



# Silniki średniego i wysokiego napięcia

## Przegląd oferty silników TECO

*Silniki elektryczne wykorzystywane są w każdej gałęzi przemysłu i praktycznie w każdym procesie produkcyjnym. Choć zasada działania wszystkich silników elektrycznych jest podobna, to różnią się one m.in. rodzajem zasilania, przeznaczeniem, budową lub wykonaniem. W niniejszym artykule omówimy, na podstawie urządzeń marki TECO, podstawowe rodzaje silników na średnie i wysokie napięcie, ich właściwość i zastosowania.*

### NISKIE, ŚREDNIE, WYSOKIE NAPIĘCIE

Sprawa klasyfikacji i nazewnictwa jest odmiennie traktowana nie tylko w różnych obszarach (USA czy Europa), lecz także w różnych dziedzinach. Obowiązująca w Stanach Zjednoczonych norma państwowa podaje jako średnie napięcie zakres 601 V do 6 000 V. W standardach obowiązujących w Europie (także w Polsce) są natomiast inne zapisy dla systemów elektroenergetycznych, a inne np. dla kabli energetycznych. Przepisy polskie rozróżniają dwa podstawowe zakresy napięć: niskie do 1 kV i wysokie powyżej 1 kV. Do przepisów tych dostosowane są także uprawnienia eksploatacji, dozoru i pomiarów urządzeń elektrycznych.

Dlatego omawiając silniki zasilane wyższymi napięciami (a także czytając opisy i dokumentację większości producentów) możemy umownie ustalić, że silniki na średnie napięcia to będą silniki zasilane napięciem od 1000 V do 6000 V, natomiast dla napięć powyżej 6000 V będą to silniki wysokonapięciowe (choć niektórzy producenci oznaczają u siebie silniki wysokonapięciowe dopiero powyżej 24-26 kV).

Branże, które najczęściej wykorzystują silniki dużej mocy to przemysł morski, przemysł hutniczy, betoniarne, cementownie, zakłady chemiczne i petrochemiczne, energetyka: elektrownie, elektrociepłownie, przemysł wydobywczy, górnictwo węgla, ropy naftowej i gazu ziemnego. Do najpopularniejszych aplikacji z silnikami MV/HV należą instalacje z mieszadłami, kruszarkami, wylączarkami, przenośnikami, pompami, dmuchawami, wentylatorami itp.

### PODZIAŁ SILNIKÓW ŚREDNIEGO I WYSOKIEGO NAPIĘCIA

Jednym z największych światowych liderów produkujących silniki elektryczne jest koncern TECO. Oferuje on średnio i wysokonapięciowe silniki zasilane napięciami 2,3 kV; 3,3 kV; 4,16 kV; 6 kV; 6,6 kV; 10 kV; 11 kV oraz 13,8 kV.

Opierając się na silnikach firmy TECO (MV i HV) możemy podzielić je ze względów konstrukcyjnych na:

1. Silniki klatkowe asynchroniczne (squirrel cage)
2. Silniki pierścieniowe (wound rotor)
3. Silniki do stref niebezpiecznych (hazardous area)
4. Silniki synchroniczne (synchronous)

### SILNIKI KLATKOWE ASYNCHRONICZNE

Silniki klatkowe asynchroniczne nazywane są również silnikami indukcyjnymi. Ze względu na stosunkowo prostą konstrukcję są najczęściej spotykaną grupą silników elektrycznych. Znajdują one zastosowanie wszędzie tam, gdzie nie wymaga się precyzyjnego sterowania silnikiem.

Pod względem budowy silnik asynchroniczny jest urządzeniem, w którym wirujące pole magne-



◀  
Silnik AEZK

tyczne wywołane przez stojan przecina przewody nieruchomego w pierwszej chwili wirnika i indukuje w nich siły elektromotoryczne. Pod wpływem tych sił, w zamkniętym obwodzie wirnika zaczyna płynąć prąd, w wyniku którego w wirniku wytwarza się moment obrotowy powodujący podążanie przewodów wirnika w kierunku wirowania pola. Wirnik zaczyna się obracać. Z upływem czasu prędkość obrotowa wirnika zwiększa się, lecz równocześnie zmniejsza się prędkość przecinania jego przewodów przez pole wirujące. Zmniejsza się wtedy wartość momentu w porównaniu z tym, jaki działał na nieruchomy wirnik. W rezultacie ustala się prędkość obrotowa wirnika. Jest ona mniejsza od prędkości pola wirującego stojana.

Silniki asynchroniczne klatkowe firmy TECO możemy podzielić ze względów konstrukcyjnych na silniki:

- w wykonaniu żeliwnym (uźebrowane kałtuby żeliwne),
- w wykonaniu stalowym (klatka spawana i wykonana w całości ze stali).

Silniki klatkowe (indukcyjne) w wykonaniu żeliwnym są silnikami wysokosprawnymi. Konstrukcyjnie posiadają uźebrowane kałtuby żeliwne o wysokim współczynniku energetycznym. Sztywna i zwarta konstrukcja kałtuba zapewnia niski poziom drgań i hałasu.




Parametry silników żeliwnych:

- chłodzenie: TEFC (Totally Enclosed Fan Cooled – IC411) – całkowicie zabudowana obudowa z chłodzeniem wentylatorowym lub zgodna z normą IC411/IP52.
- napięcia zasilania: od 2,3 kV do 6,6 kV
- rozmiar obudowy: od 315 do 560
- prędkość obrotowa (liczba biegunów): od 2 do 12 biegunów

**Silniki klatkowe stalowe** są silnikami przystosowanymi do zasilania wyższymi napięciami. Ich klatka jest wykonana ze stali i w całości spawana, dzięki czemu silniki mogą pracować z wyższą mocą wyjściową, w stosunku do silników z korpusem żeliwnym.



Modele silników  
klatkowych żeliwnych  
TECO

TEFC IC411			
Linia produktowa	AFJH	AFJK	AFJG/AEHC
			
Montaż (pozycja)	pozioma (IM B3)	pozioma (IM B3)	pionowa (IM V1)
Częstotliwość (Hz)	50/60 Hz	50/60 Hz	50/60 Hz
Napięcie (V)	2300 – 6600V	2300 – 6600V	2300 – 6600V
Zakres mocy wyjściowej (kW)	90kW – 1800kW	220kW – 2240kW	90kW-1250kW
Rozmiar obudowy	#315 – 560	#315 – 560	#315 – 560
Zakres prędkości (liczba biegunów)	2-12 biegunów	2-8 biegunów	2-12 biegunów
Stopień szczelności	IP56	IP56	IP56

Parametry silników stalowych:

- zakres mocy wyjściowej: od 150 kW do 22 000 kW (22 MW)
- opcje chłodzenia\*: TECACA, TECACW, ODP, WPI, WPII
- zakres napięcia zasilania: od 2,3kV do 13,8kV
- prędkość obrotowa (liczba biegunów): od 2 do 22 biegunów

\* Wyjaśnienie symboli:

**TECACA** = Totally Enclosed, Closed Air Circuit, Air Cooled (IC611) – całkowicie zamknięta obudowa, zamknięty obieg powietrza, chłodzone powietrzem.

**TECACW** = Totally Enclosed, Closed Air Circuit, Water Cooled (IC81W) – całkowicie zamknięta obudowa, zamknięty obieg powietrza, chłodzone wodą.

**ODP** = Open Drip proof (IC01) – kroposzczelność (IC01 /IP12).

**WPI** = NEMA 1 Weather protected (IC01) – wodoszczelność (IC01).

**WPII** = NEMA 2 Weather protected (IC01) – wodoszczelność (IC01).

W trójfazowych silnikach klatkowych dużej mocy wykorzystuje się konstrukcję spawaną. Chłodzenie może być realizowane za pomocą chłodnicy rurowej, nabudowanej na kadłubie, z systemem chłodzenia powietrze/powietrze lub woda/powietrze. Silniki z chłodzeniem za pomocą powietrza bazują na wewnętrzny obieg powietrza zaapewnionym przez wentylator. Silniki z zewnętrznym czynnikiem chłodzącym wykorzystują wodę w obiegu zamkniętym.

Silniki indukcyjne TECO (90-22 000 kW) charakteryzują się wysoką wydajnością, stabilnością pracy, a także niskim poziomem wibracji i hałasu. Mogą być sprzężone z przetwornicą częstotliwości, dzięki czemu będzie można uzyskać wysokiej wartości momentu obrotowego, przy zmiennych prędkościach obrotowych silnika. Dostępne są w opcjach IP22 /23/44/45/54/55/56. Posiadają również certyfikaty IEC, CNS i GB.

Modele silników  
klatkowych  
w wykonaniu  
stalowych firmy TECO

TECACA = Totally Enclosed, Closed Air Circuit, Air Cooled (IC611)			
Obudowa zamknięta, zamknięty obieg powietrza, chłodzony powietrzem (IC611)			
Linia produktowa	AEZK	AECK	AEVE
			
Montaż (pozycja)	pozioma (IM B3)	pozioma (IM B3)	pionowa (IM V1)
Częstotliwość (Hz)	50/60 Hz	50/60 Hz	50/60 Hz
Napięcie (V)	2300 – 11500V	2300-13800V	2300-13800V
Zakres mocy wyjściowej (kW)	200kW – 11200kW	150kW – 11200kW	150kW-11200kW
Rozmiar obudowy	#355 – 900	#355 to 1250	#355 to 1250
Zakres prędkości (liczba biegunów)	2-20 biegunów	2-22 biegunów	4-22 biegunów
Stopień szczelności	IP56	IP56	IP56



Silniki TECO są konfigurowalne i dostosowywane pod konkretnego odbiorcę, a zakres napięcia zasilania jest od 2,3 kV do 13,8 kV. Silniki są produkowane w wersjach IEC oraz NEMA. Dostępne w dowolnej wersji montażowej, czyli z łapami, kołnierzem, kołnierzem pionowym itd. Silniki można również zamówić w wersji do pracy w strefie zagrożonej wybuchem

## SILNIKI PIERŚCIENIOWE



Silniki pierścieniowe należą również do silników asynchronicznych, jednak w odróżnieniu od silnika klatkowego mają bardziej skomplikowaną budowę wirnika.

Wirnik w silniku pierścieniowym jest uzwojony, a końce uzwojeń są wyprowadzone na zewnątrz silnika poprzez pierścienie ślizgowe i szczotki. Umożliwia to kontrolę prądu płynącego w wirniku poprzez zmianę rezystancji obwodu.

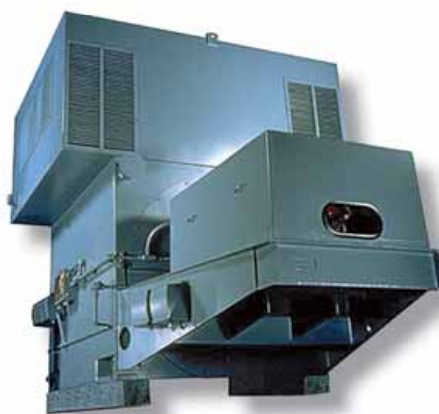
Stosując rozruszniki możemy na końcach uzwojeń załączać odpowiednie rezystancje. Dzięki temu, po załączeniu dodatkowych rezystancji w uzwojenia wirnika, nastąpi zmniejszenie prędkości obrotowej silnika pierścieniowego, a jednocześnie zachowany zostanie duży moment. Rozwiązanie to pozwala na łagodny start urządzeń o ciężkim rozruchu.

## SILNIKI DO STREF NIEBEZPIECZNYCH



Silnikami do stref niebezpiecznych są silniki przeciw-wybuchowe (nieiskrzące, ognioszczelne, o zwiększonym bezpieczeństwie, odporne na zapłon pyłu itd). Firma TECO oferuje silniki przeznaczone są do pracy w strefie Ex – oznaczonej CE 1180 Ex II G Ex d IIB T4 oraz CE 1180 Ex II G Ex de IIC T4, a więc do pracy w środowisku gazowym (grupa IIB lub IIC) o klasie temperaturowej T4.

## SILNIKI SYNCHRONICZNE



Silniki synchroniczne różnią się od silników asynchronicznych (indukcyjnych) budową wirnika,

### TECACW = Totally Enclosed, Closed Air Circuit, Water Cooled – (IC81W)


Obudowa zamknięta, zamknięty obieg powietrza, chłodzenie wodą (IC81W)

Linia produktowa	AEZW	AECW	AEVW/AEUW
Montaż (pozycja)	pozioma (IM B3)	pozioma (IM B3)	pionowa (IM V1)
Częstotliwość (Hz)	50/60 Hz	50/60 Hz	50/60 Hz
Napięcie (V)	2300 – 11500V	2300-13800V	2300-13800V
Zakres mocy wyjściowej (kW)	300kW – 15000kW	150kW – 22000kW	150kW-22000kW
Rozmiar obudowy	#355 – 900	#355 to 1250	#355 to 1250
Zakres prędkości (liczba biegunów)	2-20 biegunów	2-22 biegunów	4-22 biegunów
Stopień szczelności	IP56	IP56	IP56

Modele silników klatkowych w wykonaniu stalowych firmy TECO



Modele silników klatkowych w wykonaniu stalowych firmy TECO

WPI = Nema 1 Weather protected (IC01) WP11 = Weather protected (IC01) ODP = Open Drip Proof (IC01)			
Linia produktowa	ANZK	ANCK	ANVE/ANRK
			
Montaż (pozycja)	pozioma (IM B3)	pozioma (IM B3)	pionowa (IM V1)
Częstotliwość (Hz)	50/60 Hz	50/60 Hz	50/60 Hz
Napięcie (V)	2300 – 11500V	2300-13800V	2300-13800V
Zakres mocy wyjściowej (kW)	300kW – 15000kW	150kW – 22000kW	150kW-22000kW
Rozmiar obudowy	#355 – 900	#355 to 1250	#355 to 1250
Zakres prędkości (liczba biegunów)	2-22 biegunów	2-22 biegunów	4-22 biegunów
Stopień szczelności	IP22, IP23, IP24	IP22, IP23, IP24	IP22, IP23, IP24

który jest dodatkowo wyposażony w elektromagnesy lub magnesy stałe. Silnik synchroniczny zasilany jest napięciem przemiennym, a jego wirnik w stanie ustalonym obraca się z taką samą prędkością kątową z jaką wiruje wprawiające go w ruch pole magnetyczne. Prędkość silnika synchronicznego jest zawsze stała i nie zależy od obciążenia oraz od napięcia zasilającego.

Zastosowanie uzwojenia na wirniku, którego zadaniem jest wygenerowanie stałego pola magnetycznego umożliwiające wprowadzenie wirnika w ruch obrotowy, wymaga doprowadzenia do wirnika prądu stałego nazywanego prądem wzbudzenia. W stojanie umieszczone jest uzwojenie prądu przemiennego. Odpowiada ono za wytworzenie wirującego pola magnetycznego, „ciągnącego” wirnik w ustalonym kierunku. Wirnik musi być tak skonstruowany, aby wytworzona liczba biegunów magnetycznych była taka sama, jak liczba biegunów magnetycznych wytworzonych w stojanie.

Prąd wzbudzenia pobierany jest z obcego źródła – najczęściej ze specjalnego obwodu, który zasilany jest albo bezpośrednio z prostownika, albo z prądnicy prądu stałego nazywanej wzbudnicą, która może być np. umieszczona na wspólnym wale z wirnikiem silnika. Moc potrzebna do wzbudzenia silnika synchronicznego na ogół nie przekracza 1% mocy znamionowej silnika.

## EKSPLOATACJA I KONSERWACJA SILNIKÓW NA ŚREDNIE I WYSOKIE NAPIĘCIE

Warto wspomnieć o tym, że silniki średnio- i wysokonapięciowe to silniki o dużych mocach, stosowane w wielu ważnych aplikacjach. Podczas konserwacji tych silników powinniśmy pamiętać o utrzymaniu w czystości i konserwacji nie tylko samego silnika, ale również urządzeń, które z nim współpracują.

Podczas eksploatacji silnika powinniśmy okresowo mierzyć temperaturę oraz sprawdzać stan zużycia łożysk, smarowania i układu chłodzenia (w tym wymiennik ciepła). Należy również sprawdzać poziom drgań maszyny, a także wszystkie akcesoria i połączenia silnika.

Kontrolując uzwojenia w silniku powinniśmy dokonywać także pomiarów parametrów roboczych zasilania oraz rezystancji, uzwojeń i przewodów zasilających. Uzwojenia powinny być zawsze czyste i suche. W przypadku, gdy na uzwojeniu silnika odnotujemy obniżoną wartość rezystancji to przyczyną może być właśnie duża ilość pyłu lub wilgoci.

Dobłą praktyką jest również uzyskanie od producenta kompletnej dokumentacji posiadanego silnika wraz ze spisem części eksploatacyjnych. Producent na zestawieniu części silnika powinien również zaznaczyć, które elementy po jakim czasie lub roboczogodzinach powinno się standardowo wymieniać tak, aby silnik był w stanie cały czas bezproblemowo pracować.

Warto również sprawdzić czy producent przykłada wagę także do innych dodatkowych cech swoich urządzeń. Podczas produkcji silnika, TECO uwzględni na przykład dodatkowe funkcje i właściwości, takie jak: niski poziom wibracji, niski poziom hałasu, niski prąd rozruchowy, wysoki moment obrotowy, liczba oraz częstotliwość rozruchów/ uruchomień.

## SILNIKI TECO INDYWIDUALNIE DOPASOWANE

TECO to globalne przedsiębiorstwo posiadające przedstawicielstwa i wsparcie na terenie całego świata. Każdy budowany silnik średniego i wysokiego napięcia jest konfigurowany pod indywidualne wymagania odbiorcy i aplikacji. Do firmy TECO można zwrócić się również z indywidualnymi projektami silnikowymi – inżynierowie producenta są gotowi również na wykonanie bardzo wymagających projektów dużej mocy – indywidualnie według potrzeb klienta. Przeprowadzane są także odpowiednie testy, w których klient może uczestniczyć (w fabryce TECO).

### Michał Prynda

Związany z Grupą Intron od 2001 roku. Obecnie pracuje na stanowisku kierownika działu napędów i sterowania.

32 789 00 51

