

# Sprzęt FA dla początkujących (przetwornice)

Ta część zawiera ogólne informacje na temat przetwornic dla początkujących.

**Wstęp**

## Cel szkolenia



Jest to szkolenie wprowadzające, pozwalające początkującym na zapoznanie się z przetwornicami.

Program szkolenia przedstawiono poniżej.  
Zalecamy rozpoczęcie szkolenia od rozdziału 1.

### **Rozdział 1 – Czym są przetwornice?**

Poznaj podstawowe informacje na temat przetwornic w tym: rola, zastosowania, struktura i zalety.

### **Test końcowy**

Ocena wymagana do zaliczenia: 60% lub więcej.

|                               |  |   |
|-------------------------------|--|---|
| Przejdź do następnej strony   |  | Przejdź do następnej strony.  |
| Przejdź do poprzedniej strony |  | Przejdź do poprzedniej strony.  |
| Przejdź do wybranej strony    |  | Wyświetlony zostanie „Spis treści”, który umożliwia przejście do wybranej strony. |
| Opuść szkolenie               |  | Opuść szkolenie.<br>Okna takie jak „Treść” i szkolenie zostaną zamknięte.         |

**Środki bezpieczeństwa**

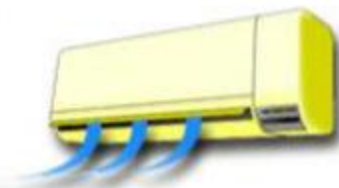
Przed przystąpieniem do korzystania ze sprzętu zapoznaj się ze środkami bezpieczeństwa znajdującymi się w odpowiednich instrukcjach i przestrzegaj zawartych tam zaleceń.

## Rozdział 1 Czym jest przetwornica?

### 1.1 Rola przetwornicy

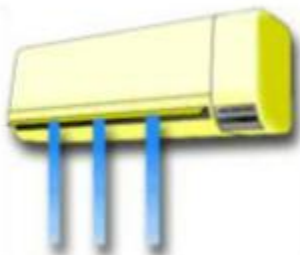
Na rynku istnieje coraz więcej produktów elektronicznych zawierających w nazwie słowo „falownik” lub inwerter. Na przykład, większość dzisiejszych klimatyzatorów nazywanych jest „klimatyzatorami inwerterowymi”. Klimatyzatory regulują temperaturę poprzez wykorzystywanie zasilania do utrzymywania obiegu czynnika chłodniczego. Jednak każdy klimatyzator okaże się niezbyt użyteczny, jeśli może pracować albo z pełną mocą, albo wcale.

Brr!  
Jest za zimno!



Silnik pracuje z pełną mocą

Ale gdy go  
wyłączę,  
jest zbyt gorąco...



Silnik jest wyłączony

Jeśli możesz dostosować prędkość obrotową silnika, możesz regulować temperaturę.



W przypadku możliwości zmiany prędkości obrotowej silnika

W skrócie, przetwornica użyta w ten sposób jest urządzeniem pozwalającym na dowolne, stałe i wydajne regulowanie prędkości obrotowej silnika.

## 1.1 Rola przetwornicy

W przetwornicach przemysłowych wykorzystywany jest klatkowy (indukcyjny) silnik trójfazowy. (Poniżej silnik będzie opisywany jako silnik trójfazowy, lub, dla uproszczenia, po prostu silnik).

[Przegląd przetwornic]

Przetwornica

Silnik trójfazowy

Źródło zasilania



Przetwornice zmieniają częstotliwość zasilania doprowadzonego do silnika.

$$\text{Prędkość obrotowa silnika} = \frac{120 \times \text{Częstotliwość zasilania [Hz]}}{\text{Liczba biegunów}} \times (1-S) \text{ [obr./min]}$$

|   |   |
|---|---|
| Synchroniczna prędkość obrotowa ( $N_0$ ) | $N_0 = (120 \times \text{częstotliwość zasilania}) / \text{liczba biegunów}$                            |
| Liczba biegunów                           | Określone przez konfigurację silnika.<br>Np. 4P oznacza silnik z czterema biegunami.                    |
| Poślizg (S)                               | W trybie pracy znamionowej S wynosi zazwyczaj od 0,03 do 0,05.<br>Po zatrzymaniu silnika S równa się 1. |

Prędkość obrotowa silnika jest zazwyczaj określana na podstawie częstotliwości zasilania silnika i liczby biegunów silnika.

Liczba biegunów silnika nie może być dowolnie i stale zmieniana.

Z drugiej strony, choć częstotliwość zasilania jest stała (50 Hz lub 60 Hz w Japonii), nadal można zmieniać prędkość obrotową silnika, pod warunkiem że opracowana zostanie metoda regulowania częstotliwości prądu dostarczanego do silnika.

Przetwornicę opracowano właśnie w celu regulacji tej częstotliwości.



[Podstawowa charakterystyka silnika (klatkowego)]

Znajomość silnika (indukcyjnego klatkowego) jest niezwykle ważna do odpowiedniego korzystania z przetwornicy.

Poniżej zamieściliśmy przegląd podstawowych cech przetwornic, aby ułatwić zrozumienie sposobu ich działania.

(1) Prędkość obrotowa – charakterystyka momentu obrotowego/prądu

Podstawowe dane silnika (klatkowego) to charakterystyka prędkości obrotowej – wyjściowego momentu obrotowego i charakterystyka prędkości obrotowej – prądu.

Moment obrotowy silnika i prąd zmieniają się według poniższego schematu po włączeniu zasilania, a następnie uruchomieniu silnika → przyspieszeniu → osiągnięciu określonej prędkości.

Natężenie prądu jest najwyższe w momencie uruchomienia silnika i maleje w miarę zwiększania prędkości obrotowej. Moment obrotowy zwiększa się wraz z prędkością obrotową, lecz zaczyna maleć po osiągnięciu określonej prędkości obrotowej. Praca przy normalnej prędkości rozpoczyna się w momencie, gdy moment obciążenia i moment obrotowy wytwarzany przez silnik są jednakowe.

## (2) Prędkość obrotowa silnika

Prędkość obrotowa silnika jest określana nie tylko na podstawie momentu obciążenia, lecz również na podstawie liczby biegunów silnika i częstotliwości zasilania.

Po podstawieniu tych wartości otrzymujemy następujące równanie.

$$\text{Prędkość obrotowa silnika} = \frac{120 \times \text{częstotliwość } f \text{ [Hz]}}{\text{Liczba biegunów}} \times (1-S) \text{ [obr./min]}$$

→ Synchroniczna prędkość obrotowa
→ Poślizg

## (3) Moment znamionowy silnika

Moment obrotowy silnika określa wygenerowaną siłę, która porusza silnik.

Standardową jednostką siły w ruchu liniowym jest niuton o symbolu N. Jednak ponieważ silnik obraca się wokół osi, siłę generuje nie ruch liniowy, a obrotowy, więc moment obrotowy wyrażany w niutonometrach, N•m.

Moment znamionowy silnika może być obliczony za pomocą poniższego równania.

$$\text{Moment znamionowy } T_m = 9550 \times \frac{\text{Moc znamionowa silnika } P \text{ [kW]}}{\text{Znamionowa prędkość obrotowa } N \text{ [obr./min]}} \text{ [N} \cdot \text{m]}$$

## (4) Poślizg

Po przyłożeniu obciążenia prędkość obrotowa silnika zmienia się (obniża się) z synchronicznej prędkości obrotowej. Poślizg odnosi się do wielkości zmiany prędkości obrotowej silnika z poziomu synchronicznej prędkości obrotowej.

$$\text{Poślizg } S = \frac{\text{Synchroniczna częstotliwość obrotowa } N_0 - \text{prędkość obrotowa } N}{\text{Synchroniczna prędkość obrotowa } N_0} \times 100 [\%]$$

- Poślizg wynosi 100% podczas uruchamiania (gdy prędkość obrotowa wynosi 0). (Poślizg jest opisywany jako Poślizg 1). Poślizg wynosi kilka procent podczas powolnego zwiększania częstotliwości za pomocą przetwornicy (dotyczy to także częstotliwości uruchamiania).
- Przy normalnym momencie obrotowym silnika poślizg wynosi od 3% do 5%. Poślizg zwiększa się wraz ze wzrostem momentu obrotowego (przeciążenie), przez co wzrasta również natężenie prądu.
- Poślizg jest ujemny, gdy prędkość obrotowa jest wyższa od synchronicznej prędkości obrotowej ( $N > N_0$ ).

Przetwornice wykorzystywane są w popularnych urządzeniach elektronicznych i innych, takich jak klimatyzatory. Poniżej przedstawiono przykłady przetwornic używanych głównie w przemyśle.

1. Sterowanie wentylatorem i pompą (objętość przepływu powietrza, prędkość przepływu)
2. Sterowanie transportem (przenośnik, wózek)
3. Sterowanie obróbką materiałów w formie wstęgi
4. Sterowanie przetwarzaniem żywności
5. Sterowanie obrabiarkami

Znajomość charakterystyki obciążeniowej jest warunkiem odpowiedniego korzystania z przetwornicy.

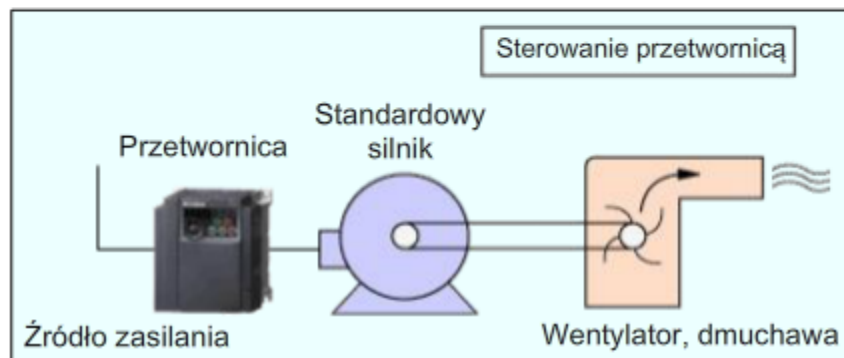
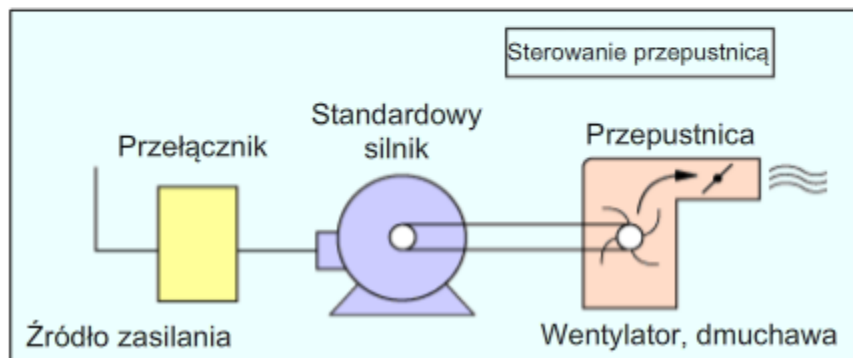
Skupienie na charakterystyce obciążeniowej podczas opracowywania zoptymalizowanej metody sterowania dla danego systemu pozwala m.in. zredukować koszty energii, poprawić parametry przetwarzania. Najczęstsze charakterystyki obciążeniowe przedstawione są na poniższych schematach.

| Rodzaj          | Obciążenie przy zmniejszonym momencie obrotowym   | Obciążenie przy stałej charakterystyce momentu obrotowego  | Obciążenie przy stałej charakterystyce mocy wyjściowej   |
|-----------------|---|--|--|
| Charakterystyki |   |  |  |
| Cechy           | Obciążenie wymagające momentu obrotowego niemal wprost proporcjonalnego do kwadratu prędkości obrotowej. Wymagana energia jest w przybliżeniu proporcjonalna do sześciątku prędkości obrotowej. | Obciążenie wymagające niemal stałego momentu obrotowego niezależnego od prędkości obrotowej. Wymagana energia maleje wprost proporcjonalnie do redukowania prędkości obrotowej. (Przenośnik, szlifierka i inne urządzenia) | Obciążenie wymagające momentu obrotowego odwrotnie proporcjonalnego do liczby obrotów silnika. (Główna oś obrabiarek itp.) |

[Sterowanie wentylatorem i pompą (objętość przepływu powietrza, prędkość przepływu)]

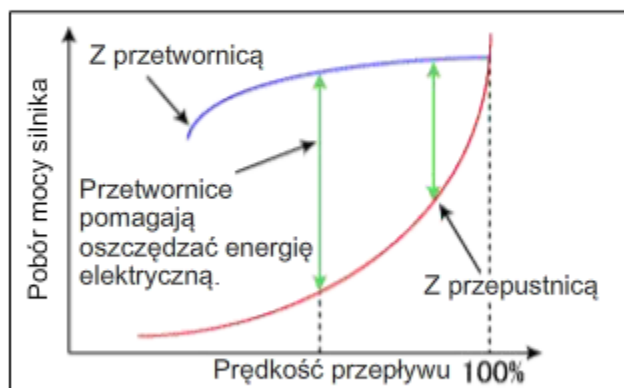
Wcześniej, gdy do napędzania wentylatora i pompy wykorzystywano zasilanie sieciowe, objętość przepływu powietrza i prędkości przepływu często regulowano za pomocą przepustnic lub zaworów.

W takich przypadkach często trudno jest ograniczyć ilość wykorzystanej przez silnik energii nawet poprzez zmniejszenie objętości przepływu powietrza lub prędkości przepływu.



Podczas napędzania wentylatora i pompy moment obrotowy jest proporcjonalny do kwadratu liczby obrotów na minutę, a ilość wykorzystanej energii – do sześcianu liczby obrotów na minutę.

Wykorzystanie przetwornicy pozwala na znaczną redukcję ilości wykorzystanej energii, w szczególności przy niskiej prędkości obrotowej.



Jak widać, przetwornica jest popularnym urządzeniem pozwalającym na oszczędność energii elektrycznej podczas sterowania wentylatorem i pompą.

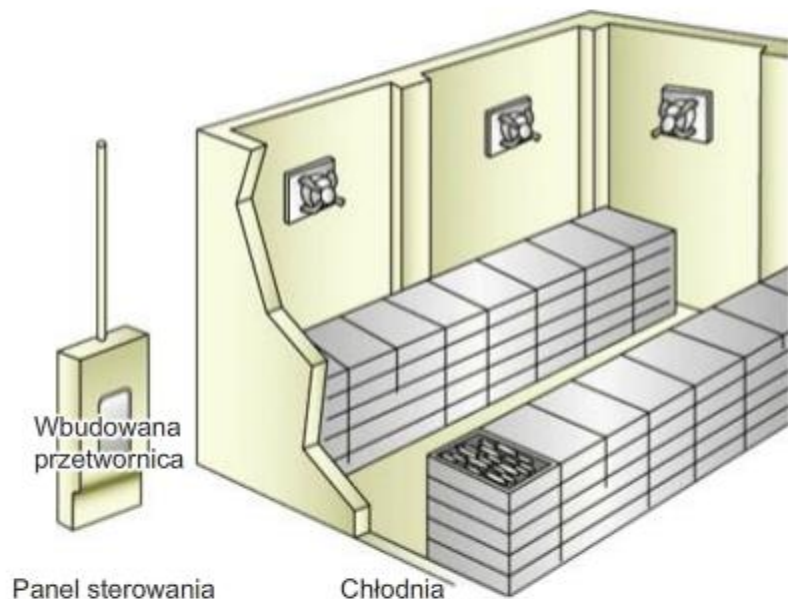
## 1.2

## Praktyczne zastosowanie przetwornic

Wentylator:

Powody wykorzystania przetwornic

- o Dokładniejszą regulację temperatury oraz ograniczenie wykorzystania energii elektrycznej można uzyskać dzięki podłączeniu szeregowo trzech wentylatorów do przetwornicy i wykorzystaniu przetwornicy do napędzania wentylatorów i sterowania ich prędkościami obrotowymi.



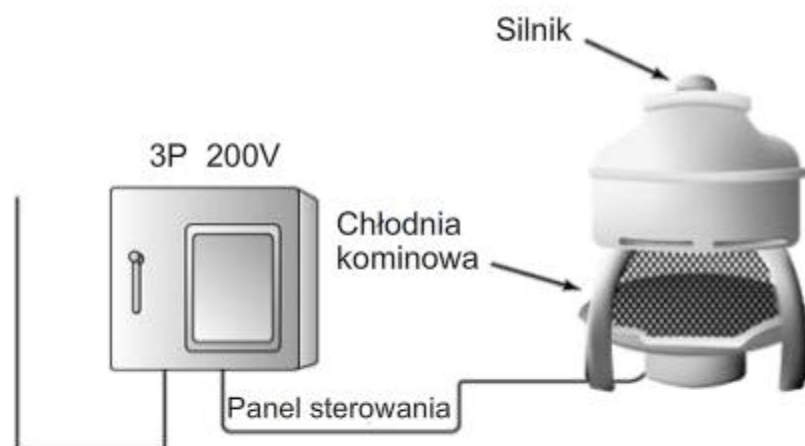


Chłodnia kominowa:

Powody wykorzystania  
przetwornic

- Mogą być wykorzystane do sterowania temperaturą za pośrednictwem czujnika temperatury. Pomoże to obniżyć koszty energii elektrycznej.
- Mogą pracować automatycznie.
- Dzięki dostosowaniu objętości przepływu powietrza mogą pracować w trybie cichym. (Sterowanie prędkością podczas pracy w nocy)

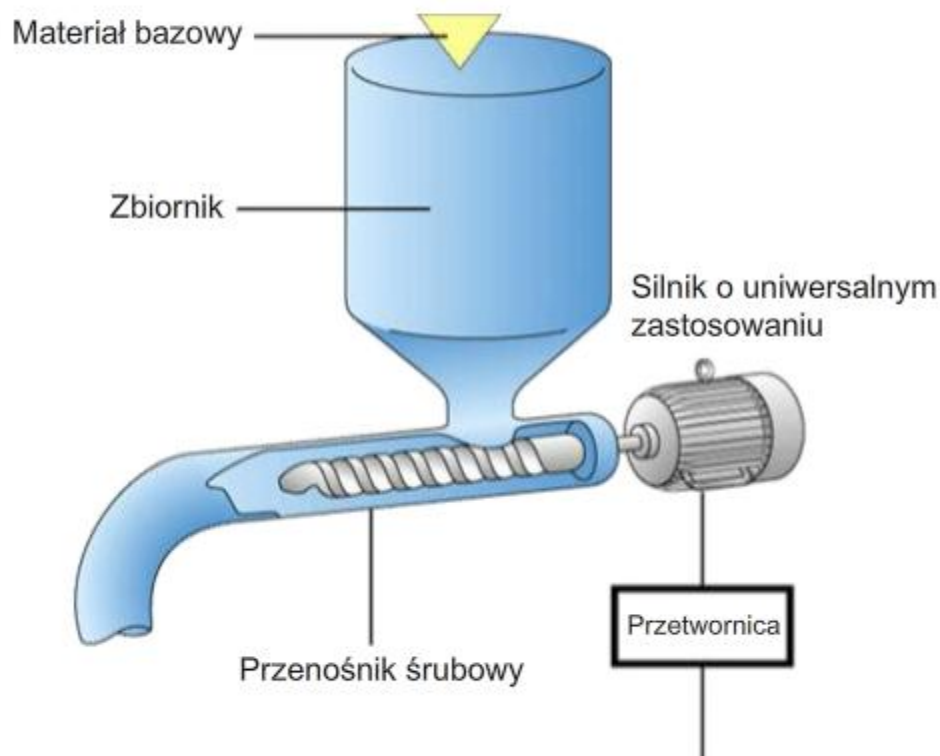
\*UWAGA: przetwornicę należy zamontować w pomieszczeniu.



Przenośnik śrubowy:

Powody wykorzystania przetwornic

- Pozwalają dostosować ilość materiału bazowego transportowanego do urządzenia za pomocą jednego pokrętki.
- Pozwalają dostosować prędkość obrotową przenośnika śrubowego i ilość materiału transportowanego do urządzenia do określonej ilości.
- Mogą być wykorzystane z zewnętrznymi silnikami o uniwersalnym zastosowaniu, jak również z innymi częściami.





[Sterowanie transportem (przenośnik, wózek)]

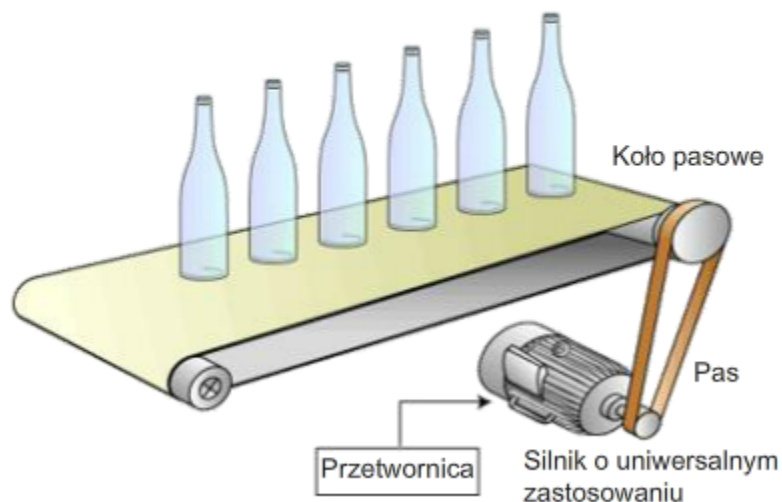
Urządzenia transportowe są niezbędne w wielu gałęziach przemysłu, który staje się coraz bardziej złożony i zautomatyzowany. Stosowanie przetwornic w urządzeniach tego typu ma wiele zalet, m.in.:

- Pozwalają na uproszczenie i zmniejszenie rozmiarów urządzenia.
- Ułatwiają regulowanie ustawień prędkości bez potrzeby montowania mechanicznego systemu.
- Pomagają zapobiegać upadkom ładunków spowodowanych powolnym uruchamianiem lub zatrzymywaniem.
- Mogą być użyte do częściowego sterowania pozycją.

Przenośnik taśmowy:

Powody wykorzystania przetwornic

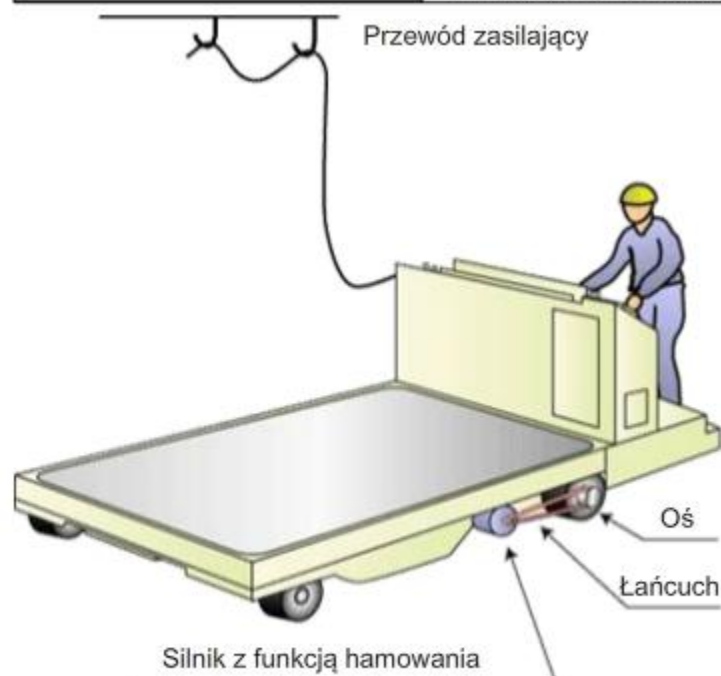
- Mogą być użyte jako urządzenia do płynnego rozruchu i zatrzymywania przenośnika, co zapobiega przewracaniu transportowanych na przenośniku butelek i wylewaniu ich zawartości.
- Mogą być wykorzystane do poprawy wydajności poprzez dostosowanie prędkości do rodzaju butelki.
- Mogą być stosowane w różnych warunkach, zależnie od rodzaju silnika, w wersji wodoodpornej, nierdzewnej, zewnętrznej itp.



Prowadzenie wózka:

### Powody wykorzystania przetwornic

- Mogą być użyte do zwiększenia wydajności poprzez dostosowanie prędkości transportowej do prędkości optymalnej na podstawie warunków pracy.
- Mogą być wykorzystane do zwiększenia lub zmniejszenia prędkości w celu likwidacji lub ograniczenia oddziaływania wstrząsów na maszynę.
- W przypadku wyposażenia w funkcję hamowania pozwalają na wykorzystanie momentu hamowania odzyskowego. Moduł zwrotu energii do sieci może być wykorzystany do wysyłania odzyskanej energii z powrotem do źródła zasilania, jeśli wymagana jest większa moc hamowania.
- Mogą być stosowane wewnątrz, gdyż nie produkują spalin.



[Sterowanie obróbką materiałów w formie wstęgi]

Określenie wstęga odnosi się do produktów w postaci z długich arkuszy papieru, folii, gumy, tkaniny lub innych materiałów nawiniętych na rolki.

Materiał jest w całości nawijany na rolkę w formie pojedynczego arkusza.

Naprężenie materiału należy dostosowywać, gdy arkusz jest rozwijany lub nawijany.

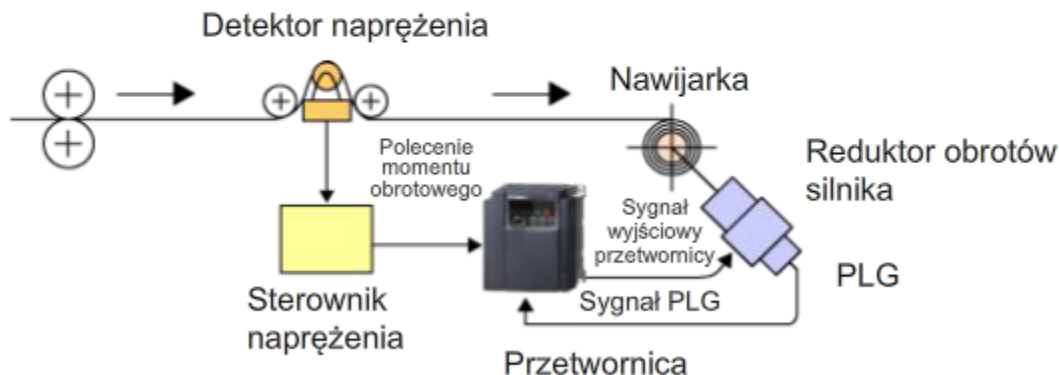
Produkt rozwijany jest od początku rolki do jej końca. Przykład podano poniżej.

Ten typ sterowania niezbędny jest w zastosowaniach takich jak nawijanie kabli linii energetycznych czy światłowodów.

Nawijanie materiału w formie wstęgi:

Powody wykorzystania przetwornic

- Mogą być wykorzystane do wykrywania naprężenia materiału, aby umożliwić nawijanie materiału z optymalnym naprężeniem.
- Mogą być wykorzystane do ograniczenia wpływu zmian samego materiału spowodowanych temperaturą i wilgotnością oraz zmian momentu obrotowego maszyny.
- Do kontrolowania momentu obrotowego można użyć zarówno przetwornic wektorowych, jak i serwomechanizmów. Przetwornice wektorowe są jednak łatwiejsze w użyciu w przypadku, gdy przyspieszenie następuje stopniowo, a nie gwałtownie, a bezwładność ładunku jest wysoka i maszyna pracuje w sposób ciągły.



[Sterowanie przetwarzaniem żywności]

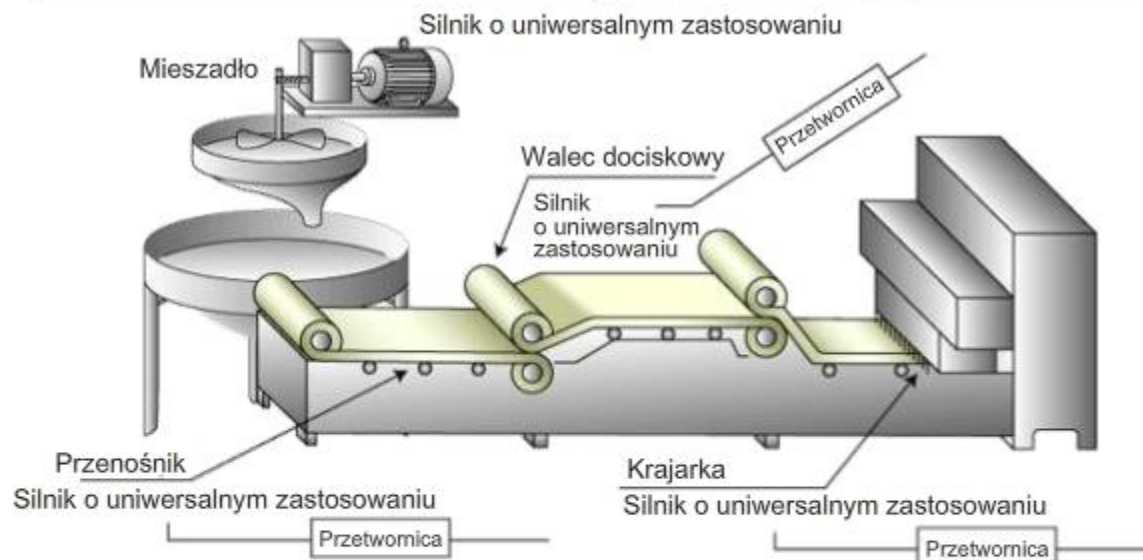
Rośnie zapotrzebowanie na bardziej zaawansowane systemy produkcji artykułów spożywczych, jak również na wyższą jakość i bezpieczeństwo procesów przetwarzania tych produktów.

Z tego powodu przetwornice wykorzystywane są coraz częściej w przemyśle spożywczym.

Maszyna produkująca makaron:

Powody wykorzystania przetwornic

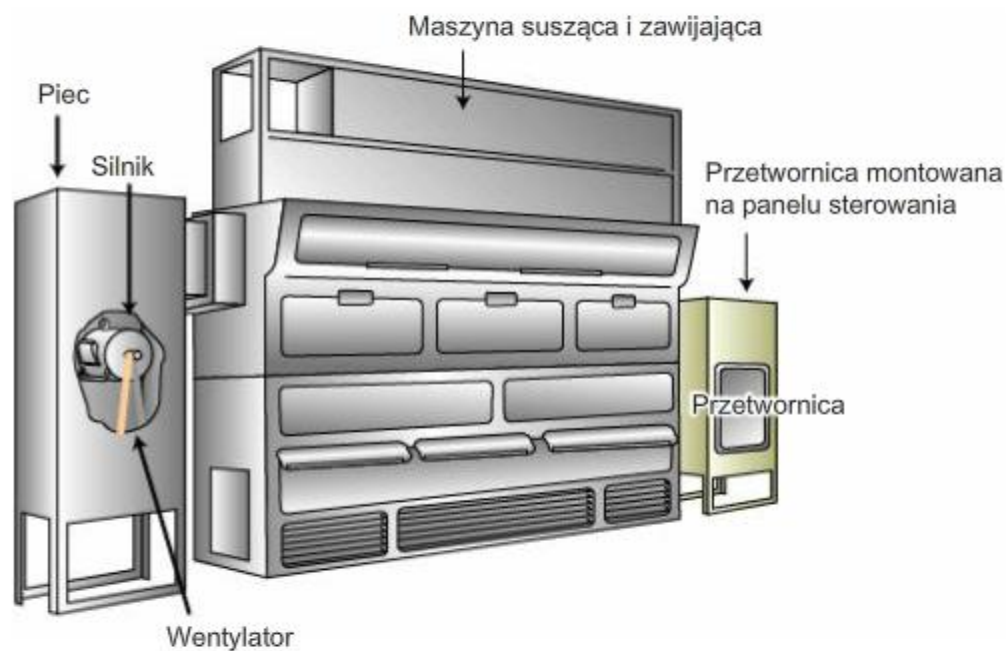
- Mogą być wykorzystane do regulowania prędkości ruchu posuwowego walca dociskowego.
- Stosowane są do dostosowywania grubości makaronu.
- Ułatwiają sterowanie maszyną.



Maszyna przetwarzająca herbatę:

Powody wykorzystania przetwornic

- Mogą być wykorzystane do optymalizacji prędkości wentylatora pieca pod kątem ilości herbaty doprowadzanej do maszyny.
- Mogą być użyte w celu poprawy jakości herbaty.





[Sterowanie obrabiarkami]

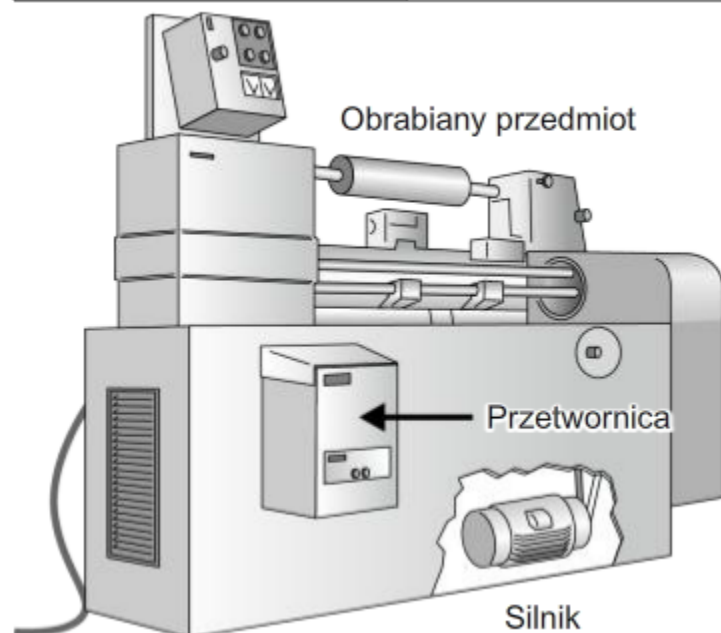
Przetwornice często wykorzystywane są w głównych osiach obrabiarek (oś na której zamontowany jest obrabiany przedmiot lub narzędzie i wokół której się obraca).

W przypadku, gdy wymagana jest wysoka precyzja, możliwe jest łączne wykorzystanie przetwornicy wektorowej i detektora pozycji (enkodera) w celu zatrzymania głównego wału w ustalonej pozycji (funkcja orientacji) i utrzymania stałej prędkości silnika, nawet jeśli zostanie odebrany sygnał o zmianie obciążenia.

Napędzanie głównej osi obrabiarki:

#### Powody wykorzystania przetwornic

- Wcześniej prędkość obrotowa głównej osi była kontrolowana za pomocą koła pasowego o zmiennej prędkości odpowiadającej wielkości elementu. Zastosowanie przetwornicy pozwala uprościć mechanizm zmiennej prędkości i zmniejszyć rozmiar maszyny.
- Dokładność obróbki elementu może zostać zwiększona dzięki możliwości regulacji prędkości obrotowej wału głównego.

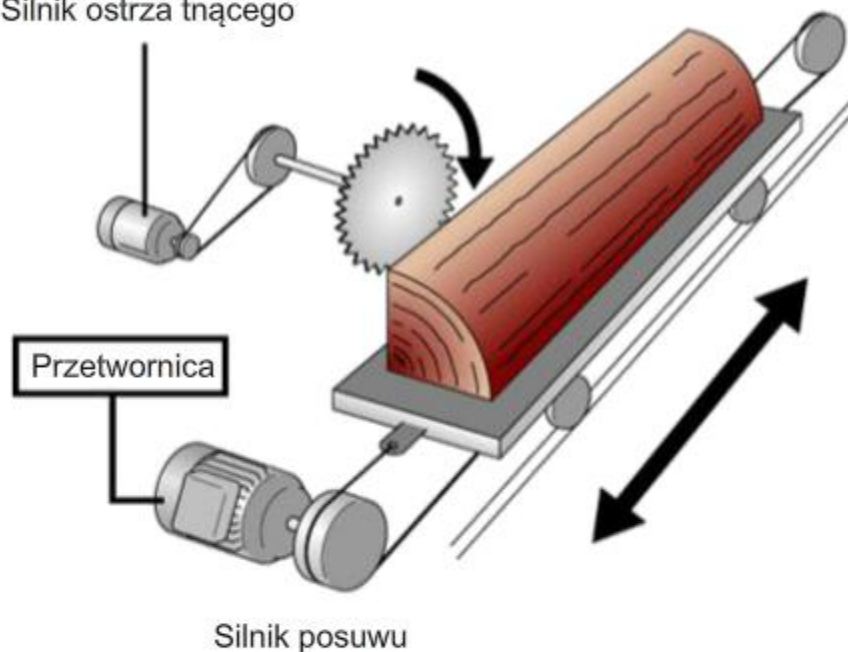


Maszyny do obróbki drewna:

Powody wykorzystania przetwornic

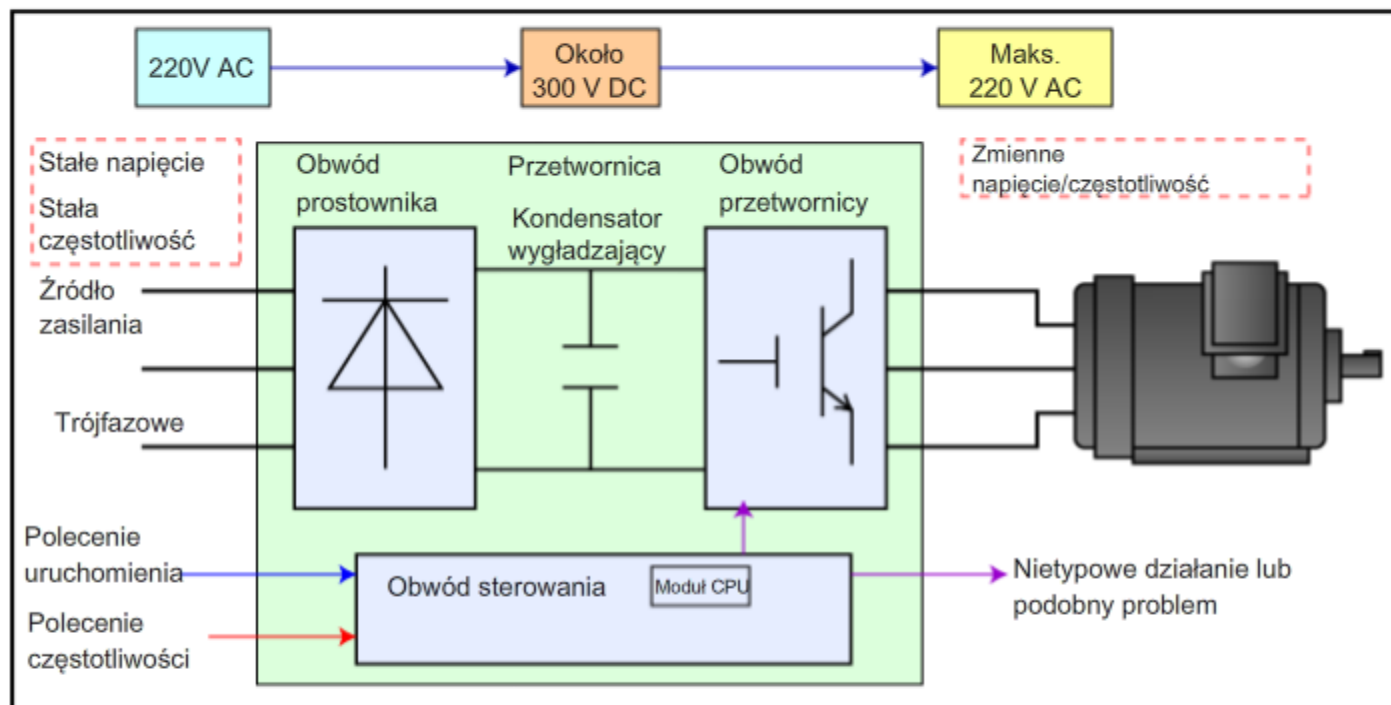
- Pozwalają zwiększyć wydajność cięcia drewna.
- Pozwalają na ustawienie optymalnej prędkości transportu odpowiedniej dla jakości drewna.
- Mogą być wykorzystane do poprawy wydajności i zatrzymywania wózka w ustalonej pozycji.
- Pomagają chronić ostrze podczas płynnego rozruchu.

Silnik ostrza tnącego



## 1.3 Budowa przetwornicy

Poniżej przedstawiono budowę przetwornicy wykorzystywanej do zmiany stałej częstotliwości prądu sieciowego.



[Informacje o budowie przetwornicy]

|                          |   |
|--------------------------|---|
| Obwód konwertera         | Zamienia prąd przemienny na prąd stały. Wykorzystuje półprzewodnik nazywany diodą.  |
| Kondensator wygładzający | Wygładza napięcie prądu stałego, które zostało zamienione.  |
| Obwód przetwornicy       | Wykorzystywany do zamiany napięcia prądu stałego na napięcie prądu przemiennego. Urządzenie to, nazywane przetwornicą, jest przeciwieństwem konwertera. Wykorzystywane jest do dostarczania przemiennego napięcia/częstotliwości do silnika. Korzysta z przełączanych elementów półprzewodnikowych (IGBT i podobne), które mogą być włączane i wyłączane. |
| Obwód sterowania         | Steruje obwodem przetwornicy  |



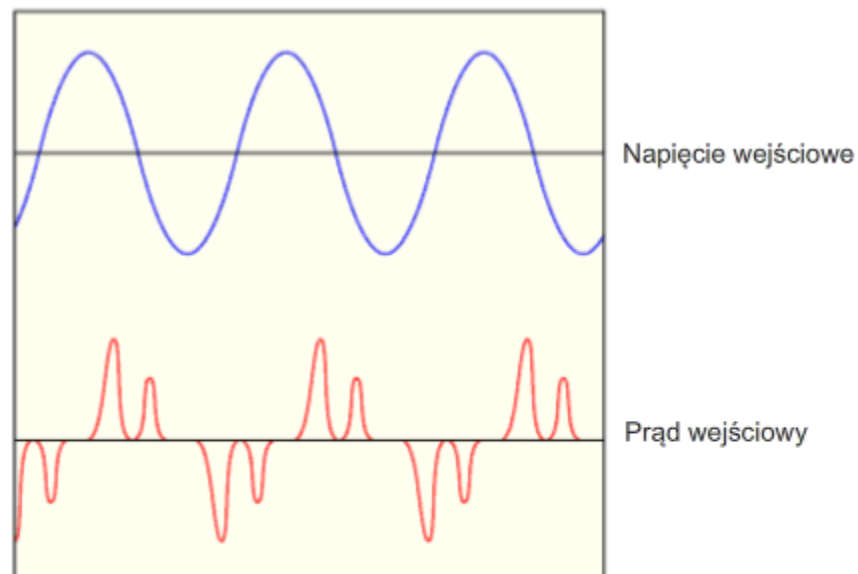
[Charakterystyka kształtu fali]

Jak zmienia się prąd wejściowy i wyjściowy po zastosowaniu przetwornicy?

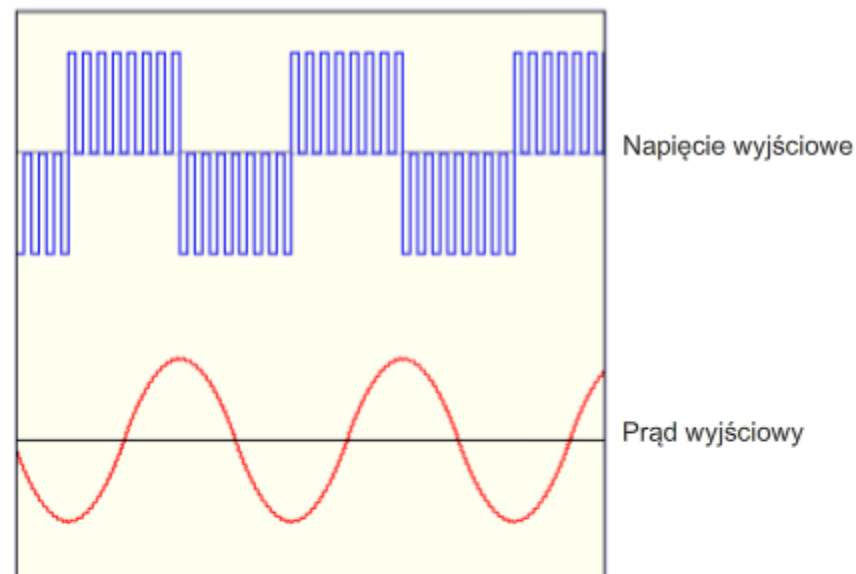
- Prąd wejściowy... Kształt fali prądu przypomina królicze uszy [fragmenty z wyższą wartością]
- Napięcie wyjściowe ... Fala, która wygląda jak połączenie wielu pasków (prostokątów) [fragmenty z wyższą częstotliwością i udary napięciowe]

Fala tego typu uzyskiwana jest dzięki działaniu półprzewodników w przetwornicy.

Wejściowy kształt fali przetwornicy



Wyjściowy kształt fali przetwornicy



## 1.3 Budowa przetwornicy

[Zasady działania prostownika]

(a) Zasady działania prostownika

<Jak zamienić prąd przemienny na prąd stały (zasilanie sieciowe)>

Rozważmy tę zasadę na prostym przykładzie jednofazowego prądu przemiennego.

Aby ułatwić wyjaśnienie, przyjmijmy warunki obciążenia rezystora.

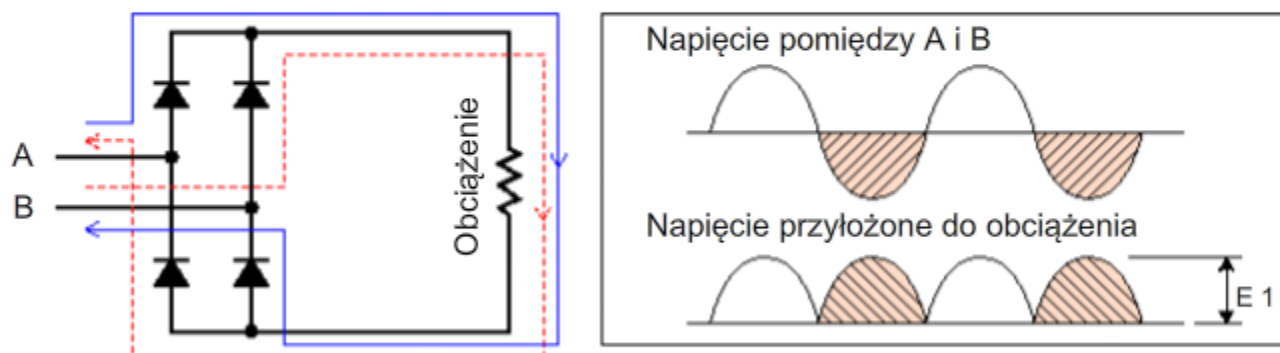
Używanym elementem jest dioda.

Dioda pozwala na przepływ prądu jedynie w jednym kierunku zgodnym z kierunkiem, w którym napięcie zostało dostarczone.



Wykorzystując tę właściwość, gdy prąd przemienny przepływa przez punkty A i B prostownika, napięcie przyłożone jest również do obciążenia w tym samym kierunku.

Innymi słowy prąd przemienny jest zamieniany (prostowany) na prąd stały.

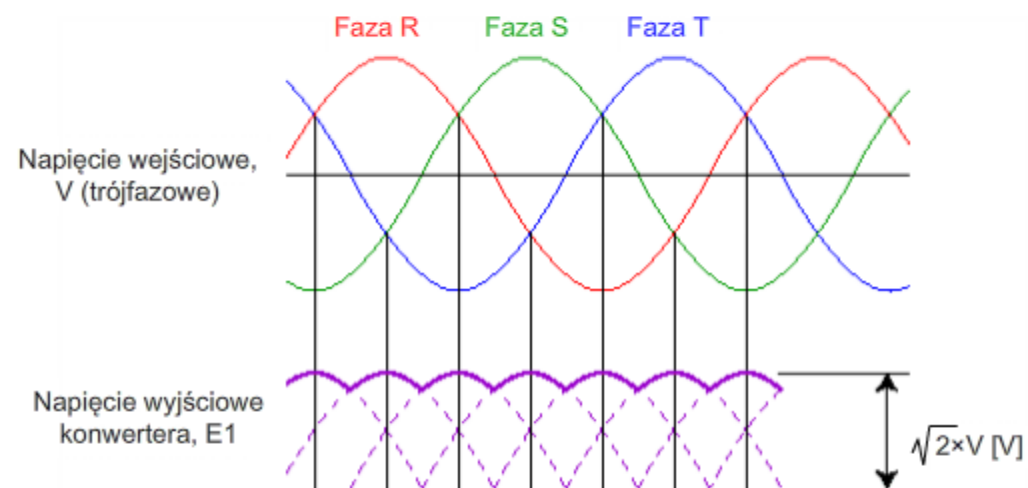


## 1.3 Budowa przetwornicy

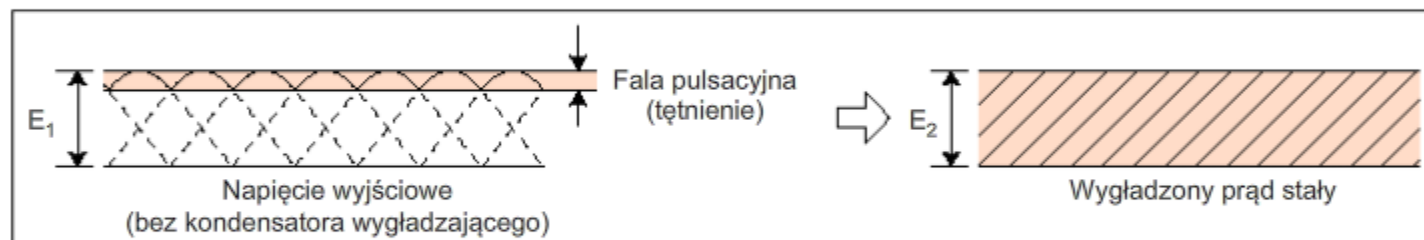
[Zasady działania prostownika]

### (b) Zasady działania prostownika

Przy trójfazowym prądzie przemiennym stosowanych jest sześć diod, które używane są do zamiany fali dostarczanego prądu przemiennego na napięcie wyjściowe przedstawione na schemacie.



### (c) Zasady działania obwodu wygładzającego



[Zasady działania prostownika]

(d) Obwód ograniczający prąd rozruchowy

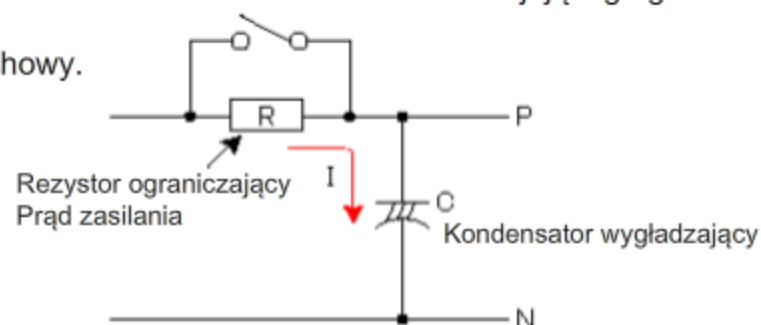
Wyjaśnienie zasad prostowania podano przy zastosowaniu rezystora, lecz zazwyczaj obciążeniem jest kondensator wygładzający.

Prąd rozruchowy o wysokim natężeniu przepływa przez obwód w momencie przyłożenia napięcia w celu naładowania kondensatora.

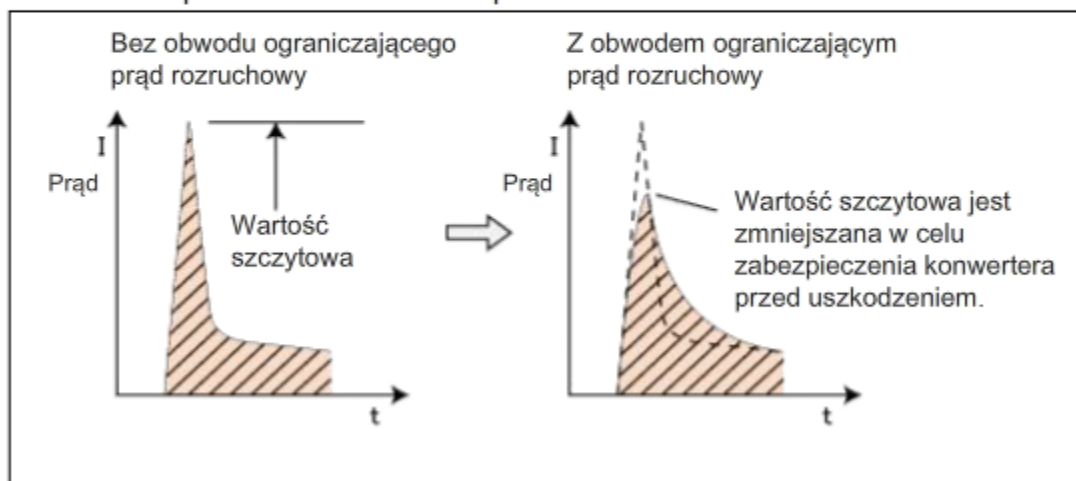
Aby zapobiec uszkodzeniu diody prostownika prądem o wysokim natężeniu, szeregowo montowany jest rezystor w celu ograniczenia prądu na krótką chwilę po uruchomieniu zasilania.

Po spełnieniu swojego zadania rezystor jest zwierany dwiema końcówkami w celu utworzenia omijającego go obwodu.

Obwód nazywany jest obwodem ograniczającym prąd rozruchowy.



Jeśli użyty jest obwód ograniczający prąd rozruchowy, wartość szczytowa prądu może zostać zmniejszona w celu zabezpieczenia konwertera przed uszkodzeniem.



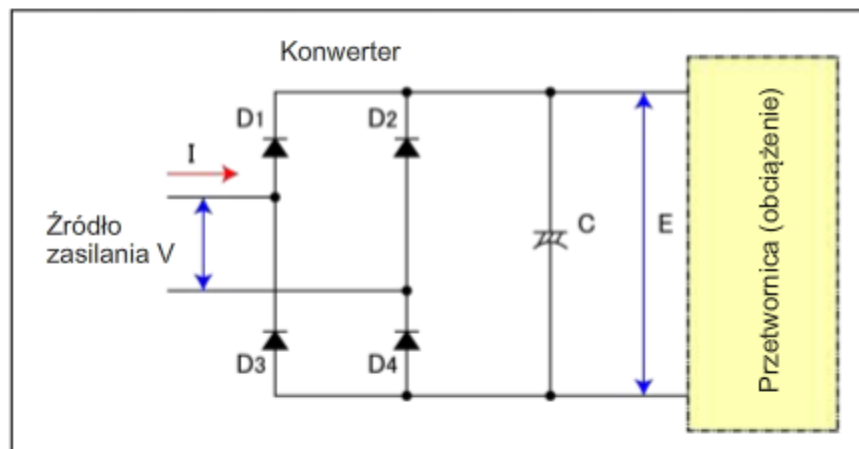
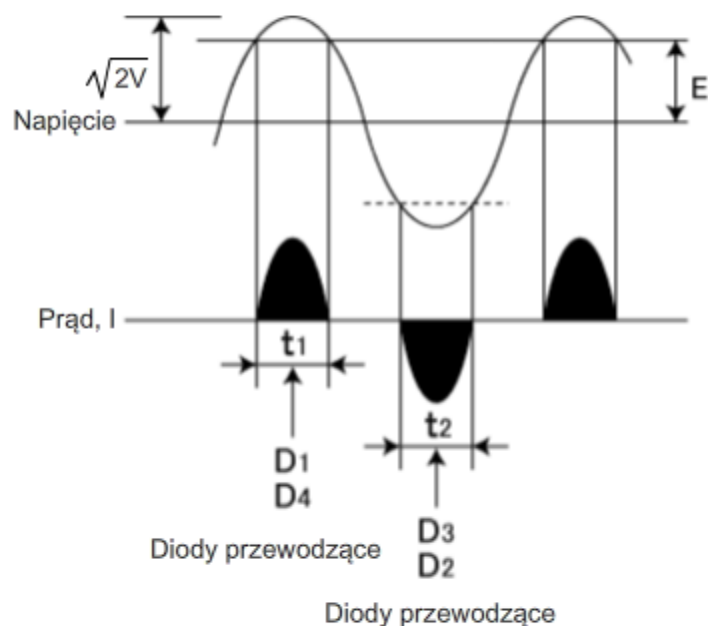
## 1.3 Budowa przetwornicy

[Zasady działania prostownika]

(e) Fala prądu wejściowego z kondensatorem

Wyjaśnienie zasad prostowania podano przy zastosowaniu rezystora, lecz zazwyczaj obciążeniem jest kondensator wygładzający.

Fala prądu wejściowego w tym przypadku przepływa jedynie w sytuacji, gdy napięcie prądu przemiennego jest wyższe od napięcia prądu stałego. Sprawia to, że fala zostaje zniekształcona w formie przedstawionej na wykresie i nie jest już falą sinusoidalną.



## 1.3 Budowa przetwornicy

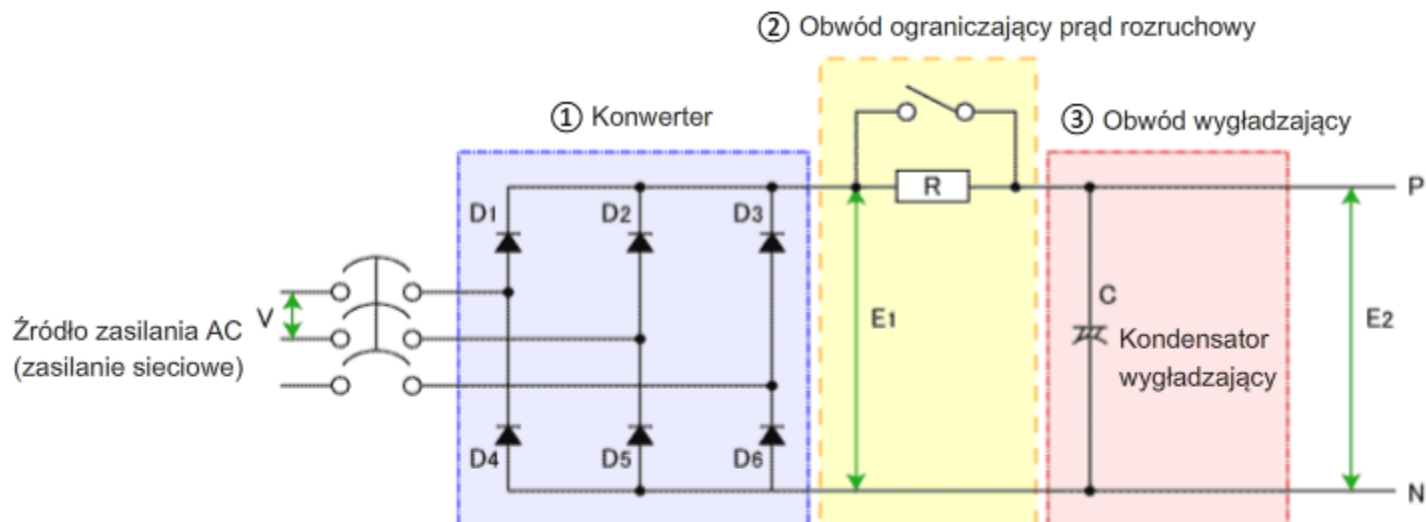
[Zasady działania konwertera]

<Podsumowanie>

Zasady działania konwertera

Jak opisano powyżej, sekcja konwertera składa się z następujących elementów:

1. Konwerter
2. Obwód ograniczający prąd rozruchowy
3. Obwód wygładzający

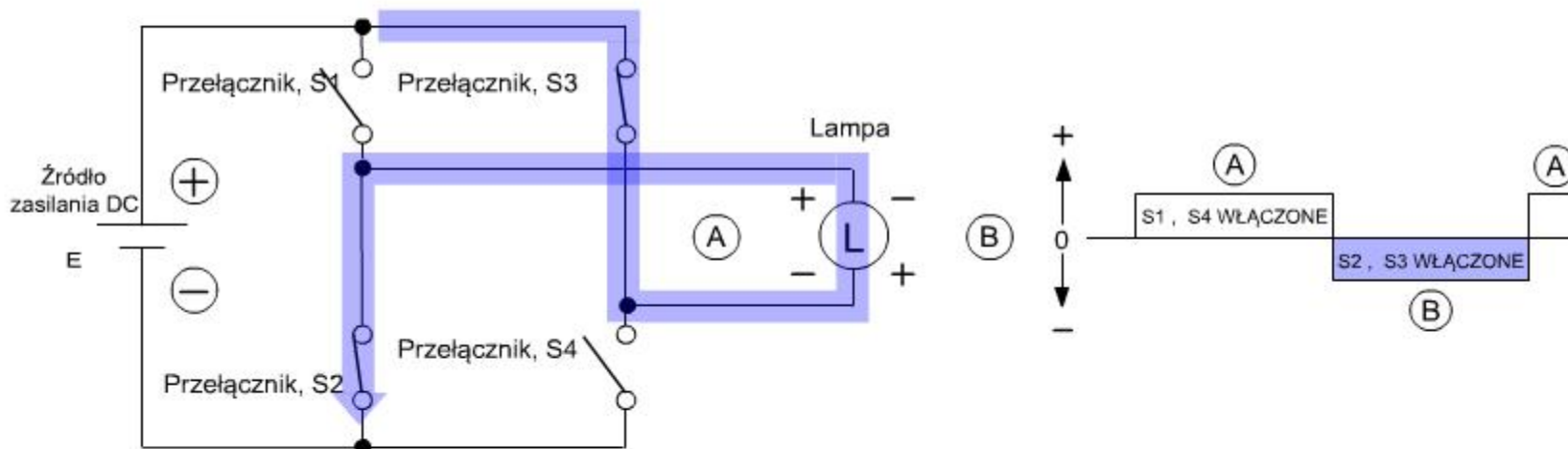


[Zasady działania przetwornicy]

(a) Jak zamienić prąd stały na prąd przemienny?

Rozważmy tę zasadę na prostym przykładzie jednofazowego prądu przemiennego.

Opiszemy sposób działania, korzystając z przykładu wykorzystującego lampę jako obciążenie zamiast silnika. Cztery przełączniki, od S1 do S4, podłączone są do źródła prądu stałego; przełączniki S1 i S4 są połączone, podobnie jak przełączniki S2 i S3. Po WŁĄCZENIU lub WYŁĄCZENIU połączonych przełączników prąd płynie przez lampę zgodnie z poniższym schematem.



Kształt fali prądu

- Po włączeniu przełączników S1 i S4 prąd płynie przez lampę w kierunku A.
- Po włączeniu przełączników S2 i S3 prąd płynie przez lampę w kierunku B.

Gdy przełączniki są włączane w określony sposób, kierunek prądu stale się zmienia, co daje prąd przemienny.



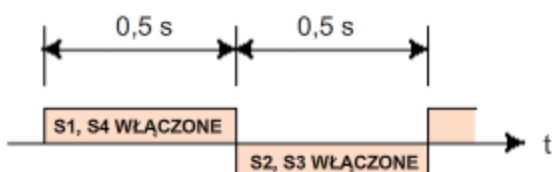
## 1.3 Budowa przetwornicy

[Zasady działania przetwornicy]

(b) Jak można zmienić częstotliwość?

Częstotliwość zmienia się na skutek zmiany czasu pomiędzy WŁĄCZANIEM i WYŁĄCZANIEM przełączników S1 i S4.

Na przykład jeżeli przełączniki S1 i S4 zostaną WŁĄCZONE na 0,5 s, a następnie przełączniki S2 i S3 zostaną WŁĄCZONE na 0,5 s i czynność ta będzie powtarzana, wygenerowany zostanie prąd przemienny, który zmienia kierunek przepływu raz na sekundę, co jest równe częstotliwości 1 Hz.



Częstotliwość jest określana wzorem  $f = 1/t_0$  (Hz), gdzie  $t_0$  jest czasem przełączania w sekundach.



Innymi słowy, częstotliwość zmienia się, gdy zmienia się czas  $t_0$ .



## 1.3 Budowa przetwornicy

[Zasady działania przetwornicy]

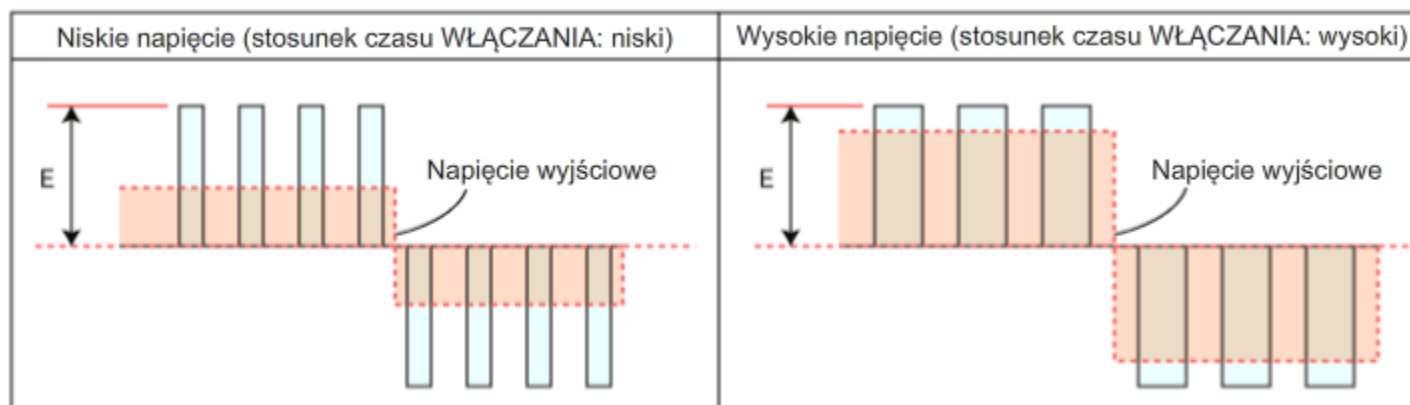
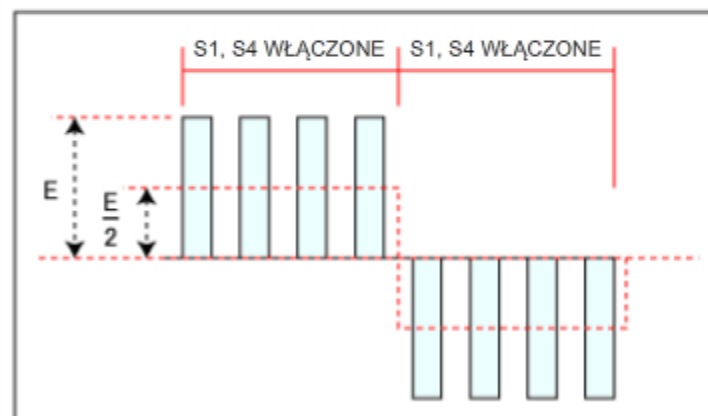
(c) Jak można zmienić napięcie?

Napięcie (średnie) można zmienić poprzez zmianę czasu, w którym przełączniki są WŁĄCZANE/WYŁĄCZANE, zmieniając czas  $t_0$  na krótszy czas

WŁĄCZANIA/WYŁĄCZANIA napięcia. Częstotliwość tych impulsów nazywana jest częstotliwością nośną.

Jeśli na przykład stosunek włączania przełączników S1 i S4 jest zmniejszony o połowę, napięcie wyjściowe (średnie) staje się napięciem przemiennym równym  $E/2$  lub połowie napięcia stałego  $E$ .

Aby obniżyć (średnie) napięcie, należy obniżyć częstotliwość WŁĄCZANIA, a aby podnieść (średnie) napięcie, należy ją zwiększyć.



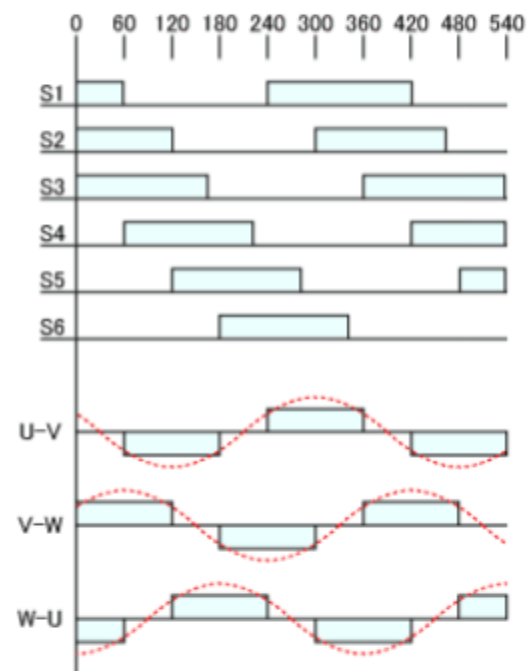
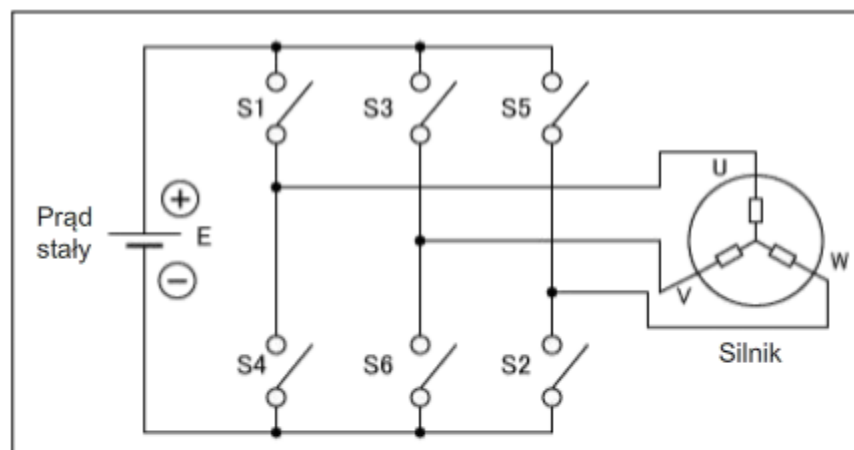
Szerokość impulsów i stosunek WŁĄCZANIA/WYŁĄCZANIA są zmieniane w celu zmiany napięcia. Ten rodzaj sterowania nazywany jest modulacją szerokości impulsów (PWM) i jest obecnie często stosowany w przetwornicach i innych urządzeniach elektronicznych.

## 1.3 Budowa przetwornicy

[Zasady działania przetwornicy]

(d) A co z trójfazowym napięciem AC?

Podstawową strukturę trójfazowego obwodu przetwornicy oraz trójfazowe napięcie AC opisano poniżej. Zmiana kolejności WŁĄCZANIA/WYŁĄCZANIA sześciu przełączników powoduje zmianę sekwencji U-V, V-W, i W-U. Czynność ta może zostać wykorzystana do zmiany kierunku obrotu silnika.



Omówione przełączniki produkowane są z wykorzystaniem elementów półprzewodnikowych, co umożliwia WŁĄCZANIE/WYŁĄCZANIE ich przy skrajnie dużych prędkościach.

Jedyną przetwornicą o uniwersalnym zastosowaniu dostępną w przemyśle w latach 80. była przetwornica ze sterowaniem U/f. Jednak w latach 90. wprowadzono sterowanie bez czujników (prędkości) wprowadzono w celu zwiększenia momentu obrotowego w obszarach o niższej prędkości obrotowej do sterowania U/f.

Wydajność przetwornic znacząco wzrosła dzięki rozwojowi sprzętu i technologii sterowania, w tym półprzewodników. Sterowanie wektorowe z PLG zaczęto stosować w silnikach indukcyjnych od lat 90. w zastosowaniach wymagających precyzyjnego sterowania prędkością.

Lista najczęściej stosowanych metod sterowania przetwornicami podana jest w tabeli poniżej, zawierającej głównie metody sterowania prędkością.

Ogólnie rzecz ujmując, należy pamiętać, że wydajność i dokładność metod wzrastają w prawej części tabeli, lecz jednocześnie zmniejszają się uniwersalność i efektywność.

W przypadku sterowania bezczujnikowego metody i nazwy mogą różnić się w zależności od producenta. W poniższej tabeli przedstawiono metodę opracowaną przez Mitsubishi Electric.

| Rodzaj sterowania             | Charakterystyka sterowania napięciem-częstotliwością (U/f)   | Sterowanie bezczujnikowe   |  | Sterowanie wektorowe z PLG   |
|-------------------------------|--|--|--|--|
|                               |  | Sterowanie zorientowane polowo   | Rzeczywiste bezczujnikowe sterowanie wektorowe   |  |
| Zakres sterowania prędkością  | 1 : 10<br>(od 6 Hz do 60 Hz:<br>linie zasilania)   | 1 : 120<br>(od 0,5 Hz do 60 Hz:<br>linie zasilania)  | 1 : 200<br>(od 0,3 Hz do 60 Hz:<br>linie zasilania)  | 1 : 1500<br>(1 obr./min. / 1500 r/min.:<br>linie zasilania, z odzyskiem)   |
| Reakcja                       | Od 10 do 20 (rad/s)  | Od 20 do 30 (rad/s)  | 120 (rad/s)  | 300 (rad/s)  |
| Sterowanie prędkością         | (TAK)  | (TAK)  | (TAK)  | (TAK)  |
| Sterowanie momentem obrotowym | (NIE)  | (NIE)  | (TAK)  | (TAK)  |
| Sterowanie pozycją            | (NIE)  | (NIE)  | (NIE)  | (TAK)  |
| Opis                          | W najpopularniejszej metodzie sterowania przetwornicą utrzymywany jest stały stosunek wartości napięcia i częstotliwości.    | W celu rozwiązania kwestii spadków przy niskim momencie obrotowym w sterowaniu U/f stosowana jest metoda sterowania, która koryguje napięcie wyjściowe wykorzystując obliczenia wektorowe dla prądu silnika. | W standardowych silnikach bez PLG sterowanie odbywa się za pomocą obliczeń i szacowania prędkości silnika na podstawie stałej silnika i charakterystyki napięcia/częstotliwości. | Ta metoda dzieli prąd silnika na niezależne od siebie elementy zorientowane polowo i elementy generowane niezależnie przez moment obrotowy. Pozwala to na wysoce precyzyjne sterowanie momentem obrotowym i ustawieniem. |
| Zastosowanie uniwersalne      | Ta metoda jest bardzo wszechstronna w połączeniu ze standardowymi silnikami dzięki niewielkiej liczbie elementów sterowania. | Metoda ta wymaga zachowania stałej silnika, lecz struktura obwodu jest stosunkowo prosta i składa się z niewielkiej liczby elementów.  | Ta metoda wymaga zachowania stałej silnika i regulacji wzmocnienia sterowania.   | Ta metoda wymaga zachowania silnika z PLG i regulacji wzmocnienia sterowania.  |
| Odpowiednie silniki           | Standardowy silnik (bez PLG)   | Standardowy silnik (bez PLG)   | Standardowy silnik (bez PLG)   | Standardowy silnik (z PLG)<br>Dedykowany silnik sterowany wektorowo  |

Po zakończeniu Szkolenia na temat sprzętu FA dla początkujących (przetwornice) możesz podejść do testu końcowego. Jeśli masz wątpliwości związane z którymś tematem, teraz możesz przypomnieć sobie związane z nim informacje.

**Test końcowy składa się z 10 pytań (21 elementów).**

Liczba prób rozwiązania testu jest nieograniczona.

### Jak zapisać odpowiedzi

Po wybraniu odpowiedzi naciśnij przycisk **Zapisz**. Jeśli tego nie zrobisz, odpowiedzi nie zostaną zapisane. (Pytania pozostaną bez odpowiedzi).

### Wynik testu

Na stronie z wynikami wyświetlona zostanie liczba poprawnych odpowiedzi, liczba pytań, procent poprawnych odpowiedzi i ostateczna ocena.

Poprawne odpowiedzi: 10

Liczba pytań: 10

Wynik procentowy: 100%

Do zaliczenia testu wymagana jest ocena minimum 60%.

Dalej

Sprawdź

- Naciśnij przycisk **Dalej**, aby wyjść z testu.
- Naciśnij przycisk **Sprawdź**, aby sprawdzić test. (Sprawdzenie poprawnych odpowiedzi)
- Naciśnij przycisk **Powtórz**, aby powtórzyć test dowolną liczbę razy.

Czym jest przetwornica?

Wybierz prawidłowe stwierdzenie spośród poniższych sformułowań.

- Przetwornica to urządzenie używane do dowolnego i ciągłego stałego zmieniania momentu obrotowego silnika.
- Przetwornica to urządzenie używane do dowolnego i ciągłego zmieniania prędkości obrotowej silnika.
- Przetwornica to urządzenie, które pozwala WŁĄCZYĆ/WYŁĄCZYĆ obroty silnika.

Zapisz

Wstecz

Silniki wykorzystywane w przetwornicach przemysłowych

Wybierz rodzaj silnika stosowanego w przetwornicach przemysłowych.

- Silnik DC
- Indukcyjny silnik jednofazowy
- Klatkowy (indukcyjny) silnik trójfazowy
- Serwomotor synchroniczny

Zapisz

Wstecz

### Prędkość obrotowa silnika trójfazowego

Wypełnij puste pola oznaczone nawiasami w zdaniach poniżej odpowiednimi terminami opisującymi wykorzystywanie przetwornicy do sterowania prędkością obrotową silnika.

Prędkość obrotowa silnika trójfazowego jest wprost proporcjonalna do  i odwrotnie proporcjonalna do  silnika.

W przetwornicy, z dwóch podanych właściwości, obroty silnika są sterowane poprzez dowolną zmianę .



Test

## Test końcowy 4



Moment obrotowy wytwarzany przez silnik

Wypełnij puste pola w poniższym równaniu przedstawiającym obliczanie momentu obrotowego wytwarzanego przez silnik.

Moment znamionowy, I m =

9550 x  /  (N•Em)

### Praktyczne zastosowanie przetwornic

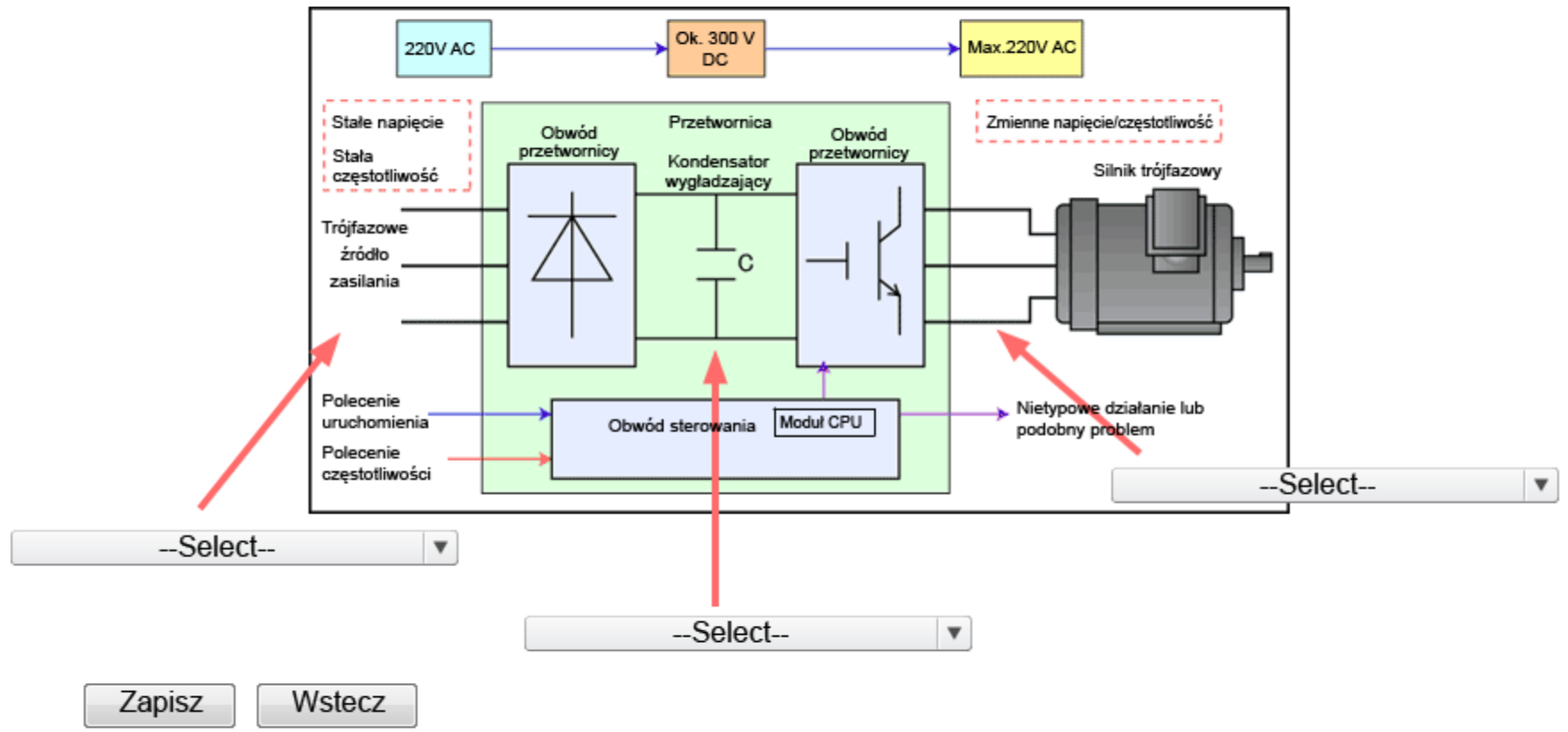
Wybierz prawidłowe stwierdzenie lub stwierdzenia opisujące sterowanie objętością przepływu powietrza i prędkością przepływu (poprawnych może być kilka odpowiedzi).

- W celu zmniejszenia objętości przepływu powietrza należy zwiększyć prędkość obrotową silnika.
- W celu zmniejszenia objętości przepływu powietrza należy zmniejszyć prędkość obrotową silnika.
- Gdy objętość powietrza jest niska, oszczędzana jest energia.
- Objętość przepływu powietrza nie ma wpływu na zużycie energii.

# Test Test końcowy 6

## Budowa wewnętrzna przetwornicy

Wypełnij puste pola w poniższym opisie budowy przetwornicy odpowiednimi terminami.



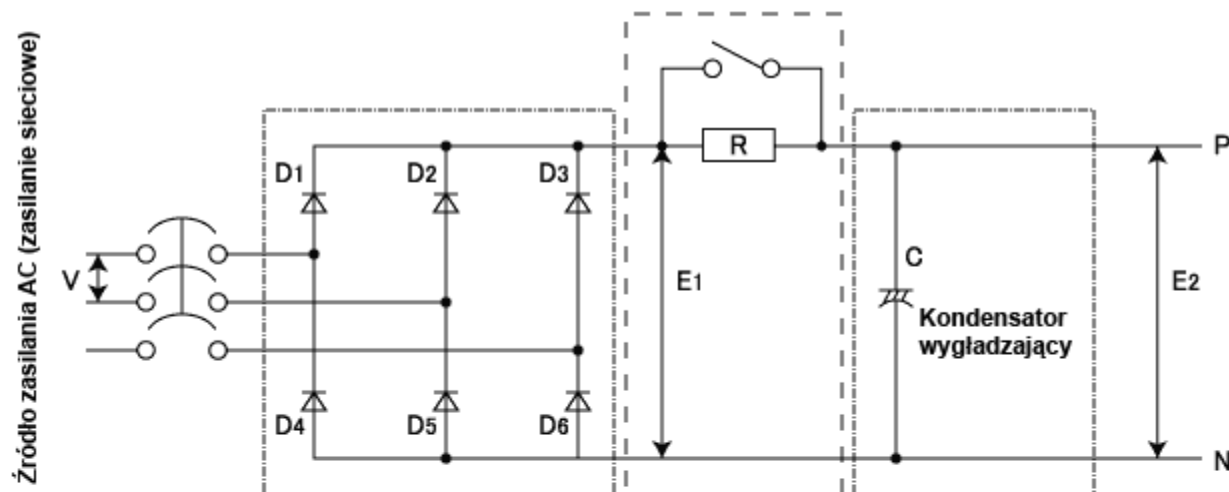
Obwód wewnątrz przetwornicy używany do zmiany prądu przemiennego na stały

Wybierz odpowiedni obwód z opisu obwodów używanych do zamiany prądu przemiennego na stały.

Napięcie źródła zasilania prądem przemiennym jest prostowane i zamieniane na stałe.

Elementy pulsacyjne w wyprostowanym napięciu stałym są usuwane.

Prąd rozruchowy o wysokim natężeniu nie przepływa przez obwód w momencie włączenia zasilania.



Obwód wewnątrz przetwornicy używany do zmiany prądu stałego na przemienny

Wybierz odpowiednie zdanie z opisu zamiany prądu stałego na przemienny.

- Napięcie stałe jest WŁĄCZANE/WYŁĄCZANE za pomocą styków przekaźników.
- Napięcie stałe jest WŁĄCZANE/WYŁĄCZANE za pomocą półprzewodników (tranzystorów itp.).
- Napięcie stałe jest WŁĄCZANE/WYŁĄCZANE za pomocą kondensatorów wygładzających.

Zapisz

Wstecz

Metoda używana do zamiany na napięcie przemiennie ze zmienną częstotliwością

Wypełnij puste pola nazwami opisującymi tworzenie napięcia przemiennego ze zmienną częstotliwością.

Częstotliwość zmieniana jest poprzez sterowanie  WŁĄCZANIEM/WYŁĄCZANIEM  
przełączników.

Wyjściowe napięcie zmieniane jest poprzez sterowanie  WŁĄCZANIA/WYŁĄCZANIA  
przełączników.

### Zalety korzystania z przetwornic

Wybierz sformułowania opisujące zalety korzystania z przetwornic w urządzeniach.

--Select--

Przetwornice mogą być wykorzystane do obniżenia kosztów energii elektrycznej poprzez regulację objętości przepływu powietrza i prędkości przepływu.

--Select--

Dzięki przetwornicom niepotrzebne są rozwiązania mechaniczne do zmiany prędkości, jak np. paski do regulacji prędkości.

--Select--

Przetwornice mogą być użyte do ograniczania wstrząsów maszyny podczas uruchamiania/zatrzymywania.

--Select--

Przetwornice mogą być wykorzystane w urządzeniach posiadających już silnik.

Zapisz

Wstecz

Ukończyłeś/aś test końcowy. Oto Twój wynik.  
Aby zakończyć test końcowy, przejdź do następnej strony.

Poprawne odpowiedzi: 10

Liczba pytań: 10

Wynik procentowy: 100%

Dalej

Sprawdź

**Gratulacje. Zaliczyłeś/aś test.**



Ukończyłeś/aś szkolenie **Sprzęt FA dla początkujących (przetwornice).**

Dziękujemy za udział w szkoleniu.

Mamy nadzieję, że szkolenie spełniło Twoje oczekiwania i że uzyskałeś/aś informacje przydatne podczas konfigurowania systemów.

Szkolenie możesz powtarzać dowolną liczbę razy.

**Sprawdź**

**Zamknij**