

PORADNIK TECHNICZNY

Sprzężenie i sterowanie silnika elektrycznego z maszyną: sprzęgło, osiowanie wałów i rozruch przez falownik lub softstart - na co uważać przy wymianie (Siemens, ABB, Danfoss)

Po wymianie silnika maszyna często zachowuje się inaczej niż wcześniej: sprzęgło stuka, łożyska szybciej się nagzewają, a przekładnia dostaje szarpnięcie przy każdym starcie. Silnik elektryczny napędza pompę, wentylator, przenośnik lub sprężarkę przez sprzęgło. To, czy rozruch jest bezpośredni, przez softstart czy przez falownik, decyduje o obciążeniu przekładni, łożysk i samego sprzęgła. Wymiana silnika albo układu rozruchowego często odsłania problemy, które wcześniej były niewidoczne, na przykład zużyty wpust, luz na wale czy odkształconą stopę silnika.

W tym artykule zebraliśmy to, co technik powinien sprawdzić przy sprzęgle, osiowaniu wałów i wyborze rozruchu. Wartości graniczne zawsze bierz z dokumentacji konkretnego silnika, sprzęgła i maszyny.

Jak sposób rozruchu obciąża sprzęgło, przekładnię i łożyska

Rozruch bezpośredni jest najprostszy, ale daje największe szarpnięcie w całym układzie napędowym. Danfoss wymienia wśród wad rozruchu bezpośredniego zużycie łożysk silnika, zużycie przekładni oraz uderzenia hydrauliczne (tzw. uderzenia wodne) w instalacjach z pompami. Softstart i falownik pozwalają rozpędzić silnik łagodniej, a to odciąża sprzęgło i resztę napędu.

Siemens opisuje korzyści softstartów SIRIUS 3RW: zmniejszenie obciążenia mechanicznego w mechanizmie roboczym oraz redukcję szczytów prądu. Przy sprzęgle oznacza to mniej uderów momentu na każdy start. Różnica między rozwiązaniami jest jednak istotna dla doboru. Softstart ogranicza prąd i moment przez podnoszenie napięcia, ale nie zmienia częstotliwości. Danfoss podkreśla, że softstart nie zmienia częstotliwości. Falownik daje pełniejszą kontrolę prędkości i momentu w całym zakresie pracy.

Sprzęgło, osiowanie i montaż silnika

Dobre osiowanie zaczyna się od oględzin. Przed montażem nowego silnika obejrzyj sprzęgło i końcówki wałów: poszukaj luzów, pęknięć, śladów zużycia i uszkodzonego rowka wpustowego. Sprawdź też stopę silnika i podkładki pod nią. Nierówna lub zniekształcona podstawa psuje osiowanie nawet wtedy, gdy wały ustawiono starannie.

Osiowanie sprawdzaj czujnikami zegarowymi lub laserem, przed wymianą i po niej, a po dociągnięciu śrub mocujących ponów pomiar. Dopuszczalne odchyłki bierz z dokumentacji sprzęgła i maszyny.

Instrukcja silników niskiego napięcia ABB zawiera dwie uwagi o elementach osadzanych na wale. Po pierwsze, silnik jest standardowo wyważony z użyciem połowy wpustu, co trzeba uwzględnić przy osadzaniu półsprzęgła lub koła pasowego. Po drugie, przy napędzie pasowym pasy należy napinać według instrukcji dostawcy napędzanego urządzenia, nie przekraczając maksymalnych sił na pasy (czyli obciążenia promieniowego łożysk) podanych w katalogach produktu.

Podejście producentów do rozruchu przez softstart

Poniżej zestawiono to, co dokumentacja każdego producenta mówi o doborze i rozruchu. Softstarty różnych producentów nie są tu przedstawione jako wymienne, a ustawień nie wolno bezkrytycznie przenosić z jednego urządzenia na drugie.

ABB opisuje w swoim kompendium softstartów zasady doboru. Przy normalnym rozruchu softstart dobiera się do mocy znamionowej silnika, a przy rozruchu o wysokiej mocy wybiera się aparat o jeden rozmiar większy. Podczas rozruchu z softstartem prąd jest 3 do 4 razy większy niż prąd znamionowy silnika. Gdy liczba rozruchów przekracza 10 na godzinę, ABB każe wybrać softstart o jeden rozmiar większy.

Siemens zaznacza w katalogu, że dobór softstartu zależy od znamionowego prądu silnika, i zaleca program doboru i symulacji Win-Soft Starter. Softstarty SIRIUS 3RW30 są przeznaczone do łatwych warunków rozruchu, a przy innych warunkach lub większej częstotliwości łączeń może być potrzebne większe urządzenie. 3RW40 ma wbudowane elektroniczne zabezpieczenie silnika przed przeciążeniem i regulowane ograniczenie prądu.

Danfoss wskazuje, że prąd znamionowy softstartu zależy od liczby startów na godzinę, czasu trwania i poziomu prądu przy każdym starcie oraz od czasu między startami. Wybrany softstart powinien mieć prąd znamionowy co najmniej równy prądowi silnika przy pełnym obciążeniu, odczytanemu z tabliczki znamionowej. Dla MCD 600 producent podaje przykład z klasy AC-53b: maksymalny prąd rozruchu $4 \times \text{FLC}$ (42 A), 6 s rozruchu i minimum 354 s przerwy między startami.

| Parametr | ABB softstart | Siemens SIRIUS 3RW40 | Danfoss MCD 600 |

|---|---|---|---|

| Zasada doboru | przy ponad 10 rozruchach na godzinę wybrać softstart o jeden rozmiar większy | dobór softstartu zależy od znamionowego prądu silnika | prąd znamionowy softstartu co najmniej równy prądowi silnika przy pełnym obciążeniu |

| Narzędzie doboru | \- | program doboru i symulacji Win-Soft Starter | \- |

| Prąd rozruchu z softstartem | podczas rozruchu prąd 3 do 4 razy większy niż prąd znamionowy silnika | \- | \- |

| Maksymalny prąd rozruchu (przykład AC-53b) | $\sqrt{3}$ | $\sqrt{3}$ | $4 \times \text{FLC}$ (42 A) |

| Czas rozruchu i przerwa między startami (przykład AC-53b) | $\sqrt{3}$ | $\sqrt{3}$ | 6 s rozruchu, min. 354 s między startami |

| Napięcie znamionowe | $\sqrt{3}$ | wersje 200 ... 480 V oraz 400 ... 600 V | 200-690 V AC |

| Zakres prądu | $\sqrt{3}$ | $\sqrt{3}$ | 20-1 250 A |

| Ustawienia podstawowe (przenośnik taśmowy) | napięcie początkowe 40%, czas narastania 10 s, ograniczenie prądu $4 \sqrt{3} I_e$ | $\sqrt{3}$ | $\sqrt{3}$ |

Przykładowe ustawienia początkowe i zakres urządzeń

Ustawienia początkowe są wyłącznie punktem wyjścia i trzeba je dopracować przy uruchomieniu. ABB podaje zalecane ustawienia podstawowe dla przenośnika taśmowego: czas narastania 10 s, czas redukowania 0 s (10 s przy delikatnym materiale), napięcie początkowe 40% i ograniczenie prądu $4 \sqrt{3} I_e$. *Dla wentylatora zalecane jest napięcie początkowe 30%, czas narastania 10 s i ograniczenie prądu $4 \sqrt{3} I_e$.* Wentylator ma zazwyczaj duże koło zamachowe i wymaga rozruchu o wysokiej mocy, więc ABB każe wybrać softstart o jeden rozmiar większy niż wielkość kW silnika. W takich instalacjach nie należy nigdy stosować stopniowego obniżania napięcia podczas zatrzymywania.

Siemens podaje w katalogu przykładowe wartości dla normalnego rozruchu (klasa 10). Napięcie początkowe wynosi 70% dla przenośnika taśmowego, 60% dla przenośnika rolkowego, 50% dla sprężarki, a dla małego wentylatora, pompy i pompy hydraulicznej po 40%. Czasy rozruchu to odpowiednio 10 s, 10 s, 20 s, 20 s, 10 s i 10 s. Producent zaznacza, że wartości służą tylko informacji, nie są wiążące i trzeba je zoptymalizować podczas uruchomienia, a rzeczywiste czasy rozruchu zależą od obciążenia.

Zakresy urządzeń Siemens różnią się wyraźnie. 3RW30 ma moc do 75 Hp (przy 460 V) i prąd znamionowy do 50 °C w zakresie 3...98 A, a 3RW40 do 300 Hp (przy 460 V) i prąd znamionowy do 50 °C w zakresie 11...385 A. 3RW44 obsługuje do 900 Hp w układzie szeregowym i do 1600 Hp w układzie wewnątrz trójkąt. Dla 3RW30 i 3RW40 napięcie początkowe regulujemy w zakresie 40...100%, a dla 3RW44 w zakresie 20...100%. Tylko 3RW44 ma granicę momentu 20...200%.

Podłączenie silnika do softstartu i falownika

Przed zamówieniem softstartu sprawdź, jak silnik jest połączony i jak jest dostępny w skrzynce zaciskowej. Według instrukcji ABB skrzynka zaciskowa standardowych silników jednobiegowych zwykle zawiera sześć zacisków uzwojeń i co najmniej jeden zacisk uziemiający, co umożliwia rozruch bezpośredni lub gwiazda-trójkąt. Przy rozruchu bezpośrednim można użyć połączenia w gwiazdę lub w trójkąt. Przy połączeniu w trójkąt napięcie zasilania musi być równe napięciu znamionowemu silnika, a przy rozruchu gwiazda-trójkąt należy wyjąć wszystkie łączniki z listwy zaciskowej.

Połączenie softstartu wewnątrz obwodu w trójkąt zmienia obciążenie prądowe. ABB podaje, że softstart przewodzi wtedy tylko 58% ($1/\sqrt{3}$) prądu połączenia szeregowego.

Na co uważać przy wymianie

Poniższe punkty wynikają z dokumentacji producentów i z ogólnej praktyki utrzymania ruchu. Każdy dotyczy innego miejsca w układzie, więc sprawdź je przed zamówieniem części i przed uruchomieniem.

- **ABB - wiele rozruchów na godzinę:** przy ponad 10 rozruchach na godzinę wybierz softstart o jeden rozmiar większy. Policz rozruchy, zanim wybierzesz rozmiar, bo zbyt mały softstart będzie się przegrzewał.
- **Siemens - dobór:** softstart dobiera się wg znamionowego prądu silnika, a producent zaleca program Win-Soft Starter. Prąd odczytaj z tabliczki nowego silnika, a nie ze starej.
- **ABB - wyższa temperatura otoczenia:** softstart może pracować w wyższej temperaturze, jeśli prąd znamionowy zostanie proporcjonalnie obniżony według zaleceń producenta. Dla softstartów ABB podano obniżenie o 0,8% na °C powyżej 40°C, więc sprawdź temperaturę w rozdzielnicy.
- **ABB - stycznik główny:** przy jednoczesnym sygnale startu dla stycznika głównego i softstartu urządzenie może zasignalizować utratę fazy. Opóźnij sygnał startu softstartu o około 0,5 s. ABB zaznacza, że softstart nie wymaga stycznika głównego, ale zaleca go jako wyłącznik awaryjny lub wyzwalacz przełącznika przeciążeniowego.
- **ABB - próba bez silnika:** nie da się sprawdzić softstartu bez silnika, bo przez urządzenie nie popłynąłby prąd. Zaplanuj próbę z podłączonym silnikiem.
- **ABB - napięcie sieci i obciążenie:** producent gwarantuje pełną sprawność przy tolerancji napięcia sieci -15% i 10% wartości znamionowej. Softstarty ABB są przeznaczone wyłącznie do obciążeń indukcyjnych.
- **Siemens 3RW30:** to urządzenie do łatwych warunków rozruchu. Przy odmiennych warunkach lub większej częstotliwości łączzeń może być potrzebne większe urządzenie, a prąd znamionowy przy temperaturze powyżej 40 °C sprawdź w danych technicznych.
- **Danfoss - częstotliwość startów:** prąd znamionowy softstartu zależy od liczby startów na godzinę, czasu trwania i poziomu prądu oraz przerwy między startami. Podaj te dane przy doborze, nie tylko moc silnika.
- **Sprzęgło i wały:** obejrzyj sprzęgło i wały pod kątem luzów, pęknięć, śladów zużycia i stanu wpustu. Sprawdź też stopę silnika i podkładki.
- **Osiowanie:** sprawdź je przed montażem i po nim czujnikami zegarowymi lub laserem, a po dociągnięciu śrub zmierz ponownie.
- **Kierunek obrotów i tabliczka:** porównaj moc, prąd, napięcie i połączenie gwiazda/trójkąt z danymi poprzedniego silnika. Sprawdź kierunek obrotów przed sprzęgnięciem z maszyną.

- **Złącza i oprogramowanie:** sprawdź złącza i styki oraz wersje oprogramowania na naklejkach urządzeń.
- **Część używana:** przetestuj ją na stole probierczym i udokumentuj jej pochodzenie.

Ogólne kroki wymiany

Przed demontażem zrób kopię zapasową parametrów napędu i spisz dane z tabliczki starego silnika. Następnie dobierz rozruch i zabezpieczenia do nowych danych, zamiast zakładać, że wystarczą stare ustawienia. Po wymontowaniu starego silnika zamontuj nowy z sprzęgłem, osiuj wały i dociągnij mocowania, po czym zmierz osiowanie ponownie.

Dopiero potem podłącz przewody. Uruchom układ bez obciążenia tam, gdzie wolno, a w przypadku softstartu pamiętaj, że próba bez silnika nie jest możliwa. Następnie wykonaj test pod obciążeniem, sprawdź komunikację i sygnały oraz uzupełnij dokumentację o nowe dane silnika, ustawienia i wyniki pomiarów.

Podsumowanie

Najpierw sprawdź mechanikę: sprzęgło, wpust, stopę silnika i osiowanie. Następnie sprawdź dane tabliczki znamionowej, bo od nich zależy rozmiar softstartu. Zamawiając układ rozruchowy, policz rozruchy na godzinę i uwzględnij temperaturę otoczenia. Zaplanuj opóźnienie sygnału startu przy stycznikach oraz próbę z podłączonym silnikiem. Ustawienia z katalogów traktuj jako punkt wyjścia, a końcowe wartości dobierz podczas uruchomienia.

Enetiv to firma z Żywca handlująca częściami do automatyki przemysłowej: sterownikami PLC, falownikami, panelami HMI i urządzeniami zewnętrznymi. Oferujemy nowe, używane i regenerowane części m.in. marek Allen-Bradley (Rockwell Automation), Siemens, Schneider Electric, Bosch Rexroth, ABB oraz innych producentów dostępnych na rynku wtórnym, w konkurencyjnych cenach i z rabatami na produkty topowych marek. Specjalizujemy się także w częściach wycofanych z produkcji (EOL) oraz w serwisie, również elementów starszej generacji i nietypowych. W razie potrzeby pomagamy też zorganizować technikę automatyka na miejscu. Napisz do nas przez enetiv.com/kontakt, a pomożemy dobrać część lub zamiennik.

Źródła

- [Siemens – katalog softstartów SIRIUS 3RW \(Industrial Controls Product Catalog 2019, rozdział 7\)](#)
- [Danfoss – broszura softstartów VLT \(MCD 100, 201, 202, 600\)](#)
- [ABB – instrukcja silników niskiego napięcia](#)
- [ABB – Softstarty, kompendium wiedzy](#)