

**Podręcznik**

# Softstarty
# Kompendium wiedzy

Power and productivity
for a better world™

W niniejszym podręczniku opisano, jak należy dobierać softstarty do instalacji przemysłowych oraz poprawnie je obsługiwać, aby instalacja działała bezbłędnie, nie przysparzając dodatkowych kosztów.

# PRZEDMOWA

Niniejsze opracowanie napisano z myślą nie tylko o osobach, które zawodowo zajmują się układami łagodnego rozruchu (softstartami), ale także tych, które chcą po prostu dowiedzieć się więcej na temat tej metody rozruchu. Mamy nadzieję, że zarówno eksperci, jak i nowicjusze znajdą w nim ciekawe i przydatne informacje, czytając je od deski do deski lub tylko interesujące ich rozdziały.
Na końcu zamieszczono indeks, który ułatwia wyszukiwanie.

Treść opracowania jest w dużej mierze efektem 25 lat doświadczeń ABB w projektowaniu, wytwarzaniu i sprzedawaniu softstartów niskiego napięcia.

Ta instrukcja nie stanowi pełnego podręcznika technicznego ani przewodnika po wszystkich rodzajach softstartów ABB, jakie mogą być dostępne na rynku. Jest uzupełnieniem technicznych katalogów i broszur dotyczących naszych produktów i przedstawiamy w niej ogólny obraz naszych spostrzeżeń na temat softstartów.

Więcej informacji o softstartach i innych produktach ABB znajduje się na stronie
**www.abb.com/lowvoltage**

Wszystkie porady zawarte w niniejszej książce mają charakter ogólny i nie należy ich przekładać na każdą instalację bez uwzględnienia jej indywidualnych cech.

ABB AB,
Cewe-Control
listopad 2010

Johan Rees Magnus Kjellberg Sören Kling

# Spis treści


Dobieranie softstartu do różnych zastosowań ... 39
Temperatura otoczenia ... 40
Obniżanie wartości znamionowych proporcjonalnie do wysokości nad poziomem morza ... 41
Zdolność rozruchowa i zabezpieczenie przeciążeniowe ... 42
Liczba rozruchów na godzinę ... 44
Prosoft ... 45

Różne sposoby połączenia softstartu ... 46
Rozruch więcej niż jednego silnika ... 48
Połączenie z aparatem sterowniczym ... 50
Połączenie softstartu z magistralą polową ... 51

Sterowanie 2-fazowe a 3-fazowe ... 52

Ustawienia ... 54

Praca w strefie zagrożenia wybuchem ... 58

Koordynacja ... 60

Informacje środowiskowe ... 67

Harmoniczne ... 68

Często zadawane pytania ... 69

Ilości i jednostki ... 71

Formuły i przeliczniki ... 72

Terminologia ... 76

Indeks alfabetyczny ... 83

# Normy i dopuszczenia

Wszystkie softstarty niskonapięciowe ABB są projektowane i wytwarzane zgodnie z regułami wyznaczonymi przez IEC (Międzynarodowa Komisja Elektrotechniczna).

Komisja wydaje publikacje, które są uznawane na całym świecie jako obowiązujące normy. Norma IEC dla softstartów nosi numer IEC 60947-4-2. Softstarty są skonstruowane według oświadczenia producenta, zgodnie z tą normą. W większości krajów nie są poddawane żadnym próbom. W niektórych krajach przepisy wymagają odrębnych atestów.

### Dyrektywy Unii Europejskiej

Należy zwrócić uwagę na trzy dyrektywy UE:

### Dyrektywa niskonapięciowa 206/95/WE

Dotyczy aparatury elektrycznej od 50 do 1000 V AC i od 75 do 1500 V DC

### Dyrektywa maszynowa 2006/42/WE

Określa wymagania dotyczące bezpieczeństwa maszyn i urządzeń wbudowanych w maszyny.

### Dyrektywa o kompatybilności elektromagnetycznej 2004/108/WE

Dotyczy wszystkich urządzeń zdolnych do wywoływania zakłóceń elektromagnetycznych, określając m.in. dopuszczalny poziom emisji zakłóceń i wymagania dotyczące odporności.

### Oznakowanie CE

Jeśli dany produkt spełnia wymagania odnoszącej się do niego normy EN, przyjmuje się, że spełnia także wymagania zarówno dyrektywy niskonapięciowej, jak i dyrektywy o zgodności elektromagnetycznej, w związku z czym może on być opatrzony znakiem CE. Softstarty podlegają normie zharmonizowanej EN 60947-4-2, która jest taka sama jak norma IEC 60947-4-2.

W tym przypadku oznakowanie CE nie uwzględnia zgodności z dyrektywą maszynową, która wymaga specjalnej kontroli instalacji maszyny. Ponieważ softstart jest aparatem elektrycznym i stwarza zagrożenie przede wszystkim elektryczne, więc podlega on dyrektywie niskonapięciowej.

Oznakowanie CE nie jest znakiem jakości, lecz dowodem na zgodność produktu z dyrektywami UE.

# Normy



## Wymagania techniczne obowiązujące w Ameryce Północnej

Wymagania techniczne dotyczące aparatów przeznaczonych na rynek ame-rykański i kanadyjski są podobne, chociaż normy obowiązujące w tych krajach różnią się znacznie od norm europejskich i norm IEC.

USA - **UL** Underwriters Laboratories Inc.

Kanada - **CSA** Canadian Standards Association

Istnieją różne rodzaje atestów UL, w tym „UL listed" i „UL component recognition". Atest „UL listed" oznacza, że na podstawie badania reprezentatywnych próbek produktu UL stwierdził, że spełniają one wymagania UL. Natomiast atest „UL component recognition" obejmuje jedynie ocenę podzespołów lub materiałów przeznaczonych do użytku w całym produkcie lub instalacji. Wszystkie softstarty ABB są atestowane i kontrolowane przez UL, czyli „UL listed".

Softstarty mogą ponadto mieć atesty „cUL", co oznacza, że spełniają amerykańskie i kanadyjskie normy bezpieczeństwa. Atesty cUL obejmują wszystkie wymagania UL i CSA, czyli oznaczają, że produkt nadaje się do użytku w Stanach Zjednoczonych i Kanadzie.

## CCC (China Compulsory Certification)

Ponieważ softstart w wersji standardowej spełnia wymagania chińskiego atestu CCC, można go wprowadzić na rynek chiński tylko z dopuszczeniem i znakiem CCC.

Chińska norma GB14048.6-2008 jest oparta na normie IEC 60947-4-2.

## Inne lokalne dopuszczenia oparte na normie IEC

Oprócz norm IEC i UL istnieją jeszcze inne normy lokalne obowiązujące w różnych krajach. Najważniejsze z nich, oprócz wspomnianych już CSA i CCC, to:

GOST — Rosja
C-tick — Australia
ANCE — Meksyk

## Dopuszczenia morskie

Od softstartów używanych na pokładach statków firmy zajmujące się ubezpieczeniami morskimi wymagają niekiedy osobnych świadectw dopuszczenia morskiego. Mogą one być wystawione przez BV (Bureau Veritas), GL (Germanisher Lloyd), LR (Lloyd's Register EMEA), jeśli są oparte na normie IEC, lub przez ABS (American Bureau of Shipping), jeśli są oparte na normie UL, bądź przez dowolną inną niezależną instytucję certyfikującą. Zazwyczaj w dopuszczeniach morskich obowiązują specjalne wymagania dotyczące odporności na uderzenia, wibracje i wilgotność.

## Zastosowany normy

W softstartach zastosowano w całości lub częściowo następujące normy:

IEC 60947-1
EN 60947-1
IEC 60947-4-2
EN 60947-4-2
UL 508
CSA C22.2 No. 14
GB14048.6-2008
LR Test specification No. 1

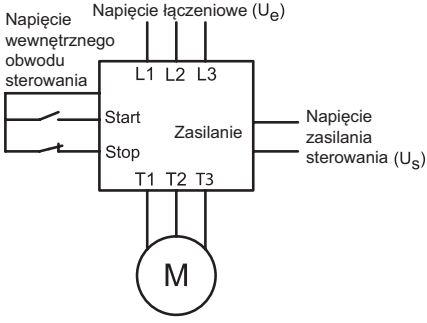
# Definicje, napięcia

W softstartach używane są różne napięcia. Ich nazwy i znaczenie jest podane poniżej zgodnie z normą IEC (IEC 60947-1).

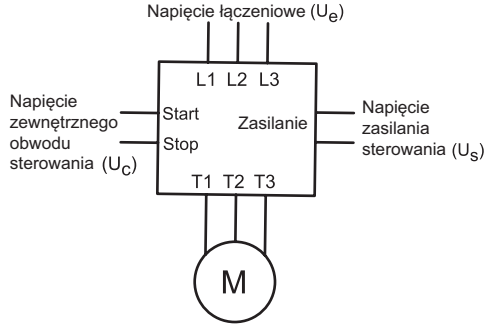
### Napięcie łączeniowe ($U_e$)
to napięcie zasilające silnik, a także napięcie, któremu jest poddawany główny obwód (tyrystory) w softstarcie. Typowe wartości wynoszą od 200 do 690 V AC.

### Napięcie zasilania sterowania ($U_S$)
to napięcie zasilające elektroniczne elementy wewnętrzne softstartu, np. płytkę obwodu drukowanego. Typowe wartości napięcia wynoszą od 100 do 250 V AC.

### Napięcie obwodu sterowania ($U_S$)
to napięcie sterujące operacjami uruchamiania i zatrzymywania softstartu. Typowe wartości wynoszą 24 V DC lub 110–240 V AC. W wielu softstartach napięcie sterownicze może być dostarczane wewnętrznie.




Softstart z wewnętrznym napięciem obwodu sterowania




Softstart z zewnętrznym napięciem obwodu sterowania

# O silnikach

Nowoczesne silniki elektryczne dostępne są w wielu postaciach, jak silniki jednofazowe, silniki trójfazowe, silniki samohamujące, silniki synchroniczne, silniki synchroniczne, silniki na zamówienie specjalne, silniki dwubiegowe, silniki trzybiegowe itd., które różnią się między sobą sposobem działania i charakterystyką.

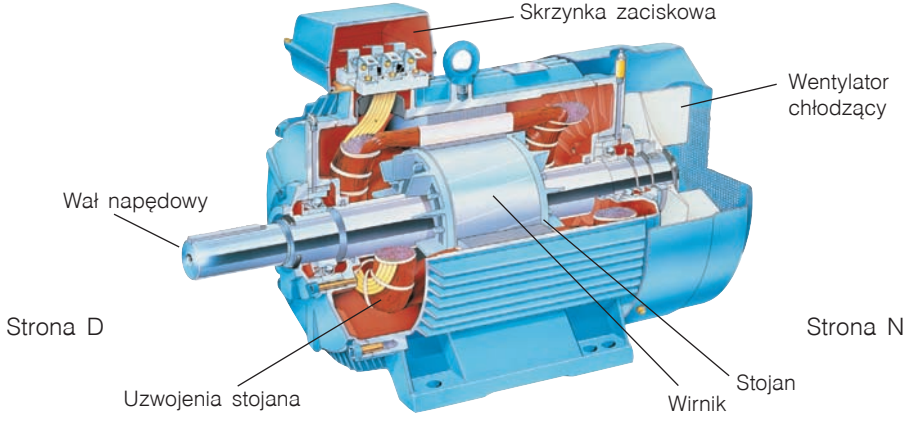
W przypadku każdego rodzaju silnika istnieją różne konfiguracje montażu, np. montaż na łapach, montaż w kołnierzu lub montaż łączony na łapach i w kołnierzu. Mogą także występować duże różnice pod względem sposobu chłodzenia, od najprostszego silnika ze swobodną samoistną cyrkulacją powietrza po bardziej skomplikowany silnik z całkowicie hermetycznym chłodzeniem powietrzno-wodnym i wymienną chłodnicą typu kasetowego.

Aby silnik przeznaczony do pracy w trudnych warunkach otoczenia mógł być używany jak najdłużej, istotne jest, aby odznaczał się właściwym stopniem ochrony.

Stopień ochrony jest oznaczany literami IP (od International Protection) oraz dwiema cyframi, z których pierwsza oznacza stopień szczelności na przenikanie ciał stałych i odporności na styczność z nimi, a druga — stopień wodoszczelności.

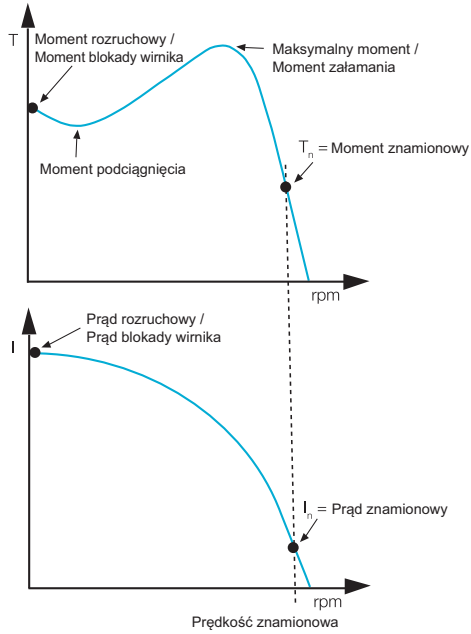
Strona silnika oznaczana jest w normie IEC w sposób następujący:
- Strona D to zazwyczaj strona napędowa silnika.
- Strona N to zazwyczaj strona nienapędowa silnika.

W tej książce jest mowa tylko o asynchronicznych silnikach 3-fazowych.

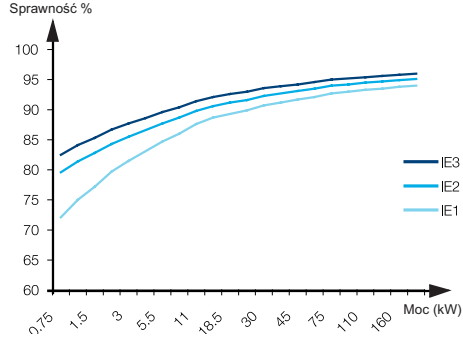


# Silniki klatkowe

To opracowanie poświęcone jest głównie silnikom klatkowym, które są najczęściej spotykanym na rynku rodzajem silnika. Są one względnie tanie, a ich koszty obsługi ruchowej są zazwyczaj niskie. Na rynku działa wielu różnych producentów oferujących produkty w różnych przedziałach cenowych. Nie wszystkie silniki odznaczają się takimi możliwościami i jakością jak np. silniki ABB. Wyższa sprawność przekłada się na duże oszczędności energii w trakcie normalnej eksploatacji silnika. W normie IEC 60034-30 dotyczącej maszyn elektrycznych wirujących zdefiniowane są cztery klasy sprawności. Noszą one nazwy IE1, IE2, IE3 i IE4, przy czym silniki klasy IE4 uznawane są za najsprawniejsze. Jest to pokazane na wykresie po prawej stronie. Kolejnym aspektem cieszącym się obecnie zainteresowaniem jest niski poziom zakłóceń, podobnie jak wytrzymałość na trudne warunki pracy.




Silniki różnią się także innymi parametrami. Konstrukcja wirnika wpływa na prąd rozruchowy i moment obrotowy i pod tym względem silniki o tej samej mocy znamionowej mogą znacznie się od siebie różnić. Jeśli używany jest softstart, warto, aby silnik miał wysoki moment rozruchowy przy rozruchu bezpośrednim. Połączenie takich silników z softstartem umożliwia dalsze obniżenie prądu rozruchowego w porównaniu z silnikami o niskim momencie rozruchowym. Dane techniczne zależą ponadto od liczby biegunów. Moment rozruchowy silnika dwubiegunowego jest zazwyczaj niższy niż silnika z większą liczbą biegunów, np. czterema.



# Prędkość

Prędkość obrotowa silnika na prąd zmienny zależy od dwóch rzeczy: liczby biegunów uzwojenia stojana oraz częstotliwości głównej. Przy częstotliwości 50 Hz prędkość obrotową silnika można obliczyć jako iloraz stałej 6000 i liczby biegunów, a przy 60 Hz stała ta wynosi 7200.

Prędkość silnika można zatem obliczyć z następującego wzoru:

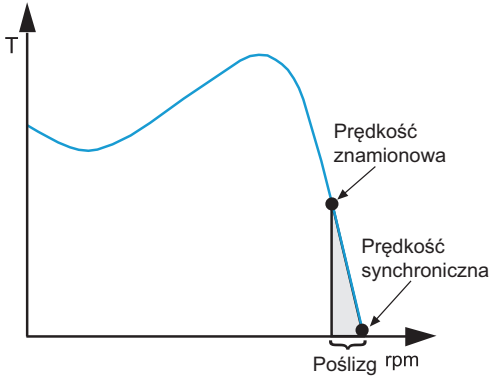
$$n = \frac{2 \times f \times 60}{p}$$

**n** = prędkość
**f** = częstotliwość sieci
**p** = liczba biegunów

Przykład:
4-biegunowy silnik w sieci 50 Hz

$$n = \frac{2 \times 50 \times 60}{4} = 1500 \text{ obr/min}$$

Ta prędkość jest prędkością synchroniczną, która jest niemożliwa do osiągnięcia ani przez silnik klatkowy, ani pierścieniowy. Przy pracy bez obciążenia prędkość będzie bardzo zbliżona do prędkości synchronicznej, a po obciążeniu silnika nieco spadnie.




Wykres pokazujący różnicę między prędkością synchroniczną a znamionową

Różnica między prędkością synchroniczną a asynchroniczną, zwaną też prędkością znamionową, to tzw. „poślizg", który można obliczyć z następującego wzoru:

$$s = \frac{n1 - n}{n1}$$

**s** = poślizg (zazwyczaj wynosi od 1 do 3%)
**n1** = prędkość synchroniczna
**n** = prędkość asynchroniczna (znamionowa)

Tabela prędkości synchronicznej przy różnych liczbach biegunów i wartościach częstotliwości:

| Liczba biegunów | 50 Hz | 60 Hz |
|---|---|---|
| 2 | 3000 | 3600 |
| 4 | 1500 | 1800 |
| 6 | 1000 | 1200 |
| 8 | 750 | 900 |
| 10 | 600 | 720 |
| 12 | 500 | 600 |
| 16 | 375 | 450 |
| 20 | 300 | 360 |

## Napięcie

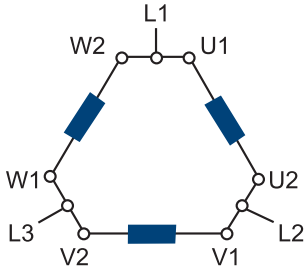
Jednobiegowe silniki trójfazowe można zazwyczaj połączyć z dwoma różnymi poziomami napięcia. Trzy uzwojenia stojana tworzą połączenie w gwiazdę lub trójkąt.

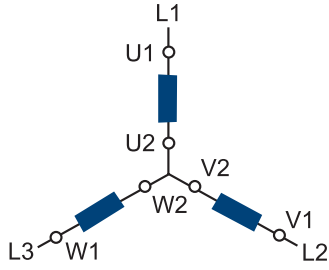
Jeśli na tabliczce znamionowej silnika klatkowego są podane napięcia zarówno połączenia w gwiazdę, jak i w trójkąt, silnik taki można używać zarówno z napięciem 230 V, jak i np. 400 V.

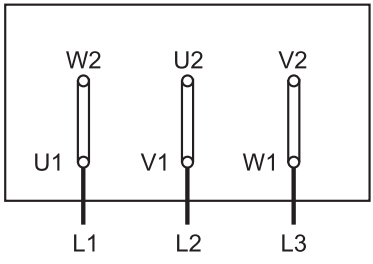
Uzwojenie jest połączone w trójkąt przy napięciu 230 V, a jeśli główna sieć jest pod napięciem 400 V, stosowane jest połączenie w gwiazdę.

Jeśli jest zmieniane napięcie główne, należy pamiętać, że przy tej samej mocy znamionowej prąd znamionowy silnika będzie różny zależnie od poziomu napięcia.

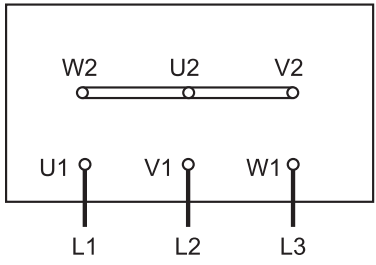
Metoda połączenia silnika z listwami zaciskowymi w przypadku połączenia w gwiazdę lub trójkąt pokazana jest na poniższym schemacie.




△ - Połączenie w trójkąt
230 V
(400 V)



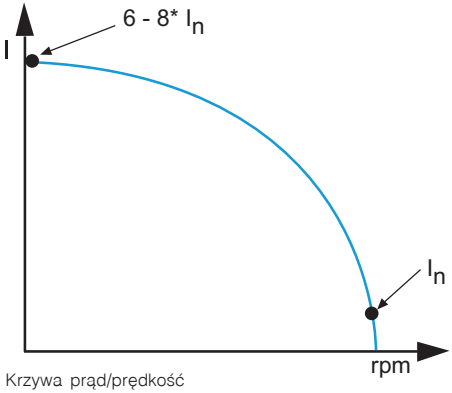

Y - Połączenie w gwiazdę
400 V
(690 V)

Schemat przedstawiający listwę zaciskową silnika przy połączeniu w trójkąt i gwiazdę

## Prąd

Prąd znamionowy silnika, który podany jest na jego tabliczce znamionowej, oznacza, ile prądu zużywa silnik pod pełnym obciążeniem pracujący z pełną prędkością. Silnik bez obciążenia będzie zużywać znacznie mniej prądu, a przeciążony — więcej.

Jednak w trakcie rozruchu bezpośredniego zużycie prądu przez silnik znacznie przekracza prąd znamionowy. Jest wtedy zazwyczaj od 6 do 8 razy wyższe, ale może być nawet 10-krotnie wyższe niż prąd znamionowy. Widać to wyraźnie na poniższym wykresie zależności prędkości od prądu silnika. W miarę, jak silnik przyspiesza, prąd spada. Wartość znamionową osiąga, gdy silnik obraca się z prędkością znamionową.

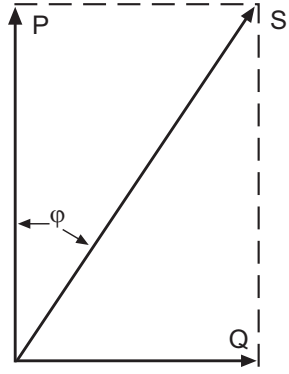


Krzywa prąd/prędkość

## Współczynnik mocy

Silnik zawsze zużywa moc czynną, którą przekształca na pracę mechaniczną. Moc bierna także jest wymagana do magnesowania silnika, ale nie jest przetwarzana na pracę. Na poniższym schemacie moc czynna i bierna reprezentowana jest przez P i Q, które łącznie dają moc pozorną S.

Stosunek między mocą czynną P (kW) a mocą pozorną S (kVA) nazywany jest współczynnikiem mocy oznaczanym zazwyczaj jako cos φ. Normalnie wartość ta wynosi od 0,7 do 0,9, przy czym niższa wartość dotyczy mniejszych lub mniej obciążonych silników, a większa dużych.



Wykres przedstawiający P, Q, S i Cos ∂

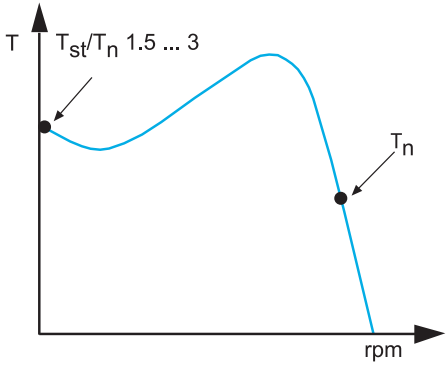
## Moment obrotowy

Moment rozruchowy silnika różni się znacznie w zależności od wielkości silnika. W małym silniku, np. ≤ 30 kW, wartość ta odpowiada zazwyczaj od 1,5- do 2,5-krotności momentu znamionowego, a w średniej wielkości silniku, np. do 250 kW, jest ona od 2 do 3 razy większa niż moment znamionowy. W wielkich silnikach moment rozruchowy bywa bardzo niski i czasami jest nawet mniejszy od momentu znamionowego. Rozruch takiego silnika przy pełnym obciążeniu jest niemożliwy, nawet metodą rozruchu bezpośredniego.

Moment znamionowy silnika można obliczyć z następującego wzoru:

$$T_n = \frac{9550 \times P_r}{n_r}$$

$T_n$ = moment znamionowy (Nm)
$P_r$ = moc znamionowa silnika (kW)
$n_r$ = prędkość znamionowa silnika (rpm)



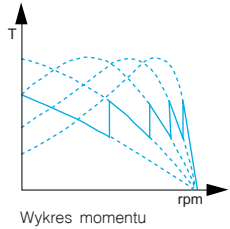

Wykres momentu obrotowego typowego silnika klatkowego

## Silniki pierścieniowe

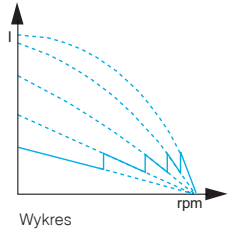
W pewnych przypadkach, gdy ze względu na wysoki prąd rozruchowy rozruch bezpośredni nie jest możliwy lub gdyby moment rozruchowy rozrusznika gwiazda-trójkąt był zbyt niski, można zastosować specjalny silnik pierścieniowy. Rozruch takiego silnika następuje poprzez zmianę rezystancji wirnika. Gdy silnik się rozpędza, rezystancja jest stopniowo odłączana aż do osiągnięcia prędkości znamionowej, przy której silnik działa z prędkością równoważną standardowemu silnikowi klatkowemu.

Zaletą silnika pierścieniowego jest niższy prąd rozruchowy i możliwość regulacji momentu rozruchowego w zakresie do maksymalnego obrotu. Mimo to ta metoda rozruchu jest obecnie bardzo rzadko stosowana ze względu na wysoki koszt zarówno tego specjalnego silnika, jak i aparatury rozruchowej wirnika.

**Zasadniczo jeżeli w takiej aplikacji zostanie użyty softstart, będzie trzeba wymienić silnik.**




Wykres momentu obrotowego silnika pierścieniowego




Wykres prądu silnika pierścieniowego

# Różne warunki obciążenia

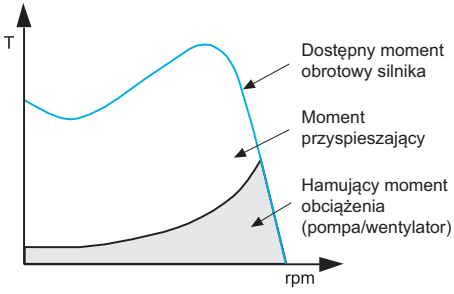
Wszystkie silniki służą do uruchamiania i napędzania różnych maszyn. Warunki obciążenia silnika będą różne zależnie od instalacji. Należy przy tym rozważyć głównie dwa czynniki, czyli hamujący moment obciążenia i moment bezwładności.

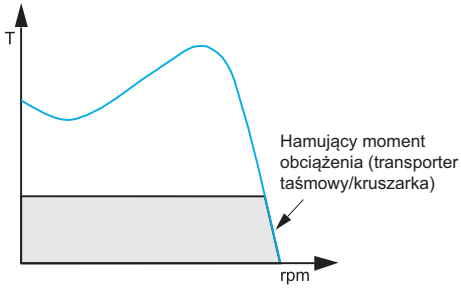
## Hamujący moment obciążenia

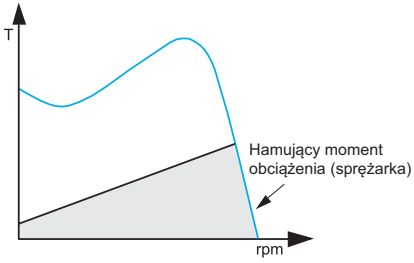
Jest to siła hamowania oddziałująca bezpośrednio na wał silnika. Aby silnik był w stanie przyspieszać, musi być silniejszy niż to obciążenie. Moment przyspieszający to różnica między dostępnym momentem obrotowym silnika a momentem obciążenia. Wiele metod rozruchu obniża moment obrotowy silnika, co przekłada się na niższy moment przyspieszający, a w konsekwencji wydłużenie rozruchu.

Moment przyspieszający = Dostępny moment obrotowy silnika – Hamujący moment obciążenia

Charakterystyka krzywej obciążenia zależy od instalacji. Pewne typowe rodzaje obciążenia pokazane są poniżej.




Wiele instalacji uruchamianych jest zazwyczaj bez obciążenia, a obciążenie przykładane jest dopiero wówczas, gdy silnik osiągnie prędkość znamionową. Obniża to moment obciążenia o około 10–50% w porównaniu z rozruchem pod obciążeniem.

### Moment bezwładności

Występujący moment bezwładności, czyli masa koła zamachowego, odpowiada wielkości koła zamachowego przyłączonego do osi silnika. Instalacja z niewielkim momentem bezwładności nazywana jest zazwyczaj rozruchem normalnym, podczas gdy duży moment bezwładności nazywany jest rozruchem o wysokiej mocy.

### Normalny rozruch

Niewielki moment bezwładności, krótki czas rozruchu, zazwyczaj stosowana jest klasa przekaźnika przeciążeniowego 10.

Występuje w takich instalacjach, jak np. pompy, sprężarki, ster strumieniowy i krótkie transportery taśmowe.

### Rozruch o wysokiej mocy

Heavy duty

Duży moment bezwładności, długi czas rozruchu, zazwyczaj wymagana jest klasa przekaźnika przeciążeniowego 30.

Występuje w takich instalacjach, jak np. wentylatory, kruszarki, młyny i długie transportery taśmowe.

Większy moment bezwładności wymaga dłuższego czasu rozruchu w przypadku takiego samego silnika i takiego samego hamującego momentu obciążenia. W poniższej tabeli podane jest orientacyjnie, jak długo trwa rozruch przy użyciu 3 metod rozruchu w różnych warunkach obciążenia.

| | Przybliżony czas rozruchu | | |
|---|---|---|---|
| | Bezpośredni | Rozrusznik gwiazda-trójkąt | Softstart (czas stopniowej zmiany 10 s) |
| Silnik bez obciążenia  | 0,2–0,5 s | 0,4 s | 1 s |
| Silnik przyłączony do instalacji z małym kołem zamachowym (normalny rozruch)  | 2–4 s | 3–6 s | 6 s |
| Silnik przyłączony do instalacji z dużym kołem zamachowym (rozruch o wysokiej mocy)  | 6–8 s | 8–12 s | 8–12 s |

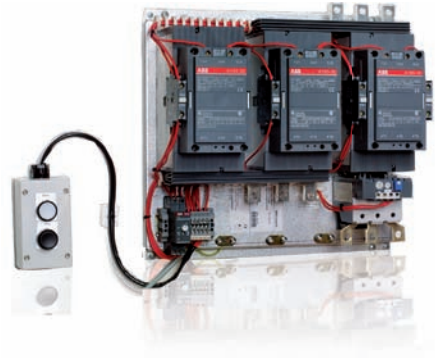
# Różne metody rozruchu

Poniżej zamieszczony jest krótki opis najczęściej stosowanych metod rozruchu silników klatkowych. Przegląd typowych problemów z uruchamianiem i zatrzymywaniem silnika tymi metodami rozruchu znajduje się na stronie 20.

## Rozruch bezpośredni



## Rozrusznik gwiazda-trójkąt



## Przemiennik częstotliwości




## Softstart



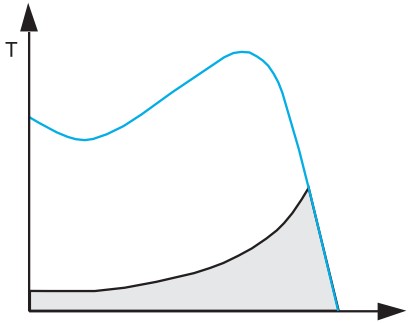
# Rozruch bezpośredni

Ta metoda rozruchu dominuje obecnie zdecydowanie na rynku ze względu na niewielkie wymiary i bardzo niski koszt rozrusznika. Aparat rozruchowy składa się tylko ze stycznika głównego oraz termicznego lub elektronicznego przekaźnika przeciążeniowego. Wadą tej metody jest to, że daje najwyższy możliwy prąd rozruchowy. Normalna wartość jest od 6 do 8 razy większa od znamionowego prądu silnika, ale istnieją także wartości nawet 14-krotnie przekraczające prąd znamionowy. Ponadto istnieje szczyt namagnesowania, który może być 20-krotnie wyższy od prądu znamionowego, ze względu na to, że silnik nie jest pod napięciem od chwili rozruchu.

Dokładne wartości zależą od konstrukcji silnika. Generalnie w nowoczesnych silnikach początkowy prąd rozruchowy jest wyższy niż w starszych z powodu niższej rezystancji w uzwojeniach.

Podczas rozruchu bezpośredniego występuje także bardzo wysoki moment rozruchowy, zazwyczaj wyższy niż wymaga tego dana instalacja. Powoduje to niepotrzebne naprężenie pasów napędowych, sprzęgieł i napędzanej instalacji. Oczywiście, może się zdarzyć, że taka metoda rozruchu idealnie się sprawdza i nie trzeba stosować żadnej innej.

Jeśli rozruch odbywa się bezpośrednio, także zatrzymać silnik można tylko w sposób bezpośredni.

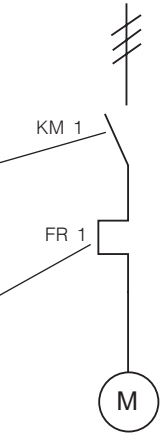



Krzywa momentu/prędkości podczas rozruchu bezpośredniego

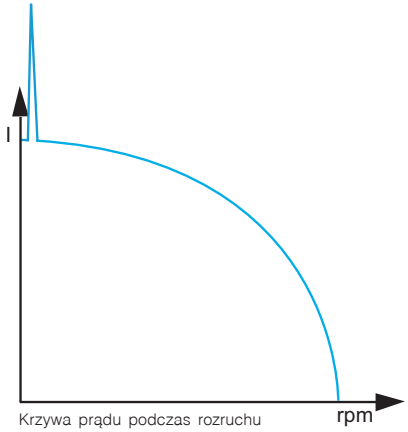
Rozrusznik bezpośredni ze stycznikiem i przekaźnikiem przeciążeniowym



Schemat jednokreskowy rozrusznika bezpośredniego




KM 1 Stycznik główny
FR 1 Przekaźnik przeciążeniowy




Krzywa prądu podczas rozruchu bezpośredniego

# Rozrusznik gwiazda-trójkąt

Rozrusznik gwiazda-trójkąt składa się zazwyczaj z trzech styczników, przekaźnika przeciążeniowego i licznika czasu. Ta metoda może być stosowana tylko do rozruchu silnika, który jest połączony w trójkąt podczas pracy ciągłej.

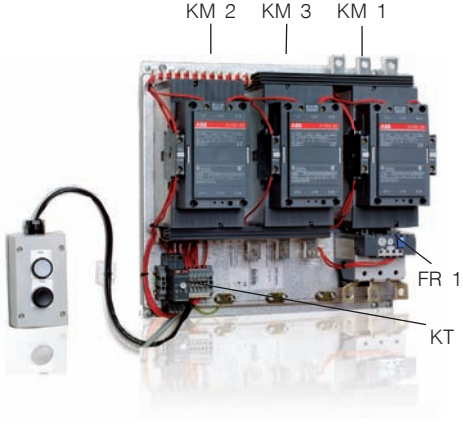
Zasada działania rozrusznika gwiazda-trójkąt polega na tym, że w pierwszej fazie przyspieszania uzwojenia silnika połączone są w gwiazdę, przez co prąd jest obniżony. Po zaprogramowanym czasie następuje zmiana połączenia na połączenie w trójkąt, przy którym występuje pełny prąd, a także pełny moment obrotowy.

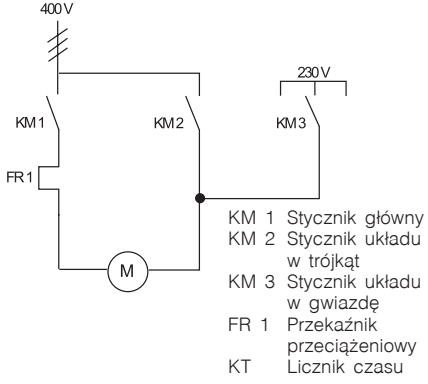
W przypadku połączenia w trójkąt napięcie na każdym z uzwojeń silnika jest takie samo jak napięcie sieci. Prąd silnika rozkłada się na dwa uzwojenia równoległe ze współczynnikiem 1/√3 w stosunku do prądu linii. Jeśli impedancja poszczególnych uzwojeń silnika wynosi Z, to suma impedancji uzwojeń równoległych wynosi Z/√3.

Gdy silnik jest połączony w gwiazdę, uzwojenia silnika są połączone szeregowo. Impedancja wynosi wówczas √3*Z, czyli ((√3*Z)/( Z/√3) = 3) 3 razy więcej niż podczas połączenia w trójkąt. Ponieważ poziom napięcia jest taki sam, więc przy połączeniu w gwiazdę uzyskuje się 1/3 tego prądu co przy połączeniu w trójkąt. Jeśli zatem jest używany rozrusznik gwiazda-trójkąt, prąd połączenia w gwiazdę odpowiada 33% wartości w przypadku silnika połączonego w trójkąt.

Ponieważ napięcie główne jest takie samo, więc silnik odczuwa połączenie w gwiazdę jako redukcję napięcia, co sprawia, że napięcie na poszczególnych uzwojeniach silnika będzie odpowiadało 1/√3 napięcia głównego. Niższe napięcie przekłada się na obniżenie momentu obrotowego. Moment obrotowy obniżany jest o kwadrat napięcia, [(1/√3)* (1/√3) ≈ 0,33] czyli stanowi 33% wartości momentu obrotowego w przypadku połączenia w trójkąt. Jest to jednak tylko wartość teoretyczna. Bliższa prawdzie jest wartość 25% ze względu na dodatkowe straty, a także inne parametry sprawności obowiązujące podczas połączenia w gwiazdę. Sprawdza się to dobrze przy rozruchu bez obciążenia lub pod bardzo lekkim obciążeniem, ale nie w przypadku cięższych zastosowań.

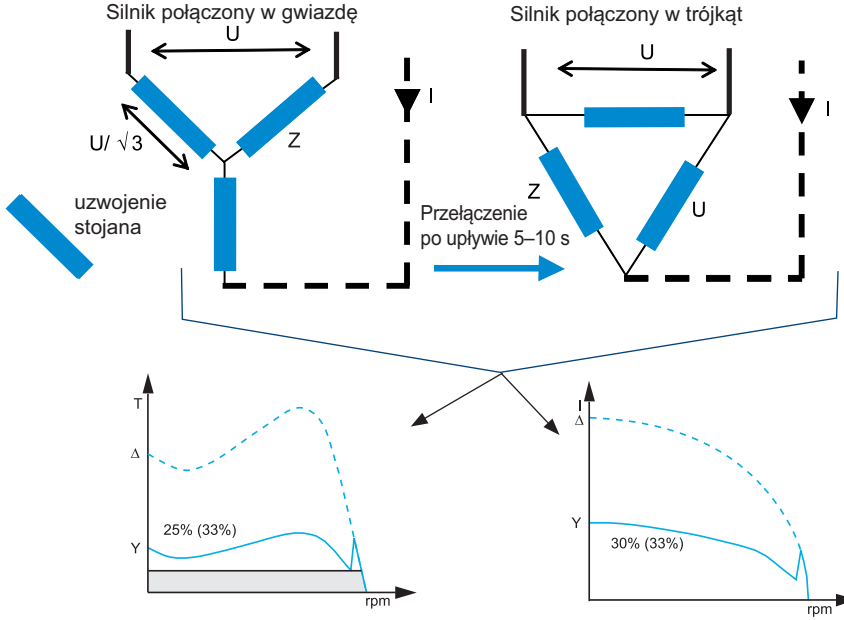
Rozrusznik gwiazda-trójkąt ze stycznikami i przekaźnikiem przeciążeniowym



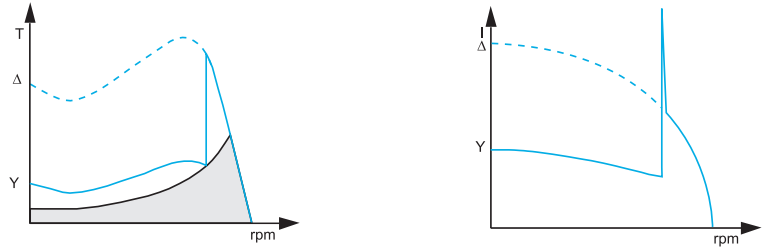



Z rozrusznikami gwiazda-trójkąt występują duże problemy podczas rozruchu np. pomp. Gdy silnik przyspieszy do około 80–85% prędkości znamionowej, moment obciążenia zrównuje się z momentem obrotowym silnika i silnik przestaje przyspieszać. Aby osiągnąć prędkość znamionową, należy zmienić połączenie na połączenie w trójkąt, co często skutkuje wysokimi wartościami prądu szczytowego i przełączania. Czasami prąd szczytowy może osiągnąć wartość nawet większą niż przy rozruchu bezpośrednim.

Ponadto, podobnie jak przy rozruchu bezpośrednim, silnik uruchomiony rozrusznikiem gwiazda-trójkąt zatrzymać można tylko w sposób bezpośredni.




W przypadku rozrusznika gwiazda-trójkąt prąd jest początkowo, niższy, dopóki obciążenie jest małe



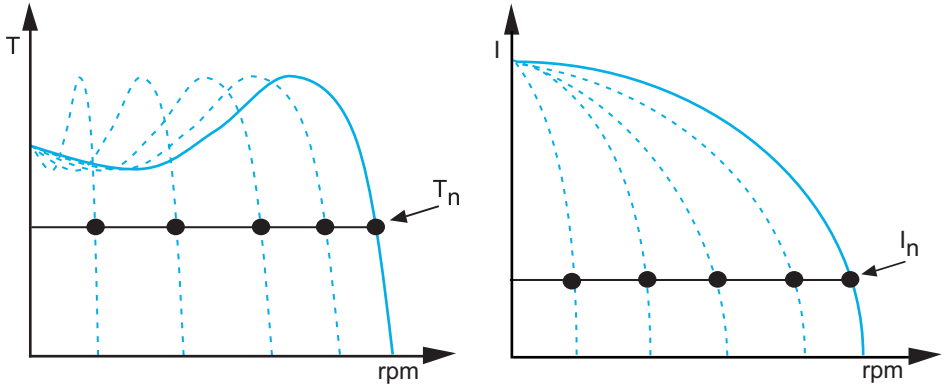

Podczas rozruchu pompy występują wysokie wartości szczytowe prądu podczas przełączania

# Przemiennik częstotliwości

Przemiennik częstotliwości jest czasami nazywany napędem o zmiennej prędkości (VSD), napędem o zmiennej częstotliwości (VFD) lub po prostu napędem. Napęd składa się zasadniczo z dwóch części, z których jedna przekształca prąd zmienny (50 lub 60 Hz) na stały, a druga stały z powrotem na zmienny, ale o częstotliwości równej nastawie od 0 do 250 Hz. Regulując częstotliwość, napęd jest w stenie sterować prędkością silnika.

Podczas rozruchu napęd podnosi częstotliwość od 0 Hz do wartości równej częstotliwości sieci (50 lub 60 Hz). Ponieważ w ten sposób częstotliwość wzrasta stopniowo, więc można uznać, że silnik pracuje z prędkością znamionową dla danej częstotliwości. Jeśli zatem silnik pracuje z prędkością znamionową, od początku jest dostępny jego znamionowy moment obrotowy i prąd będzie zbliżony do prądu znamionowego. Zazwyczaj napęd wyłączany jest samoczynnie, gdy osiągnie 1,5-krotność prądu znamionowego.

Jeśli prędkość silnika regulowana jest przy użyciu napędu, można przeprowadzić tzw.softstop. Jest to przydatne zwłaszcza do zatrzymywania pomp, aby uniknąć uderzenia hydraulicznego wody, ale także w transporterach taśmowych.



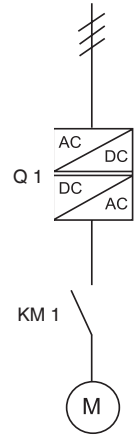

Przemiennik częstotliwości działa na znamionowym poziomie prądu i momentu obrotowego nawet podczas rozruchu.

W wielu instalacjach konieczne jest ciągłe regulowanie prędkości silnika, do czego bardzo dobrze nadaje się napęd. Często jednak napęd służy tylko do uruchamiania i zatrzymywania silnika, a ciągłe regulowanie prędkości nie jest potrzebne. Podwyższa to niepotrzebnie koszty rozwiązania w porównaniu np. z softstartem.

Napęd jest znacznie większy i wymaga o wiele więcej miejsca niż softstart. Ponadto napęd jest także cięższy, co sprawia, że jest mniej dogodnym rozwiązaniem np. na statkach, gdzie każdy kilogram jest istotny. Wreszcie, ponieważ napęd zmienia częstotliwość, a właściwie tworzy przebieg sinusoidalny, wywołuje harmoniczne w sieci. Problemy te redukowane są przez dodatkowe filtry, a także kable ekranowane, ale zazwyczaj harmonicznych nie można całkowicie wyeliminować.

Przemiennik częstotliwości




KM 1 Stycznik główny
Q 1 Przemiennik częstotliwości

Schemat jednokreskowy układu z przemiennikiem częstotliwości

# Softstart

Softstart nie zmienia częstotliwości ani prędkości jak napęd. Zamiast tego podnosi stopniowo napięcie przykładane do silnika od wartości początkowej do pełnej.

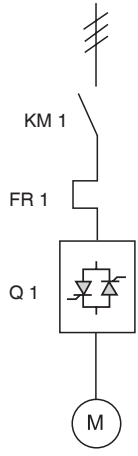
Początkowo napięcie silnika jest tak niskie, że jest w stanie tylko korygować luz między kołami zębatymi lub naprężać pasy napędowe, aby zapobiec gwałtownym szarpnięciom podczas rozruchu. Stopniowo jednak napięcie i moment obrotowy wzrasta, a maszyny zaczynają się rozpędzać. Jedną z korzyści, jakie daje ta metoda rozruchu, jest możliwość dokładnego przy-stosowania momentu obrotowego do potrzeb, zarówno pod obciążeniem, jak i bez obciążenia.

Użycie softstartu obniża prąd rozruchowy, co pozwala zapobiec spadkom napięcia w sieci. Obniża to także moment rozruchowy i zmniejsza naprężenie mechaniczne urządzeń, co przekłada się na mniejsze zapotrzebowanie na serwis i obsługę utrzymaniową.

Podobnie jak napęd softstart jest w stanie przeprowadzić softstop, aby wyeliminować hydrauliczne uderzenie wody i gwałtowne zmiany ciśnienia w instalacjach pomp oraz zapobiec rozrywaniu delikatnego materiału transporterów taśmowych.

Softstart

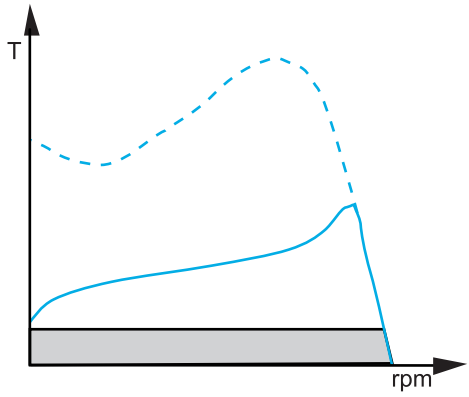




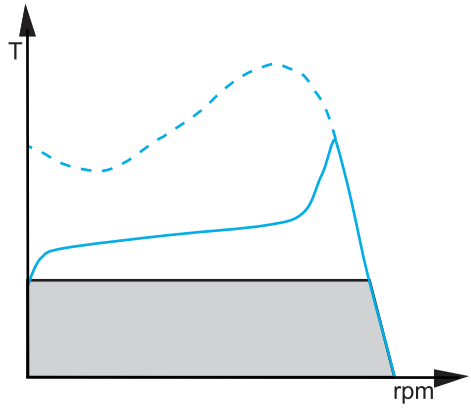

KM 1 Stycznik główny
FR 1 Przekaźnik przeciążeniowy
Q 1 Softstart

Schemat jednokreskowy układu z softstartem. Stycznik linii nie jest wymagany, natomiast czasami jest wbudowane zabezpieczenie przeciążeniowe*.

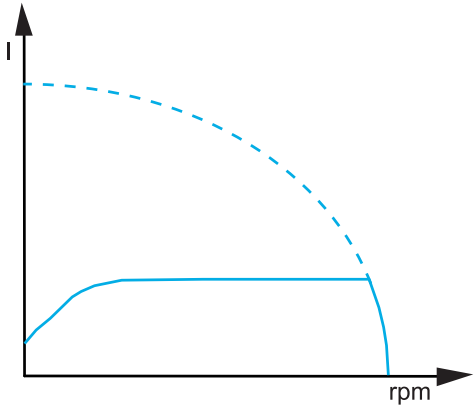
*)W softstartach PSE i PST(B) zabezpieczenie przeciążeniowe jest wbudowane.

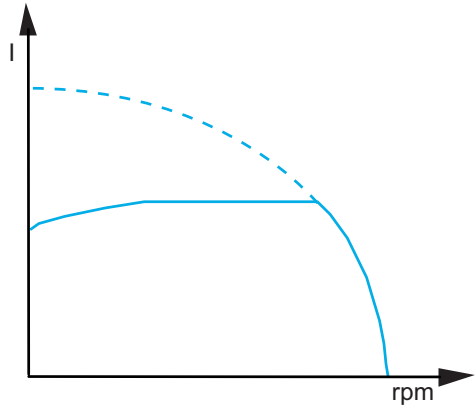



Niskie obciążenie




Wysokie obciążenie




Krzywe momentu obrotowego i prądu podczas rozruchu softstartem silnika pod niskim obciążeniem i silnika pod pełnym obciążeniem.

# Porównanie różnych metod rozruchu

W poniższej tabeli jest napisane, jakim problemom można zapobiec, stosując typowe metody rozruchu.

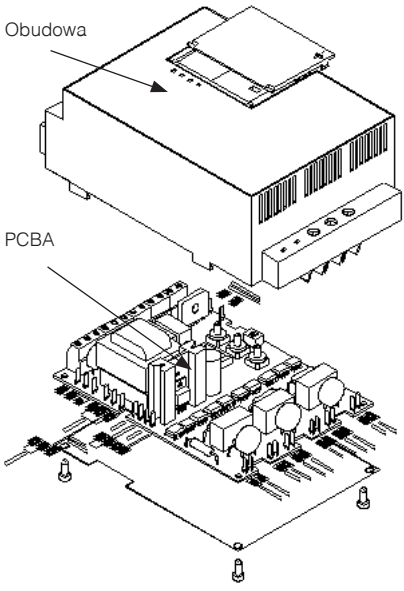
## Zapobieganie problemom

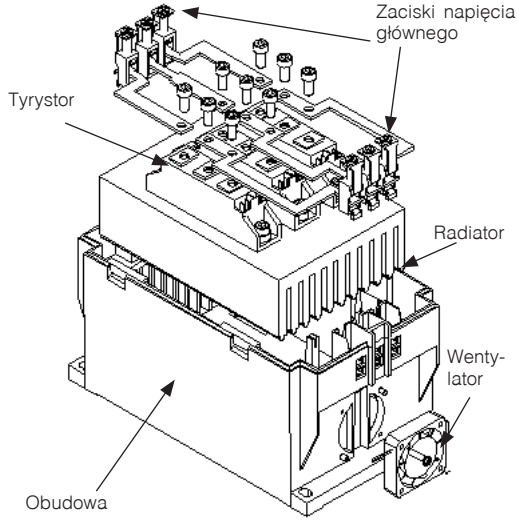
| Rodzaj problemu | Metoda rozruchu | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Bezpośredni | Gwiazda-trójkąt | Napędy | Softstart |
| Poślizg pasów i silne zużycie łożysk | Nie | Częściowo | Tak | Tak |
| Wysoki prąd rozruchowy | Nie | Tak | Tak | Tak |
| Silne zużycie eksploatacyjne skrzyń przekładniowych | Nie | Nie (przy rozruchu pod obciążeniem) | Tak | Tak |
| Uszkodzenie towarów / produktów podczas zatrzymywania | Nie | Nie | Tak | Tak |
| Uderzenia hydrauliczne wody w instalacji rurowej podczas zatrzymywania | Nie | Nie | Tak | Tak (całkowicie przez regulację momentu obrotowego częściowo przez obniżanie napięcia) |
| Prądy szczytowe podczas przełączania | Nie | Nie | Tak | Tak |
| Szacowany średni koszt instalacji | 1 | 3 | > 12 | 6 |

# Ogólne informacje o softstartach

Softstart składa się tylko z niewielkiej liczby elementów. Są to tyrystory, które regulują napięcie silnika, oraz obwód drukowany na płytce (PCBA) służący do sterowania tyrystorami. Oprócz tego istnieje jeszcze radiator i wentylatory rozpraszające ciepło, transformatory prądu, które dokonują pomiaru prądu, oraz obudowa, w którą czasami jest wbudowany ekran i klawiatura. Coraz częściej się zdarza, że oferowane są wbudowane styczniki obejściowe w głównym obwodzie, które minimalizują straty mocy podczas normalnej pracy.

Niektóre modele softstartów wyposażone są we wbudowany elektroniczny przekaźnik przeciążeniowy, dzięki czemu nie trzeba stosować zewnętrznego przekaźnika, wejście PTC, złącza do komunikacji z magistralą polową itp.



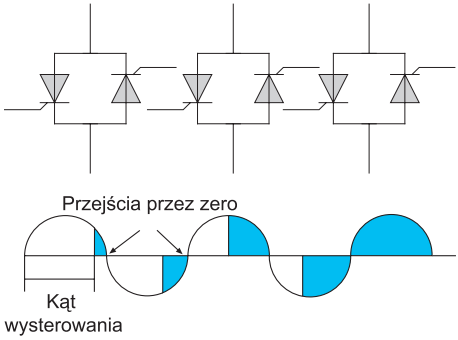
# Funkcje softstartu

Softstart składa się z pewnej liczby przeciwsobnych tyrystorów, po dwa w każdej fazie. Tyrystory te są elementami półprzewodnikowymi, które normalnie mają działanie izolujące, ale gdy zostanie wysłany sygnał startowy, mogą zacząć przewodzić, co umożliwia przepływ napięcia i prądu.

Podczas uruchamiania do tyrystorów wysyłany jest sygnał startowy tak, aby przepływała przez nie tylko ostatnia część każdego półokresu sinusoidy napięcia. Następnie podczas rozruchu sygnał startowy wysyłany jest coraz wcześniej i coraz większa część napięcia przepływa przez tyrystory. Wreszcie sygnał startowy wysyłany jest dokładnie po przejściu zera i od tej pory przez tyrystor może przepływać 100% napięcia.

Przepuszczanie coraz większego napięcia przez tyrystory można traktować jako stopniowe podwyższanie napięcia od tzw. napięcia początkowego do pełnego.

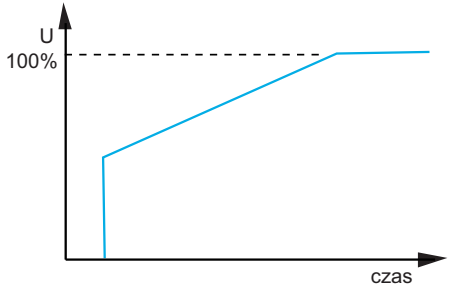
W trakcie przeprowadzania softstopu kolejność zdarzeń jest odwrotna. Najpierw przez tyrystory przepuszczane jest pełne napięcie i w miarę zatrzymywania sygnał startowy wysyłany jest coraz później, aby przepuszczane było coraz mniejsze napięcie, aż zostanie osiągnięte napięcie końcowe. Wtedy do silnika przestanie dopływać prąd i następuje jego zatrzymanie.




**Rozruch:** tyrystory początkowo przepuszczają część napięcia, a potem coraz więcej, zgodnie z ustawionym czasem narastania.

**Zatrzymanie:** tyrystory przewodzą pełne napięcie, a podczas łagodnego zatrzymywania obniżają je zgodnie z ustawionym czasem obniżania, aż do zatrzymania silnika.

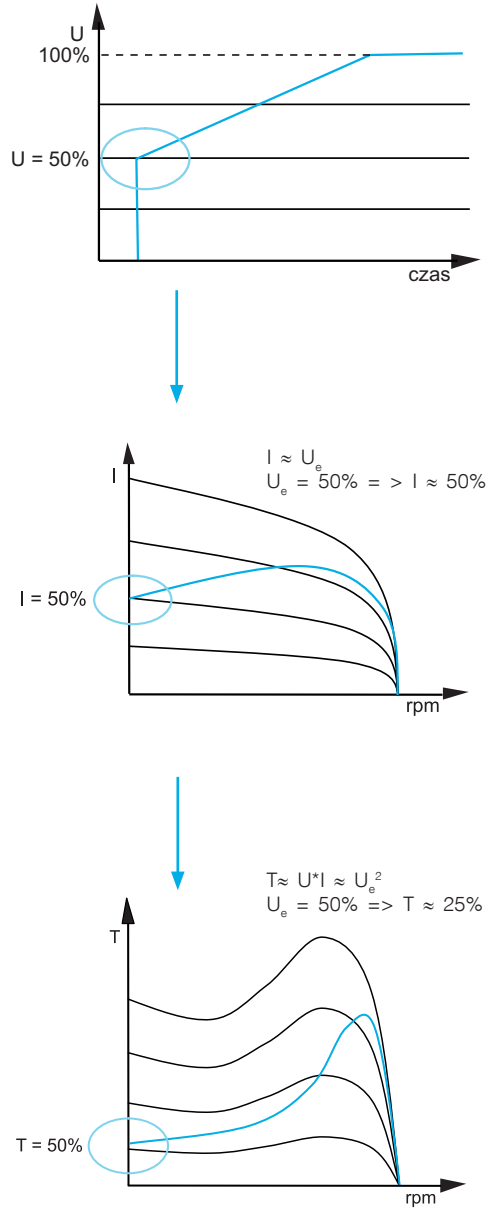
☐ Wyłączony: tyrystor nie przewodzi
■ Włączony: tyrystor przewodzi



Ponieważ napięcie dochodzące do silnika podczas rozruchu jest obniżone, niższy jest także prąd i moment obrotowy. Konkretnie, gdy napięcie wynosi 50% pełnego napięcia, prąd będzie wynosił około 50% maksymalnego prądu przy danej prędkości, a moment obrotowy obniżony zostanie do około 25% maksymalnego momentu obrotowego.

### Główne korzyści z zastosowania softstartu są następujące:

Początkowy prąd rozruchowy jest niższy, co pozwala uniknąć spadków napięcia w sieci. Niższy moment obrotowy przekłada się na mniejsze naprężenia mechaniczne urządzeń, co skutkuje mniejszym zapotrzebowaniem na serwis i obsługę utrzymaniową sprzętu oraz wydłużeniem jego okresu eksploatacji. Wreszcie, stopniowe redukowanie napięcia podczas zatrzymywania pozwala uniknąć uderzenia hydraulicznego wody w instalacjach pomp, co dodatkowo zmniejsza naprężenia w instalacji.

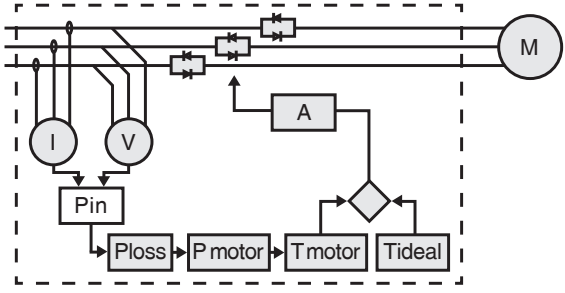


# Regulacja momentu obrotowego

Zazwyczaj softstart przeprowadza uruchamianie i zatrzymywanie liniowo obniżając lub podnosząc napięcie. Liniowa zmiana napięcia niekoniecznie skutkuje liniową zmianą momentu obrotowego lub prędkości. Tutaj przydaje się regulacja momentu obrotowego. Jeśli jest stosowana stopniowo zmiana momentu obrotowego, to nie napięcie jest liniowo podnoszone lub obniżane, lecz moment obrotowy. Odbywa się to przez użycie pętli regulacji, w której moment obrotowy obliczany jest przez pomiar zarówno napięcia, jak i prądu. Ten moment obrotowy porównywany jest z wymaganym momentem obrotowym i napięcie jest tak regulowane, aby nastąpiła wymagana zmiana momentu.

Regulacja momentu obrotowego jest szczególnie przydatna do zatrzymywania pomp, których gwałtowna utrata prędkości może spowodować hydrauliczne uderzenie wody i zmiany ciśnienia, skutkujące poważnym zużyciem mechanicznym pompy, zaworów i instalacji rurowej.

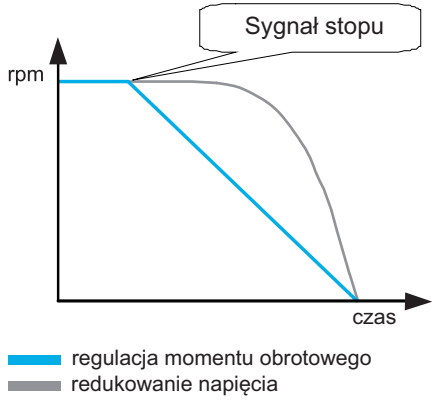
Podczas przeprowadzania zatrzymania przez normalne stopniowe obniżanie, napięcie zaczyna być obniżane, gdy tylko zostanie wydane polecenie zatrzymania. Jednak w miarę, jak napięcie się zmniejsza, prąd się zwiększa. Jest to spowodowane tym, że silnik stara się utrzymywać swój bieżący stan. Ponieważ moment obrotowy zależy zarówno od napięcia, jak i natężenia, więc będzie pozostawał właściwie niezmieniony. Dopiero po pewnym czasie, gdy napięcie wystarczająco spadnie, nastąpi gwałtowny spadek prądu i momentu obrotowego, a silnik nagle zatrzyma się. Takie zatrzymanie, chociaż znacznie lepsze niż bezpośrednie, będzie niewystarczające w wielu instalacjach pomp, co sprawia, że konieczne jest znalezienie lepszego rozwiązania.




Pętla regulacji momentu obrotowego.

Regulacja momentu obrotowego nie obniża stopniowo napięcia, lecz moment obrotowy. Zmusza to silnik to natychmiastowego zmniejszenia prędkości i przeprowadzenia kontrolowanego hamowania aż do momentu całkowitego zatrzymania, patrz wykres po prawej stronie.

Dobre panowanie nad momentem obrotowym silnika jest niezbędne, aby zapobiegać hydraulicznym uderzeniom wody. Jest jednak potrzebne coś więcej, mianowicie odpowiednio zaprojektowana krzywa momentu obrotowego. Liniowe obniżanie momentu obrotowego nie jest bowiem najlepszym sposobem na zatrzymanie pompy. Przez wiele lat współpracy z producentami pomp firma ABB zdobyła wystarczająco dużo wiedzy o tym, jak najlepiej zatrzymywać pompy. Przeprowadziwszy tysiące prób i symulacji z pompami i silnikami w różnych kombinacjach, firma ABB opracowała optymalną krzywą zatrzymania — idealny sposób na zatrzymanie pompy.




Regulacja momentu obrotowego zapewnia bardziej bezpośredni efek i bardziej liniowe wytracanie prędkości podczas zatrzymywania.

Symbol regulacji momentu obrotowego.

Softstarty z regulacją momentu obrotowego





# Różne zastosowania

Wszystkie silniki służą do uruchamiania i napędzania różnych instalacji. W tym rozdziale opisane są najbardziej typowe z nich — wentylatory, pompy, sprężarki, transportery taśmowe, kruszarki i młyny. Opisane na stronach 10–11 warunki obciążenia silnika będą różne zależnie od instalacji.









# Wentylator odśrodkowy

Wentylatory mają zazwyczaj duży moment bezwładności wskutek dużego koła zamachowego. Niektóre wentylatory można uruchomić za pomocą obniżonego momentu obciążenia, z zamkniętym tłumikiem. Jest to tak zwany rozruch bez obciążenia, który ułatwia (skraca) rozruch. Jednak w związku z wysokim momentem bezwładności i tak może on trwać dość długo.

### Rozruch bezpośredni

Wysoki moment bezwładności wentylatorów wydłuża ich okres rozruchu. Przy wysokim prądzie rozruchowym rozruchu bezpośredniego może to powodować duże spadki napięcia w sieci, co będzie zakłócało działanie innych urządzeń.

Wentylatory odśrodkowe napędzane są bardzo często więcej niż jednym pasem napędowym. Podczas rozruchu bezpośredniego pasy te mogą się ślizgać. Poślizg pasa wynika z tego, że moment rozruchowy silnika jest zbyt wysoki podczas rozruchu, gdy te pasy nie są jeszcze w stanie przenosić tych sił. Ten typowy problem powoduje wysokie koszty obsługi utrzymaniowej,



a także straty mocy produkcyjnych w przypadku konieczności zatrzymania produkcji w celu wymiany pasów i łożysk.

### Rozrusznik gwiazda-trójkąt

Rozrusznik gwiazda trójkąt odznacza się niższym momentem rozruchowym. Jednak w związku z tym, że moment obciążenia wzrasta wraz z kwadratem prędkości, w położeniu gwiazdy moment obrotowy silnika nie będzie wystarczająco wysoki, aby rozpędzić wentylator do prędkości znamionowej.

Podczas zmiany połączenia na połączenie w trójkąt będą występowały wysokie wartości szczytowe prądu i przełączania, często takie same lub nawet wyższe, jak podczas rozruchu bezpośredniego, co się będzie wiązało z poślizgiem pasów. Poślizg ten można zredukować, bardzo mocno napinając pasy. Powoduje to jednak wysokie naprężenia mechaniczne łożysk zarówno w silniku, jak i wentylatorze, a w konsekwencji podnosi koszty eksploatacji.

# Wentylator odśrodkowy

## Softstart

Kluczem do rozwiązania problemów z poślizgiem pasów jest obniżenie momentu rozruchowego silnika podczas rozruchu. Użycie softstartu ABB pozwala obniżyć napięcie do niskiej wartości w trakcie rozpoczynania rozruchu. Następnie napięcie stopniowo rośnie, aby wprawić wentylator w ruch. Softstart umożliwia przystosowanie ustawień do warunków rozruchu, zarówno bez obciążenia, jak i pod pełnym obciążeniem. Użycie softstartu znacznie obniża także wysoki początkowy prąd rozruchowy podczas rozruchu silnika, co zapobiega spadkom napięcia w sieci.

W niektórych softstartach jest wbudowane zabezpieczenie podprądowe, które wykrywa obniżenie prądu spowodowane zerwaniem pasa i zatrzymuje silnik, aby zapobiec szkodom.

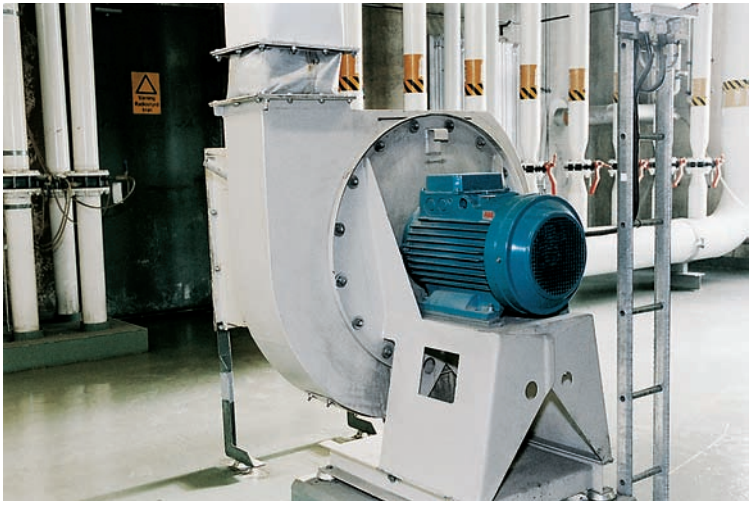
## Dobór właściwego softstartu

W wentylatorze jest zazwyczaj duże koło zamachowe o dużym momencie bezwładności, co wymaga rozruchu o wysokiej mocy. Należy wybrać softstart o jeden rozmiar większy niż wielkość kW silnika.

Ponieważ duże koło zamachowe wentylatora będzie powodowało długi okres hamowania poprzedzający zatrzymanie wentylatora, w tego rodzaju instalacjach nie należy nigdy stosować stopniowego obniżania napięcia podczas zatrzymywania.

## Zalecane ustawienia podstawowe:

Czas narastania: 10 s
Czas redukowania: 0 s
Napięcie początkowe: 30%
Ograniczenie prądu: 4 * $I_e$



# Pompa odśrodkowa

Istnieje wiele różnych rodzajów pomp, jak tłokowe, odśrodkowe, ślimakowe itp. Najpowszechniejszą odmianą jest pompa odśrodkowa i to ona omawiana jest poniżej.

## Rozruch bezpośredni

Pod względem elektrycznym rozruch pompy nie sprawia większego problemu. Problemem jest jednak zużycie eksploatacyjne powodowane przez fale ciśnienia w instalacji rurowej wywołane tym, że silnik zbyt szybko rusza, a zwłaszcza zbyt szybko zatrzymuje się. Wskutek niewielkiej masy koła zamachowego i wysokiego momentu hamującego pompy bezpośrednie zatrzymanie będzie powodowało gwałtowne zatrzymanie pompy, a w konsekwencji uderzenie hydrauliczne wody i nagłe zmiany ciśnienia. O ile przy jednokrotnym zatrzymaniu, jest to niedogodność, to jeśli pompa zatrzymywana i uruchamiana jest w ten sposób wielokrotnie i używana ciągle, cała instalacja szybko ulegnie zużyciu. Powoduje to duże zapotrzebowanie na usługi serwisowe i eksploatacyjne, a co gorsze niezaplanowane przestoje.



# Pompa odśrodkowa

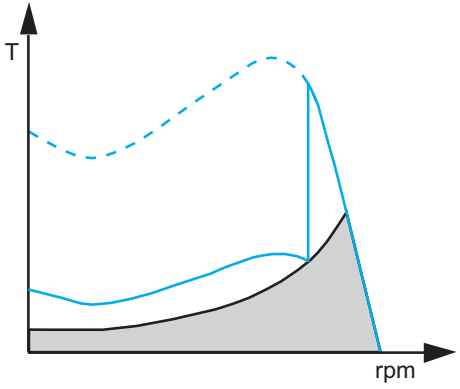
### Rozrusznik gwiazda-trójkąt

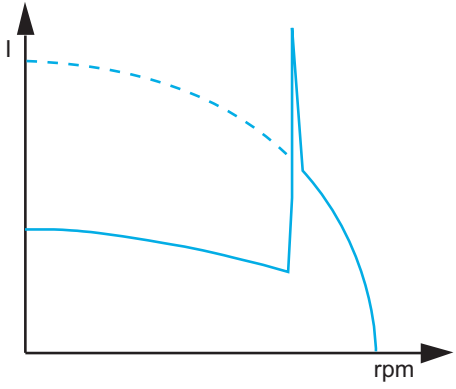
Użycie rozrusznika gwiazda-trójkąt pozwala na obniżenie momentu rozruchowego. Jednak w połączeniu w gwiazdę moment obrotowy silnika nie jest na tyle wysoki, aby dokończyć rozruch i osiągnąć prędkość znamionową. Kwadrat momentu obciążenia staje się zbyt wysoki, gdy silnik osiąga około 80–85% prędkości znamionowej. Dalsze przyspieszanie wymaga przełączenia na trójkąt.

Zmiana na trójkąt polega na rozwarciu stycznika układu w gwiazdę i zwarciu stycznika układu w trójkąt. Aby jednak nie wystąpiło zwarcie, podczas rozłączania jednego stycznika a załączeniem drugiego musi być zachowana zwłoka 50 ms. Jest to wystarczająco długo, aby zniknął łuk elektryczny. Niestety, w związku z wysokim momentem hamującym pompy w tym czasie silnik zdąży zwolnić. W silniku będzie nadal występować pole magnetyczne i w momencie załączania stycznika układu w trójkąt różnica potencjałów między siecią a silnikiem może być dwa razy większa niż napięcie sieci, czyli wynosić 800 V w sieci 400 V.

Te 800 V wywołają silny skok prądu, czasami nawet większy niż skok magnesowania podczas rozruchu bezpośredniego. Ponadto moment obrotowy podskoczy na tyle, że już po kilku takich rozruchach mogą wystąpić uszkodzenia połączeń między wałem silnika a obciążeniem.

Ponadto jedyną możliwą metodą zatrzymania pompy jest przeprowadzenie bezpośredniego zatrzymania, co spowoduje ten sam problem z uderzeniem hydraulicznym wody i nagłymi zmianami ciśnienia, jak w przypadku rozruchu bezpośredniego.



## Softstart

Użycie softstartu ABB pozwala na obniżenie napięcia podczas rozruchu, co skutkuje obniżeniem także momentu obrotowego silnika. Narastanie napięcia podczas rozruchu sprawia, że silnik ma na tyle dużo siły, aby rozpędzić pompę do prędkości znamionowej bez skoków momentu obrotowego i prądu.

Softstart jest także przydatny do zatrzymywania. Stopniowe obniżanie napięcie przez softstart z pewnością zredukuje problemy z hydraulicznymi uderzeniami wody, ale w wielu instalacjach pomp to nie wystarczy. Właściwym rozwiązaniem będzie dopiero softstart z regulacją momentu obrotowego, który pozwala na obniżenie momentu obrotowego i zatrzymanie silnika w optymalny sposób, aby całkowicie wyeliminować hydrauliczne uderzenia wody.

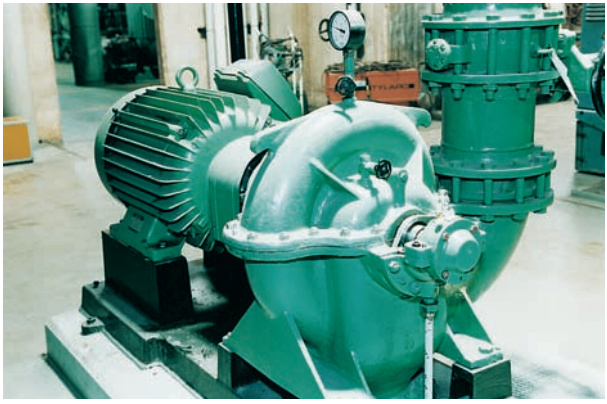
Ponadto niektóre softstarty wyposażone są w zabezpieczenie podprądowe, które wykrywają suchobieg pompy, start uderzeniowy do uruchamiania zablokowanych pomp oraz zabezpieczenie przed blokadą wirnika zapobiegające szkodom wywołanym przez zacięcie pomp podczas pracy.

## Dobór właściwego softstartu

Pompa ma zazwyczaj bardzo małe koło zamachowe o niskim momencie bezwładności. Wystarczy jej zatem normalny rozruch, co sprawia, że softstart można dobrać do mocy znamionowej w kW. Jeśli jednak w ciągu godziny przeprowadza się więcej niż 10 rozruchów, wskazane jest zastosowanie softstartu o jeden rozmiar większego.

## Zalecane ustawienia podstawowe:

Czas narastania: 10 s
Czas redukowania: 10–20 s
Napięcie początkowe: 30%
Tryb zatrzymywania: regulacja momentu obrotowego
Ograniczenie prądu: 3,5 * $I_e$



# Sprężarka

Mniejsze sprężarki są często konstrukcji tłokowej i moment obciążenia wzrasta w nich liniowo wraz z prędkością. Sprężarki śrubowe stosowane są zazwyczaj w sytuacjach wymagających silniejszego przepływu powietrza. W konstrukcji tego typu moment obciążenia wzrasta wraz z kwadratem prędkości. Silnik połączony jest ze sprężarką zazwyczaj pasami napędowymi, ale dość częste są także bezpośrednie połączenia poprzez różne odmiany sprzęgła zębatego. Większość sprężarek uruchamianych jest bez obciążenia.

### Rozruch bezpośredni

Rozruch bezpośredni sprężarek naraża je, a także sprzęgła i pasy napędowe, na wysokie naprężenia mechaniczne. Skutkuje to zmniejszoną trwałością. Rozruch taki bardzo często powoduje ślizganie pasów napędowych, jeśli instalacja je zawiera. Przyczyną tych problemów jest wysoki moment rozruchowy związany z rozruchem bezpośrednim.

### Rozrusznik gwiazda-trójkąt

Rozrusznik gwiazda-trójkąt daje niższy moment rozruchowy i prąd rozruchowy, ale za to silnik podczas rozruchu jest zbyt słaby, aby rozpędzić sprężarkę do prędkości znamionowej. Podczas zmiany połączenia na połączenie w trójkąt występują gwałtowne skoki prądu i momentu obrotowego, co skutkuje silnymi naprężeniami mechanicznymi.



## Softstart

Poprzez użycie softstartu ABB można ograniczyć moment rozruchowy do poziomu wymaganego w danej instalacji. Powoduje to mniejsze mechaniczne obciążenie złączy i łożysk oraz zapobiega ślizganiu się pasów podczas rozruchu. Koszty eksploatacji obniżone zostaną do minimum. Jeśli używany jest softstart, otrzymywany prąd rozruchowy jest od 3 do 4 razy większy niż prąd znamionowy silnika.

## Dobór właściwego softstartu

Sprężarce wystarczy zazwyczaj normalny rozruch, czyli softstart można dobrać do wielkości silnika w kW. Jeśli sprężarka wymaga wysokiej mocy rozruchu, należy zastosować softstart o jeden rozmiar większy. Rozmiar o jeden większy należy wybrać także wtedy, gdy przeprowadzanych jest więcej niż 10 rozruchów na godzinę.

## Zalecane ustawienia podstawowe:

Czas narastania: 5 s
Czas redukowania: 0 s
Napięcie początkowe: 30% (sprężarka tłokowa)
40% (sprężarka śrubowa)
Ograniczenie prądu: 3,5 * $I_e$



# Transporter taśmowy

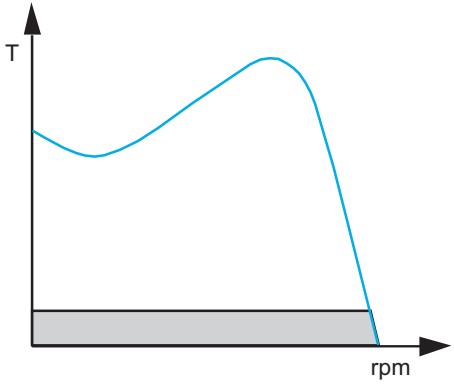
Transportery taśmowe mogą się między sobą bardzo różnić. Ich długość może wynosić od kilku metrów do wielu kilometrów, a taśma może być ułożona poziomo lub z nachyleniem. Zazwyczaj w transporterze taśmowym występuje stały moment obciążenia, a moment hamujący zależy od obciążenia i może być zarówno niski, jak i wysoki.

## Rozruch bezpośredni

Moment rozruchowy wymagany przez transportery taśmowe jest często zbliżony do momentu znamionowego silnika lub nieco od niego większy. Rozruch bezpośredni zwykłego silnika klatkowego daje moment od 1,5 do 2,5 raza większy od momentu znamionowego silnika, zależnie od rodzaju silnika, jego wielkości itp. Rozruch bezpośredni wiąże się z bardzo wysokim ryzykiem poślizgów między pasem a układem napędowym ze względu na ten wysoki moment rozruchowy. Ponadto skrzynie przekładniowe i sprzęgła poddawane są wysokim naprężeniom mechanicznym. Efekt to silne zużycie eksploatacyjne i często wysokie koszty obsługi.

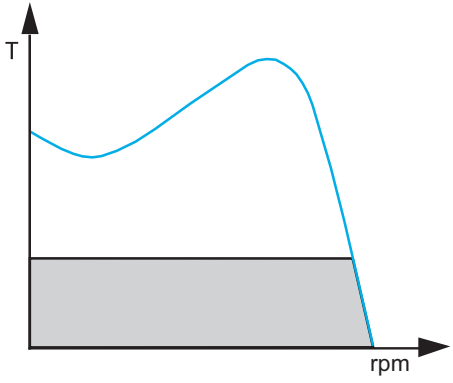
W celu zredukowania momentu obrotowego stosuje się niekiedy sprzęgła hydrokinetyczne. Jest to jednak metoda kosztowna i pracochłonna.

### Niski moment hamujący




Krzywa momentu/prędkości podczas rozruchu bezpośredniego

### Wysoki moment hamujący



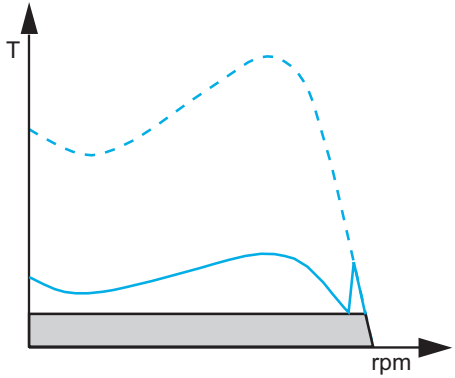

Krzywa momentu/prędkości podczas rozruchu bezpośredniego

### Rozrusznik gwiazda-trójkąt

Ponieważ rozrusznik gwiazda-trójkąt obniżałby moment obrotowy w trakcie połączenia w gwiazdę, korzystanie z tej metody jest niemożliwe, gdy moment obciążenia zbliżony jest do momentu znamionowego silnika podczas rozruchu.

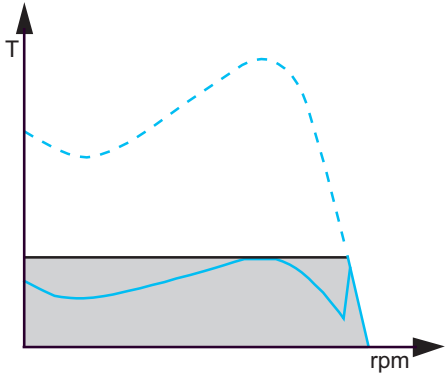
Rozrusznik gwiazda-trójkąt będzie skutecznie działał tylko w przypadku transportera taśmowego o bardzo małym obciążeniu.

### Niski moment hamujący




Krzywa momentu/prędkości podczas rozruchu gwiazda-trójkąt

### Wysoki moment hamujący




Krzywa momentu/prędkości podczas rozruchu gwiazda-trójkąt



# Transporter taśmowy

## Softstart

Użycie softstartu ABB pozwala obniżyć moment rozruchowy do minimalnej wartości, przy której jest możliwe uruchomienie transportera taśmowego. Funkcje regulacji softstartu umożliwiają nastawienie dokładnie takiego momentu obrotowego, jaki jest niezbędny do rozruchu. W efekcie uzyskuje się jak najmniejsze mechaniczne obciążenie skrzynek przekładniowych i łożysk oraz brak ślizgania się pasów podczas rozruchu. Obniża to znacznie koszty. Jeśli używany jest softstart, podczas rozruchu otrzymuje się prąd od 3 do 4 razy większy niż prąd znamionowy silnika.

Ponadto niektóre softstarty wyposażone są w zabezpieczenie przed zamianą kolejności faz, które pozwala wykryć ruch wstecz taśm transportera. Ponadto zabezpieczenia podprądowe i przeciążeniowe softstartów umożliwiają wykrywanie, czy obciążenie nie jest zbyt niskie lub zbyt wysokie, a rozruch impulsowy pozwala na uruchamianie zablokowanych taśm.

## Dobór właściwego softstartu

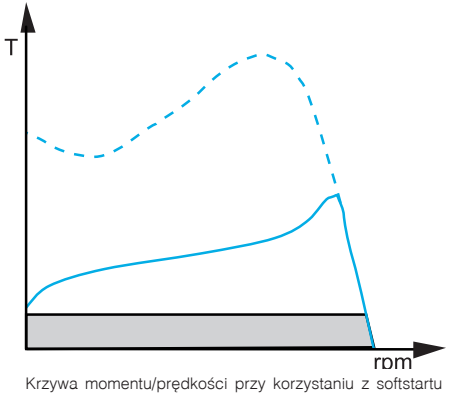
Zależnie od parametrów transporter taśmowy może wymagać normalnego rozruchu lub rozruchu o wysokiej mocy. W przypadku normalnego rozruchu należy wybrać softstart odpowiedni do mocy znamionowej silnika w kW. Jeśli ma to być rozruch o wysokiej mocy, wybrać aparat o jeden rozmiar większy.

Jeśli liczba rozruchów na godzinę przekracza 10, należy wybrać softstart o jeden rozmiar większy.

## Zalecane ustawienia podstawowe:

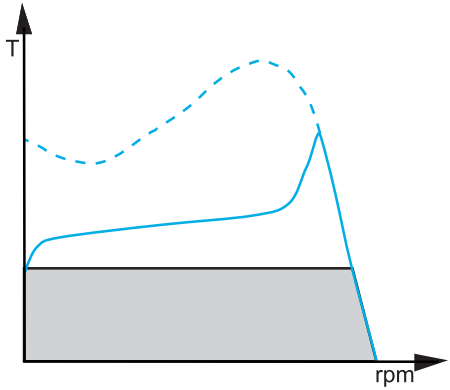
Czas narastania: 10 s
Czas redukowania: 0 s
(w przypadku delikatnego materiału ustawić 10 s)
Napięcie początkowe: 40%
Ograniczenie prądu: 4 * $I_e$

### Niski moment hamujący




Krzywa momentu/prędkości przy korzystaniu z softstartu

### Wysoki moment hamujący




Krzywa momentu/prędkości przy korzystaniu z softstartu

# Kruszarka i młyn



Kruszarki i młyny mają zazwyczaj stałe krzywe obciążenia. Koło zamachowe tych instalacji może być bardzo duże, co przekłada się na bardzo wysoką moc rozruchu. W większości przypadków instalacje te uruchamiane są bez obciążenia i obciążane dopiero po osiągnięciu pełnej prędkości.

## Rozruch bezpośredni

Rozruch bezpośredni powoduje wysokie naprężenia mechaniczne skracające okres eksploatacji wszystkich ogniw łańcucha napędu. Ponadto początkowy prąd rozruchowy będzie wysoki co w połączeniu z długim czasem rozruchu może wywołać duże zaburzenia w sieci.

## Rozrusznik gwiazda-trójkąt

Instalacje tego rodzaju uruchamiane są często bez obciążenia, co umożliwia ich rozruch przy użyciu rozrusznika gwiazda-trójkąt. Rozruch pod obciążeniem wymagałby natomiast wysokiego momentu obrotowego silnika, co uniemożliwiałoby zastosowanie rozrusznika gwiazda-trójkąt.

Pomimo, że takie instalacje uruchamiane są zazwyczaj bez obciążenia, to czasami może się zdarzyć rozruch pod obciążeniem np. jeśli kruszarka została wcześniej zatrzymana awaryjnie. W kruszarce znajduje się wtedy nadal materiał i konieczne jest jej uruchomienie pod obciążeniem. W takich sytuacjach nie można użyć rozrusznika gwiazda-trójkąt.



# Kruszarka i młyn

## Softstart

Poprzez użycie softstartu ABB można ograniczyć moment rozruchowy do odpowiedniego poziomu zależnie od warunków obciążenia. Powoduje to mniejsze naprężenia maszyn i znacznie obniża początkowy prąd rozruchowy. W przypadku rozruchu bez obciążenia początkowy prąd rozruchowy można obniżyć do około 3-krotności, podczas gdy rozruch pod obciążeniem może wymagać 5-krotności prądu znamionowego.

## Dobór właściwego softstartu

Moment bezwładności kruszarek, mieszalników, młynów i mieszadeł jest zazwyczaj bardzo duży, w związku z czym należy wybrać softstart o jeden numer większy niż wskazywałaby na to wielkość silnika w kW. W przypadku bardzo dużych kół zamachowych wskazane jest dokonanie wyboru za pomocą programu Prosoft.

Ponieważ duże koło zamachowe będzie powodowało długi okres hamowania poprzedzający zatrzymanie wentylatora, więc w tego rodzaju instalacjach nie należy nigdy stosować czasu redukowania.

## Zalecane ustawienia podstawowe:

Czas narastania: 10 s
Czas redukowania: 0 s
Napięcie początkowe: 30–60%
Ograniczenie prądu: 3–5 * Ie



# Dobieranie softstartu do różnych zastosowań

Zazwyczaj softstart należy dobrać do mocy znamionowej silnika. W pewnych przypadkach, wynikających ze specyficznych warunków rozruchu (rozruch o wysokiej mocy, wiele rozruchów na godzinę itp.) jest jednak wskazane wybranie większego softstartu niż wskazywałaby na to moc znamionowa silnika. Zdolność rozruchowa softstartu w dużej mierze zależy od mocy tyrystora i radiatora.

Poniższą tabelę można traktować jako ściągawkę przy wyborze softstartu, jeśli szuka się szybkiej odpowiedzi i chce mieć pewność, że będzie on wystarczająco silny dla danej instalacji. Wybór dokonany w ten sposób może nie być jednak optymalnym rozwiązaniem. Jeśli wymagana jest optymalizacja rozwiązania, można posłużyć się przy wyborze softstartu programem ProSoft, który jest dostępny na stronie **www.abb.com/lowvoltage**. Więcej informacji znajdziesz na stronie 45.

## Ściągawka wyboru

| Normalny rozruch | Rozruch o wysokiej mocy (Heavy duty) |
|---|---|
| **Wybór**<br>Dobierz softstart do mocy znamionowej silnika.<br>W przypadku aparatów z wbudowanym zabezpieczeniem przeciążeniowym wybierz klasę wyzwalania 10. | **Wybór**<br>Wybierz softstart o jeden rozmiar większy niż pasowałby do mocy znamionowej silnika.<br>W przypadku aparatów z wbudowanym zabezpieczeniem przeciążeniowym wybierz klasę wyzwalania 30. |

**Typowe zastosowania**

| | | | |
|---|---|---|---|
| • Ster strumieniowy | • Pompa odśrodkowa | • Wentylator odśrodkowy | • Transporter taśmowy (długi) |
| • Sprężarka | • Transporter taśmowy (krótki) | • Kruszarka | • Młyn |
| • Winda | • Schody ruchome | • Mieszalnik | • Mieszadło |

**Jeśli więcej niż 10 rozruchów na godzinę**

**! Należy wybrać softstart o jeden rozmiar większy niż standardowo.**

# Temperatura otoczenia

Temperatura otoczenia to średnia temperatura powietrza wokół softstartu przez okres 24 godzin. Prąd znamionowy większości typów softstartów jest niższy, jeśli temperatura przekracza 40˚C.

Maksymalna temperatura otoczenia podczas pracy różni się zależnie od typu softstartu i podana jest w dokumentacji producenta.

W przypadku korzystania z softstartu ABB w temperaturze otoczenia powyżej 40°C prąd łączeniowy można obliczyć z następującego wzoru:

| $I_e$ obniżony | = | $I_e$ - ($\Delta$ T x $I_e$ x 0,008) |
|---|---|---|
| $I_e$ obniżony | = | maksymalny prąd łączeniowy po obniżeniu wartości znamionowych |
| $I_e$ | = | prąd znamionowy softstartu |
| $\Delta$ T | = | różnica temperatur |
| 0,008 | = | współczynnik obniżenia wartości znamionowych |

### Przykład 1

Prąd znamionowy: 105 A
Temperatura otoczenia: 48˚C
Obniżenie wartości znamionowych o 0,8% na ˚C powyżej 40˚C (PST(B)30 ... 1050)

$\Delta$ T = 48-40˚C = 8˚C
Nowy prąd = $I_e$ - ($\Delta$ T x $I_e$ x 0,008) =
105 - (8 x 105 x 0,008) = 98,2 A

Oznacza to, że softstart PST105 działa pod warunkiem, że prąd nie przekracza 98,2 A. W przypadku silnika 105 A należałoby użyć większego modelu PST.

### Przykład 2

Prąd znamionowy: 300 A
Temperatura otoczenia: 46˚C
Obniżenie wartości znamionowych o 0,8% na ˚C powyżej 40˚C (PST(B)30 ... 1050)

$\Delta$ T = 46-40˚C = 6˚C
Nowy prąd = $I_e$ - ($\Delta$ T x $I_e$ x 0,008) =
300 - (6 x 300 x 0,008) = 285,6 A

Oznacza to, że softstart PST300 działa pod warunkiem, że prąd nie przekracza 285,6 A. W przypadku silnika 300 A należałoby użyć większego modelu PSTB.

# Obniżanie wartości znamionowych na dużej wysokości nad poziomem morza

Jeśli softstart używany jest na dużej wysokości nad poziomem morza, należy zredukować prąd znamionowy aparatu wskutek mniejszej siły chłodzenia. W katalogach większości producentów znajduje się zastrzeżenie, że wartości obowiązują do wysokości 1000 m n.p.m., a jeśli wysokość jest większa, należy je obniżyć.

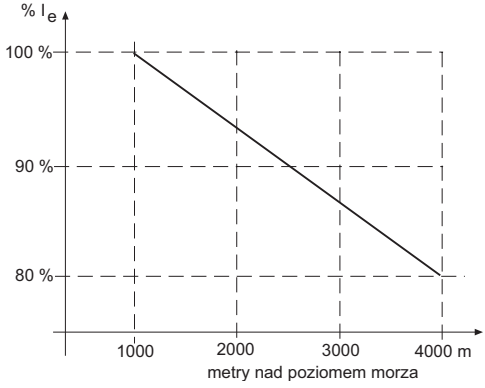
W pewnych przypadkach na dużej wysokości nad poziomem morza może być wymagany większy softstart przy takim samym prądzie znamionowym silnika.

W przypadku softstartów ABB obniżenie wartości znamionowych można obliczyć z następującego wzoru:

$$\% I_e = 100 - \frac{x - 1000}{150}$$

x = wysokość n.p.m. softstartu

Obniżenie wartości znamionowych softstartu można wyznaczyć także z poniższego schematu.




Obniżanie prądu znamionowego silnika na dużej wysokości nad poziomem morza

Przykład:

Softstart o prądzie znamionowym 300 A używany na wysokości 2500 m n.p.m.

$$\% I_e = 100 - \frac{2500 - 1000}{150} =$$

$$= 100 - \frac{1500}{150} = 90$$

$$I_e = 300 \times 0{,}9 = 270 \text{ A}$$

Oznacza to, że softstart PST300 działa pod warunkiem, że prąd nie przekracza 270 A. W przypadku silnika 300 A należałoby użyć większego modelu PSTB.

# Zdolność rozruchowa i zabezpieczenie przeciążeniowe

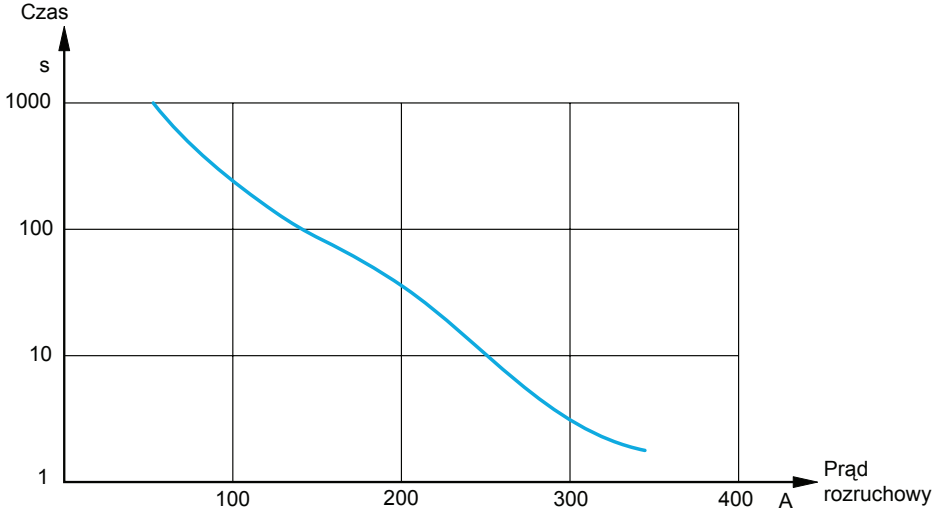
## Zdolność rozruchowa softstartów

Podczas rozruchu silnika klatkowego występuje zawsze prąd rozruchowy ($I_{st}$), który jest wyższy od znamionowego prądu silnika.
W przypadku rozruchu bezpośredniego ten prąd rozruchowy jest zazwyczaj 7–8 razy większy od znamionowego, a w przypadku zastosowania softstartu tylko 3–5 razy większy od znamionowego.

Zależnie od instalacji rozruch może trwać krótko lub długo. Ze względu na wyższy prąd podczas rozruchu softstart się będzie nagrzewać. Jest bardzo istotne, aby wybrać softstart z tyrystorami i radiatorem o wymiarach właściwych dla silnika i przeprowadzanego rozruchu. W przypadku instalacji z rozruchem o wysokiej mocy należy użyć softstartu o jeden rozmiar większego, ponieważ rozruch trwa wtedy zazwyczaj dłużej.

Maksmalny dozwolony prąd rozruchowy softstartu zależy od czasu trwania rozruchu. Zależność między prądem a czasem podana jest na poniższym wykresie zdolności rozruchowej.

Wybór większego softstartu nie wpływa na napięcie ani prąd dostarczany do silnika. Jedyną różnicą wynikającą z wyboru większego softstartu jest to, że wytrzymuje on większy prąd przez dłuższy czas, w związku z czym jest w stanie przeprowadzić rozruch większych silników lub cięższych instalacji.

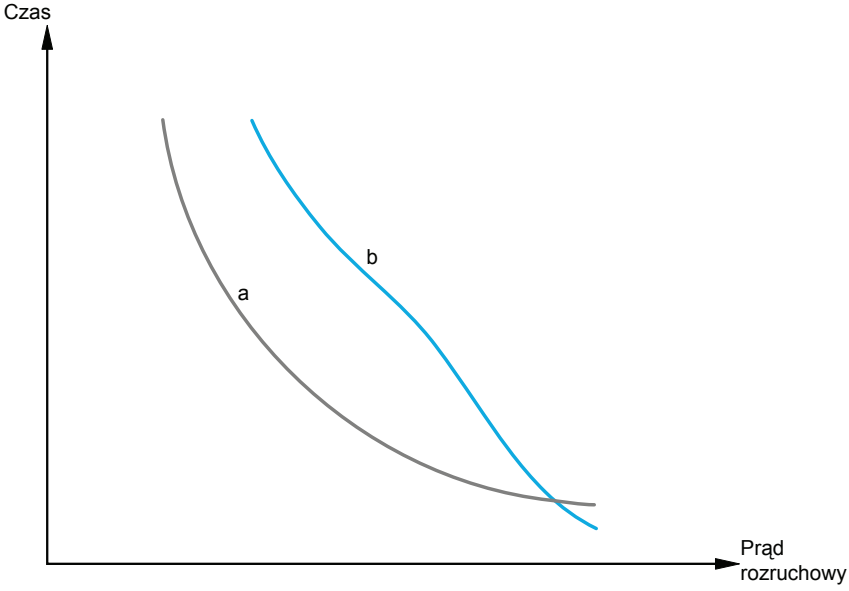



Wykres typowej zdolności rozruchowej softstartu

### Zdolność rozruchowa w przypadku użycia zabezpieczenia przeciążeniowego

Limit zdolności rozruchowej wyznacza bardzo często zabezpieczenie przeciążeniowe silnika (termiczne lub elektroniczne). Te zabezpieczenia przeciążeniowe różnią się klasą wyzwalania, która wskazuje, jak szybko będą wyzwalane przy danym prądzie. Do normalnych rozruchów używany jest na ogół przekaźnik klasy 10, a do rozruchów o wysokiej mocy, które zazwyczaj trwają dłużej, przekaźnik klasy 30.

W instalacjach, gdzie zabezpieczenie przeciążeniowe jest pomijane (aktywne są inne zabezpieczenia) podczas rozruchu w celu wydłużenia czasu dostępnego na rozruch, należy bardzo dokładnie sprawdzić, jaka jest zdolność rozruchowa softstartu, gdyż to ona będzie wtedy wyznaczała limit.




a) Krzywa wyzwalania zabezpieczenia przeciążeniowego
b) Maksymalna zdolność rozruchowa softstartu (wyznacza limit czasu trwania rozruchu i prądu rozruchowego, jeśli zabezpieczenie przeciążeniowe pomijane jest podczas rozruchu).

# Liczba rozruchów na godzinę

Maksymalna liczba rozruchów na godzinę przeprowadzanych przez softstart zależy od różnych czynników, jak prąd rozruchowy, temperatura otoczenia, czas trwania rozruchu i współczynnika wykorzystania.

## Współczynnik wykorzystania

Współczynnik stanów to wartość wskazująca, przez ile czasu działał softstart (czas rozruchu i czas pracy) w porównaniu z całkowitym czasem cyklu.

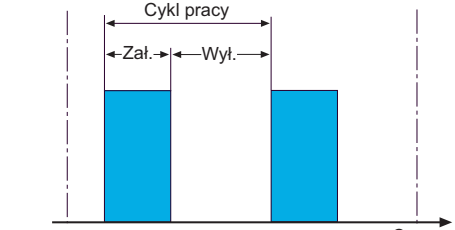
Wyznaczenie współczynnika wykorzystania jest o tyle ważne przy rozpatrywaniu liczby rozruchów na godzinę, że czas wyłączenia jest czasem chłodzenia softstartu.

Wysoki prąd rozruchowy i długi czas trwania rozruchu wymaga dłuższego czasu wyłączenia niż gdyby prąd rozruchowy był niski, a rozruch krótki, aby utrzymać tę samą liczbę rozruchów na godzinę.

## Przykłady:

Jeśli softstart działał przez 5 minut z cyklu o całkowitym czasie trwania 10 minut, współczynnik wykorzystania wynosi 50% na czas włączenia i 50% na czas wyłączenia.

Jeśli softstart działał przez 45 minut z cyklu 60-minutowego, współczynnik wykorzystania wynosi 75% na czas włączenia i 25% na czas wyłączenia.



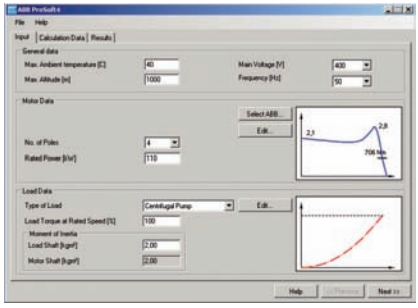

$$\text{Współczynnik wykorzystania} = \frac{\text{Zał.}}{\text{Zał. + Wył.}} \times 100\,\%$$

# Prosoft

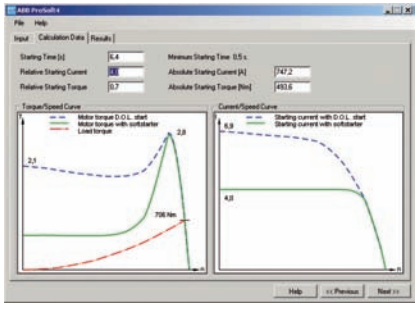
Wyboru softstartu można dokonać z katalogu głównego softstartów. W większości przypadków będzie to dobry wybór, ale można go jeszcze zoptymalizować przy użyciu specjalnego programu komputerowego ProSoft. Użycie programu ProSoft jest wskazane zwłaszcza w przypadku bardzo ciężkich instalacji, których rozruch trwa kilka minut.

Wybór za pomocą programu ProSoft odbywa się przez wykonanie 3 czynności na 3 jego różnych kartach:

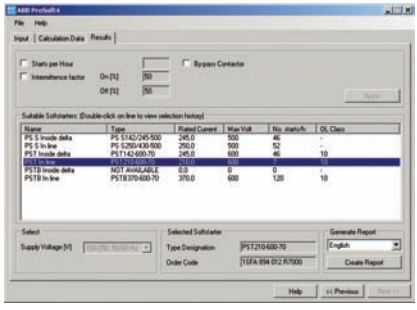
1. Karta Dane wyjściowe — wpisz ogólne dane i informacje o silniku i obciążeniu. Im bardziej precyzyjne będą dane, tym precyzyjniejsze uzyskasz wyniki.



2. Karta Dane do obliczeń — tutaj można zobaczyć, ile czasu będzie trwał rozruch zależnie od wielkości prądu.
   Na tej karcie będą podane zalecane ustawienia, które mogą mieć wpływ na wybór.



3. Karta Wyniki — wybierz, które z sugerowanych softstartów zostaną użyte. Ponadto można tutaj wygenerować raport zawierający wszystkie informacje o doborze.



# Różne sposoby połączenia softstartu

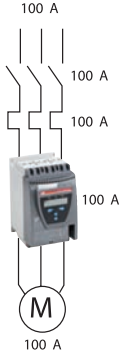
Istnieją różne sposoby połączenia softstartu — w szereg z silnikiem, co jest najbardziej typową metodą, i wewnątrz obwodu w trójkąt. Jednak nie wszystkie softstarty można połączyć wewnątrz obwodu w trójkąt. Softstarty ABB z serii PSE i PSR można połączyć tylko w szereg.

## Połączenie w szereg (w linię)

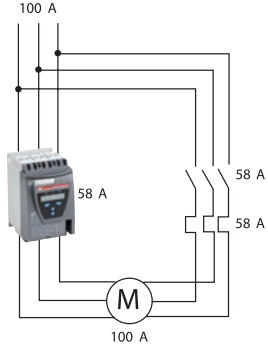
Jest to najpopularniejszy, a także najłatwiejszy sposób na połączenie softstartu.

Wszystkie trzy fazy są łączone szeregowo z przekaźnikiem przeciążeniowym, stycznikiem głównym i innymi używanymi aparatami w sposób przedstawiony na poniższym schemacie. Aparaty przeznaczone do połączenia w szereg należy tak dobrać, aby wytrzymywały pełny znamionowy prąd silnika. Sam silnik może być zarówno połączony w gwiazdę, jak i w trójkąt.

Przykład: Silnik 100 A wymaga softstartu 100 A, stycznika głównego 100 A itp.




Softstart połączony w szereg z silnikiem




Softstart połączony w trójkąt wewnętrzny.

Uwaga: W softstartach PSE i PST(B) zabezpieczenie przeciążeniowe jest wbudowane.

## Połączenie wewnątrz obwodu w trójkąt (wewnętrzny trójkąt)

Połączenie to znacznie ułatwia zastępowanie nimi istniejących rozruszników gwiazda-trójkąt.

Jeśli softstart jest połączony wewnątrz obwodu w trójkąt będzie przewodził tylko 58% (1/√3) wartości prądu połączenia w szereg. W związku z tym można zastosować aparaty o mniejszych wartościach znamionowych, aby obniżyć koszt rozwiązania.

Wszystkie funkcje będą działały tak samo niezależnie od tego, czy połączenie jest w szereg czy wewnątrz obwodu w trójkąt. Jednak przy połączeniu wewnątrz obwodu w trójkąt między softstartem a silnikiem musi przebiegać 6 przewodów, co sprawia, że przy większej odległości połączenie w szereg będzie rozwiązaniem tańszym.

Przykład: Silnik 100 A wymaga softstartu 58 A, stycznika głównego 58 A, jeśli jest umieszczony wewnątrz obwodu w trójkąt itp.

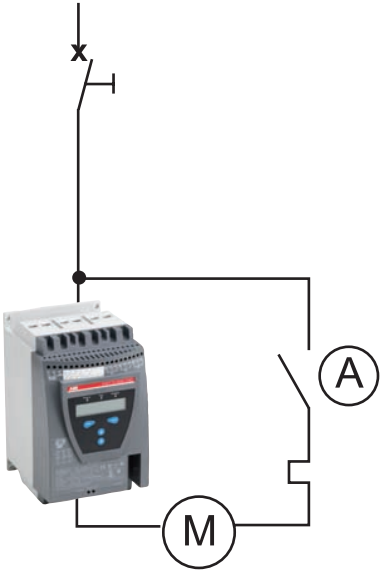
Silnik używany z połączeniem wewnątrz obwodu w trójkąt musi być w stanie utrzymywać połączenie w trójkąt podczas pracy ciągłej. W USA i niektórych innych krajach do tego rodzaju połączenia należy zamówić specjalny sześcioprzewodowy silnik.

Wewnątrz obwodu w trójkąt silnika nie można użyć softstartu sterującego napięciem tylko w dwóch z trzech faz.

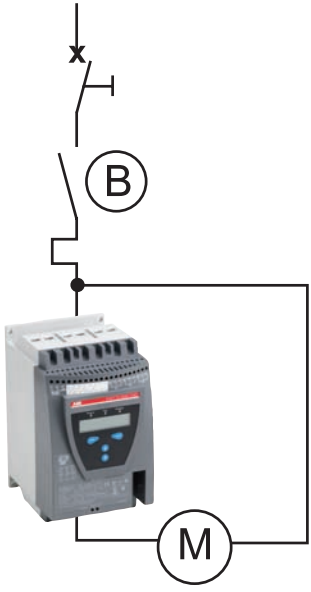
### Położenie stycznika głównego

Jeśli softstart połączony jest wewnątrz obwodu w trójkąt (Inside Delta), istnieją dwie możliwości umieszczenia stycznika głównego: wewnątrz obwodu w trójkąt lub na zewnątrz niego. Zatrzymanie silnika nastąpi przy obu tych położeniach stycznika, ale w przypadku opcji A uważa się, że zatrzymany silnik jest nadal pod napięciem.
W przypadku opcji B stycznik główny należy dobrać do prądu znamionowego silnika, podczas gdy w przypadku opcji A może on być dobrany do 58% (1/√3) prądu znamionowego.

Niezależnie od tego, gdzie umieszczony jest stycznik główny, musi on mieć kategorię AC-3 przy tym prądzie, aby w sytuacji awaryjnej był w stanie wyłączyć prąd i zatrzymać silnik.




Opcja A
Stycznik główny w obwodzie w trójkąt




Opcja B
Stycznik główny na zewnątrz obwodu w trójkąt

Uwaga: W softstartach PSE i PST(B) zabezpieczenie przeciążeniowe jest wbudowane.

# Rozruch więcej niż jednego silnika

W niektórych instalacjach pożądane jest, aby uruchamiać więcej niż jeden silnik jednym softstartem, równolegle ze sobą lub po kolei. Jest to często możliwe, ale wymaga uwzględnienia pewnych danych.

## Równoległy rozruch silników

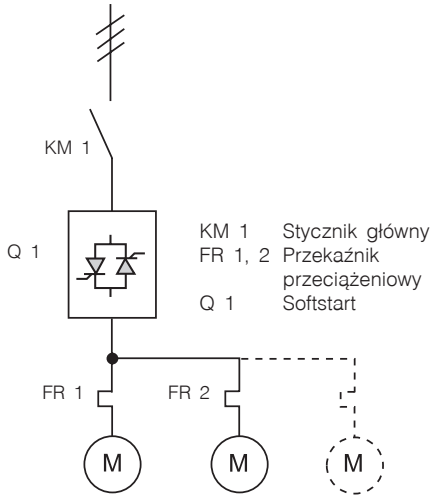
Jeśli softstart ma uruchamiać więcej niż jeden silnik równocześnie (rozruch równoległy), należy zweryfikować dwa istotne parametry:

1. Softstart musi wytrzymywać sumę prądów znamionowych wszystkich silników.
2. Softstart musi dostarczać sumę prądów rozruchowych wszystkich silników aż do momentu osiągnięcia prędkości znamionowej.

**Uwaga!**
**Jeśli z softstartem jest używany stycznik obejściowy, należy uwzględnić tylko punkt 2 z powyższych.**

## Przykład:

Rozruch dwóch silników o Ie = 100 A i względnym prądzie rozruchowym 4 x Ie. Czas trwania rozruchu wynosi 10 s Łączny prąd rozruchowy wynosi 100 x 4 x 2 = 800 A przez 10 s. Na podstawie wykresu zdolności rozruchowej softstartu należy sprawdzić, czy wybrany rozmiar jest poprawny. Muszą być stosowane osobne przekaźniki przeciążeniowe, po jednym na każdy silnik.




Równoległy rozruch silników przy użyciu softstartu

## Sekwencyjny rozruch silników

Jeśli softstart ma uruchamiać różne silniki jeden po drugim (rozruch sekwencyjny), należy zweryfikować, czy softstart jest w stanie dostarczyć prąd rozruchowy poszczególnych silników w czasie całej sekwencji rozruchu.

### Przykład:

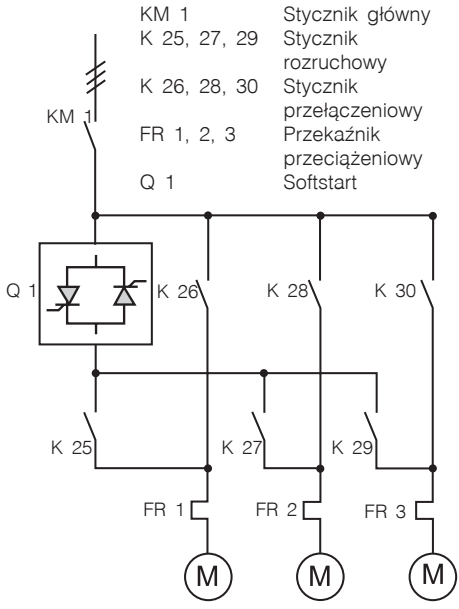
Rozruch trzech silników o Ie=100 A i względnym prądzie rozruchowym 4 x Ie.

Czas trwania rozruchu silników wynosi:

Silnik 1 = 5 s

Silnik 2 = 10 s

Silnik 3 = 8 s




Sekwencyjny rozruch silników przy użyciu softstartu

Prąd rozruchowy silników wynosi 100 x 4 = 400 A, a łączny czas trwania rozruchu 5 + 10 + 8 = 23 s.

Na podstawie wykresu zdolności rozruchowej softstartu należy sprawdzić, czy wybrany rozmiar jest poprawny.

> Uwaga!
> Czasów rozruchu poszczególnych silników nie można ze sobą zsumować, jeśli silniki różnią się prądem znamionowym. W takich instalacjach należy skalkulować to osobno.

Niektóre softstarty, np. z serii PST(B), oferują możliwość użycia różnych zestawów parametrów do różnych silników. Jest to niezbędne, aby osiągnąć skuteczny rozruch, jeśli silniki różnią się wielkością lub służą do różnych celów.

Większość softstartów może przeprowadzić softstop tylko ostatnio uruchamianego silnika.

Zazwyczaj należy mieć osobne zabezpieczenia do poszczególnych silników.

# Połączenie z aparatem sterowniczym

### Zasilanie sterowania
Napięcie zasilania sterowania to napięcie doprowadzane do obwodu drukowanego, wentylatorów itp. w softstarcie. Zaciski oznaczone są zazwyczaj 1 i 2. Typowe napięcie wynosi od 100 do 250 V AC.

### Uziemienie robocze
W softstartach z zaciskiem FE (uziemienie robocze) należy go połączyć z płytą montażową jak najkrótszym kablem. Zapewni to najbardziej niezawodne działanie softstartu.

### Obwód sterowania
Obwód sterowania służy do wydawania sygnałów startu i stopu softstartowi, a czasami wysyła także inne sygnały wejściowe. Zależnie od softstartu napięcie sterujące może pochodzić z samego softstartu lub być dostarczane z zewnątrz. Najczęściej napięcie sterujące wynosi 24 V DC. Ponadto zależnie od modelu softstartu może być wymagane utrzymywanie sygnałów lub może wystarczać impuls.

### Przekaźniki sygnałów wyjściowych
Niektóre Softstarty mogą wysyłać maksymalnie trzy sygnały wyjściowe. Są one opisane w poniższej tabeli.

### Wyjście analogowe
Niektóre softstarty wyposażone są w sygnał wyjścia analogowego, który można połączyć z czujnikiem analogowym lub używać jako wejście analogowe sterownika PLC. Wyjście analogowe może służyć do monitorowania prądu dostarczanego do silnika za pomocą amperomierza analogowego tak, aby nie trzeba było korzystać z zewnętrznego transformatora prądu.

Schematy połączeń można znaleźć, odwiedzając stronę www.abb.com/lowvoltage.

| | |
|---|---|
| Run | Zwierany jest jak najszybciej od chwili wydania sygnału startu i pozostaje zwarty przez cały czas, kiedy softstart dostarcza napięcie do silnika. Służy zazwyczaj do sterowania stycznikiem linii. |
| TOR / By-pass | Zwierany jest, gdy softstart osiągnie szczyt rampy (do silnika dopływa pełne napięcie) i pozostaje zwarty, dopóki nie zostanie wydany sygnał stopu. Służy zazwyczaj do sterowania zewnętrznym stycznikiem obejściowym. |
| Event | Zwarcie (lub rozwarcie) tego przekaźnika następuje, gdy wystąpi jakakolwiek usterka lub wyzwolenie zabezpieczeń. Może służyć do sygnalizowania błędu lub rozwierania stycznika linii. |

Przekaźniki sygnałów wejściowych w softstartach

# Połączenie softstartu z magistralą polową

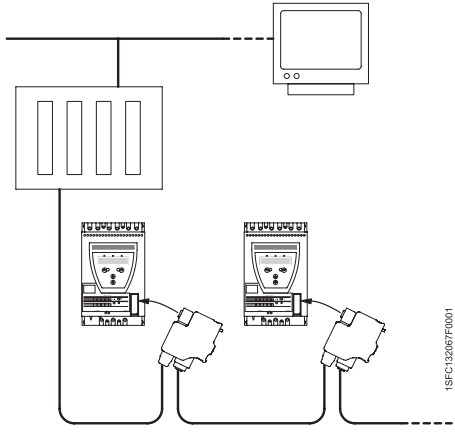
## Połączenie

Obecnie wiele softstartów można połączyć ze sterownikiem PLC za pośrednictwem magistrali polowej jak Profibus lub Modbus. Zależnie od softstartu i protokołu magistrali polowej może być możliwe uruchamianie i zatrzymywanie softstartu, przeglądanie informacji o statusie i zmienianie ustawień softstartu z poziomu sterownika PLC. Do połączenia softstartu ABB z magistralą polową służy złącze (gniazdo/wtyk). Należy tylko odpowiednio dobrać wtyk do stosowanego protokołu. Schemat takiego połączenia pokazano po prawej stronie. Bliższe szczegóły dotyczące połączenia znajdują się w podręcznikach do poszczególnych protokołów magistrali polowej, które są dostępne na stronie www.abb.com/lowvoltage.

## Pliki oprogramowania

W przypadku większości protokołów magistrali polowej do programowania sterownika PLC potrzebny jest specjalny plik oprogramowania.

W poniższej tabeli podane jest, jakich plików wymagają różne protokoły. Jest bardzo istotne, aby używany plik oprogramowania pasował do wersji softstartu. Do każdej wersji pliku oprogramowania istnieje ponadto stosowny dokument z opisem informacji, jakie można wysyłać. Zarówno pliki oprogramowania, jak i ich dokumentacja, jest dostępna na stronie www.abb.com/lowvoltage.




| Protokół magistrali polowej | Rodzaj pliku | Wersje |
|---|---|---|
| Profibus | plik-gsd | Najnowsza wersja pliku gsd-file pasuje do wszystkich wersji softstartów. Ten sam plik pasuje zarówno do DP/V0, jak i DP/V1 |
| Modbus | Nie jest wymagany plik oprogramowania | – |
| DeviceNet | plik-eds do DeviceNet | Wersja pliku oprogramowania musi pasować do wersji softstartu. |
| CANopen | plik-eds do CANopen | Wersja pliku oprogramowania musi pasować do wersji softstartu. |

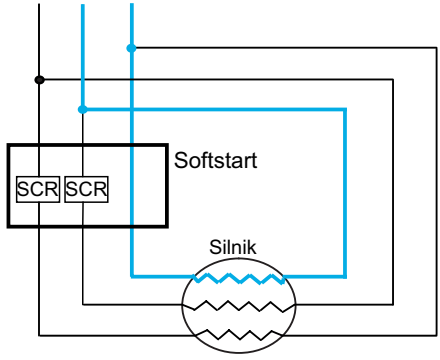
# Sterowanie 2-fazowe a 3-fazowe

Tradycyjnie softstartery zbudowane są z 6 tyrystorów, z których po dwa połączone są ze sobą przeciwsobnie w każdej z trzech faz i sterują napięciem wyjściowym przekazywanym do silnika. Aby jednak zmniejszyć liczbę elementów i zminimalizować wymiary softstartu, możliwe jest rozwiązanie, w którym sterowanie obejmuje tylko 2 z 3 faz. W tym rozwiązaniu trzecia faza po prostu przechodzi przez softstart, który nie steruje jej napięciem ani prądem. Softstart sterujący tylko 2 z 3 faz nazywany jest „softstartem sterowanym 2-fazowo" i będzie działał tak samo jak softstart sterowany 3-fazowo z kilkoma wyjątkami opisanymi poniżej.

## Brak możliwości połączenia wewnątrz obwodu w trójkąt

Ponieważ jedna z faz nie jest sterowana przez softstart, więc prąd przechodziłby przez tę fazę, nie wydając sygnału startu softstartowi. Silnik nie zostałby wtedy uruchomiony, lecz by się rozgrzewał, aż wreszcie uległby uszkodzeniu.

Nawet, gdyby zastosować stycznik liniowy, aby zapobiec temu problemowi podczas postoju, prąd nie byłby wtedy w ogóle redukowany podczas rozruchu, a przecież redukcja prądu to największa korzyść z zastosowania softstartu.

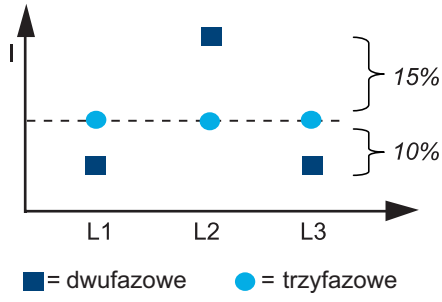



## Niektóre softstarty sterowane 2-fazowo tworzą składową DC

Podczas stopniowego obniżania i podnoszenia napięcia przez sterowanie tylko 2 fazami powstaje składowa DC, która działa hamująco i redukuje moment obrotowy, co objawia się bardzo hałaśliwym rozruchem. Na rynku jest bardzo niewiele sterowanych 2-fazowo softstartów, które wyposażone są w skomplikowane układy eliminujące tę składową DC. Należą do nich między innymi softstarty produkowane przez ABB. Stosowanie tego specjalnego algorytmu jest niezbędne, aby wykorzystać sterowane 2-fazowo softstarty do większych silników.

## Lekkie niezrównoważenie prądów podczas rozruchu

Jeśli używany jest sterowany 3-fazowo softstart, prąd rozruchowy będzie się rozkładał na trzy fazy. Jeśli softstart sterowany jest 2-fazowo, w fazie pozbawionej sterowania prąd będzie wyższy, niż w pozostałych dwóch fazach. W efekcie maksymalny prąd będzie w softstarcie sterowanym 2-fazowo wyższy niż w softstarcie sterowanym 3-fazowo. To niezrównoważenie występuje tylko przez krótką chwilę podczas rozruchu i zatrzymania. W trakcie ciągłej pracy prądy będą zrównoważone.




## Kiedy softstart sterowany 2-fazowo jest dobrym rozwiązaniem?

Softstart sterowany 2-fazowo działa dobrze:
- w większości normalnych instalacji,
- we wszystkich segmentach rynku,
- gdy wymagane jest sterowanie momentem obrotowym,
- przy rozruchu normalnym lub o wysokiej mocy,
- gdy wymagane jest rozwiązanie tanie i kompaktowe.

Softstart sterowany 3-fazowo lepiej się sprawdzi, gdy:
- wymagany jest jak najniższy prąd rozruchowy,
- wymagane jest połączenie wewnątrz obwodu w trójkąt,
- występuje problem z brakiem zrównoważenia prądów podczas rozruchu i zatrzymywania.

Softstarty sterowane 2-fazowo



Softstarty sterowane 3-fazowo



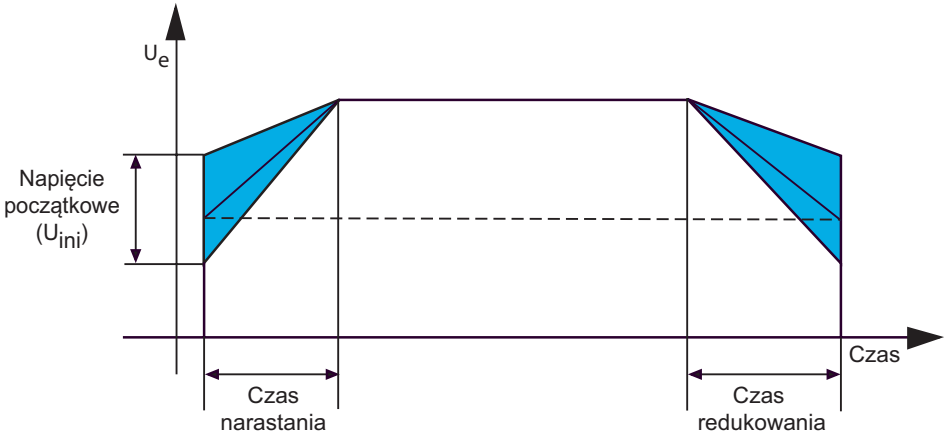
# Ustawienia

Ten rozdział zawiera krótki opis najważniejszych parametrów, jakie można ustawić w softstartach. Nie każde z tych ustawień dostępne jest we wszystkich softstartach, a pewne ustawienia mogą być dostępne zależnie od rodzaju i modelu softstartu. Do regulacji ustawień mogą służyć potencjometry, mikroprzełączniki, klawiatura, komputer itp.

Czas narastania to czas, przez który softstart podnosi napięcie od wartości początkowej aż do pełnego napięcia. Nie powinno to trwać zbyt długo, ponieważ spowodowałoby tylko niepotrzebne rozgrzanie silnika i ryzyko wyzwolenia przekaźnika przeciążeniowego.

Uważa się często mylnie, że ten parametr wyznacza moment rozruchu, czyli moment osiągnięcia pełnej prędkości przez silnik. To jednak nieprawda. Parametr czasu narastania wyznacza tylko moment, w którym softstart zacznie doprowadzać do silnika pełne napięcie. Jeśli silnik nie jest pod obciążeniem, rozruch silnika nastąpi prawdopodobnie szybciej niż wynikałoby z nastawionego czasu narastania. Jeśli natomiast jest pod dużym obciążeniem, rozruch będzie trwał prawdopodobnie dłużej.

Czas redukowania umożliwia łagodne hamowanie silnika, np. pompy lub transportera taśmowego. Czas redukowania to czas potrzebny na obniżenie pełnego napięcia do poziomu napięcia końcowego. Jeśli czas redukowania wynosi zero, zatrzymanie realizowane będzie jako bezpośrednie.




Wykres przedstawiający czas narastania, czas redukowania i napięcie początkowe

Regulacja momentu obrotowego to funkcja sterowania momentem obrotowym silnika zamiast napięciem. Jest to przydatne zwłaszcza do zatrzymywania pomp, aby uniknąć uderzenia hydraulicznego wody. W softstartach z regulacją momentu obrotowego można wybrać, czy czas narastania lub redukowania będzie dotyczył momentu obrotowego czy napięcia podczas rozruchu i hamowania. Parametry te nazywane są trybem rozruchu i trybem zatrzymania.

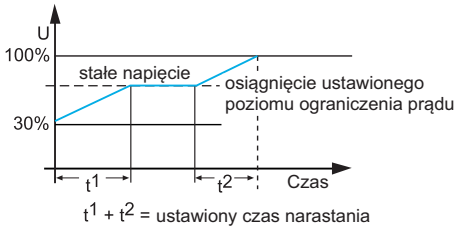
Napięcie początkowe nazywane jest czasami „pedestal voltage". Jest to punkt, od którego rozpoczyna się narastanie napięcia w softstarcie. Moment obrotowy silnika spada wraz z kwadratem napięcia i jeśli ustawienie napięcia jest zbyt niskie, np. 20%, moment rozruchowy wyniesie tylko $0{,}2^2$ = 0,04 = 4% i silnik nie ruszy od razu. W związku z tym bardzo ważne jest znalezienie poziomu na tyle wysokiego, aby silnik od razu ruszył bez niepotrzebnego nagrzewania się.

Napięcie końcowe to poziom napięcia, do którego softstart redukuje napięcie przez ustawiony czas podczas hamowania. W tym momencie silnik powinien być już zatrzymany, a softstart odetnie dopływ prądu do silnika, aby nie rozgrzewał się on niepotrzebnie.

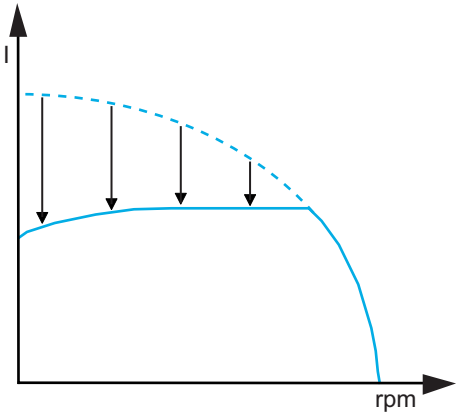
Regulowany prąd znamionowy silnika umożliwia ustawienie w softstarcie prądu znamionowego obsługiwanego silnika. Ustawienie to będzie miało wpływ także na inne wartości, jak poziom wyzwalania elektronicznego zabezpieczenia przeciążeniowego i innych zabezpieczeń, a także poziom funkcji limitu prądu.

# Ustawienia

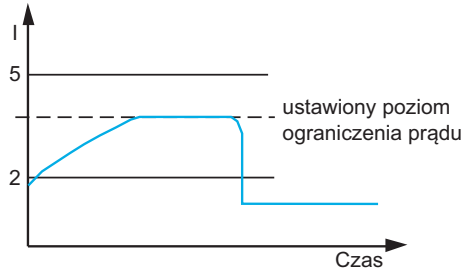
Ograniczenie prądu można ustawić w instalacjach wymagających pewnego ograniczenia prądu rozruchowego lub w przypadku rozruchu o wysokiej mocy, gdy uzyskanie idealnego rozruchu przy ustawieniu tylko napięcia początkowego i czasu narastania jest utrudnione. Gdy softstart osiągnie nastawiony poziom prądu, napięcie przestaje narastać do momentu, gdy prąd spadnie poniżej zadanej nastawy, i dopiero wtedy narasta dalej aż do osiągnięcia pełnego napięcia. Ponieważ maksymalny prąd (prąd rozruchu bezpośredniego) spada w miarę narastania prędkości, napięcie można stopniowo zwiększać bez przekraczania ustawionego limitu prądu.




Utrzymywanie napięcia na stałym poziomie sprawi, że prąd będzie utrzymywany na ustawionym poziomie




Wymagane jest silniejsze obniżenie prądu i napięcia na początku rozruchu.




Funkcja ograniczenia prądu w softstarcie uniemożliwia przekroczenie ustawionego poziomu prądu

# Zalecane ustawienia

Wymagane ustawienia softstartu różnią się w zależności od instalacji, rodzaju i wielkości obciążenia, charakterystyki silnika itp. Ustawienia proponowane poniżej są tylko zaleceniami ogólnymi i należy weryfikować ich poprawność w każdym przypadku indywidualnie.

Jeśli używany jest sterowany 2-fazowo softstart, może być wymagane nieco wyższe ustawienie napięcia początkowego i limitu prądu.

Zalecane ustawienia w przypadku korzystania z softstartu

| Rodzaj obciążenia | Czas narastania (s) | Czas redukowania (s) | Napięcie początkowe $U_{ini}$ (%) | Limit prądu (x $I_e$) | Regulacja momentu podczas hamowania (jeśli jest dostępna) |
|---|---|---|---|---|---|
| Wentylator osiowy | 10 | Wył. | 30 | 4,0 | Wył. |
| Piła taśmowa | 10 | Wył. | 30 | 4,0 | Wył. |
| Ster strumieniowy | 10 | Wył. | 30 | 1,5 – 3 | Wył. |
| Wentylator odśrodkowy | 10 | Wył. | 30 | 4,0 | Wył. |
| Pompa odśrodkowa | 10 | 10 – 20 | 30 | 3,5 | Wł. |
| Piła tarczowa | 10 | Wył. | 30 | 4,0 | Wył. |
| Sprężarka | 5 | Wył. | 30 | 3,5 | Wył. |
| Transporter taśmowy | 10 | Wył. | 40 | 4,0 | Wył. |
| Kruszarka | 10 | Wył. | 30 | 4,0 | Wył. |
| Frezarka | 10 | Wył. | 30 | 4,0 | Wył. |
| Schody ruchome | 10 | Wył. | 30 | 3,5 | Wył. |
| Szlifierka | 10 | Wył. | 30 | 4,0 | Wył. |
| Pompa wysokociśnieniowa | 10 | 10 | 50 | 4,5 | Wł. |
| Pompa hydrauliczna | 10 | Wył. | 30 | 3,5 | Wył. |
| Dźwig/winda | 10 | Wył. | 30 | 3,5 | Wył. |
| Młyn | 10 | Wył. | 30 | 4,0 | Wył. |

# Praca w strefie zagrożenia wybuchem (Ex)

Jeśli w zakładzie są miejsca, gdzie występuje zagrożenie wybuchem wskutek obecności wybuchowej mieszaniny gazów, materiałów wybuchowych lub pyłu palnego innego niż pył wybuchowy, stosowanie elementów elektrycznych podlega specjalnym przepisom.

Poszczególne klasy ochrony przeciwwybuchowej (Ex) opisane są w następujących częściach normy IEC 60079:

| | |
|---|---|
| IEC 60079-1 | obudowy ognioszczelne „d” |
| IEC 60079-2 | obudowy gazowe z nadciśnieniem „p” |
| IEC 60079-5 | osłona piaskowa „q” |
| IEC 60079-6 | osłona olejowa „o” |
| IEC 60079-7 | wzmocniona budowa „e” |
| IEC 60079-11 | iskrobezpieczeństwo „i” |
| IEC 60079-18 | hermetyzacja „m” |
| IEC 60079-22 | górnicze lampy czołowe do kopalń, gdzie występuje metan (w trakcie analiz) |
| Przykład: Aparatura elektryczna do stref zagrożenia wybuchem w osłonie olejowej „o” jest oznaczana jako Exo | |

## Miejsca i strefy niebezpieczne

Miejsca niebezpieczne podzielone są na następujące strefy:

### Strefa 0

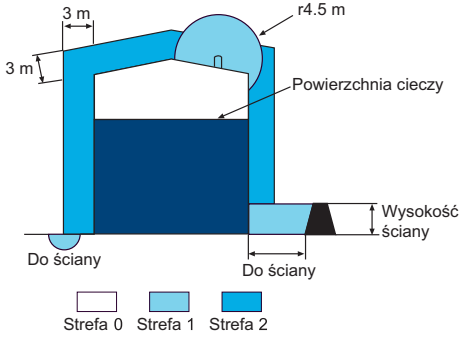
Miejsce, w którym wybuchowy gaz obecny jest zawsze lub przez dłuższy czas. W takiej strefie mogą być stosowane tylko iskrobezpieczne obwody kategorii Exi. Silniki są zatem wykluczone.

### Strefa 1

Miejsce, w którym istnieje prawdopodobieństwo wystąpienia wybuchowego gazu w trakcie normalnej pracy. W tej strefie mogą być używane silniki kategorii Exd, Exe i Exp.

### Strefa 2

Miejsce, w którym wystąpienie wybuchowego gazu w trakcie normalnej pracy jest mało prawdopodobne, a jeśli nawet ona wystąpi, to tylko przez krótki czas. Oczywiście można wtedy używać aparatów dopuszczonych do użytku w strefach 0 i 1. W pewnych warunkach urządzenia, np. silniki, nie muszą odznaczać się konstrukcją przeciwwybuchową.




Przykładowa klasyfikacja i zakres stref niebezpiecznych w zbiorniku

## ATEX

ATEX to skrót od ATmosphere EXplosible, który oznacza aparaty i miejsca pracy dopuszczone do użytku w strefie zagrożenia wybuchem. Oznaczenie ATEX nadawane jest na podstawie dwóch dyrektyw UE:

- dyrektywa 94/9/WE w sprawie urządzeń i systemów ochronnych przeznaczonych do użytku w przestrzeniach zagrożonych wybuchem (ATEX 95)
- dyrektywa 99/92/WE w sprawie minimalnych wymagań dotyczących bezpieczeństwa i ochrony zdrowia pracowników zatrudnionych na stanowiskach pracy, na których może wystąpić atmosfera wybuchowa (ATEX 137)

### Wybór położenia i modelu softstartu do stref zagrożenia wybuchem

Jeśli softstart będzie używany w instalacji stwarzającej zagrożenie wybuchem umieszcza się go zazwyczaj w osobnej obudowie poza jakimikolwiek strefami niebezpiecznymi. Należy zastosować specjalny przekaźnik przeciążeniowy przeznaczony do silników używanych w strefach zagrożenia wybuchem, np. od TA25DU ... V1000 do T900DU/SU...V1000. Ponadto wymagana jest specjalna wersja uniwersalnego sterownika silnika. Tego rodzaju przekaźnik odznacza się bardziej precyzyjną krzywą wyzwalania niż standardowy. Należy na to zwrócić szczególną uwagę.

Rodzaj i wielkość softstartu i innych aparatów w obwodzie należy wybrać według koordynacji typu 2.

Uwaga!
Wszelkie aparaty elektryczne, które używane będą w którejkolwiek ze stref niebezpiecznych, muszą być umieszczone w specjalnej obudowie. Tego rodzaju obudowa (np. stalowa skrzynka) musi być w stanie wytrzymać wewnętrzny wybuch któregokolwiek z elementów, nie wypuszczając niczego do otoczenia. Takie rozwiązanie jest zasadniczo bardzo nietypowe.

# Koordynacja

Przez koordynację rozumiemy wybraną kombinację aparatów elektrycznych, która jest bezpieczna dla ludzi i otoczenia, nawet w razie wystąpienia w układzie przeciążenia lub zwarcia.

Grupa skoordynowana musi spełniać cztery zasadnicze funkcje:

- Zabezpieczenie przed przeciążeniami. Zabezpieczenie, które chroni wszystkie elementy, kable i silnik przed przegrzaniem, i jest aktywne przy wszystkich wartościach prądu aż do prądu blokady wirnika. Aparat ten wysyłać będzie sygnał wyzwolenia do aparatu rozłączającego, którym zazwyczaj jest stycznik używany do sterowania silnikiem.
- Sterowanie silnikiem. Ta funkcja wykonywana jest zazwyczaj przez stycznik.
- Zabezpieczenie przed zwarciami, które eliminuje każdy prąd powyżej prądu blokady wirnika, tzn. wszystkie prądy zwarciowe.
- Izolacja. Utworzenie izolacyjnej szczeliny powietrznej w przypadku otwarcia w trosce o bezpieczeństwo osób.

Koordynacje softstartów ABB wykonane są zgodnie z normą IEC 60947-4-2 „Półprzewodnikowe sterowniki i rozruszniki do silników prądu przemiennego" oraz normą EN 60947-4-2. Postanowienia ogólne zawarte w normie IEC 60947-1 mają zastosowanie do normy IEC 60947-4-2 tam, gdzie są przywołane.

W normie IEC 60947-4-2 wyznaczone są dwa typy koordynacji zależnie od oczekiwanego poziomu ciągłości działania.

Typ 1:
Koordynacja wymaga, aby w stanie zwarcia aparat nie stwarzał zagrożenia dla osób ani instalacji. Jego dalsze działanie może jednak wymagać naprawy i wymiany części.

Typ 2:
Koordynacja wymaga, aby w stanie zwarcia aparat nie stwarzał zagrożenia dla osób ani instalacji oraz był zdatny do dalszego działania. W przypadku hybrydowych sterowników i rozruszników uwzględnione jest ryzyko zgrzewania stykowego i producent powinien wskazać środki, jakie należy podjąć podczas serwisowania aparatury.

Uwaga!
Jeśli softstart używany jest w koordynacji typu 2 i wystąpiło zwarcie, należy zaakceptować wymianę bezpieczników i restart. Osiągnięcie koordynacji typu 2 z softstartem możliwe jest tylko przy użyciu bezpieczników półprzewodnikowych.

# Kategorie zastosowania

Niektóre kategorie zastosowania opisane są w normie IEC 60947-4-2 „Półprzewodnikowe sterowniki i rozruszniki do silników prądu przemiennego”. Softstarty niskonapięciowe ABB należą do kategorii AC-53, która dotyczy sterowania silnikami klatkowymi. Ta kategoria podana jest w nagłówku tabel koordynacji softstartu.

| Kategoria zastosowania | Typowe zastosowanie | Uwaga |
|---|---|---|
| AC-53a | Sterowanie silnikami klatkowymi: praca przez 8 h z prądem pod obciążeniem do rozruchu, przyspieszania, pracy | Softstart przeznaczony do użytku bez zewnętrznego stycznika obejściowego |
| AC-53b | Sterowanie silnikami klatkowymi: praca sporadyczna | Softstart przeznaczony do użytku z zewnętrznym stycznikiem obejściowym. |

Uwaga!
Obwód obejścia wbudowany jest tylko w niektórych softstartach ABB. Ponieważ jednak wszystkie softstarty ABB spełniają konstrukcyjnie wymagania kategorii zastosowania AC-53a, dodawanie zewnętrznego stycznika obejściowego nigdy nie jest konieczne.

# Typy zabezpieczeń

Na rynku są dostępne różne rodzaje zabezpieczeń aparatury elektrycznej. Różnią się one pod względem funkcji i parametrów. Zastąpienie jednego typu innym wymaga z reguły sprawdzenia, jakie inne aparaty zabezpieczające znajdują się w obwodzie. Zastąpienie jednego bezpiecznika 100 A innym bezpiecznikiem 100 A (o tej samej wartości znamionowej) bez uzgodnienia ich typów powoduje ryzyko utraty ochrony. Pierwszy bezpiecznik może zawierać zarówno wyzwalacz zwarciowy, jak i termiczny, a inny zapewniać tylko zabezpieczenie zwarciowe.

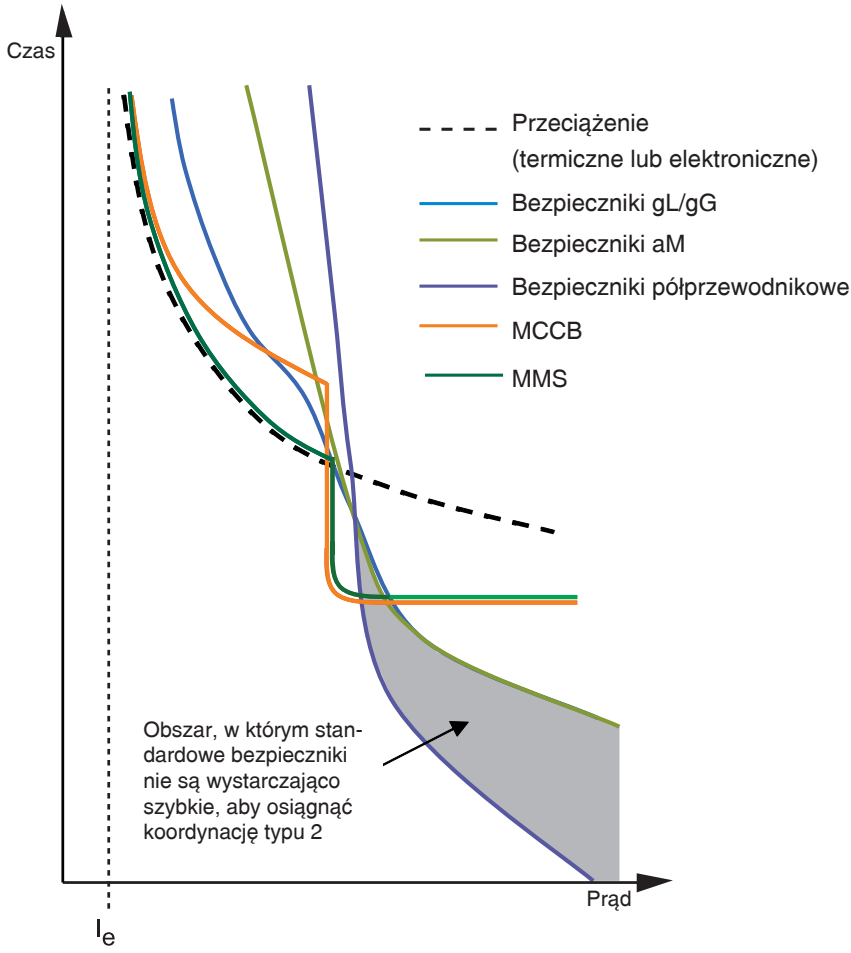
Bezpieczniki gL/gG służą do ochrony kabli i zawierają zarówno wyzwalacz zwarciowy, jak i przeciążeniowy termiczny (5 s > 3,5 x In). Użycie tego rodzaju bezpieczników z softstartem umożliwia osiągnięcie koordynacji typu 1. Osiągnięcie koordynacji typu 2 wymaga użycia bezpieczników półprzewodnikowych.

Bezpieczniki aM zapewniają tylko zabezpieczenie przeciwzwarciowe (5 s > 9 x In). Jako termicznego zabezpieczenia przeciążeniowego należy użyć osobnego aparatu zabezpieczającego. Użycie tego rodzaju bezpieczników z softstartem umożliwia osiągnięcie koordynacji typu 1. Osiągnięcie koordynacji typu 2 wymaga użycia bezpieczników półprzewodni-kowych.

MCCB to skrót oznaczający kompaktowy wyłącznik nadprądowy, który zazwyczaj zawiera zarówno wyzwalacz przeciążeniowy termiczny, jak i zwarciowy. W układzie z kompaktowym wyłącznikiem nadprądowym można osiągnąć koordynację typu 1. Osiągnięcie koordynacji typu 2 wymaga użycia bezpieczników półprzewodnikowych.

MMS to skrót oznaczający wyłącznik silnikowy, czyli aparat pełniący funkcję rozłącznika izolacyjnego, wyzwalacza przeciążeniowego termicznego i zwarciowego. Zakres mocy wyłączników silnikowych sięga około 100 A. W układzie z wyłącznikiem silnikowym można osiągnąć koordynację typu 1. Osiągnięcie koordynacji typu 2 wymaga użycia bezpieczników półprzewodnikowych.

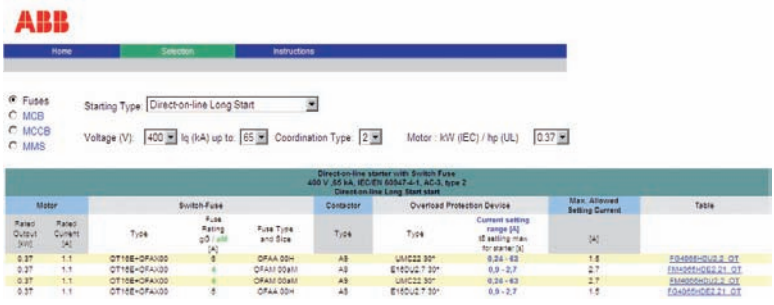
Bezpieczniki półprzewodnikowe (szybkie) to jedyny rodzaj bezpieczników, które są na tyle szybkie, aby w układzie z softstartem umożliwić osiągnięcie pełnej koordynacji typu 2. Jako uzupełnienie bezpiecznika tego rodzaju wymagany jest zawsze osobny przekaźnik przeciążeniowy do ochrony silnika. Jeśli zamiast bezpiecznika półprzewodnikowego zostanie użyty wyłącznik kompaktowy, silnikowy lub podobny, możliwe będzie osiągnięcie koordynacji tylko typu 1.


Czas
Przeciążenie
(termiczne lub elektroniczne)
Bezpieczniki gL/gG
Bezpieczniki aM
Bezpieczniki półprzewodnikowe
MCCB
MMS
Obszar, w którym standardowe bezpieczniki nie są wystarczająco szybkie, aby osiągnąć koordynację typu 2
Prąd
$I_e$

# Tabele koordynacji

Tabele koordynacji softstartów można znaleźć na stronie internetowej www.abb.com/lowvoltage, klikając łącza „Narzędzia programowe” i „Tabele koordynacji – ochrona silników”.

Tabele koordynacyjne będą wyświetlane w postaci następującego ekranu:

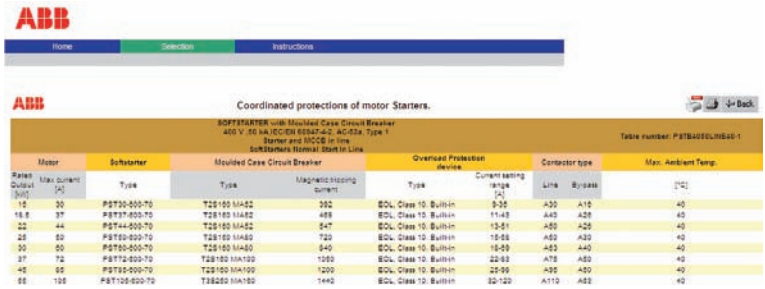



Aby znaleźć poprawne tabele koordynacyjne, należy po prostu wybrać opcje w górnej części ekranu. Opcje, które są istotne w przypadku wyboru softstartu, opisane są poniżej.

| | |
|---|---|
| Aparaty zabezpieczające | Fuses (bezpieczniki standardowe lub półprzewodnikowe)<br>MCCB<br>MMS |
| Starting type (rodzaj rozruchu) | Softstarter Normal Start In Line (softstart, normalny rozruch, połączenie w szereg)<br>Softstarter Normal Start Inside Delta (softstart, normalny rozruch, połączenie wewnątrz obwodu w trójkąt) |
| Voltage (V) | Znamionowe napięcie łączeniowe instalacji |
| Iq (kA) | Znamionowy prąd zwarciowy |
| Coordination type | Typ koordynacji 1 lub 2 |
| Motor kW | Zakres mocy znamionowej silnika |

# Sposób czytania tabel koordynacji

Zależnie od wybranych opcji zostanie wyświetlona tabela koordynacji podobna do przedstawionej poniżej.



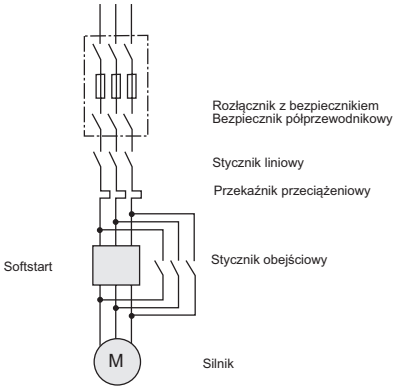

| | |
|---|---|
| Motor | Oznacza znamionową moc wyjściową silnika i maksymalny prąd. Jeśli dane te nie pokrywają się w pełni z danymi faktycznego silnika, wyboru należy dokonać na podstawie maksymalnego prądu. |
| Softstarter | Oznacza rodzaj i rozmiar softstartu odpowiedniego do tego silnika. |
| Moulded Case Circuit Breaker | Oznacza rodzaj i prąd wyzwolenia magnetycznego wyłącznika kompaktowego. |
| Switch fuse | Oznacza prąd znamionowy i rodzaj bezpieczników oraz rozłącznik z bezpiecznikiem odpowiedni do tych bezpieczników. |
| Manual Motor Starter | Oznacza rodzaj wyłącznika silnikowego, prąd wyzwolenia magnetycznego i zakres regulacji prądu. |
| Overload protection device | Oznacza rodzaj i zakres regulacji zewnętrznego lub wbudowanego zabezpieczenia przeciążeniowego. |
| Line contactor | Oznacza odpowiedni stycznik liniowy (główny) do silnika. Ten stycznik jest podawany dla kategorii AC-3. |
| By-pass contactor | Oznacza odpowiedni stycznik obejściowy. Koordynacja nie wymaga jednak stycznika obejściowego. Ten stycznik jest podawany dla kategorii AC-1. |
| Max. Ambient Temperature | Oznacza maksymalną dozwoloną temperaturę otoczenia. |

# Koordynacje

## Połączenie rozrusznika i bezpieczników w szereg

Koordynacje z połączeniem aparatów w szereg oparte są na tym schemacie obwodu.

Należy zaznaczyć, że koordynacja nie wymaga stycznika obejściowego.



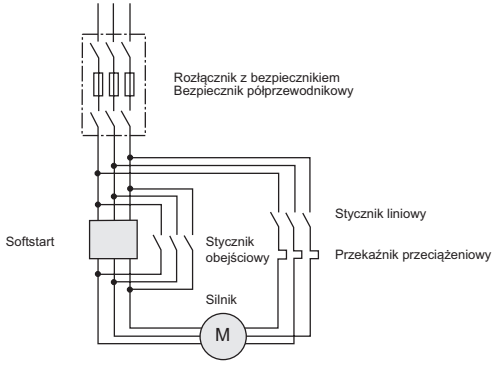

Połączenie rozrusznika i bezpieczników w szereg
Stycznik liniowy AC-3
Stycznik obejściowy AC-1

W wielu softstartach przekaźnik przeciążeniowy jest wbudowany

## Połączenie rozrusznika wewnątrz obwodu w trójkąt i bezpieczników w szereg

Koordynacje z połączeniem softstartu wewnątrz obwodu w trójkąt oparte są na tym schemacie obwodu.

Należy zaznaczyć, że koordynacja nie wymaga stycznika obejściowego.




Połączenie rozrusznika w trójkącie wewnętrznym i bezpieczników w szereg
Stycznik liniowy AC-3
Stycznik obejściowy AC-1
Połączenie stycznika liniowego i stycznika obejściowego wewnątrz obwodu w trójkąt

Bezpieczniki do softstartów PSTB należy umieszczać wewnątrz obwodu wewnętrznego trójkąta. Dalszych informacji udziela ABB.

# Informacje środowiskowe

Wpływ produktu na środowisko staje się obecnie coraz ważniejszą kwestią zarówno przy projektowaniu nowych aparatów, jak i aktualizacji istniejących. ABB wkłada wiele wysiłku w to, aby każdy wyrób ABB był jak najmniej szkodliwy dla otoczenia.

## RoHS (Restriction of Hazardous Substances)

RoHS to dyrektywa określająca, jakich substancji nie wolno stosować w pewnych produktach. Dyrektywa RoHS dotyczy głównie artykułów powszechnego użytku i softstarty jej nie podlegają. Mimo to większość softstartów ABB spełnia wymagania dyrektywy RoHS.

# Harmoniczne

Harmoniczne to niepożądane napięcia i prądy występujące w prawie każdym układzie elektrycznym, które zawsze są wielokrotnością częstotliwości znamionowej.

Typowe harmoniczne to 3., 5., 7., 9. itp. Harmoniczne przyczyniają się do niepotrzebnego nagrzewania silników, kabli i innych aparatów, przez co aparatura ta może szybciej ulec zużyciu, jeśli będzie przez długi czas pod ich wpływem.

Czasami może też zaburzać działanie elektroniki i układów. Składowe harmoniczne i ich poziom w naturalny sposób zależą od źródła, ale także od kilku innych parametrów, jak impedancja w sieci zasilającej, silnika, kondensatorów i innych aparatów należących do układu. Inaczej mówiąc, jest to zjawisko dość skomplikowane.

## Składowe harmoniczne i softstarty

Kwestia składowych harmonicznych nie ma właściwie żadnego znaczenia dla zastosowania softstartów. Odbicia te pochodzą zazwyczaj z napędów o zmiennej prędkości, w których harmoniczne generowane są bez przerwy. Filtry wymagane są w każdej sieci publicznej i bardzo często używane są także w sieciach przemysłowych. W naszych softstartach spełniamy wymagania dyrektywy EMC dotyczące emisji zakłóceń i odporności na nie i poza tym nie jest wymagane podejmowanie żadnych szczególnych działań w tej kwestii.

# Często zadawane pytania

### Stycznik główny

**P** Czy jest wymagane, aby połączyć stycznik główny szeregowo przed softstartem?

**O** Chociaż softstart w ogóle nie wymaga stycznika głównego, to zalecamy zastosowanie go jako wyłącznika awaryjnego i/lub wyzwalacza przekaźnika przeciążeniowego. W niektórych instalacjach stycznik główny można zastąpić wyłącznikiem kompaktowym.

### Temperatura otoczenia

**P** Czy można używać softstartu, gdy temperatura otoczenia jest wyższa niż wartość zalecana podczas pracy?

**O** Softstart może normalnie działać przy wyższej temperaturze otoczenia podczas pracy, o ile prąd znamionowy układu zostanie proporcjonalnie obniżony zgodnie z zaleceniami producenta.

### Zastosowanie softstopu w instalacjach

**P** W jakich instalacjach przydatny jest softstop?

**O** Softstop najbardziej przydaje się w instalacjach pomp i transporterów taśmowych.

### Zalety obwodu obejściowego

**P** Jaki jest pożytek z obwodu obejściowego?

**O** Redukcja strat mocy. Ponadto istnieje możliwość zastosowania mniejszej i bardziej szczelnej (wyższy stopień IP) obudowy ze względu na to, że nie jest wymagana wentylacja.

### Utrata mocy

**P** Jaka jest strata mocy softstartu podczas pracy ciągłej?

**O** Takie dane można znaleźć w katalogu. W przypadku softstartów ABB można to obliczyć z następującego wzoru
(przykład dotyczy PST30...300):
$P_{Ltot} = [3 \times I_e \times 1{,}0] + 50$ (W)
Ta wartość spadnie do zaledwie 50 W, jeśli zastosowany zostanie obwód obejściowy. To jest moc wentylatorów chłodzących, obwodów drukowanych itp.
$I_e$ jest prądem łączeniowym silnika.

### Obciążenia rezystancyjne

**P** Czy softstart działa z obciążeniami pojemnościowymi lub rezystancyjnymi?

**O** Nie, wszystkie softstarty ABB są przeznaczone do obsługi wyłącznie obciążeń indukcyjnych.

### Banki kondensatorów

**P** Gdzie należy umieszczać banki kondensatorów do kompensacji współczynnika mocy, jeśli używane są softstarty?

**O** Banków kondensatorów nie można umieszczać między softstartem a silnikiem, ponieważ mogłoby to spowodować uszkodzenie softstartu. Banki kondensatorów należy zamiast tego umieszczać na linii bocznej softstartu.

### Kategoria zastosowania

**P** Jaka powinna być kategoria zastosowania stycznika głównego i stycznika obejściowego?

**O** Stycznik główny: zawsze AC-3.
Stycznik obejściowy: można użyć kategorii AC-1.

# Często zadawane pytania

### Sygnalizacja usterki podczas rozruchu

**P** Dlaczego softstart sygnalizuje usterkę, gdy sygnał startu wydany zostanie równocześnie stycznikowi głównemu i softstartowi?

**O** Jeśli zwarcie stycznika głównego nastąpi zbyt późno, softstart zasygnalizuje to jako utratę fazy. Problem ten można rozwiązać, opóźniając sygnał startu softstartu o około 0,5 s.

### Próba bez silnika

**P** Czy można wypróbować działanie softstartu bez silnika?

**O** Nie jest to możliwe z tego względu, że nie przepływałby wtedy prąd przez softstart, a niektóre rodzaje sygnalizowałyby oprócz tego utratę obciążenia.

### Wyzwolenie przekaźnika przeciążeniowego podczas rozruchu

**P** Dlaczego podczas rozruchu następuje wyzwolenie przekaźnika przeciążeniowego?

**O** Możliwe przyczyny mogą być następujące:

- zbyt niski limit prądu
- zbyt długi czas narastania
- zbyt niskie napięcie początkowe
- niewłaściwa klasa wyzwalania zabezpieczenia przeciążeniowego
- niewłaściwe ustawienie w zabezpieczeniu przeciążeniowym

### Osobny przekaźnik przeciążeniowy w układzie z obwodem obejścia

**P** Czy w przypadku korzystania z softstartu z wbudowanym elektronicznym przekaźnikiem przeciążeniowym i obwodem obejścia jest potrzebny osobny przekaźnik przeciążeniowy?

**O** Jeśli przekładniki prądowe softstartu można tak zamontować, aby pomiar mógł być wykonywany podczas korzystania z obwodu obejścia, osobny przekaźnik nie jest wymagany. W przeciwnym razie tak.

### Różne częstotliwości

**P** Czy ten sam softstart może być używany w sieciach 50 i 60 Hz?

**O** Jest to możliwe ze wszystkimi typami softstartów ABB pod warunkiem, że przebieg krzywej jest sinusoidalny.

### Fluktuacje napięcia

**P** Jakie fluktuacje napięcia tolerują softstarty?

**O** Wartość minimalna i maksymalna, przy której możemy zagwarantować pełną sprawność, wynoszą odpowiednio -15% i 10% wartości znamionowej.
Jest to zgodne z normą IEC.

Przykład: PSR25-600-70. Napięcie łączeniowe tego produktu wynosi 208 V ... 600 V np. 208 V -15% ... 600 V +10%.

### Bezpieczniki półprzewodnikowe

**P** Czy można stosować wyłącznie bezpieczniki półprzewodnikowe?

**O** Użycie bezpiecznika półprzewodnikowego pozwala na osiągnięcie koordynacji typu 2. Można użyć wyłącznika kompaktowego (MCCB) lub silnikowego (MMS), ale wtedy trzeba zadowolić się koordynacją typu 1. Opisane jest to dokładniej w rozdziale o koordynacji.

# Ilości i jednostki

## Długość

| | | |
|---|---|---|
| yd | = | jard |
| m | = | metr |
| mm | = | milimetr |
| cm | = | centymetr |
| in | = | cal |
| ft | = | stopa |
| km | = | kilometr |

## Czas

| | | |
|---|---|---|
| h | = | godzina |
| min | = | minuta |
| s | = | sekunda |

## Ciężar

| | | |
|---|---|---|
| oz | = | uncja |
| ib | = | funt |
| kg | = | kilogram |
| g | = | gram |

## Moc / energia

| | | |
|---|---|---|
| hp | = | koń mechaniczny |
| W | = | wat |
| kW | = | kilowat |
| kWh | = | kilowatogodzina |

## Objętość

| | | |
|---|---|---|
| l | = | litr |
| ml | = | mililitr |
| cu in | = | cal sześcienny |
| cu ft | = | stopa sześcienna |
| gal | = | galon |
| fl oz | = | uncja objętości |

## Elektryczne

| | | |
|---|---|---|
| A | = | amper |
| V | = | wolt |
| W | = | wat |
| Ω | = | om |
| F | = | farad |

# Formuły i przeliczniki

W tym rozdziale podane są pewne przydatne wzory i przeliczniki.

Wzory służą do obliczania np. znamionowego momentu obrotowego silnika, momentu bezwładności, masy koła zamachowego itp.

Przeliczniki służą do przekształcania np. wartości kW na hp, stopni Celsjusza na stopnie Fahrenheita, km/h na mile na godzinę itp.

## Prawo Ohma

$$I = \frac{U}{R} \qquad R = \frac{U}{I} \qquad U = I \times R$$

I = Prąd (amper)
U = Napięcie (wolt)
R = Rezystancja (om)

## Znamionowy moment obrotowy silnika

$$M_r = \frac{9550 \times P_r}{n_r}$$

$M_r$ = Moment znamionowy, Nm
$P_r$ = Moc znamionowa silnika, kW
$n_r$ = Prędkość znamionowa silnika, obr./min

## Moment bezwładności

$$J = \frac{m(R^2 + r^2)}{2}$$

J = Moment bezwładności, $kgm^2$
m = Masa koła zamachowego, kg
R = Zewnętrzny promień, m
r = Wewnętrzny promień, m

## Masa koła zamachowego

$mD^2$ lub $GD^2$ ($mD^2 \sim GD^2$)

$mD^2$ = Masa koła zamachowego, $kpm^2$
$GD^2$ = Masa koła zamachowego, $kgm^2$

## Relacja między momentem bezwładności a masą koła zamachowego

$$J = \frac{1}{4} GD^2 = \frac{1}{4} mD^2$$

J = Moment bezwładności, $kgm^2$
$mD^2$ = Masa koła zamachowego, $kpm^2$
$GD^2$ = Masa koła zamachowego, $kgm^2$

## Moment bezwładności wału pod obciążeniem przeliczany na wał silnika

$$J'_b = \frac{J_b \times n_b^2}{n^2}$$

$J'_b$ = Moment bezwładności przeliczany na wał silnika, $kgm^2$
$J_b$ = Moment bezwładności dla obciążenia, $kgm^2$
$n_b$ = Prędkość obciążenia, obr./min
$n_r$ = Prędkość silnika, obr./min

## Moment obciążenia wału pod obciążeniem przeliczany na wał silnika

$$M'_b = \frac{M_b \times n_b}{n_r}$$

$M'_b$ = Moment obciążenia przeliczany na wał silnika, Nm

$M_b$ = Moment obciążenia, Nm

$n_b$ = Prędkość obciążenia, obr./min

$n_r$ = Prędkość silnika, obr./min

## Moc elektryczna

$$P = \frac{U \times I \times PF}{1000} \quad \text{(1-fazowa)}$$

$$P = \frac{U \times I \times PF \times \sqrt{2}}{1000} \quad \text{(2-fazowa)}$$

$$P = \frac{U \times I \times PF \times \sqrt{3}}{1000} \quad \text{(3-fazowa)}$$

P = Moc w kW

PF = Współczynnik mocy

# Przeliczniki

## Długość

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 mila | = | 1,609344 km | 1 km | = | 0,621 mili |
| 1 jard | = | 0,9144 m | 1 m | = | 1,09 jarda |
| 1 stopa | = | 0,3048 m | 1 m | = | 3,28 stopy |
| 1 cal | = | 25,4 mm | 1 mm | = | 0,039 cala |

## Prędkość

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 węzeł | = | 1,852 km/h | 1 km/h | = | 0,540 węzła |
| 1 mila/h | = | 1,61 km/h | 1 km/h | = | 0,622 mili/h |
| 1 m/s | = | 3,6 km/h | 1 km/h | = | 0,278 m/s |

## Powierzchnia

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 akr | = | 0,405 ha | 1 ha | = | 2,471 akra |
| 1 $ft^2$ | = | 0,0929 $m^2$ | 1 $m^2$ | = | 10,8 $ft^2$ |
| 1 $in^2$ | = | 6,45 $cm^2$ | 1 $cm^2$ | = | 0,155 $in^2$ |

## Objętość

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 $ft^3$ | = | 0,0283 $m^3$ | 1 $m^3$ | = | 35,3 $ft^3$ |
| 1 $in^3$ | = | 16,4 $cm^3$ | 1 $cm^3$ | = | 0,0610 $in^3$ |
| 1 galon | = | 4,55 l (UK) | 1 l | = | 0,220 galona (UK) |
| 1 galon | = | 3,79 l (US) | 1 l | = | 0,264 galona (US) |
| 1 półkwarta | = | 0,568 l | 1 l | = | 1,76 półkwarty |

## Masa

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 lb | = | 0,454 kg | 1 kg | = | 2,20 lb |
| 1 oz | = | 28,3 g | 1 g | = | 0,0352 oz |

## Moment obrotowy

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 Nm | = | 0,101kgm | 1 kgm | = | 9,806 Nm |

## Moment bezwładności

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 $Nm^2$ | = | 2,42 ft.-$lb^2$ | 1 ft.-$lb^2$ | = | 0,41322 $Nm^2$ |
| 1 $kgm^2$ | = | 0,2469 ft.-$lb^2$ | 1 ft.-$lb^2$ | = | 4,0537 $kgm^2$ |
| 1 oz.-$in^2$ | = | 0,000434 ft.-$lb^2$ | 1 ft.-$lb^2$ | = | 2304,147 oz. $in^2$ |

## Siła

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 kp | = | 9,80665 N | 1 N | = | 0,102 kp |
| 1 lbf | = | 4,45 N | 1 N | = | 0,225 lbf |

## Energia

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 kpm | = | 9,80665 J | 1 J | = | 0,102 kpm |
| 1 cal | = | 4,1868 J | 1 J | = | 0,239 cal |
| 1 kWh | = | 3,6 MJ | 1 MJ | = | 0,278 kWh |

## Moc

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 KM | = | 0,736 kW | 1 kW | = | 1,36 KM |
| 1 KM | = | 0,746 kW (UK; US) | 1 kW | = | 1,34 KM (UK; US) |
| 1 kcal/h | = | 1,16 W | 1 W | = | 0,860 kcal/h |

## Temperatura

| | | |
|---|---|---|
| 0 °C | = | 32 °F |
| °C | = | 5 / 9 (°F -32) |
| 0 °F | = | -17,8 °C |
| °F | = | 9 / 5 (°C +32) |

# Terminologia

| | |
|---|---|
| AC | Prąd przemienny. |
| Bezpieczniki półprzewodnikowe | Specjalny rodzaj szybkich bezpieczników, które używane są jako zabezpieczenie tyrystora ze względu na to, że zwykłe (gG/gL i aM) bezpieczniki nie są wystarczająco szybkie. |
| Bezwładność | Miara oporu ciała na zmianę prędkości niezależnie od tego, czy ciało jest w ruchu ze stałą prędkością czy w stanie spoczynku. Prędkość może być obrotowa lub liniowa. |
| Bramka | Element sterujący tyrystora. Jeśli do tyrystora przyłożone zostanie niewielkie napięcie dodatnie, zacznie on przewodzić. |
| Cos phi | Patrz Współczynnik mocy. |
| CSA | Canadian Standard Association. |
| Cykl | Sekwencja operacji, która powtarzana jest regularnie, lub czas wykonania jednej operacji. |
| Cykl pracy | Cały cykl od jednego rozruchu do następnego, który obejmuje czas narastania, czas redukowania, zadziałanie i ewentualny czas wstrzymania. |
| Częstotliwość | Liczba okresowych cykli na jednostkę czasu. |
| DC | Prąd stały. |
| DOL | Rozruch bezpośredni. Typowa metoda rozruchu. |
| EMF | Siła elektromotoryczna, czyli inny termin określający napięcie lub różnicę potencjałów, np. napięcie generowane przez silnik. |
| EPD | Deklaracja środowiskowa produktu, czyli opis, jak dany produkt wpływa na środowisko. |
| ESD | Wyładowanie elektrostatyczne. |
| FBP | FieldBusPlug: złącze, które umożliwia dokonanie wyboru między różnymi protokołami magistrali polowej. |
| Hałas | Niepożądane zakłócenia w nośniku komunikacji, które mogą zniekształcać przesyłane dane. |
| IEC | Międzynarodowa Komisja Elektrotechniczna, która jest częścią Międzynarodowej Organizacji Normalizacyjnej (ISO). |

| | |
|---|---|
| Jog | Chwilowe wprawienie silnika w ruch przez powtarzające się zwieranie obwodu przy użyciu elementu stykowego lub przycisku. |
| Klasa wyzwalania | Klasa wyzwalania wyznacza czas rozruchu przy określonym prądzie, po którym następuje wyzwolenie. Istnieją różne klasy, np. 10, 20, 30 itp., przy czym klasa 30 zapewnia najdłuższy czas rozruchu. |
| Komunikacja szeregowa | Sposób przekazywania danych w sieci między różnymi węzłami przy użyciu pewnego rodzaju protokołu. |
| LCA | Ocena cyklu życia, czyli analiza, jak produkt wpływa na środowisko od początku do końca istnienia. |
| LCD | Wyświetlacz ciekłokrystaliczny, czyli element służący do wyświetlania wskazań w zegarkach elektronicznych, komputerach przenośnych i niektórych softstartach. |
| LED | Dioda elektroluminescencyjna. |
| Łożysko | Element służący do zmniejszenia tarcia między obracającymi się urządzeniami i zwiększenia ich trwałości. |
| Masa koła zamachowego | Łączna masa (mD2 lub GD2) wirującego ciała, zazwyczaj podawana w $kpm^2$ lub $kgm^2$. Wartość masy koła zamachowego to 4-krotność momentu bezwładności. |
| MCCB | Kompaktowy wyłącznik nadprądowy |
| Mikroprocesor | Centralna jednostka obliczeniowa zbudowana z układów scalonych o dużej skali integracji. |
| MMS | Wyłącznik silnikowy |
| Moc | Moc wykonywana w jednostce czasu określana w koniach mechanicznych (KM), watach (W) lub, najczęściej, kilowatach (kW). |
| Moc bierna | Moc zużywana przez silnik na jego namagnesowanie. |

# Terminologia

| | |
|---|---|
| Moc czynna | Moc zużywana przez silnik, która jest przekształcana na pracę mechaniczną. |
| Moc pozorna | Łączna moc zużywana przez silnik. Składa się na nią zarówno moc czynna, jak i bierna. |
| Moment obciążenia | Moment hamujący wał silnika wywołany przez obciążenie. Jeśli moment hamujący jest równy lub prawie równy znamionowemu momentowi obrotowemu silnika, można go określić jako wysoki moment obciążenia. |
| Moment znamionowy | Moment obrotowy silnika, który obraca się z prędkością znamionową. |
| Moment znamionowy | Patrz Moment znamionowy. |
| Napięcie łączeniowe | Napięcie, którym jest zasilany silnik, zazwyczaj 3-fazowe. |
| Napięcie obwodu sterowania | Napięcie służące do sterowania softstartem (wydawania sygnałów startu/stopu). |
| Napięcie zasilania sterowania | Napięcie, którym jest zasilany np. softstart. |
| NEMA | The National Electrical Manufacturers Association (USA) |
| Normalny rozruch | Rozruch z obciążeniem, które jest bardzo małe lub ma średnio wysoki moment bezwładności. Jako rozruch normalny można określić czas rozruchu bezpośredniego krótszy niż 5 sekund. |
| Obejście | Stycznik obejściowy służy do obejścia innego aparatu, np. softstartu, w celu zmniejszenia strat mocy. |
| Obniżanie wartości znamionowych | Jeśli aparat musi być używany z obniżonymi wartościami znamionowymi (zazwyczaj prądem) wskutek wysokiej temperatury otoczenia lub dużej wysokości n.p.m. |
| Odwracanie silnika. | Zmiana kierunku obrotów wirnika lub twornika |
| Ograniczenie prądu | Elektroniczna metoda ograniczania prądu rozruchowego dostarczanego do silnika podczas rozruchu. Zazwyczaj ustawienie to można regulować tak, aby moment obrotowy silnika wystarczający do jego rozpędzenia. |

| | |
|---|---|
| PCBA | Płytki obwodu drukowanego to obwody drukowane wewnątrz softstartu. |
| PLC | Sterownik programowalny PLC to składający się z centralnego procesora, interfejsów wejścia-wyjścia i pamięci przemysłowy układ sterowania. Układ PLC służy m.in. do przechowywania instrukcji, synchronizacji czasowej, zliczania, sporządzania raportów, sterowaniem wejściem/wyjściem. |
| Połączenie w gwiazdę | Rodzaj połączenia, w którym poszczególne uzwojenia w obwodzie wielofazowym połączone są na jednym końcu do jednego wspólnego punktu. |
| Połączenie w szereg | Rodzaj połączenia, w którym aparaty w głównym obwodzie zasilania połączone są szeregowo ze sobą. |
| Połączenie w trójkąt | Rodzaj połączenia silnika, w którym uzwojenia połączone są w trójkąt. |
| Połączenie w Y | Patrz Połączenie w gwiazdę. |
| Połączenie wewnątrz obwodu w trójkąt | Rodzaj połączenia, w którym aparaty połączone są wewnątrz obwodu w trójkąt silnika. Prąd jest wtedy niższy i wynosi $1/\sqrt{3}$ = 58% prądu liniowego. |
| Pomiar oporności izolacyjnej | Jest to pomiar dokonywany normalnie w megaomach przy użyciu pełnego napięcia i przy niskim prądzie, który służy do badania rezystancji w układzie izolacji. Może też służyć np. do kontroli tyrystorów. |
| Poślizg | Różnica (określana zazwyczaj procentowo) między prędkością synchroniczną a prędkością wirnika silnika indukcyjnego AC. |
| Prąd blokady wirnika | Prąd pobierany z linii, gdy wirnik jest nieruchomy przy znamionowym napięciu i częstotliwości. Podczas rozruchu bezpośredniego silnika jest to prąd liniowy. |
| Prąd znamionowy | Prąd znamionowy to prąd pobierany przez silnik pod pełnym obciążeniem przy jego prędkości znamionowej. |
| Prędkość asynchroniczna | Prędkość zmiennoprądowego silnika indukcyjnego pod pełnym obciążeniem i przy pełnym napięciu. Zwana także prędkością znamionową. |

# Terminologia

| | |
|---|---|
| Prędkość synchroniczna | Prędkość wirującego pola magnetycznego silnika indukcyjnego AC uwarunkowana częstotliwością i liczbą biegunów magnetycznych w poszczególnych fazach uzwojeń stojana. |
| Prędkość znamionowa | Patrz Prędkość asynchroniczna. |
| Protokół | Zbiór konwencji regulujących format i synchronizację przesyłania danych między urządzeniami komunikacyjnymi. |
| Przekaźnik przeciążeniowy | Aparat zapobiegający przegrzaniu się silnika. Może być typu elektronicznego lub termicznego. |
| Radiator | Element, często z aluminium, który służy do pozbywania się z wnętrza aparatu elektrycznego ciepła wytwarzanego przez prąd. |
| Regulacja momentu obrotowego | Tryb działania softstartu, w którym reguluje on moment obrotowy silnika zamiast napięcia. |
| Rozruch o wysokiej mocy | Rozruch z obciążeniem, które jest bardzo duże lub ma bardzo wysoki moment bezwładności. Jako rozruch o wysokiej mocy można określić czas rozruchu bezpośredniego dłuższy niż 5 sekund. |
| Rozruch równoległy | Równoległy rozruch silników następuje zazwyczaj wtedy, gdy dwa lub więcej silników uruchamianych jest w tym samym czasie za pomocą tego samego softstartu. |
| Rozruch sekwencyjny | Sekwencyjny rozruch silników następuje zazwyczaj wtedy, gdy dwa lub więcej silników uruchamianych jest jeden po drugim w pewnej kolejności za pomocą tego samego softstartu. |
| SCR Krzemowy Tyrystor. | prostownik zwany często tyrystorem. Patrz |
| Sieć | Pewna liczba węzłów połączonych ze sobą za pomocą nośnika komunikacji dowolnego rodzaju. Do komunikacji w sieci może być używany jeden typ łącza lub wiele typów łączy. |
| Silnik indukcyjny | Silnik AC z uzwojeniem pierwotnym (zazwyczaj stojanem) połączonym z zasilaczem i uzwojeniem wtórnym (zazwyczaj wirnikiem) przenoszącym wzbudzony prąd. |

| | |
|---|---|
| Sprawność | Stosunek między mechaniczną mocą wyjściową a elektryczną mocą wejściową. Jest on podany procentowo i oznacza, jak sprawnie silnik przekształca energię elektryczną na mechaniczną. |
| Stopień ochrony | Wyznaczana i określana jako IP (International Protection) klasa oznaczająca stopień szczelności na przenikanie ciał stałych oraz wody i odporności na styczność z nimi. |
| Strona D | Tą stroną zazwyczaj jest strona nienapędowa silnika elektrycznego. |
| Strona N | Tą stroną zazwyczaj jest strona nienapędowa silnika elektrycznego. |
| Styk normalnie rozwarty | Styk lub zbiór styków (NO), które są rozwarte, gdy przekaźnik lub wyłącznik nie działa. Zwarcie styków następuje w momencie zadziałania przekaźnika lub wyłącznika. |
| Styk normalnie zwarty | Styk lub zbiór styków (NC), które są zwarte, gdy przekaźnik lub wyłącznik nie działa. Rozwarcie styków następuje w momencie zadziałania przekaźnika lub wyłącznika. |
| Temperatura otoczenia | Temperaturą otoczenia jest temperatura wody, powietrza lub innego medium, które otacza aparat w trakcie pracy lub składowania. |
| Tyrystor | Wyłącznik półprzewodnikowy z anodą, katodą i elementem sterującym zwanym bramką, za pomocą którego można go dowolnie włączać. Jest on w stanie szybko łączyć duże prądy przy wysokich napięciach. |
| Uc | Napięcie obwodu sterowania |
| Ue | Napięcie łączeniowe |
| Układ scalony | Mały element elektroniczny, który może składać się z tysięcy tranzystorów zamontowanych zazwyczaj na obwodzie drukowanym. |

# Terminologia

| | |
|---|---|
| UL | Underwriters Laboratories (urząd dopuszczający). |
| Us | Napięcie zasilania sterowania |
| Usterka | Jakakolwiek wada, której wystąpienie zakłóca normalną pracę |
| Współczynnik mocy | Różnica faz stwierdzona między napięciem a prądem w obwodzie prądu zmiennego, która reprezentowana jest przez kosinus kąta. |
| Współczynnik wykorzystania | Relacja między długością okresu pracy maszyny (czas włączenia) a długością okresu jej spoczynku (czas wyłączenia) w trakcie cyklu. |

# Indeks alfabetyczny


(DOL) 29, 32, 34, 37

A
ATEX 59

B
Bezpieczniki 62
Bezpieczniki półprzewodnikowe 62

C
CANopen 51
Czas narastania 54
Czas redukowania 54
Często zadawane pytania 69

D
Definicje napięcia 2
DeviceNet 51
Dobór softstartu 39
Dopuszczenia 1
Dopuszczenia morskie 2
Duża wysokość n.p.m., obniżenie wartości znamionowych 41

E
Elektroniczny przekaźnik przeciążeniowy (EOL) 13, 18, 21, 39, 55, 63

F
Formuły i przeliczniki 72

H
Hamujący moment obciążenia 10
Harmoniczne 68

I
Ilości i jednostki 71
Informacje środowiskowe 67
Instalacje 26

J
Jednostki 71

K
Kategorie zastosowania 61
Kąt wysterowania 22
Klasa sprawności 5
Koordynacja 60, 66
Kruszarka 37

L
Liczba rozruchów na godzinę 44
Limit prądu 56

M
Magistrala polowa 51
MCCB 62
Metody rozruchu 12
Młyn 37
MMS 62
Modbus 51
Moment bezwładności 11
Moment obrotowy 9
Moment przyspieszający 10

N
Napęd o zmiennej prędkości 14
Napędy 14
Napięcie 7
Napięcie końcowe 55
Napięcie łączeniowe 3
Napięcie obwodu sterowania 3, 50

# Indeks alfabetyczny


Napięcie początkowe 55
Napięcie zasilania sterowania 3, 50
Normalny rozruch 11
Normy 1
Normy CCC 2

O
Obejście 21, 50, 65, 66
Obwód sterowania 50
Oznakowanie CE 1

P
Płytka obwodu drukowanego (PCBA) 21
Połączenie 46, 50
Połączenie w gwiazdę 7
Połączenie w szereg 46
Połączenie w trójkąt 7
Połączenie w Y 7
Połączenie wewnątrz obwodu w trójkąt 46
Pompa 29
Pompa odśrodkowa
  Patrz Pompa
Praca w strefie zagrożenia wybuchem (Ex) 58
Prąd 8
Prędkość 6
Profibus 51
Prosoft 45
Przekaźniki sygnałów wyjściowych 50
Przeliczniki 74
Przemiennik częstotliwości 16

R
Regulacja momentu obrotowego 24, 54
Regulowany znamionowy prąd silnika 55
RoHS 67
Rozruch bezpośredni 13, 27
Rozruch o wysokiej mocy 11
Rozruch równoległy 48
Rozruch sekwencyjny 49
Rozrusznik gwiazda-trójkąt 14, 27, 30, 32, 35, 37

S
Silniki 4
  Klasa sprawności 5
  Moment obrotowy 9
  Napięcie 7
  Prąd 8
  Prędkość 6
  Silnik klatkowy 5
  Silniki pierścieniowe 9
  Współczynnik mocy 8
Silniki klatkowe 5
Silniki pierścieniowe 9
Składowa DC 52

Softstart 18, 21, 28, 31, 33, 36, 38
Duża wysokość n.p.m. 41
Funkcje 22
Liczba rozruchów na godzinę 44
Obejście 21, 50, 65, 66
Temperatura otoczenia 40
Wybieranie — ściągawka 39
Zdolność rozruchowa 42
Sprężarka 32
Sterowanie 2-fazowe 52
Strona D 4
Strona N 4
Stycznik główny 47
Stycznik liniowy 47

T
Tabele koordynacji 64
Temperatura otoczenia 40
Terminologia 76
Transporter taśmowy 34
Tyrystor 21, 22
Czas narastania 54
Czas redukowania 54
Napięcie końcowe 55
Napięcie początkowe 55
Ograniczenie prądu 56
Regulacja momentu obrotowego 54
Regulowany znamionowy prąd silnika 55
Ustawienia 54
Zalecane ustawienia 57

U
Uziemienie funkcjonalne 50

W
Warunki obciążenia 10
Wentylator 27
Wentylator odśrodkowy Patrz Wentylator
Współczynnik mocy 8
Współczynnik stanów 44
Wyjście analogowe 50
Wymagania CSA 2
Wymagania UL 2

Z
Zabezpieczenia 62
Zabezpieczenie przeciążeniowe 13, 18, 21, 39, 42, 46, 55, 63, 65
Zalecane ustawienia 57
Zdolność rozruchowa 42

# Więcej informacji

**ABB Sp. z o.o.**
**Siedziba spółki**
ul. Żegańska 1
04-713 Warszawa
tel.: 22 22 02 147
fax: 22 22 02 223

**Oddział w Aleksandrowie Łódzkim**
ul. Placydowska 27
95-070 Aleksandrów Łódzki
tel. kom.: 603 720 012
tel. kom.: 605 783 421

**Oddział we Wrocławiu**
ul. Bacciarellego 54
51-649 Wrocław
tel.: 71 34 75 519
fax: 71 34 75 644
tel. kom.: 607 225 907
tel. kom.: 601 620 425

**Regionalne Biuro Sprzedaży**
**w Gdańsku**
ul. Wały Piastowskie 1
80-855 Gdańsk
tel.: 58 30 74 469
fax: 58 30 74 672
tel. kom.: 601 839 006
tel. kom.: 723 981 190

**www.abb.pl**

**Regionalne Biuro Sprzedaży**
**w Katowicach**
ul. Uniwersytecka 13
40-007 Katowice
tel.: 32 79 09 201
fax: 32 79 09 200
tel. kom.: 693 912 758
tel. kom.: 605 902 596

**Regionalne Biuro Sprzedaży**
**w Krakowie**
ul. Starowiślna 13a
31-038 Kraków
tel. kom.: 601 621 587

**Regionalne Biuro Sprzedaży**
**w Lublinie**
ul. Skłodowskiej 2/9A
29-029 Lublin
tel.: 81 44 11 013
fax: 81 44 11 013
tel. kom.: 601 621 680
tel. kom.: 603 720 076

**Regionalne Biuro Sprzedaży**
**w Poznaniu**
ul. Dziadoszańska 10
61-248 Poznań
tel.: 61 63 66 000
fax: 61 66 88 020
tel. kom.: 601 552 022
tel. kom.: 601 951 297

ABB zastrzega sobie prawo do dokonywania zmian technicznych bądź modyfikacji zawartości niniejszego dokumentu bez uprzedniego powiadamiania. W przypadku zamówień obowiązywać będą uzgodnione warunki. ABB Sp. z o. o. nie ponosi żadnej odpowiedzialności za potencjalne błędy lub możliwe braki informacji w tym dokumencie.

Zastrzegamy wszelkie prawa do niniejszego dokumentu i jego tematyki oraz zawartych w nim zdjęć i ilustracji. Jakiekolwiek kopiowanie, ujawnianie stronom trzecim lub wykorzystanie jego zawartości w części lub w całości bez uzyskania uprzednio pisemnej zgody ABB Sp. z o. o. jest zabronione.

© Copyright 2011 ABB
Wszelkie prawa zastrzeżone

3122PL598-W1-pl. Wydanie 02.2012

Power and productivity
for a better world™