

Softstartery – cechy, zakres zastosowania, zalety oraz wady

Technika napędowa wymaga dedykowanych systemów sterowania silnikami elektrycznymi. W aplikacjach wymagających pracy przy stałej wartości prędkości obrotowej można zastosować wiele metod rozruchu oraz hamowania silników. Z punktu widzenia jakości oraz niezawodności pracy urządzeń napędowych oraz napędzanych należy wziąć pod uwagę także niekorzystne czynniki związane z dynamiką maszyn (udary sił oraz momenty oporowe) oraz fazami rozruchu i hamowania.



dr inż. Mariusz Hetmańczyk, EMT Systems Sp. z o.o.

Otrzymał tytuł doktora inżyniera w 2011 r. na Wydziale Mechanicznym Technologicznym Politechniki Śląskiej. Obecnie jest pracownikiem naukowo-dydaktycznym Instytutu Automatyki i Procesów Technologicznych i Zintegrowanych Systemów Wytwarzania. Naukowe zainteresowania skupione są wokół zagadnień automatyki i robotyki, sterowania, mechatroniki, diagnostyki przemysłowej, predykcji stanów bazującej na metodach grafowych oraz technologii MEMS. Jest autorem ponad 80 publikacji związanych z komputerowym wspomaganie diagnozy oraz prognozy rozproszonych napędów mechatronicznych.

PODSTAWY TECHNIKI NAPĘDOWEJ Z UŻYCIEM SOFTSTARTERÓW

Softstarter stanowi pośrednie rozwiązanie pomiędzy układami rozruchu gwiazda – trójkąt oraz sterowaniem za pomocą przetwornicy częstotliwości. Budowa Softstartera jest stosunkowo prosta (układ tyrystorów, elektronika sterująca, transformatory prądu oraz układ chłodzenia, rys. 1), co warunkuje zasadę jego działania oraz funkcjonalność.

Softstarter steruje wartością napięcia zasilającego silnik od zera do wartości maksymalnej, co powoduje uzyskanie łagodnego rozruchu silnika. Takie sterowanie parametrem napięcia powoduje dopasowanie wartości momentu na wale do rzeczywistych warunków pracy silnika elektrycznego (tj. obciążenia zewnętrznego). Zaletą jest brak przeciążeń mechanicznych oraz uderzeń natężeń prądów rozruchowych.

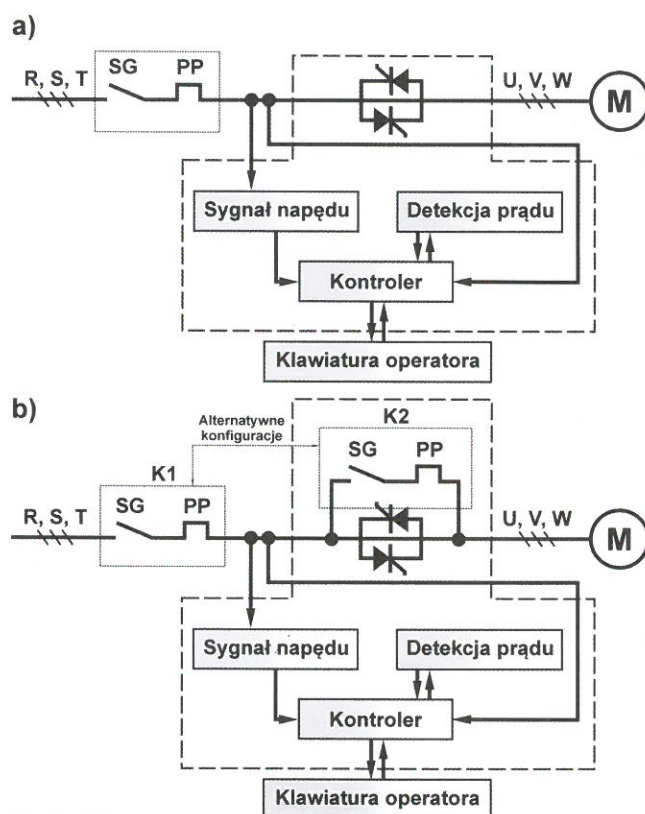
Softstarter może zostać podłączony w dwóch konfiguracjach [5,6]:

- Szeregowym (rys. 1a) – uzwojenia silnika mogą zostać połączone w gwiazdę lub trójkąt, a zabezpieczenia powinny wytrzymać znamionową wartość natężenia prądu silnika.
- Trójkąta wewnętrznego (rys. 1b) – zaletą tego rozwiązania stanowi mniejsza wartość natężenia prądu przepływającego przez układ Softstartera oraz niższe wymagania co do parametrów urządzeń zabezpieczających silnik.

ZAKRES ZASTOSOWANIA

Spektrum zastosowań Softstarterów jest bardzo szerokie, jednak można wymienić kilka podstawowych grup maszyn i urządzeń w postaci:

- pomp – redukcja niekorzystnych wpływów uderzeń hydraulicznych tłoczonych cieczy, kontrola warunków suchobiegu, niedociążenia oraz zmiany kierunku wirowania faz,



Rys. 1.

Ogólna budowa Softstartera 3-fazowego w układzie: a) szeregowym, b) trójkąta wewnętrznego (z alternatywnym podłączeniem urządzeń zabezpieczających), gdzie: SG – stycznik główny, PP – przekaźnik przeciążeniowy, K1 – zabezpieczenia dobrane jak w połączeniu szeregowym, K2 – zabezpieczenia o obniżonych parametrach wytrzymałości [5,6]

- dmuchaw oraz wentylatorów – zabezpieczenie elementów przekładni pasowych (przed zerwaniem oraz poślizgiem pasa w fazie rozruchu, a także przed skutkami uszkodzeń wtórnych występujących po zerwaniu pasa), kontrola zatkania rurociągów lub przewodów,
- sprzężarek – zapobieganie przyspieszonemu zużyciu łożysk tocznych oraz poślizgu pasów, jak i kontrola kierunku zmian wirowania faz,

Tab. 1. Podział Softstarterów ze względu na typ układu sterowania [1,3+5]

TYP UKŁADU STEROWANIA CECHY	STEROWANIE WARTOŚCIĄ MOMENTU	STEROWANIE Z OTWARTĄ PĘTLĄ NAPIĘCIA	STEROWANIE Z ZAMKNIĘTĄ PĘTLĄ NAPIĘCIA	STEROWANIE Z ZAMKNIĘTĄ PĘTLĄ PRĄDU
Sterowany parametr	redukcja momentu rozruchowego	kontrola napięcia, brak kontroli natężenia prądu rozruchowego	zamknięta pętla napięcia, kontrola natężenia prądu	kontrola natężenia prądu
Kontrola faz	zazwyczaj jedna faza (rzadziej dwie)	trzy fazy		
Zabezpieczenia	jednofazowe – wymagane stycznik oraz zabezpieczenie przeciążeniowe silnika, dwufazowe – zabezpieczenie przeciążeniowe silnika	zabezpieczenie przeciążeniowe silnika, dodatkowo stycznik	zabezpieczenie przeciążeniowe silnika, kontrola asymetrii faz, zabezpieczenie prądowe	

- pras – minimalizacja drgań układów konstrukcyjnych pras oraz zużycia tożysk,
- kruszarki – minimalizacja wartości natężeń prądów w fazie rozruchu, ograniczenie poziomu drgań,
- urządzeń transportowych (przenośniki przemysłowe oraz schody ruchome) – minimalizacja zużycia sprzęgieł, tożysk oraz przekładni zębatych, identyfikacja warunków obciążenia przenośników oraz zerwania taśm transportowych,
- bramy automatyczne – ochrona przed uszkodzeniem napędów oraz ograniczenie momentu w fazie napotkania przeszkody.

Softstartery można także podzielić pod względem typu zastosowanego układu sterowania (tab. 1).

Droższe modele Softstarterów umożliwiają swobodny wybór aplikacji, w której mają zostać zastosowane.

ZASADY DOBORU

W przypadku doboru można postawić się wieloma kryteriami (rys. 2), jednak do podstawowych należą kryteria mocy oraz wartości znamionowej natężenia prądu silnika. Moc powinna być równa co najmniej mocy znamionowej silnika elektrycznego. W warunkach ciężkiego rozruchu (tj. z dużymi momentami obciążenia zewnętrznego) należy dobrać Softstarter o jeden rozmiar większy, co powinno warunkować prawidłowy przebieg pracy w fazach rozruchu i zatrzymania.

Podobnie jak przy przetwornicach częstotliwości, do jednego Softstartera można podłączyć równolegle kilka silników. Podstawowym warunkiem wykonania takiej konfiguracji jest to, aby wartość

mocy granicznej Softstartera nie została przekroczona (tj. suma natężeń prądów silników nie była większa od znamionowego natężenia prądu Softstartera). W takim przypadku należy wykonać też odrębne zabezpieczenie termiczne każdego z silników.

Jeżeli zainstalujemy kilka Softstarterów w jednej linii zasilającej, należy zastosować dławiki liniowe pomiędzy transformatorem i rozrusznikiem.

Na rys. 3 przedstawiono podstawowe kategorie rozruchu różnych typów maszyn. Niezbędnym do spełnienia kryterium jest także liczba rozruchów przypadających na godzinę pracy. W przypadku wartości przewyższającej dziesięć rozruchów należy dobrać Softstarter o jeden rozmiar większy, pomijając np. fakt małych wartości obciążeń napędu [5,7].

Producenci Softstarterów udostępniają konfigurator (strony internetowe lub oprogramowanie do instalacji na komputerze). Zaletą tych aplikacji jest możliwość pełnej konfiguracji Softstartera, łącznie z wtycznikiem silnikowym oraz stycznikiem.

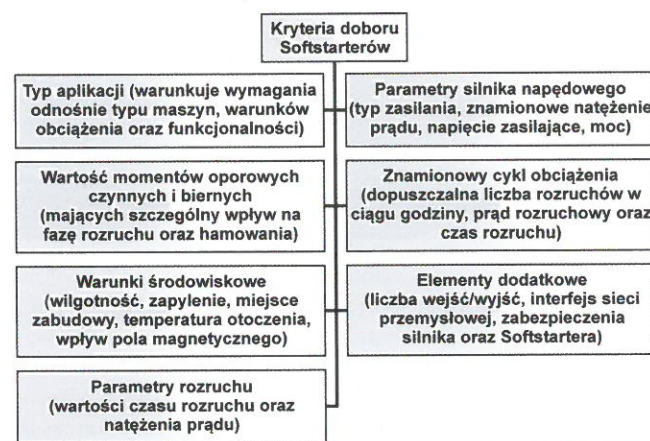
Do podstawowych parametrów nastawianych w fazie parametryzacji Softstartera należą wartości [5]:

- znamionowego natężenia prądu silnika – znamionowy prąd Softstartera powinien być dopasowany do znamionowego prądu silnika,
- ograniczenia natężenia prądu – dopuszczalna wartość prądu rozruchowego odniesiona do maksymalnego natężenia prądu ciągłego określonego dla wybranego Softstartera,
- czasów ramp przyspieszania oraz zwalniania – odpowiednio czasy do osiągnięcia momentu znamionowego oraz zatrzymania silnika,
- początkowego momentu rozruchowego – używane do ułatwienia rozruchu (moment większy bądź równy momentowi oporowemu),
- ustawień trybu zatrzymania – z wybiegiem silnika, z kontrolą momentu lub hamowaniem dynamicznym silnika.

ZALETY ORAZ WADY SOFTSTARTERÓW

Zalety Softstarterów, w stosunku do układów rozruchu bezpośredniego oraz przetwornic gwiazda – trójkąt, można zebrać w następujących punktach:

- mniejsze gabaryty, w porównaniu do układów o porównywalnych parametrach pracy,
- redukcja liczby przewodów,
- szybki oraz ułatwiony montaż,
- możliwość zastosowania zaawansowanych funkcji programowych oraz zabezpieczających,
- łatwość konfiguracji,
- wysoka sprawność (na poziomie 99,5–99,9%).



Rys. 2. Podstawowe kryteria doboru Softstarterów

Wadę Softstarterów stanowi z pewnością brak możliwości płynnego sterowania prędkością obrotową silników napędowych.

Droższe Softstartery wyposażone są w zaawansowane funkcje zabezpieczeń silnika oraz maszyny napędzanej w postaci:

- wbudowanych zabezpieczeń cieplnych silnika,
- przetwarzania informacji z czujników PTC,
- kontroli czasu rozruchu – identyfikacja przekroczenia wartości oporów ruchu, które mogą wynikać z zablokowania elementów ruchomych lub innych wad mechanicznych,
- funkcji wstępnego nagrzania silnika – szczególnie przydatnej w obniżonych temperaturach otoczenia (ochrona silnika przed oblodzeniem, zamrożeniem lub wykropleniem kondensatu),
- funkcji wykrywania utraty obciążenia – wykrywanie nastawionego momentu oraz czasu, w którym wartość momentu obciążenia kształtuje się poniżej nastawionej wartości,
- funkcji nadprądowej podczas pracy ciągłej – kontrola przekroczenia nastawionej wartości natężenia prądu w ściśle zdefiniowanym przedziale czasu,
- automatycznego restartu – wykonanie nastawionej liczby restartów, po których wyświetla się kod błędny lub wysterowane jest wyjście Softstartera,
- detekcji utraty fazy silnika,
- detekcji sekwencji fazy – detekcji zmiany kierunku wirowania silnika napędowego,
- detekcji nierównowagi pomiędzy fazą oraz źródłem uptywu prądu,
- ograniczenia wartości momentu – ogranicza ramp momentu do wartości zadanej,
- zwiększenia poziomu napięcia – zapobiega nadmiernemu nagrzewaniu uzwojeń silnika, w wyniku dostarczenia do silnika początkowej wartości napięcia wyższej od poziomu zerowego.

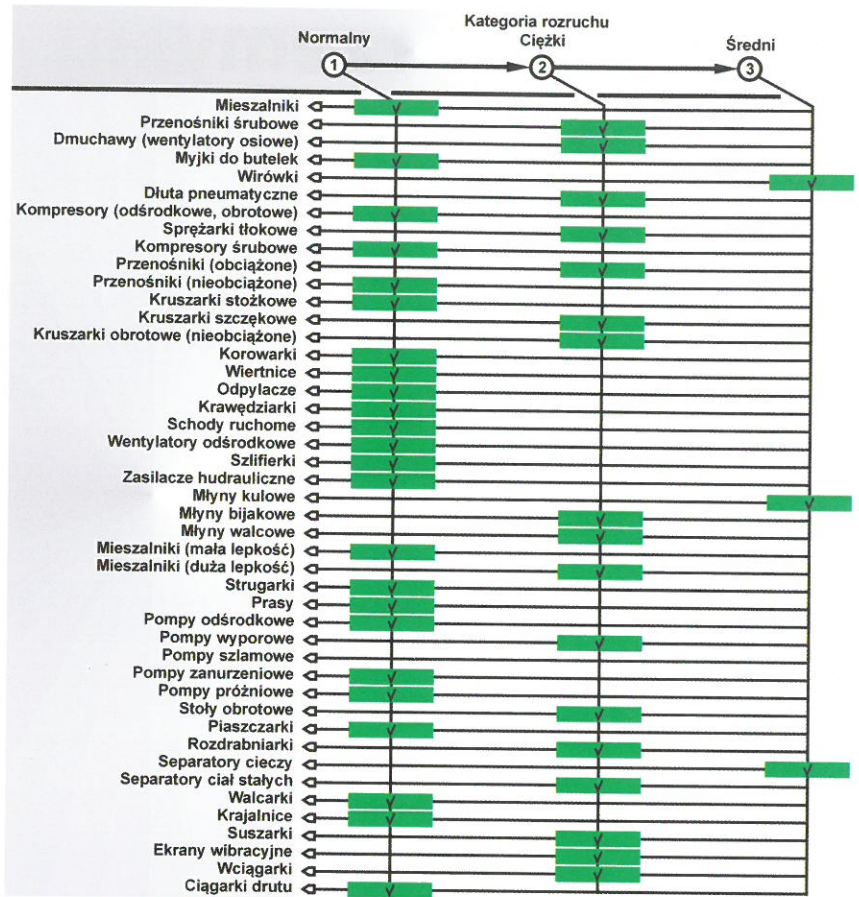
DODATKOWE WYMAGANIA EKSPLOATACYJNE

Wszystkie Softstartery powinny spełniać warunki objęte normą IEC 60947-4-2 (Low-Voltage Switchgear and Controlgear: Contactors and Motor-Starters – AC Semiconductor Motor Controllers and Starters) oraz dyrektywami UE (Dyrektywa niskonapięciowa 2006/95/WE, Dyrektywa maszynowa 2006/42/WE oraz Dyrektywa dotycząca kompatybilności elektromagnetycznej 2004/108/WE).

Warto również zwrócić uwagę na typ wybranej koordynacji układu napędowego, która określa odporność komponentów napędu na przeciążenia wywołane czynnikami eksploatacyjnymi.

W normie IEC 60947-4-2 zdefiniowano dwa typy koordynacji, typu [5,7]:

- pierwszego – dopuszczalne jest uszkodzenie stycznika i Softstartera, jednak konieczne jest spełnienie dwóch podstawowych warunków w postaci braku zagrożenia dla operatora oraz braku zniszczeń elementów innych niż styczniki i rozruszniki;



Rys. 3. Kategorie rozruchu różnych typów maszyn [5–7]

- drugiego – dopuszczalne jest sklejenie zestyków stycznika (umożliwiające łatwe rozdzielenie), jednak Softstarter oraz urządzenia zabezpieczające nie mogą ulec nieodwracalnemu uszkodzeniu.

PODSUMOWANIE

Technika Softstarterów jest przydatnym elementem w układach napędowych maszyn. Szeroki zakres funkcjonalności, mocy napędzanych urządzeń oraz korzystne ceny pozwalają na zastosowanie tych urządzeń w wielu gałęziach nowoczesnego przemysłu. Pomimo braku możliwości płynnego sterowania prędkością ich zalety stanowią podstawowy czynnik ich popularności. ■

LITERATURA

1. Beaty H.W., Fink D.G., *Standard Handbook for Electrical Engineers* (16th Edition), The McGraw-Hill Companies, New York 2013.
2. Nasar S.A., *Theory and Problems of Electric Machines and Electromechanics*, McGraw-Hill, USA, 1998.
3. Pyrhonen J., Jokinen T., Hrabovcova V., *Design of Rotating Electrical Machines* (2nd Edition), Wiley-ISTE, London 2013.
4. Sheldrake A.L., *Handbook of Electrical Engineering For Practitioners in the Oil, Gas and Petrochemical Industry*, John Wiley & Sons Ltd, Wiltshire 2003.
5. Toliyat H.A., Kliman G.B., *Handbook of electric motors*, CRC Press, New York 2004.
6. Softstarty Kompendium wiedzy, ABB, 2010.
7. Hughes A., *Electric Motors and Drives Fundamentals, Types and Applications* (3rd edition), Elsevier Linacre House, Oxford 2006.