

## **ZESTAW ĆWICZEŃ NR 44**

### **Sterowanie silnika 3-fazowego**

z wykorzystaniem przekaźnika, falownika i układów logicznych

---

#### **Zakres ćwiczeń:**

- 44.0 – Podstawy styku 3-fazowego (sterowanie lampkami)
- 44.1 – Uruchomienie silnika za pomocą falownika LS M100
- 44.2 – Start silnika przyciskiem i jednym stykiem 3-fazowym
  - 44.3 – Start silnika z podtrzymaniem (układ Start/Stop)
  - 44.4 – Rewers – sterowanie kierunkiem obrotu silnika
- 44.5 – Rewers z podtrzymaniem – pełny układ przemysłowy

Komponenty: Eaton DILM9-10-EA · LS Electric M100 · Eaton M22-K10

## Wstęp do zestawu ćwiczeń 44

W tym zestawie ćwiczeń poznasz podstawy sterowania przemysłowego – od prostego włączenia lampki przez styk 3-fazowy, aż po pełny układ rewersyjny z podtrzymaniem. To wiedza, którą stosuje się codziennie w fabrykach, magazynach i zakładach produkcyjnych.

Kluczowym elementem każdego ćwiczenia jest przekaźnik (styk) 3-fazowy – urządzenie, które po podaniu napięcia na cewkę (elektromagnes) zamyka lub otwiera kilka obwodów jednocześnie. W naszym przypadku zamyka trzy obwody fazowe do silnika oraz pomocniczy styk sygnalizacyjny.

**⚡ BEZPIECZEŃSTWO:** Silnik 3-fazowy podłączony do sieci 400V AC jest urządzeniem wysokiego napięcia. Wszystkie połączenia wykonuj tylko przy odłączonym zasilaniu. Zawsze poproś nauczyciela o sprawdzenie układu przed włączeniem zasilania!

### Tabela pinów – Eaton DILM9-10-EA (Styk / Przekaźnik 3-fazowy)

Przekaźnik (zwany też stycznikiem lub kontaktorem) DILM9-10-EA to serce każdego ćwiczenia. Zapamiętaj rozmieszczenie jego pinów – to Twoja "Biblia" na tych zajęciach:

Pin	Oznaczenie	Opis funkcji
<b>A1</b>	Cewka (+)	Zasilanie cewki – podaj tu +24V DC, aby włączyć przekaźnik
<b>A2</b>	Cewka (-)	Zasilanie cewki – podaj tu GND (0V)
<b>1L1</b>	Faza L1 (wejście)	Wejście fazy L1 – strona zasilania (od sieci/falownika)
<b>3L2</b>	Faza L2 (wejście)	Wejście fazy L2 – strona zasilania (od sieci/falownika)
<b>5L3</b>	Faza L3 (wejście)	Wejście fazy L3 – strona zasilania (od sieci/falownika)
<b>2T1</b>	Faza T1 (wyjście)	Wyjście do silnika – faza U silnika
<b>4T2</b>	Faza T2 (wyjście)	Wyjście do silnika – faza V silnika
<b>6T3</b>	Faza T3 (wyjście)	Wyjście do silnika – faza W silnika
<b>13 NO</b>	Styk pomocniczy NO	Styk pomocniczy Normalnie Otwarty – zamyka się gdy przekaźnik jest aktywny
<b>14 NO</b>	Styk pomocniczy NO	Drugi zacisk styku pomocniczego NO

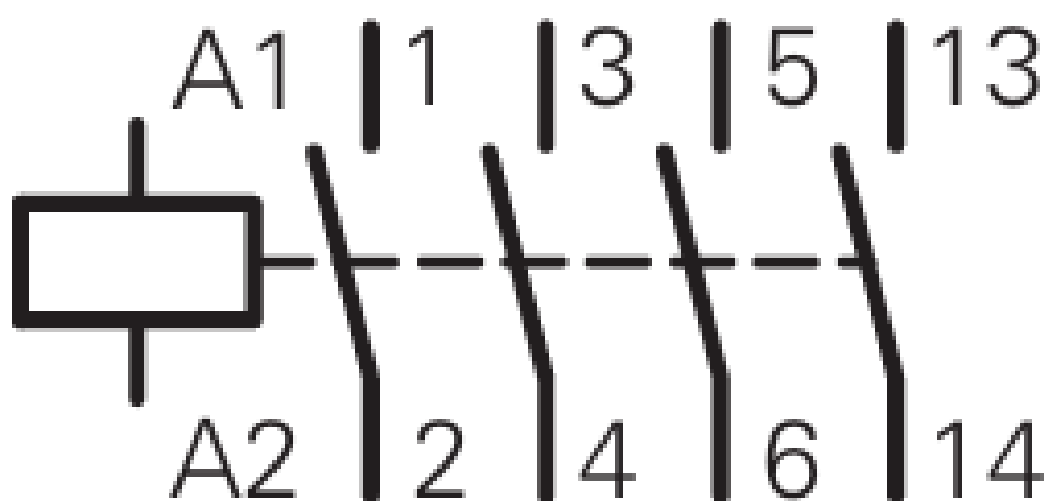
**💡 ZAPAMIĘTAJ:** Styk NO (Normally Open = Normalnie Otwarty) jest otwarty (rozarty) gdy przekaźnik NIE jest zasilany. Gdy podasz napięcie na cewkę A1-A2, styk NO zamknie się i prąd popłynie. Jest to analogia do przycisku, który ktoś trzyma wciśnięty dopóki przekaźnik jest zasilany.

## Tabela pinów – Eaton M22-K10 (Blok styków do przycisków)

Blok styków M22-K10 to moduł styku NO montowany pod przyciskiem M22. Ma dwa piny:

Pin	Oznaczenie	Opis funkcji
3	Styk NO – wejście	Jeden zacisk styku NO przycisku
4	Styk NO – wyjście	Drugi zacisk styku NO przycisku – obwód zamknięty po wciśnięciu

Schemat wewnętrzny stycznika DILM9:



# ĆWICZENIE 44.0

## Podstawy styku 3-fazowego – sterowanie trzema lampkami

### TEMAT

Poznanie budowy i zasady działania styku 3-fazowego (kontaktora).  
Pierwsze samodzielne połączenie układu sterowania z odbiornikami.

### CEL

Po wykonaniu tego ćwiczenia będziesz wiedzieć:

- jak działa cewka kontaktora i jakie piny odpowiadają za zasilanie cewki,
- jak działają główne styki robocze (L → T),
- jak za pomocą jednego przycisku jednocześnie włączyć trzy niezależne obwody.

### Wstęp do ćwiczenia

Wyobraź sobie, że kontrolujesz sygnalizację świetlną w magazynie: jedno naciśnięcie przycisku zapala jednocześnie trzy kolorowe lampki – zieloną ("strefa wolna"), żółtą ("uwaga, ruch") i czerwoną ("zajęte"). To właśnie może zrobić kontraktor 3-fazowy – jedną cewką steruje trzema niezależnymi obwodami.

W tym ćwiczeniu zamiast silnika podłączymy trzy lampki sygnalizacyjne, żeby bezpiecznie i przejrzysto zaobserwować działanie wszystkich trzech styków roboczych kontaktora.

### ⚙️ POTRZEBNE KOMPONENTY

- **Eaton DILM9-10-EA** – Styk (kontraktor) 3-fazowy z cewką 24V DC – główny element sterujący (K1)
- **Zasilacz 24V DC** – Do zasilania cewki kontaktora i lampek sygnalizacyjnych
- **Przycisk S1 (NO)** – Eaton M22 z blokiem M22-K10 – zielony, typ Normalnie Otwarty, START
- **Lampka H1 (czerwona)** – 230V AC lub 24V DC (zależnie od dostępnych lampek) – symuluje linię L1
- **Lampka H2 (żółta)** – Symuluje linię L2
- **Lampka H3 (zielona)** – Symuluje linię L3
- **Przewody, tulejki, wkrętki** – Narzędzia montażowe

### Zasada działania – jak to działa?

Kontraktor działa jak elektromagnes sterowany małym napięciem (24V DC na cewce), który zamyka potężne styki robocze (do 400V AC, 9A). Schemat myślowy jest zawsze taki sam:

- ▶ **Obwód sterowania (MAŁY PRĄD 24V DC):**
  - Zasilacz 24V → Przycisk S1 (NO) → Cewka A1 → A2 → GND
  - Naciśnięcie S1 powoduje przepływ prądu przez cewkę → elektromagnes się aktywuje
- ▶ **Obwód główny (DUŻE NAPIĘCIE – w tym ćwiczeniu 24V DC do lampek):**


- Zasilanie wchodzi w piny 1L1, 3L2, 5L3
- Po aktywacji kontaktora styki zamykają się i prąd płynie do 2T1, 4T2, 6T3
- Do pinów wyjściowych T1, T2, T3 podłączamy lampki H1, H2, H3

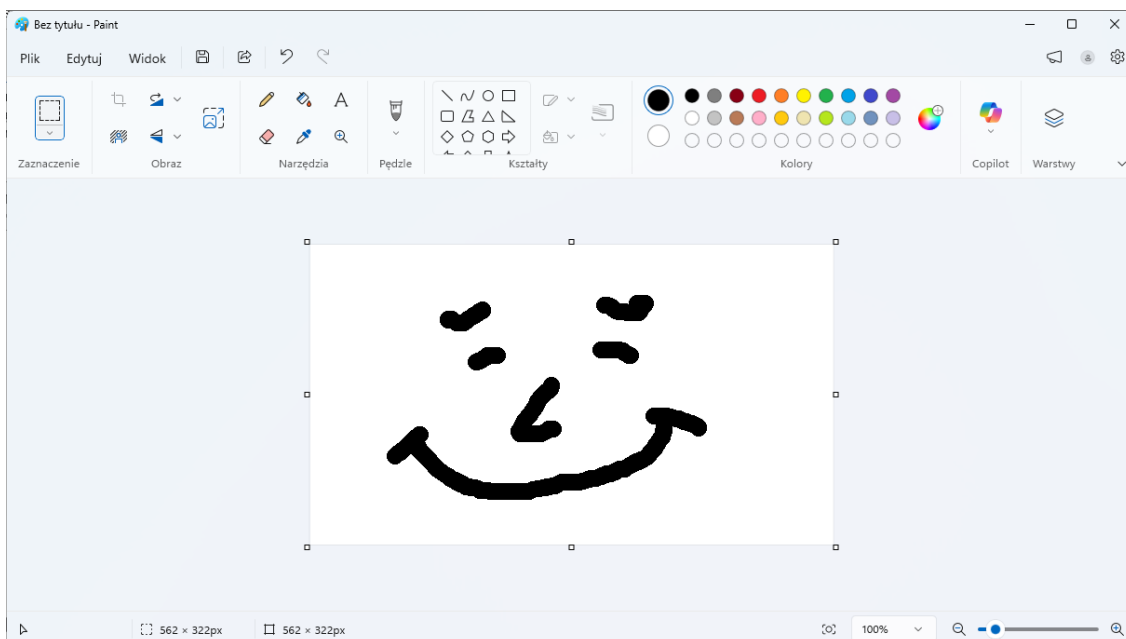
## Opis połączeń

Krok	Czynność / Opis
1	Obwód cewki (sterowanie): +24V → Przycisk S1 (pin 3) → S1 (pin 4) → K1 cewka (A1) → K1 (A2) → GND (0V)
2	Obwód lampki H1 (czerwona): +24V → K1 (pin 1L1) → K1 (pin 2T1) → H1(+) → H1(-) → GND
3	Obwód lampki H2 (żółta): +24V → K1 (pin 3L2) → K1 (pin 4T2) → H2(+) → H2(-) → GND
4	Obwód lampki H3 (zielona): +24V → K1 (pin 5L3) → K1 (pin 6T3) → H3(+) → H3(-) → GND
5	Sprawdź połączenia z nauczycielem, następnie włącz zasilanie.
6	Naciśnij przycisk S1 – wszystkie trzy lampki powinny zapalić się jednocześnie. Puść przycisk S1 – wszystkie trzy lampki powinny zgasnąć jednocześnie.

## Test i obserwacje

- ▶ – słyszysz charakterystyczne "klik" kontaktora i widzisz 3 lampki świecące naraz?
- ▶ – lampki gasną natychmiast? To poprawne zachowanie dla układu BEZ podtrzymania.
- ▶ dlaczego przemysłowe układy wymagają podtrzymania? (odpowiedź znajdziesz w ćw. 44.3)

 **MIEJSCE NA TWÓJ SCHEMAT:** Narysuj i wyślij na adres [haukeprojekt@gmail.com](mailto:haukeprojekt@gmail.com) swój schemat W tytule podaj klasa\_numer\_numerĆwiczenia.



# ĆWICZENIE 44.1

## Uruchomienie silnika 3-fazowego za pomocą falownika LS Electric M100

<b>TEMAT</b>	Poznanie budowy i obsługi falownika (przeziennika częstotliwości) LS Electric M100. Uruchomienie silnika w trybie lokalnym (z panelu falownika).
--------------	---

<b>CEL</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Rozumiesz czym jest falownik i do czego służy,</li><li>• Potrafisz podłączyć silnik do falownika,</li><li>• Uruchamiasz silnik z panelu operatorskiego falownika,</li><li>• Zmieniasz prędkość i kierunek obrotów z panelu.</li></ul>
------------	---


### Wstęp – czym jest falownik i dlaczego jest ważny?

Falownik (ang. inverter, VFD – Variable Frequency Drive) to inteligentny układ elektroniczny, który zamienia stałe napięcie i częstotliwość sieci (np. 400V / 50Hz) na napięcie i częstotliwość regulowaną płynnie przez użytkownika.

Dzięki temu możemy:

- ▶ **Płynnie regulować prędkość silnika** – od 0 do 50 Hz (i powyżej)
- ▶ **Miękko startować i zatrzymywać silnik** – bez gwałtownych szarpnięć mechanicznych
- ▶ **Chronić silnik** – falownik ma wbudowane zabezpieczenia termiczne i prądowe
- ▶ **Oszczędzać energię** – silnik pracuje tylko z taką mocą, jakiej aktualnie potrzebuje

Nasz falownik to LS Electric M100. Wyświetlacz pokazuje aktualną częstotliwość wyjściową. Przyciski RUN, STOP, strzałki i ENT służą do obsługi lokalnej.

 <b>POTRZEBNE KOMPONENTY</b>
• <b>Falownik LS Electric M100</b> – Przeziennik częstotliwości – główny element ćwiczenia (FU1)
• <b>Silnik 3-fazowy 230/400V</b> – Podłączony do wyjścia falownika (U, V, W)
• <b>Przewody siłowe</b> – Do połączenia zasilania i silnika z falownikiem


### Budowa zacisków falownika M100

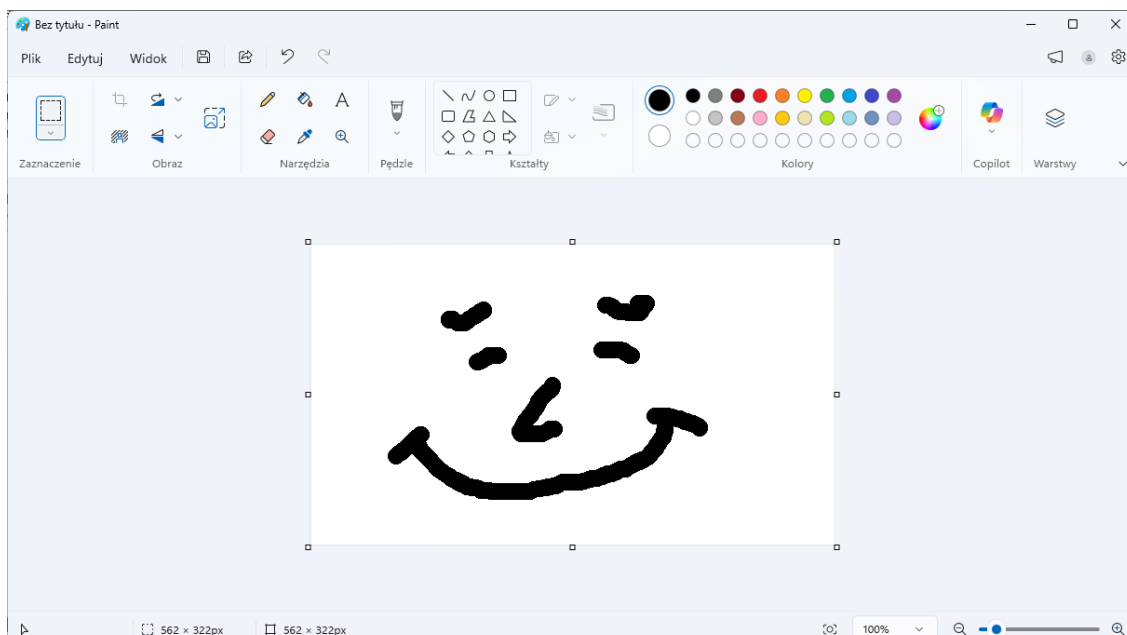
Zacisk	Oznaczenie	Opis
R, T	Zasilanie wejściowe	Wejście 1-fazowe 230V AC z sieci (czyli L, N)
U, V, W	Wyjście do silnika	Wyjście 3-fazowe do uzwojeń silnika
PE	Uziemienie	Zacisk ochronny – zawsze podłącz uziemienie!
P1, P2	Hamowanie	Zaciski rezystora hamowania ( <b>opcjonalnie</b> )

⚡ **UWAGA:** Zasilanie falownika to 230V AC jednofazowe – **WYSOKA NAPIĘCIE**. Połączenia po stronie zasilania i silnika **zatwierdza nauczyciel**. Uczeń oczekuje na zatwierdzenie poprawności podłączenia zasilania falownika i silnika !

## Obsługa panelu – uruchomienie lokalne

Krok	Czynność / Opis
1	Sprawdź, że silnik jest podłączony do zacisków U, V, W falownika. Zasilanie R-S-T podłączone. Falownik włączony – wyświetlacz świeci.
2	Parametr trybu sterowania: Naciśnij ENT, wejdź do menu. Sprawdź parametr drv (DRV-01) – powinien być ustawiony na 0 (panel lokalny). Jeśli nie, zmień na 0.
3	Ustaw częstotliwość: Strzałkami ▲▼ ustaw żądaną częstotliwość na wyświetlaczu, np. 25.00 Hz (połowa prędkości nominalnej). Wciśnij ENT aby zatwierdzić.
4	Naciśnij przycisk RUN (zielony) – silnik zacznie się rozpędzać do ustawionej częstotliwości.
5	Obserwuj: amperomierz i woltomierz na panelu pomiarowym. Zapisz odczytane wartości. Prądomierz wskazuje: _____ A   Woltomierz wskazuje: _____ V
6	Zmień częstotliwość: Strzałkami ▲▼ zmień wartość na 50.00 Hz. Zaobserwuj zmianę prędkości obrotów silnika.
7	Naciśnij STOP – silnik wyhamowuje i zatrzymuje się.
8	Aby zmienić kierunek: Wejdź w ustawienia parametru drv-06 (lub REV z panelu) i zmień kierunek. Naciśnij RUN – silnik obraca się w przeciwnym kierunku.

 **MIEJSCE NA TWÓJ SCHEMAT:** Narysuj i wyślij na adres [haukeprojekt@gmail.com](mailto:haukeprojekt@gmail.com) swój schemat W tytule podaj klasa\_numer\_numerĆwiczenia.



# ĆWICZENIE 44.2

## Uruchomienie silnika przyciskiem i jednym stykiem 3-fazowym

<b>TEMAT</b>	Bezpośredni rozruch silnika 3-fazowego za pomocą przycisku i jednego kontaktora. Zrozumienie różnicy między układem z podtrzymaniem a bez.
--------------	---

<b>CEL</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Prawidłowo podłączasz kontraktor do falownika (230V AC) i silnika,</li><li>• Rozumiesz pojęcia: obwód sterowniczy (24V DC) i obwód główny (230V AC),</li><li>• Uruchamiasz silnik trzymając wciśnięty przycisk START.</li></ul>
------------	---

### Wstęp – dwa światy w jednym układzie

Każdy przemysłowy układ sterowania składa się z dwóch wyraźnie oddzielonych obwodów:

- ▶ **Obwód sterowniczy (logika, małe napięcie 24V DC):** tu podłączamy przyciski, czujniki i cewki przekaźników. Prądy są małe, bezpieczne, obsługiwane przez człowieka.
- ▶ **Obwód główny (roboczy, wysokie napięcie 230V AC):** tu płynie prąd do silnika. Stykami roboczymi zarządza stycznik. Człowiek nigdy tu nie dotyka w czasie pracy!

W tym ćwiczeniu przycisk S1 (NO) jest elementem obwodu sterowniczego. Kiedy go wciskamy, napięcie płynie przez cewkę A1-A2 kontaktora K1. K1 zamyka swoje styki robocze (1L1→2T1, 3L2→4T2, 5L3→6T3) i silnik rusza. Gdy zwalniamy przycisk – K1 traci zasilanie, styki otwierają się, silnik się zatrzymuje.

**⚡ UWAGA:** Obwód główny (L1, L2, L3 → silnik) pracuje na napięciu 230V AC. Połączenia w tym obwodzie **sprawdza i zatwierdza nauczyciel!** Uczeń samodzielnie wykonuje cały obwód roboczy (230V AC) i sterowniczy (24V DC) a następnie czeka na pozwolenie podłączenie zasilania.

<b>⚙️ POTRZEBNE KOMPONENTY</b>
• <b>Eaton DILM9-10-EA (K1)</b> – Kontraktor 3-fazowy, cewka 24V DC
• <b>Przycisk S1 – START (NO)</b> – Zielony Eaton M22 z blokiem M22-K10, typ Normalnie Otwarty
• <b>Silnik 3-fazowy</b> – Połączony w gwiazdę (230/400V → zależnie od dostępnego napięcia)
• <b>Zasilacz 24V DC</b> – Do obwodu sterowniczego (cewka K1)
• <b>Zabezpieczenie (wyłącznik nadprądowy)</b> – W obwodzie zasilania 400V AC – montuje nauczyciel

## Opis połączeń

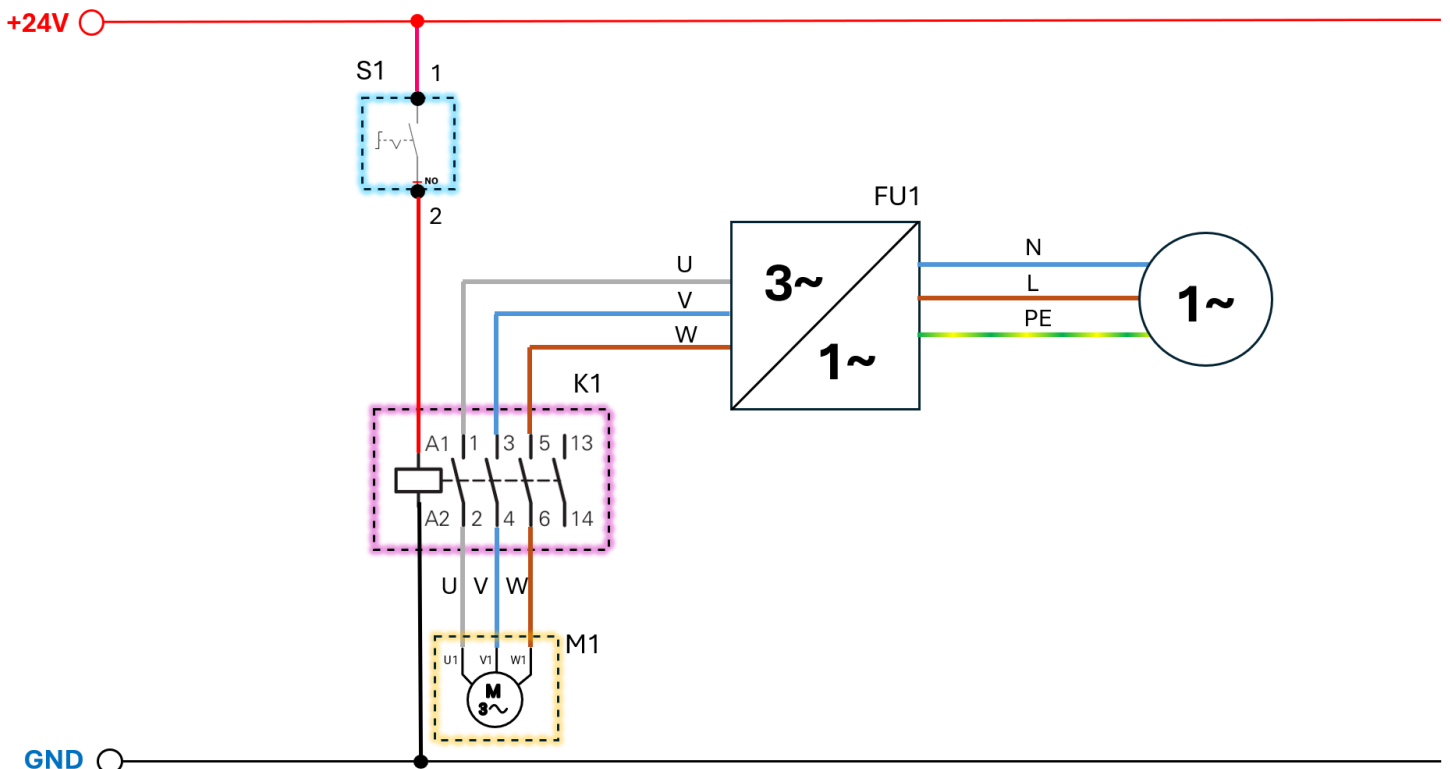
Krok	Czynność / Opis
1	OBWÓD STEROWNICZY (24V DC – wykonuje uczeń): +24V → Przycisk S1 (pin 3 bloku M22-K10) → S1 (pin 4) → Cewka K1 (A1) → K1 (A2) → GND (0V)
2	OBWÓD GŁÓWNY (400V AC – wykonuje nauczyciel): L1 → K1 (1L1)   K1 (2T1) → Silnik U L2 → K1 (3L2)   K1 (4T2) → Silnik V L3 → K1 (5L3)   K1 (6T3) → Silnik W PE → Obudowa silnika (uziemiające ochronne)
3	Sprawdź układ z nauczycielem. Dopiero po jego akceptacji włącz zasilanie.
4	Naciśnij i przytrzymaj przycisk S1 – silnik powinien się uruchomić. Zwolnij S1 – silnik powinien się zatrzymać.

## Obserwacje i pytania

### ▶ TAK / NIE (zakreśl)

- ▶ \_\_\_\_\_
- ▶ \_\_\_\_\_
- ▶ \_\_\_\_\_

📄 **SCHEMAT POŁĄCZEŃ:** Sfotografuj swój układ i wyślij na adres [haukeprojekt@gmail.com](mailto:haukeprojekt@gmail.com) swój układ. W tytule podaj klasa\_numer\_numerCwiczenia.



# ĆWICZENIE 44.3

## Uruchomienie silnika z podtrzymaniem – układ START / STOP

<b>TEMAT</b>	Klasyczny przemysłowy układ Start/Stop z podtrzymaniem elektrycznym. Silnik pracuje po krótkim naciśnięciu START i zatrzymuje się po naciśnięciu STOP.
--------------	---

<b>CEL</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Rozumiesz pojęcie podtrzymania elektrycznego (samopodtrzymania),</li><li>• Wiesz jaką rolę pełni styk pomocniczy NO kontaktora (pin 13-14),</li><li>• Rozróżniasz przycisk NO (Start) od przycisku NC (Stop),</li><li>• Budujesz klasyczny układ stosowany w każdej maszynie przemysłowej.</li></ul>
------------	--

### Wstęp – dlaczego potrzebujemy podtrzymania?

W ćwiczeniu 44.2 silnik pracował tylko gdy trzymałeś przycisk. To bardzo nieefektywne – operator musiałby stać i trzymać przycisk przez całą zmianę! W przemyśle potrzebujemy, żeby:

- ▶ **Krótkie naciśnięcie START** → silnik rusza i **PRACUJE SAMODZIELNIE**
- ▶ **Krótkie naciśnięcie STOP** → silnik zatrzymuje się

Aby to osiągnąć, używamy styku pomocniczego NO kontaktora (piny 13-14). Jest to mały styk, który – tak jak styki robocze – zamyka się gdy kontraktor jest zasilany. Podłączamy go równolegle do przycisku START. Gdy puścimy START, prąd nadal płynie przez ten styk – kontraktor "sam siebie podtrzymuje".

<p>💡 <b>KLUCZOWE POJĘCIE – PODTRZYMANIE ELEKTRYCZNE:</b> Styk pomocniczy NO (13-14) kontaktora K1 jest połączony równolegle do przycisku S1 (START). Gdy K1 się załącza, styk 13-14 zamyka się i "blokuje" obwód sterowniczy w stanie ON, nawet gdy puścimy przycisk START. Obwód jest teraz niezależny od przycisku START.</p>
---

<b>⚙️ POTRZEBNE KOMPONENTY</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Eaton DILM9-10-EA (K1)</b> – Kontraktor 3-fazowy z cewką 24V DC – styk pomocniczy 13-14 NO jest KLUCZOWY w tym ćwiczeniu</li><li>• <b>Przycisk S1 – START (NO)</b> – Zielony Eaton M22 z blokiem M22-K10 – Normalnie Otwarty</li><li>• <b>Przycisk S2 – STOP (NC)</b> – Czerwony Eaton M22 z blokiem NC – Normalnie Zamknięty (wciśnięcie PRZERYWA obwód)</li><li>• <b>Silnik 3-fazowy</b> – Jak w ćw. 44.2</li><li>• <b>Zasilacz 24V DC</b> – Obwód sterowniczy</li></ul>

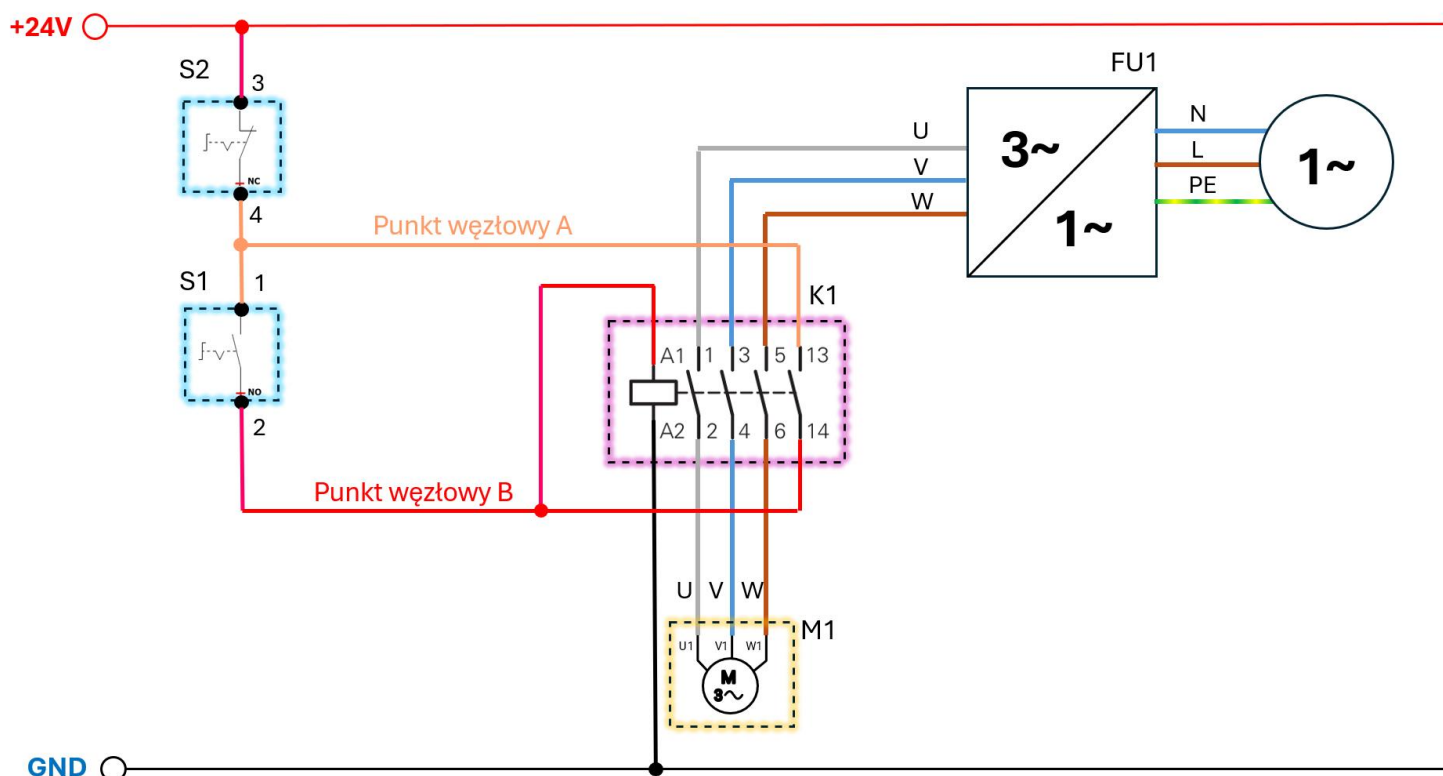
<p><b>!</b> <b>UWAGA NA PRZYCISK STOP:</b> Przycisk STOP musi być typu NC (Normally Closed = Normalnie Zamknięty). W stanie normalnym (niewciśniętym) przepuszcza prąd. Naciśnięcie przerywa obwód i wyłącza kontraktor. Jest to wymaganie bezpieczeństwa – gdyby przewód do STOP uległ zerwaniu, układ automatycznie się zatrzyma!</p>
---

## Opis połączeń

Krok	Czynność / Opis
1	LINIA STEROWANIA ("magistrala" +24V przez STOP): +24V → Przycisk S2-STOP (NC, wejście) → S2-STOP (NC, wyjście) → punkt węzłowy A
2	GAŁĄŻ START (przycisk równoległe do styku podtrzymania): Punkt A → Przycisk S1-START (NO, pin 3) → S1-START (NO, pin 4) → punkt węzłowy B ORAZ: Punkt A → Styk pomocniczy K1 (pin 13 NO) → K1 (pin 14 NO) → punkt węzłowy B WAŻNE: S1 i styk 13-14 są połączone RÓWNOLEGLE (oba wchodzą do węzła A i wychodzą z węzła B)
3	CEWKA KONTAKTORA: Punkt B → Cewka K1 (A1) → K1 (A2) → GND (0V)
4	OBWÓD GŁÓWNY (wykonuje nauczyciel – identyczny jak w 44.2): L1→K1(1L1)→K1(2T1)→Silnik U, L2→K1(3L2)→K1(4T2)→Silnik V, L3→K1(5L3)→K1(6T3)→Silnik W

## Test układu – krok po kroku

Krok	Czynność / Opis
1	Sprawdź układ z nauczycielem. Włącz zasilanie.
2	Naciśnij krótko S1 (START) i puść – silnik powinien uruchomić się i PRACOWAĆ DALEJ.
3	Spróbuj nacisnąć ponownie S1 – nic się nie zmienia, silnik nadal pracuje.
4	Naciśnij S2 (STOP) – silnik zatrzymuje się natychmiast.
5	Co stanie się gdy odłączymy przewód do STOP? (Pytanie do przemyślenia)



# ĆWICZENIE 44.4

## Rewers – sterowanie kierunkiem obrotu silnika (bez podtrzymania)

<b>TEMAT</b>	Sterowanie kierunkiem obrotów silnika 3-fazowego za pomocą dwóch kontaktorów. Zmiana kierunku obrotów przez zamianę kolejności faz.
<b>CEL</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Rozumiesz dlaczego zamiana dwóch faz zmienia kierunek obrotu silnika,</li><li>• Budujesz układ rewersyjny z dwoma kontaktorami (K1 – lewo, K2 – prawo),</li><li>• Stosujesz blokadę elektryczną (interlocking) między kontaktorami,</li><li>• Wiesz dlaczego blokada jest absolutnie konieczna z powodów bezpieczeństwa.</li></ul>

### Wstęp – jak zmienić kierunek obrotu silnika?

Silnik 3-fazowy obraca się zgodnie z kolejnością faz:  $L1 \rightarrow L2 \rightarrow L3$ . Jeśli zamienimy ze sobą dwie dowolne fazy (np.  $L1 \leftrightarrow L3$ ), kolejność pola magnetycznego odwróci się i silnik zacznie obracać się w przeciwnym kierunku.

Używamy do tego dwóch kontaktorów:

- ▶ **K1 (LEWO):**  $L1 \rightarrow U, L2 \rightarrow V, L3 \rightarrow W$  – silnik obraca się w lewo (kierunek "do przodu")
- ▶ **K2 (PRAWO):**  $L3 \rightarrow U, L2 \rightarrow V, L1 \rightarrow W$  – fazy L1 i L3 zamienione → silnik obraca się w prawo



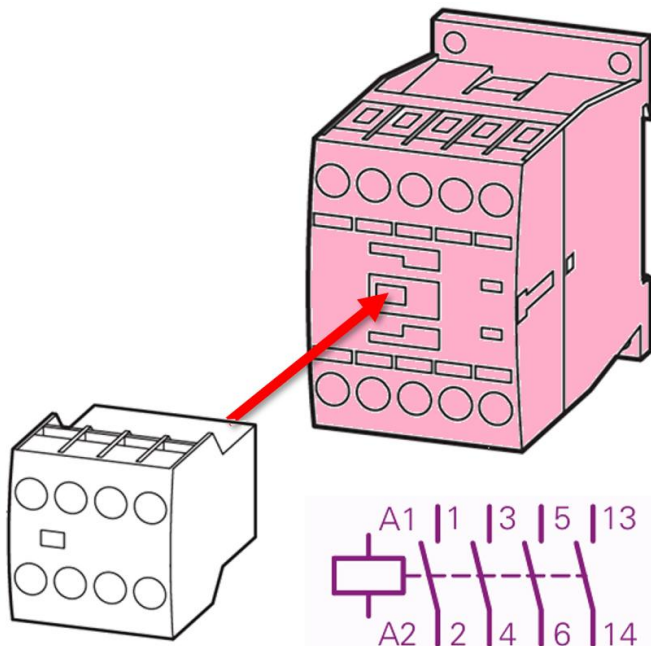
**ABSOLUTNY ZAKAZ: NIGDY nie włączaj K1 i K2 jednocześnie!** Spowodowałoby to bezpośrednie zwarcie dwóch faz (L1 i L3) – natychmiastowe zadziałanie bezpieczników lub uszkodzenie instalacji. Dlatego stosujemy **BLOKADĘ ELEKTRYCZNĄ!**

### Blokada elektryczna (Interlocking)

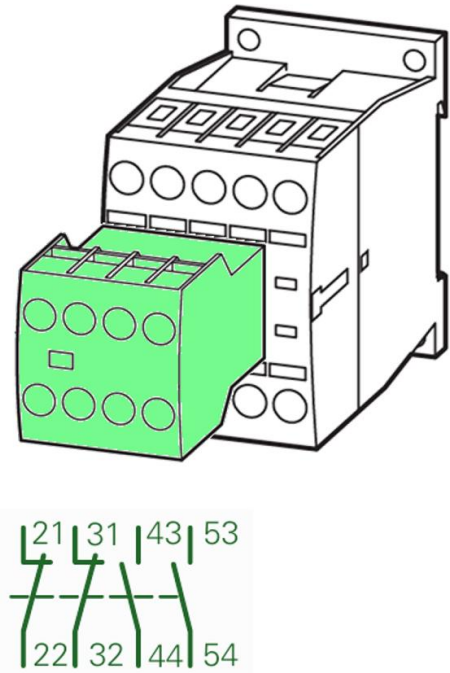
Blokada elektryczna polega na tym, że:

- ▶ **Styk pomocniczy NC (Normalnie Zamknięty) kontaktora K1** jest wstawiony szeregowo do obwodu cewki K2. Gdy K1 jest aktywny, jego styk NC otwiera się i uniemożliwia załączenie K2.
- ▶ **Styk pomocniczy NC kontaktora K2** jest wstawiony szeregowo do obwodu cewki K1. Gdy K2 jest aktywny, K1 nie może się załączyć.

💡 **ZAPAMIĘTAJ:** Kontaktor **DILM9-10-EA** ma wbudowany tylko styk pomocniczy NO (13-14). Do blokady potrzebujemy NC! Możemy dodać moduł pomocniczy NC montowany na kontaktorze (na przykład DILM32-XHI22). Zapytaj nauczyciela o dostępność modułu lub użyj styk NC przycisku jako uproszczonej blokady.



**DILM9-10-EA**



**DILM32-XHI22**

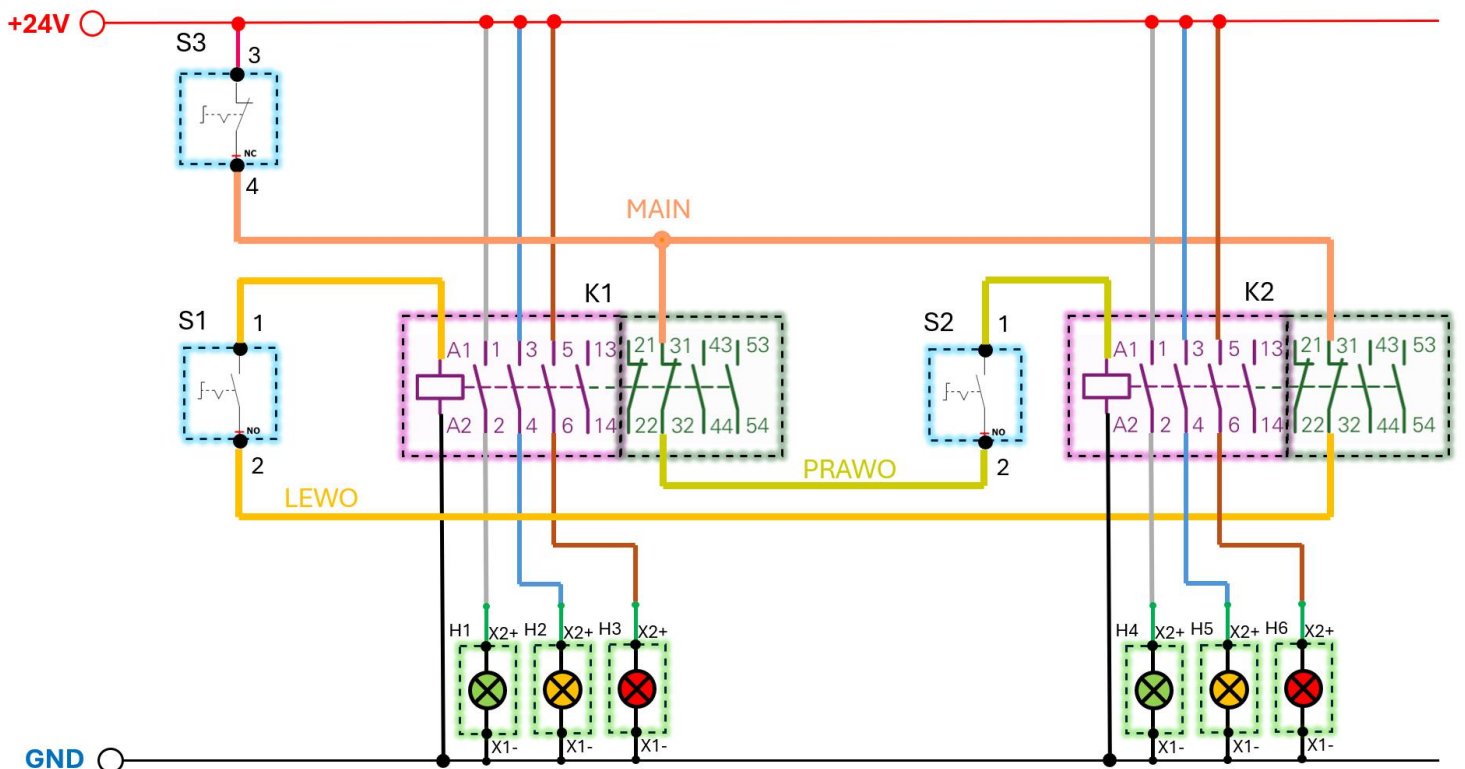
#### ⚙️ POTRZEBNE KOMPONENTY

- **Eaton DILM9-10-EA (K1)** – Kontraktor LEWO – cewka 24V DC
- **Eaton DILM9-10-EA (K2)** – Kontraktor PRAWO – cewka 24V DC
- **Przycisk S1 – LEWO (NO)** – Zielony Eaton M22 – uruchamia silnik w lewo
- **Przycisk S2 – PRAWO (NO)** – Zielony Eaton M22 – uruchamia silnik w prawo
- **Przycisk S3 – STOP (NC)** – Czerwony Eaton M22 – zatrzymuje silnik
- **Moduł styku NC EATON DILM32-XHI22** – Do realizacji blokady elektrycznej (interlocking)
- **Silnik 3-fazowy** – Musi być zatrzymany przed zmianą kierunku!

Na początek zamiast silnika bezpieczniej podłączyć lampki kontrolne.


## Opis połączeń – obwód sterowniczy

Krok	Czynność / Opis
1	MAGISTRALA ZASILANIA: +24V → S3-STOP (NC) → punkt węzłowy MAIN
2	GAŁĄŹ LEWO (K1): MAIN → Blokada NC od K2 → S1-LEWO (NO) → Cewka K1 (A1) → K1 (A2) → GND
3	GAŁĄŹ PRAWO (K2): MAIN → Blokada NC od K1 → S2-PRAWO (NO) → Cewka K2 (A1) → K2 (A2) → GND
4	OBWÓD GŁÓWNY – K1 (LEWO) – montuje nauczyciel: L1→K1(1L1)→K1(2T1)→U, L2→K1(3L2)→K1(4T2)→V, L3→K1(5L3)→K1(6T3)→W
5	OBWÓD GŁÓWNY – K2 (PRAWO) – montuje nauczyciel: L3→K2(1L1)→K2(2T1)→U, L2→K2(3L2)→K2(4T2)→V, L1→K2(5L3)→K2(6T3)→W UWAGA: Fazy L1 i L3 są tutaj zamienione miejscami w stosunku do K1!
6	<b>WAŻNE:</b> W tym ćwiczeniu (BEZ podtrzymania) silnik pracuje tylko gdy trzymasz przycisk. <b>Przed zmianą kierunku zatrzymaj silnik przyciskiem STOP</b> i poczekaj aż silnik się zatrzyma!



## Test układu

Krok	Czynność / Opis
1	Włącz zasilanie. Upewnij się, że silnik stoi.
2	Naciśnij i trzymaj S1 (LEWO) – silnik obraca się w jednym kierunku. Zapamiętaj kierunek.
3	Puść S1 – silnik zatrzymuje się. Odczekaj aż całkowicie stanie.
4	Naciśnij i trzymaj S2 (PRAWO) – silnik obraca się w PRZECIWNYM kierunku. ✓
5	Spróbuj nacisnąć S1 gdy trzymasz S2 (lub odwrotnie) – blokada powinna uniemożliwić pracę obu kontaktorów jednocześnie!
6	Naciśnij S3 (STOP) w dowolnym momencie – silnik zatrzymuje się.

 MIEJSCE NA SCHEMAT: Tu wklej schemat układu rewersyjnego. Zaznacz blokady elektryczne strzałkami. Narysuj obwód główny K1 i K2 z oznaczeniem kolejności faz.

# ĆWICZENIE 44.5

## Rewers z podtrzymaniem – pełny przemysłowy układ sterowania silnikiem

<b>TEMAT</b>	Połączenie wszystkich poznanych technik: rewers + podtrzymanie + blokada elektryczna. Jest to układ stosowany bezpośrednio w rzeczywistych maszynach przemysłowych.
--------------	--

<b>CEL</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Integrujesz wiedzę ze wszystkich poprzednich ćwiczeń,</li><li>• Rozumiesz dlaczego podtrzymanie i blokada MUSZĄ współistnieć,</li><li>• Budujesz i uruchamiasz pełny przemysłowy układ rewersyjny,</li><li>• Potrafisz opisać działanie układu słowami i na schemacie.</li></ul>
------------	--

### Wstęp – układ, który znajdziesz w każdej maszynie

Wyobraź sobie bramę garażową sterowaną elektrycznie: jeden przycisk "Otwórz" (silnik kręci w lewo, brama jedzie w górę), drugi przycisk "Zamknij" (silnik kręci w prawo, brama jedzie w dół), przycisk "STOP" na wszelki wypadek. Brama jedzie samodzielnie – nie trzeba trzymać przycisku. To właśnie jest układ rewersyjny z podtrzymaniem.

Łączymy tu wszystkie elementy:

- ▶ **Podtrzymanie (ćw. 44.3):** styki pomocnicze NO 13-14 każdego kontaktora podtrzymują siebie
- ▶ **Blokada elektryczna (ćw. 44.4):** styki NC każdego kontaktora blokują drugi kontraktor
- ▶ **Przycisk STOP (NC):** globalnie zatrzymuje wszystko

 <b>POTRZEBNE KOMPONENTY</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Eaton DILM9-10-EA (K1)</b> – Kontraktor LEWO – z modułem styku pomocniczego NC do blokady</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Eaton DILM9-10-EA (K2)</b> – Kontraktor PRAWO – z modułem styku pomocniczego NC do blokady</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Przycisk S1 – START LEWO (NO)</b> – Zielony Eaton M22 – uruchamia silnik w lewo z podtrzymaniem</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Przycisk S2 – START PRAWO (NO)</b> – Zielony Eaton M22 – uruchamia silnik w prawo z podtrzymaniem</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Przycisk S3 – STOP (NC)</b> – Czerwony Eaton M22 – zatrzymuje silnik natychmiast</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Moduł styku NC (x2)</b> – Jeden na K1, jeden na K2 – do blokady elektrycznej</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Silnik 3-fazowy + przewody</b> – Podłączony przez K1 lub K2</li></ul>

### Opis połączeń – pełny obwód sterowniczy

<b>Krok</b>	<b>Czynność / Opis</b>
1	MAGISTRALA: +24V → S3-STOP (NC, wejście) → S3-STOP (NC, wyjście) → punkt MAIN

2	GAŁĄŻ K1 (LEWO) – podtrzymanie i blokada: MAIN → Blokada NC od K2 → węzeł P1 P1 → S1-LEWO (NO) [równolegle z:] P1 → Styk podtrzymania K1 (13-NO) → K1 (14-NO) [oba kończą się w:] → węzeł P2 P2 → Cewka K1 (A1) → K1 (A2) → GND
3	GAŁĄŻ K2 (PRAWO) – podtrzymanie i blokada: MAIN → Blokada NC od K1 → węzeł P3 P3 → S2-PRAWO (NO) [równolegle z:] P3 → Styk podtrzymania K2 (13-NO) → K2 (14-NO) [oba kończą się w:] → węzeł P4 P4 → Cewka K2 (A1) → K2 (A2) → GND
4	OBWÓD GŁÓWNY (montuje nauczyciel) – identyczny jak w ćw. 44.4.

💡 LOGIKA BLOKADY + PODTRZYMANIA: Gdy K1 jest aktywny: jego styk NC otwiera się i blokuje cewkę K2 (nawet jeśli ktoś naciśnie S2). Jednocześnie styk NO 13-14 K1 jest zamknięty i podtrzymuje K1. Aby zmienić kierunek, TRZEBA najpierw nacisnąć STOP – to wyłącza K1, otwiera jego podtrzymanie i ZAMYKA jego blokadę NC, umożliwiając teraz załączenie K2.


### Kompletny test układu

Krok	Czynność / Opis
1	Sprawdź układ z nauczycielem. Włącz zasilanie. Sprawdź, że oba kontaktory są odłączone.
2	Naciśnij krótko S1 (START LEWO) – silnik uruchamia się i pracuje samodzielnie w lewo. ✓
3	Naciśnij S2 (START PRAWO) – NIC się nie powinno stać (blokada aktywna, K2 zablokowany przez K1). ✓
4	Naciśnij S3 (STOP) – silnik zatrzymuje się. Oczekaj aż silnik stanie.
5	Naciśnij krótko S2 (START PRAWO) – silnik uruchamia się w PRAWO i pracuje samodzielnie. ✓
6	Naciśnij S1 (START LEWO) – NIC się nie powinno stać (blokada aktywna, K1 zablokowany przez K2). ✓
7	Naciśnij S3 (STOP) – silnik zatrzymuje się. SUKCES!

### Pytania sprawdzające – odpowiedz po wykonaniu ćwiczenia

- Co się stanie, jeśli podczas pracy silnika (np. w lewo) bezpośrednio naciśniesz START PRAWO? Dlaczego?
- Jaką rolę pełni styk pomocniczy NO (13-14) kontaktora w tym układzie?
- Jaką rolę pełni styk pomocniczy NC kontaktora w blokadzie?
- Dlaczego przycisk STOP musi być typu NC, a nie NO?
- Co stanie się z układem, jeśli przewód do STOP zostanie przypadkowo odłączony?
- Podaj dwa przykłady maszyn przemysłowych, w których stosuje się układ rewersyjny z podtrzymaniem.

Odpowiedzi i notatki ucznia: \_\_\_\_\_

 **MIEJSCE NA SCHEMAT:** Tu wklej gotowy schemat ćwiczenia 44.5 – pełny układ rewersyjny z podtrzymaniem. Zaznacz kolorem: żółtym = blokady NC, zielonym = podtrzymania NO, czerwonym = obwód STOP.

## Podsumowanie zestawu ćwiczeń 44

Poniższa tabela podsumowuje wszystkie ćwiczenia i kluczowe wnioski:

Ćwiczenie	Temat	Kluczowy element	Nowe pojęcie
44.0	3 lampki przez kontraktor	Styki robocze L→T	Obwód główny i sterowniczy
44.1	Falownik LS M100	Parametry VFD, płynna regulacja	Falownik / VFD
44.2	Silnik przez przycisk	K1, S1 (NO)	Bezpośredni rozruch (DOL)
44.3	Start/Stop z podtrzymaniem	Styk NO 13-14 K1	Podtrzymanie elektryczne
44.4	Rewers bez podtrzymania	K1 + K2 + blokada NC	Interlocking (blokada)
44.5	Rewers z podtrzymaniem	K1+K2+blokada+podtrzymanie	Pełny układ przemysłowy

🎓 **GRATULACJE!** Ukończenie tych 6 ćwiczeń daje Ci solidne podstawy sterowania elektrycznego – umiejętności cenione na egzaminie zawodowym z mechatroniki i robotyki oraz w codziennej pracy technika automatyka. Pamiętaj: schemat elektryczny jest językiem inżyniera – ucz się go czytać i rysować!