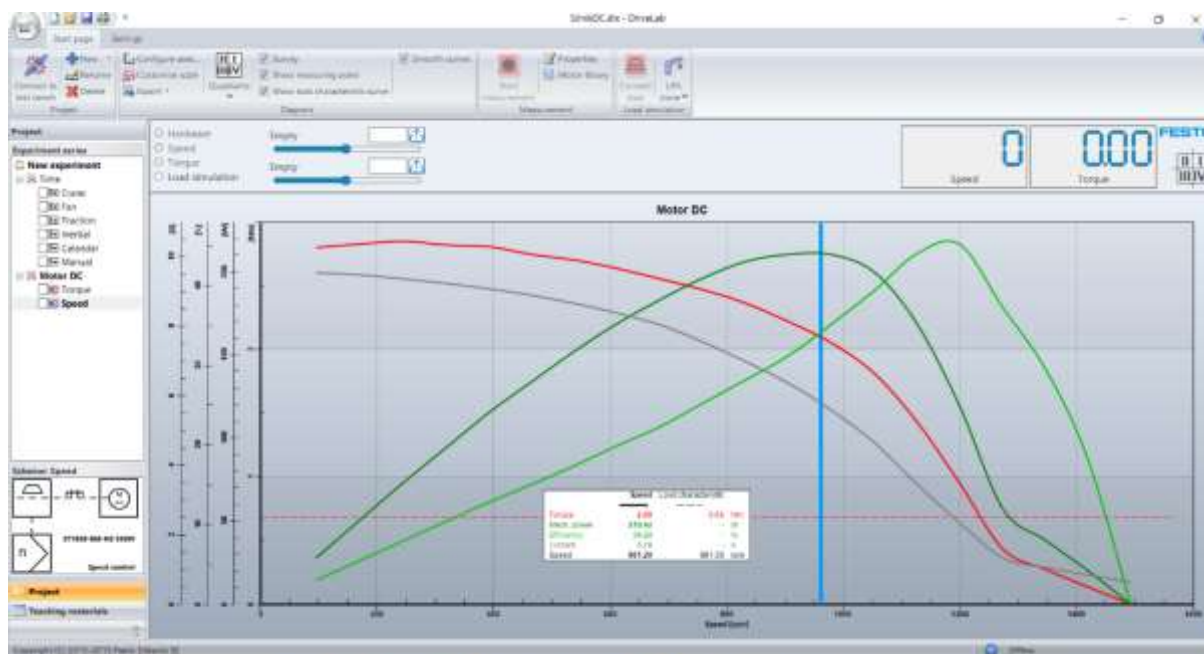
operatora bez konsekwencji dla silnika, dotyczą tylko wykresu. Ważne są także parametry maksymalne hamowni.

Ostatecznie jesteśmy przygotowani i załączamy rejestrację ikoną . Zarejestrowana charakterystyka prędkościowa została przedstawiona na Rys. 4.8.



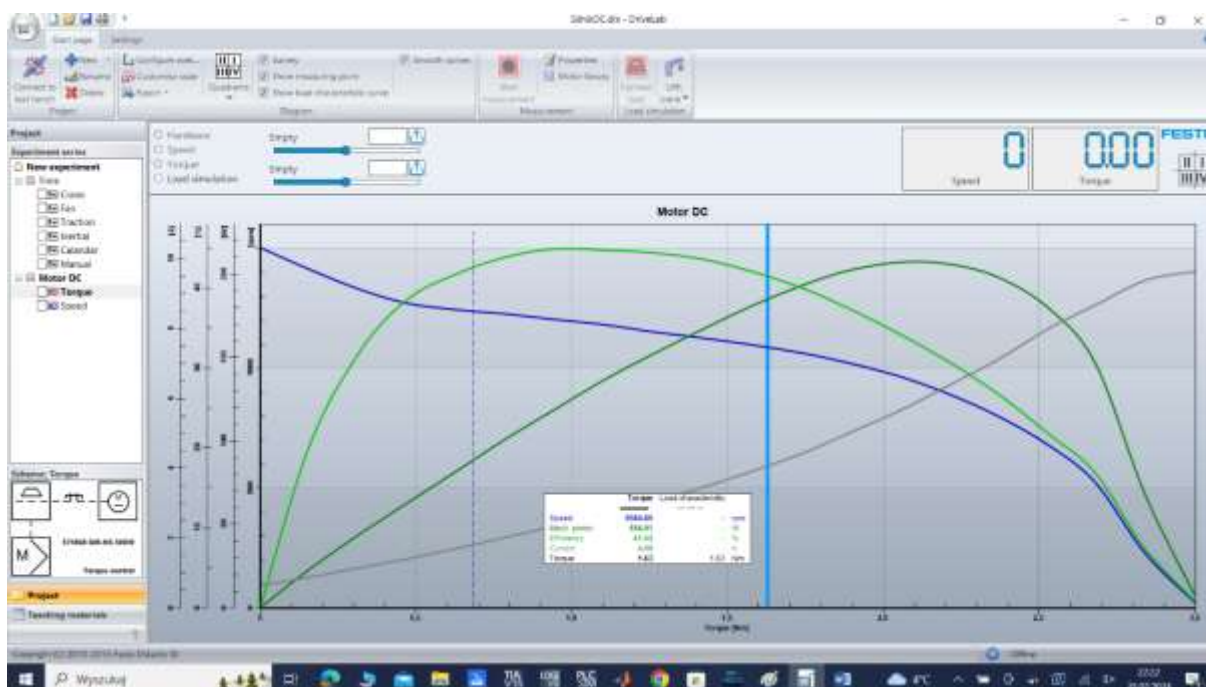
Rys. 4.8 Charakterystyka prędkościowa silnika elektrycznego prądu stałego

Po rejestracji wykres można modyfikować i dodawać kolejne parametry. Zarejestrowana charakterystyka prędkościowa z wieloma parametrami przedstawia Rys. 4.9. Ustawienie linii pionowej pokazuje odczyt dokładnych parametrów silnika dla danej współrzędnej



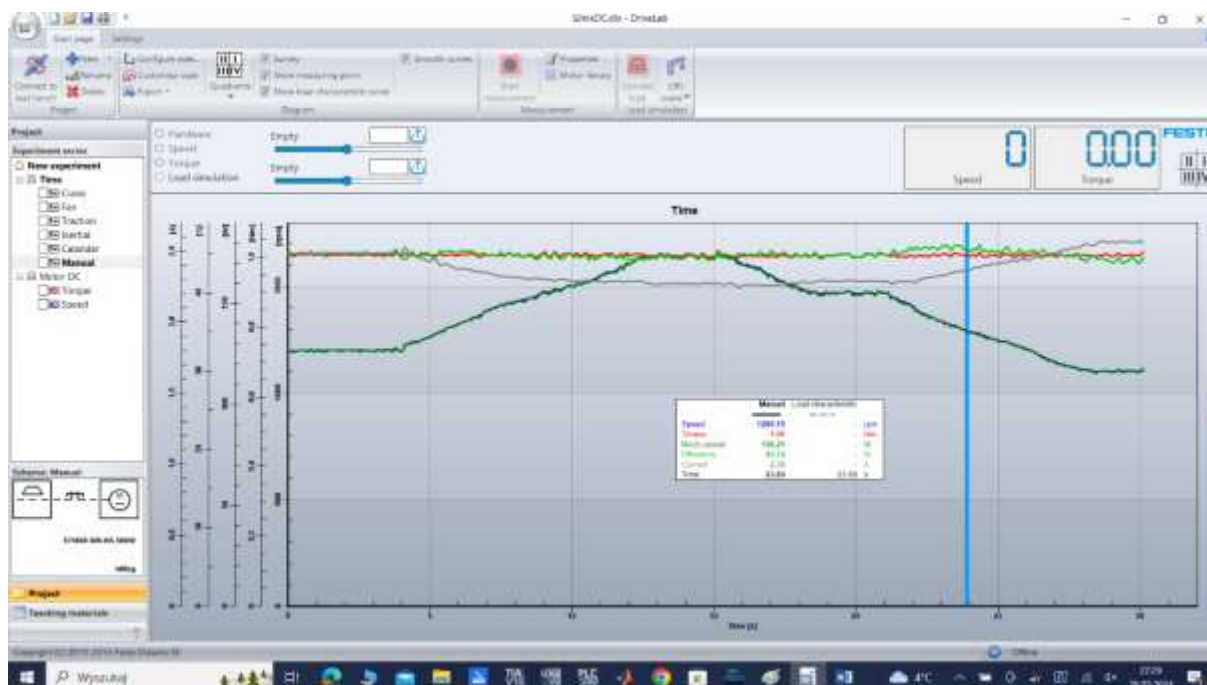
Rys. 4.9 Charakterystyka prędkościowa silnika po dodaniu parametrów

Zarejestrowana charakterystyka momentowa jest przedstawiona na Rys. 4.10.



Rys. 4.10 Charakterystyka momentowa silnika elektrycznego prądu stałego

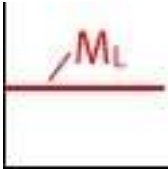
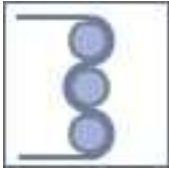
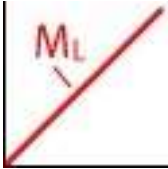
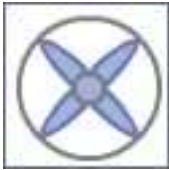
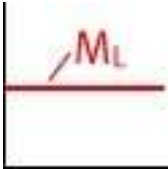
Charakterystyki dynamiczne przedstawiają zmianę parametrów w czasie. Rys. 4.11 przedstawia charakterystykę czasową sterowania prędkością silnika przy stałym obciążeniu.

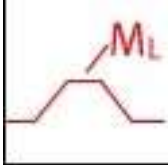


Rys. 4.11 Charakterystyka dynamiczna przy ręcznym sterowaniu prędkością silnika DC

Program daje możliwość symulacji obciążenia silnika według wybranych charakterystyk maszyn. W kolejnych próbach możemy załączyć symulowane obciążenie. Dostępne maszyny obciążające zostały zawarte w Tabeli 4.1.

Tabela 4.1 Charakterystyki maszyn do obciążenia silnika elektrycznego

Symbol	Charakterystyczna krzywa obciążenia	Opis
		Masa inercyjna Charakterystykę obciążenia określa się wyłącznie na podstawie bezwładności i tarcia. Moment obrotowy jest stały w całym zakresie prędkości.
		Kalander - calender W przypadku kalandra występuje również moment obrotowy, który jest proporcjonalny do prędkości. Kalander to seria twardych rolek dociskowych używanych do wykańczania lub wygładzania arkusza materiału, takiego jak papier, tekstylia, guma lub tworzywa sztuczne. Walce kalandrujące wykorzystuje się także do formowania niektórych typów folii z tworzyw sztucznych oraz do nakładania powłok. Niektóre walce kalandra są podgrzewane lub chłodzone w razie potrzeby.
		Pompa/wentylator W przypadku pomp i wentylatorów moment obrotowy jest proporcjonalny do kwadratu prędkości.
		Tokarka Aby uzyskać stałą siłę skrawania i prędkość skrawania, wymagana jest stała moc w całym zakresie prędkości tokarki. W rezultacie moment obrotowy jest odwrotnie proporcjonalny do prędkości. Zaleca się podłączenie obciążenia po uruchomieniu silnika, gdyż w trakcie rozruchu nie jest dostępna wystarczająca moc.
		Dźwig Charakterystyka obciążenia zależy od ciężaru, który ma zostać podniesiony. Podobnie jak w przypadku masy bezwładnościowej, skutkuje to stałym momentem obrotowym. Symulowany jest dźwig bez hamulca, co oznacza, że ładunek opada po wyłączeniu silnika.

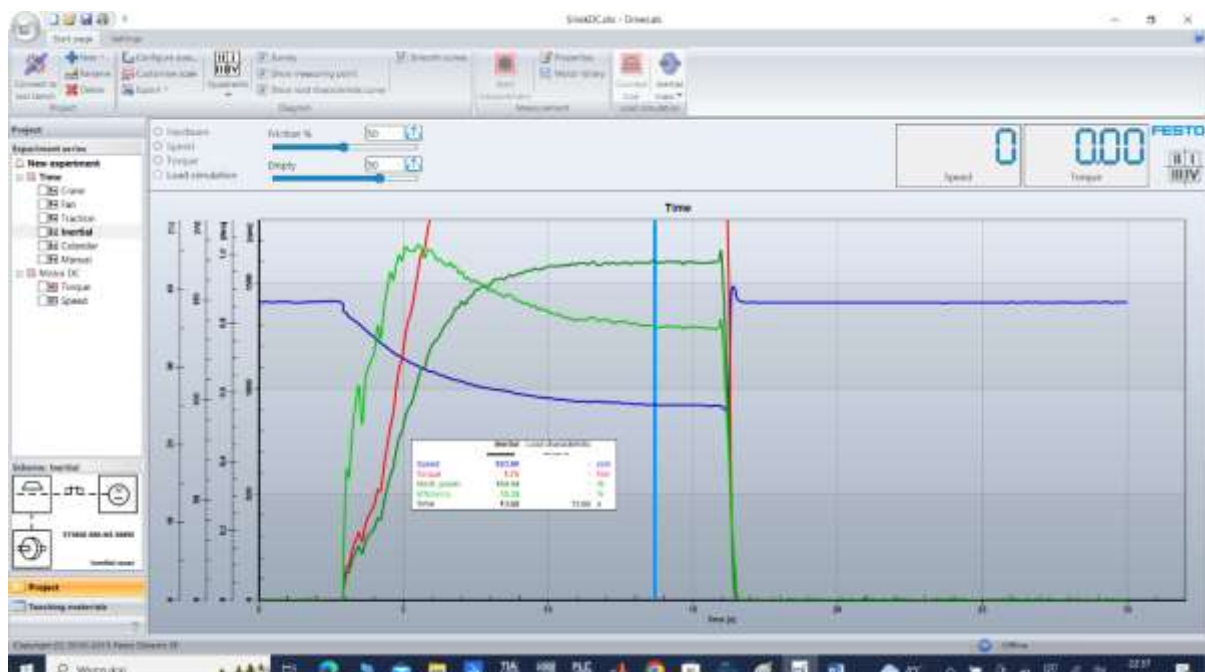
		Napęd przejazdowy Symulowany jest napęd postępowy, który przebiega przez 5 segmentów ścieżki przez 5 sekund każdy. 1. Płaski odcinek 2. Segment nachylony ku górze 3. Płaski odcinek 4. Segment o nachyleniu w dół 5. Płaski odcinek
		Wciągarka Symulowane jest nawijanie materiału na wałek. Moment obrotowy wzrasta wraz ze średnicą materiału nawiniętego na wałek. Średnicę początkową ustawia się za pomocą obciążenia stałego, a zwiększenie średnicy za pomocą opcji obciążenia dynamicznego.

W kolejnych próbach możemy załączyć symulowane obciążenie, Rys. 4.12.



Rys. 4.12 Wybór obciążenia

Symulacja silnika z załączeniem i wyłączeniem odbiornika inercyjnego przedstawia Rys. 4.13.

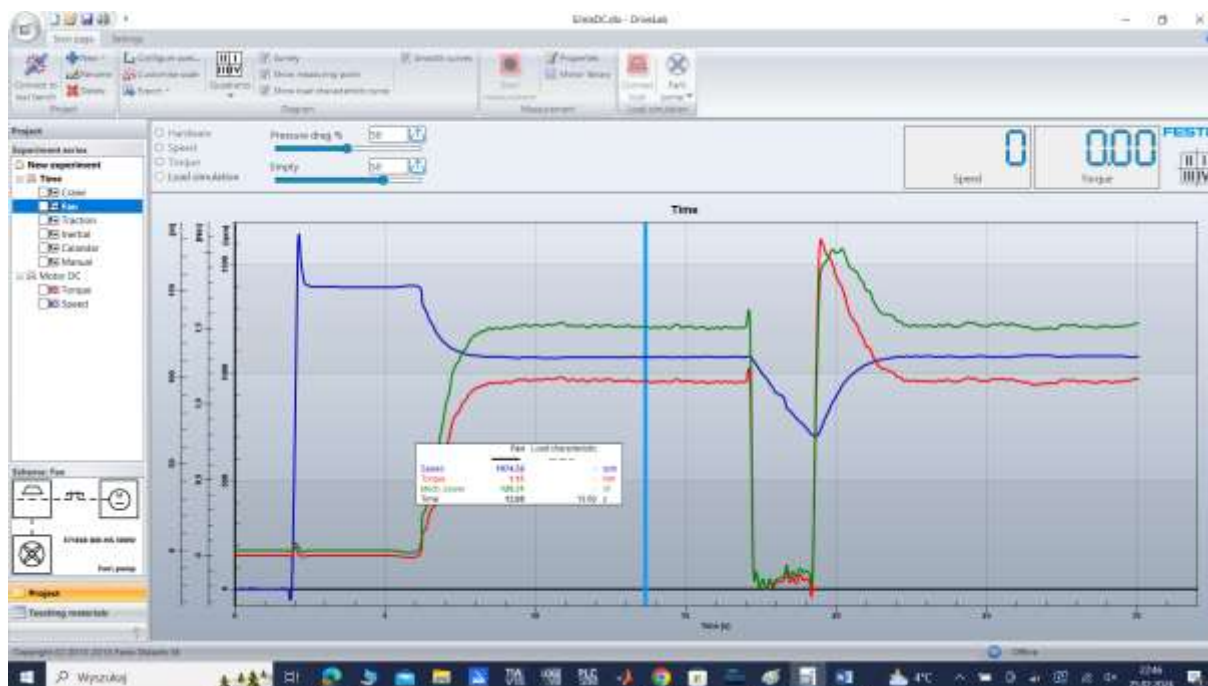


Rys. 4.13 Obciążenie inercyjne



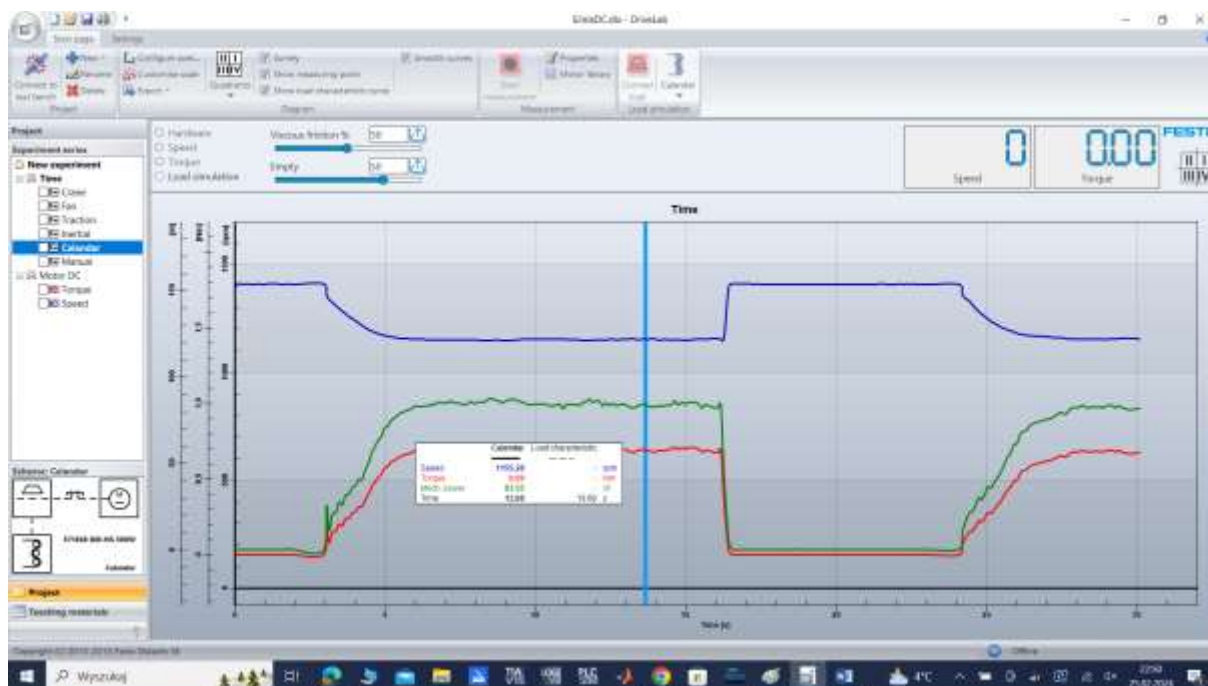
Obciążenie załączamy ikoną  i wykonujemy test pracy z rozruchem silnika lub tylko na pracującym silniku. Obciążenie można załączyć w każdej chwili testu.

Test pracy silnika DC z wentylatorem lub pompą wirową – obciążenie paraboliczne, przedstawia Rys. 4.14.



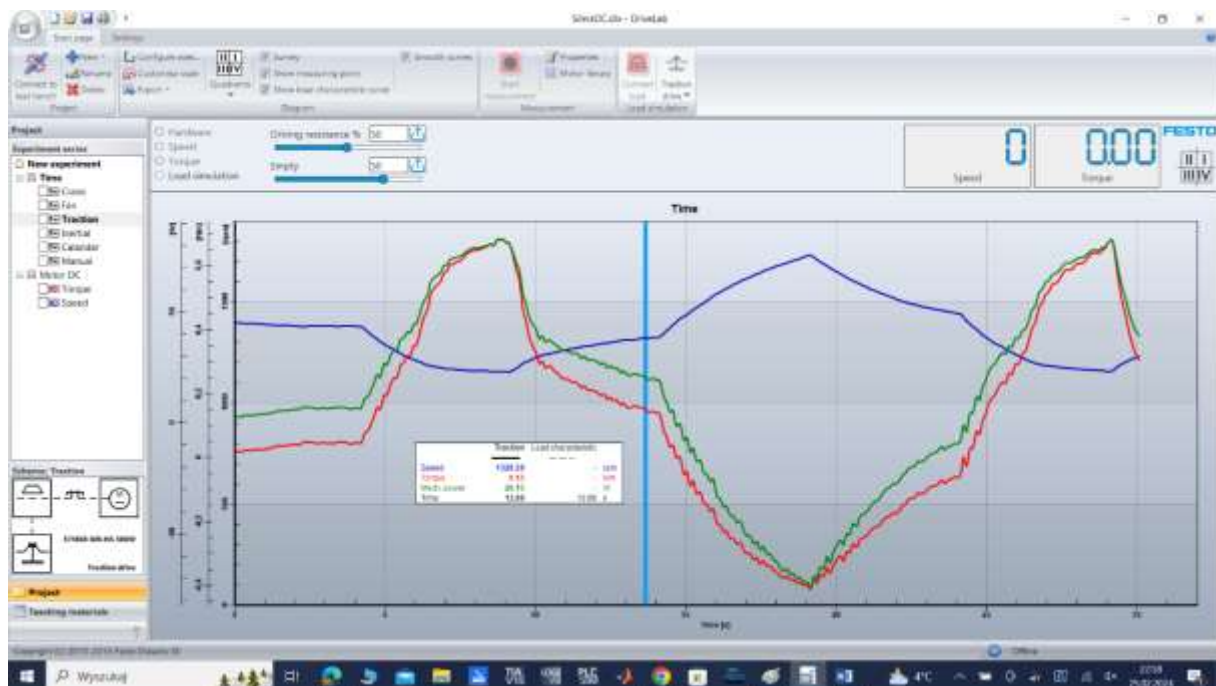
Rys. 4.14 Obciążenie pompą wirową lub wentylatorem

Test pracy silnika DC z kalandrem – obciążenie liniowe, przedstawia Rys. 4.15.



Rys. 4.15 Obciążenie kalandrem

Test pracy silnika DC z obciążeniem trakcyjnym przedstawia Rys. 4.16.



Rys. 4.16 Obciążenie trakcyjne

5. Przebieg ćwiczenia

- Połączyć przewody zasilające i sterujące na stanowisku,
- Załączyć program FCT, skonfigurować i połączyć ze stanowiskiem,
- Wykonać sterowanie prędkościowe silnika krokowego, zarejestrować i wydrukować,
- Wykonać sterowanie pozycyjne silnika krokowego, zarejestrować i wydrukować,
- Wprowadzić zadane pozycje do tablicy rekordów, wykonać je z panelu sterującego,
- Wykonać sprawozdanie z wnioskami.

Spis ilustracji

Rys. 1.1 Elementy stanowiska dydaktycznego – układ napędowy	4
Rys. 1.2DC-	6
Rys. 1.2 Podłączenie silnika prądu stałego i podłączenie termoprzełącznika	6
Rys. 2.1 Stanowisko testowe	7
Rys. 2.2 Montaż silnika elektrycznego na stanowisku testowym	8
Rys. 2.3 Przegląd komunikatów pojawiających się na stanowisku badawczym.....	9
Rys. 3.1 Silnik elektryczny prądu stałego	11
Rys. 3.2 Kierunek obrotów silnika prądu stałego.....	12
Rys. 3.3 Uzwojenia silnika prądu stałego bocznikowego – tabliczka podłączeniowa	13
Rys. 3.4 Schemat podłączenia silnika prądu stałego bocznikowego do sieci	14
Rys. 3.5 Uzwojenia silnika prądu stałego szeregowego – tabliczka podłączeniowa	15
Rys. 3.6 Schemat podłączenia silnika prądu stałego szeregowego do sieci.....	16
Rys. 3.7 Uzwojenia silnika uniwersalnego DC/AC – tabliczka podłączeniowa	16
Rys. 4.1 Wczytanie lub otworzenie nowego projektu	18
Rys. 4.2 Wybranie parametrów silnika prądu stałego do testowania.....	18
Rys. 4.3 Łączenie aplikacji ze stanowiskiem testowym.....	19
Rys. 4.4 Wybór charakterystyki do rejestracji	20
Rys. 4.5 Wybór parametrów charakterystyki	20
Rys. 4.6 Parametry wybranej charakterystyki	21
Rys. 4.7 Konfiguracja wykresu	21
Rys. 4.8 Charakterystyka prędkościowa silnika elektrycznego prądu stałego	22
Rys. 4.9 Charakterystyka prędkościowa silnika po dodaniu parametrów	22
Rys. 4.10 Charakterystyka momentowa silnika elektrycznego prądu stałego.....	23
Rys. 4.11 Charakterystyka dynamiczna przy ręcznym sterowaniu prędkością silnika DC.....	23
Rys. 4.12 Wybór obciążenia.....	25
Rys. 4.13 Obciążenie inercyjne	25
Rys. 4.14 Obciążenie pompą wirową lub wentylatorem	26
Rys. 4.15 Obciążenie kalandrem	26
Rys. 4.16 Obciążenie trakcyjne	27

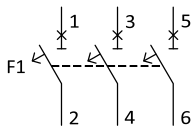
571816

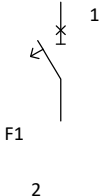
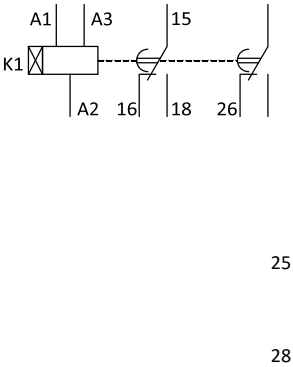
Contactor set TP 1211

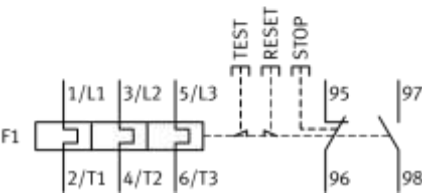
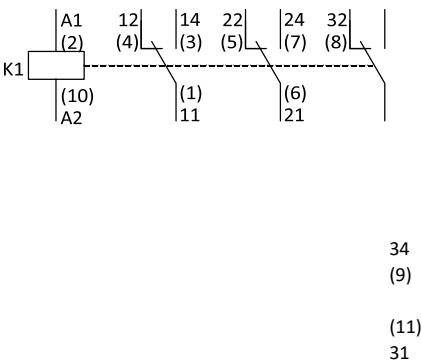


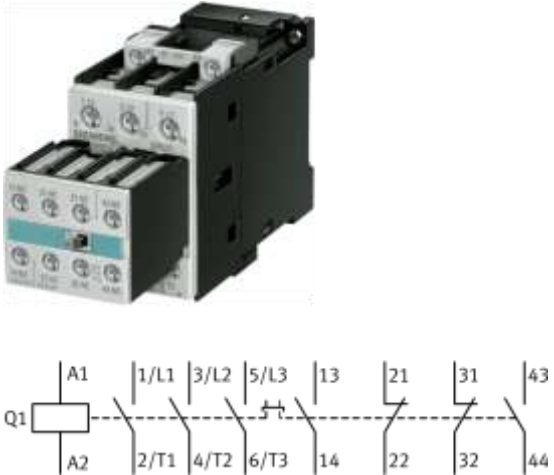
Electrical engineering/
 Electronicss
 Brief description

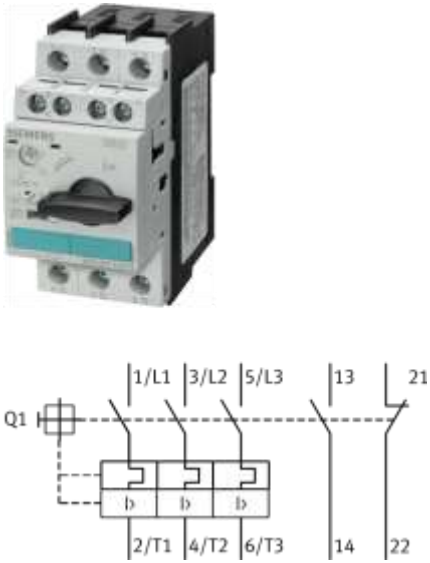


754681		Anschlussbezeichnung Terminal designation Denominación de la conexión Désignation des bornes	Buchse (Bestell-Nr.) Bushing (order no.) Conector (referencia nº) Douille (Réf.)
3 Phasen 10 A Sicherung	3-phase 10 A fuse		
Fusible de 3 fases de 10 A	Disjoncteur triphasé 10 A		
(Siemens: 5SY6310-6)			
 		1	757316
		3	Einschraubbuchse „Stift“ (GY) Screw-in bushing „pin“ (GY) Conector atornillable „clavija“ (GY) Douille vissable „fiche“ (GY)
		5	
		2	
		4	
		6	
		6x Abdeckkappen Ø 7,5 mm 6x cover caps Ø 7,5 mm	6x tapas Ø 7,5 mm 6x capuchons d'obturation Ø 7,5 mm

754680 1 Phasen 4 A Sicherung Single-phase 4 A fuse Fusible de 1 fase de 4 A Disjoncteur monophasé 4 A (Siemens: 5SY6104-6)	Anschlussbezeichnung Terminal designation Denominación de la conexión Désignation des bornes	Buchse (Bestell-Nr.) Bushing (order no.) Conector (referencia n°) Douille (Réf.)
 	1 2	757316 Einschraubbuchse „Stift“ (GY) Screw-in bushing „pin“ (GY) Conector atornillable „clavija“ (GY) Douille vissable „fiche“ (GY)
	2x Abdeckkappen Ø 7,5 mm 2x cover caps Ø 7,5 mm	2x tapas Ø 7,5 mm 2x capuchons d'obturation Ø 7,5 mm
754682 Zeitrelais Time relay Relé temporizador Relais temporisé (Siemens: 3RP1505-1BP30)	Anschlussbezeichnung Terminal designation Denominación de la conexión Désignation des bornes	Buchse (Bestell-Nr.) Bushing (order no.) Conector (referencia n°) Douille (Réf.)
 	15/17C A1 A3+ 15/17C 21/25/27C 22/26NC 24/28NO 16NC 18NO A2-	757317 Einschraubbuchse „Stift“ (BK) Screw-in bushing „pin“ (BK) Conector atornillable „clavija“ (BK) Douille vissable „fiche“ (BK)

754684 Thermisches Überlastrelais Relé térmico de sobrecarga (Siemens: 3RU1116-0FB1)	Thermal overload relay Relais de surcharge thermique	Anschlussbezeichnung Terminal designation Denominación de la conexión Désignation des bornes	Buchse (Bestell-Nr.) Bushing (order no.) Conector (referencia n°) Douille (Réf.)	
 	L1	757316		
	L2	Einschraubbuchse „Stift“ (GY) Screw-in bushing „pin“ (GY)		
	L3	Conector atornillable „clavija“ (GY) Douille vissable „fiche“ (GY)		
	T1	757318		
	T2	Einschraubbuchse „Gabel“ (GY) Screw-in bushing „fork“ (GY)		
	T3	Conector atornillable „horquilla“ (GY) Douille vissable „fourche“ (GY)		
	95	757319		
	97	Einschraubbuchse „Gabel“ (BK) Screw-in bushing „fork“ (BK)		
	96	Conector atornillable „horquilla“ (BK)		
	98	Douille vissable „fourche“ (BK)		
		6x Abdeckkappen M8 6x cover caps M8	6x tapas M8 6x capuchons d'obturation M8	
255846, 255844 Relais mit Sockel Relé con zócalo (TELE: R15WT / R11X)	Relay with base Relais avec socle	Anschlussbezeichnung Terminal designation Denominación de la conexión Désignation des bornes	Buchse (Bestell-Nr.) Bushing (order no.) Conector (referencia n°) Douille (Réf.)	
 	A1	757317		
	12	Einschraubbuchse „Stift“ (BK) Screw-in bushing „pin“ (BK)		
	14	Conector atornillable „clavija“ (BK) Douille vissable „fiche“ (BK)		
	22			
	24			
	32			
	34			
	11			
	21			
	31			
	A2			
			34 (9)	
			(11) 31	

754685, 754687, 754686 Schütz mit Hilfsschütz und Spannungsbegrenzung Contactor with auxiliary relay and voltage limiting Contactor con contactor auxiliar y limitador de tensión Contacteur avec contacteur auxiliaire et limiteur de tension (Siemens: 3RT1023-1B..0/3RH1921-1HA22/3RT1926-1BB00)	Anschlussbezeichnung Terminal designation Denominación de la conexión Désignation des bornes	Buchse (Bestell-Nr.) Bushing (order no.) Conector (referencia n°) Douille (Réf.)
	L1 L2 L3 T1 T2 T3	757318 Einschraubbuchse „Gabel“ (GY) Screw-in bushing „fork“ (GY) Conector atornillable „horquilla“ (GY) Douille vissable „fourche“ (GY)
	13 21 31 43 14 22 32 44 A1+ A2-	757319 Einschraubbuchse „Gabel“ (BK) Screw-in bushing „fork“ (BK) Conector atornillable „horquilla“ (BK) Douille vissable „fourche“ (BK)
	6x Abdeckkappen Ø 8 mm 6x cover caps Ø 8 mm	6x tapas Ø 8 mm 6x capuchons d'obturation Ø 8 mm

754683 Motorschuttschalter Motor protection switch Disyuntor Disjoncteur moteur (Siemens: 3RV1021-0FA15)	Anschlussbezeichnung Terminal designation Denominación de la conexión Désignation des bornes	Buchse (Bestell-Nr.) Bushing (order no.) Conector (referencia n°) Douille (Réf.)
 The image shows a Siemens 3RV1021-0FA15 motor protection switch, a three-pole device with a black handle. Below it is a terminal diagram for the switch, labeled Q1. The diagram shows three main supply terminals at the top: 1/L1, 3/L2, and 5/L3. These are connected to three internal terminals labeled b. From these internal terminals, three output lines go to terminals 2/T1, 4/T2, and 6/T3. Additionally, there are three auxiliary terminals on the right: 13, 21, and 14, which are connected to 22.	L1 L2 L3 T1 T2 T3	757318 Einschraubbuchse „Gabel“ (GY) Screw-in bushing „fork“ (GY) Conector atornillable „horquilla“ (GY) Douille vissable „fourche“ (GY)
	13 21 14 22	757319 Einschraubbuchse „Gabel“ (BK) Screw-in bushing „fork“ (BK) Conector atornillable „horquilla“ (BK) Douille vissable „fourche“ (BK)
	3x Abdeckkappen Ø 8 mm 3x cover caps Ø 8 mm	
	3x tapas Ø 8 mm 3x capuchons d'obturation Ø 8 mm	