

### Corzyści wynikające ze stosowania soft-startów w układach napędowych pomp.

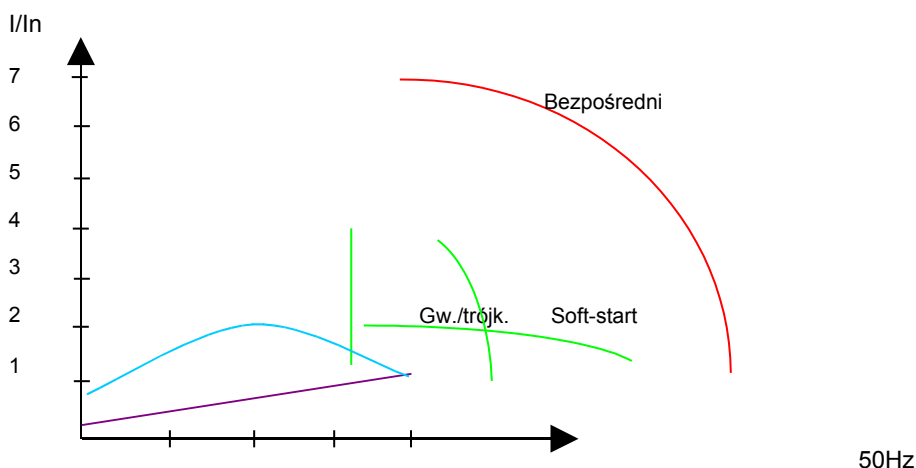
Rosnący stopień automatyzacji naszego przemysłu daje nowe możliwości stosowania nowoczesnych rozwiązań układów napędowych opartych na popularnych silnikach klatkowych. Wśród naszych aplikacji większość stanowią układy pompowe i wentylatorowe.

Obecnie znaczną część układów regulacyjnych pomp stanowią napędy regulowane przemiennikiem częstotliwości. Stosowanie przemienników radykalnie poprawiło jakość regulacji jak i trwałość układów napędowych pomp. Płynna regulacja obrotów pomp przynosi wydatne korzyści ekonomiczne.

Przykładem nowoczesnego rozwiązania regulowanego układu napędowego jest kaskada kilku pomp pracujących na wspólny kolektor tłoczny zbudowana w oparciu o przemiennik częstotliwości i sterownik PLC. Niekiedy zamiast sterownika PLC, sam przemiennik pełni funkcję sterownika całej kaskady załączając/wyłączając kolejne napędy. W rozbudowanych układach kaskadowych spotyka się tzw. 'przemiennik wędrujący' – rozwiązanie, gdzie układ sterowania odłącza aktualnie współpracujący, a przełącza kolejny napęd do przemiennika w celu zapewnienia łagodnego rozruchu kolejnym pompom. Układy te spotyka się najczęściej w zakresie średnich mocy napędów pomp – tj 5,5 – 22kW. W większości układów pompowych przemiennik związany jest zwykle z jednym silnikiem, a kolejne pompy mają własne układy rozruchowe. Funkcja 'wędrującego falownika' przełączanego do rozruchu kolejnych pomp dla mocy powyżej 22kW, często nie jest technicznie i ekonomicznie uzasadnione.

Zgodnie z wytycznymi europejskich norm elektrycznych, jak również często podyktowane lokalnymi warunkami zasilania, rozruch układów napędowych powyżej 5,5kW powinien odbywać się poprzez układy ograniczające prąd rozruchu – tj. układy 'gwiazda/trójkąt' czy tzw. – 'soft-start'. Układy typu 'gwiazda/trójkąt' zwykle oparte o 3 styczniki i układ czasowy lub dawniej ręczne przełączniki 'gwiazda/trójkąt' są stosunkowo drogie i niestety zawodne (styczniki przełączane są pod obciążeniem). Przy mocach powyżej 55kW istotne znaczenie przy budowie rozdzielni mają też rozmiary samego układu 'gwiazda trójkąt' – często jest to jedno pole w rozdzielni elektrycznej. W ostatnich latach dobrą alternatywą dla układów 'gwiazda/trójkąt' są urządzenia półprzewodnikowe – tzw. soft-starty (z ang. – łagodny rozruch).

Za ich stosowaniem przemawia kilka istotnych czynników. Głównym z nich jest kształtowany łagodny rozruch układu napędowego. Napięcie na silniku w układzie z soft-startem narasta liniowo według nastawianego czasu rampy, natomiast prąd wynika z rzeczywistego obciążenia napędu i zwykle w układach pompowych nie przekracza 3-krotnej wartości prądu znamionowego. Wzrost prądu rozruchowego rozłożony jest w czasie, zwykle nastawianym w zakresie do 60 sekund. Wielkość prądu rozruchu zależy od konstrukcji pompy i w przypadku lekkiego rozruchu jest on stosunkowo mały. Większość soft-startów ma możliwość chwilowego podbicia napięcia startu (tzw. funkcja 'boost'), co ma istotne znaczenie w układach o ciężkim rozruchu (np. pompy głębinowe). Dzięki temu mamy pewność, że układ z soft-startem 'poradzi' sobie w sytuacji ciężkiego rozruchu. Większość soft-startów będących obecnie na rynku posiada wbudowany wewnętrzny stycznik (ang. by-pass). Fizycznie oznacza to, że układ po dokonaniu rozruchu przełącza wewnątrz soft-startu tory prądowe z półprzewodników na wewnętrzny stycznik – odciążając tyrystory soft-startu. Nie ma więc potrzeby stosowania zewnętrznego stycznika obejściowego.

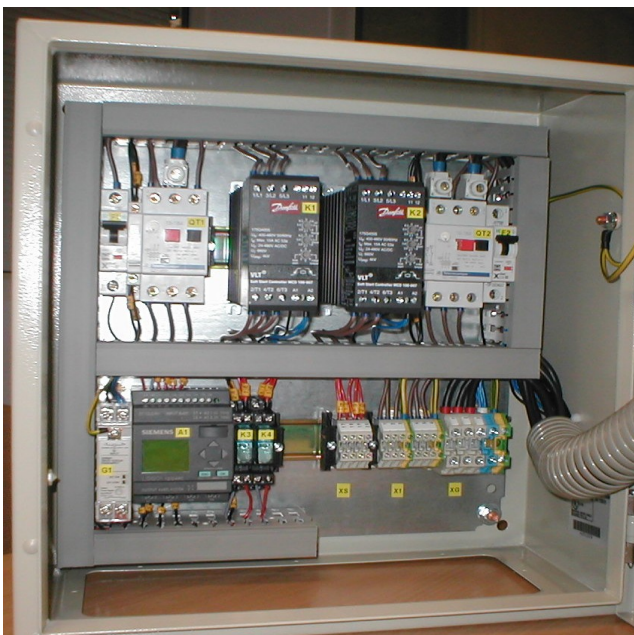


Rys. 1 Porównanie krotności prądu silnika pompy przy różnych rodzajach rozruchu

Na rys.1 przedstawiono różne rodzaje rozruchu silnika. Widać, że rozruch gwiazda/trójkąt odbywa się ze skokiem prądu w momencie przełączania do ok. 4-krotnej wartości prądu znamionowego. Rozruch przez soft-start (linia niebieska) powoduje płynny przyrost prądu w czasie - do ok. 3 krotnej wartości prądu znamionowego. Idealny, całkowicie płynny rozruch zapewnia przemiennik częstotliwości – linia fioletowa. Jednakże, gdy w kaskadzie kilku pomp, jedna zasilana jest przez falownik, który pełni funkcję regulacji wydajności, do rozruchu kolejnych pomp najlepiej zastosować soft-start.

Wśród naszych aplikacji pompowych rozważmy konkretną kaskadę 4 pomp obiegowych 15kW. Opierając się na przemienniku, jako głównym elemencie regulacyjnym w układzie zastosowaliśmy trzy soft-starty Danfoss serii MCD 100 do rozruchu kolejnych trzech pomp. Całkowicie wyeliminowaliśmy styczniki. Przemiennik związany był 'na sztywno' z jedną z pomp, natomiast rozruch kolejnych 3 pomp 15 kW odbywał się przez przypisanie im soft-starty. Sygnały załączenia/wyłączenia kolejnych pomp daje przemiennik. Z punktu widzenia regulacji – tak zbudowany układ zachowuje się jak 'quazi-ciągły' – tj. rozruch kolejnych pomp w kaskadzie odbywa się łagodnie, a także jest kompensowany poprzez regulację obrotów pompy zasilanej z przemiennika. Skoki ciśnienia wynikające z załączenia kolejnych pomp są prawie niezauważalne. Szafa sterownicza ma mniejsze gabaryty w porównaniu z wersją wykonaną na stycznikach

Kolejny przykład aplikacji z soft-startami, to układ sterowania pompami wysokiego ciśnienia (20bar). Pompy te stosowane są często w układach mycia w przemyśle spożywczym. Jest to układ 1-stopniowy (bez zbiornika ciśnieniowego). Od układu sterowania wymaga się, aby przy każdym pojawieniu się przepływu w instalacji odbiorczej mycia szybko zapewnił on uzyskanie ciśnienia rzędu 20 bar. W układzie następuje duża ilość załączeń pomp. Większość pomp wysokociśnieniowych ma ograniczoną dopuszczalną liczbę załączeń bezpośrednio do sieci na minutę. W związku z tym wymogiem, zastosowanie soft-startu okazało się koniecznością. Łagodny rozruch pompy nie powoduje negatywnych skutków cieplnych w silniku i zarazem eliminuje skoki ciśnienia. W opisywanej instalacji pracują dwie pompy 7,5 kW uruchamiane kaskadowo, tzn. druga pompa włączana jest w sytuacji, gdy pierwsza nie pozwala na osiągnięcie zadanego ciśnienia w określonym czasie. Jak widać na zdjęciu- szafa sterownicza IP 55 posiada bardzo małe gabaryty (400x400x200mm).



Rys.2 Szafy sterownicza pomp wysokiego ciśnienia z soft-startami 7,5kW.

Kolejny praktyczny wniosek wynikający ze stosowania soft-startów wynika z porównania kosztów budowy rozdzielnic sterowniczych w różnych wariantach. W układach sterowania opartych na rozruszniku 'gwiazda/trójkąt' ilość styczników mocy wynosiła 3 krotność ilości napędów. Potrzebny był znaczny nakład prac na okablowanie kilku napędów mocy. Pod względem prostoty montażu, układ z soft-startami okazuje się rewelacyjny.

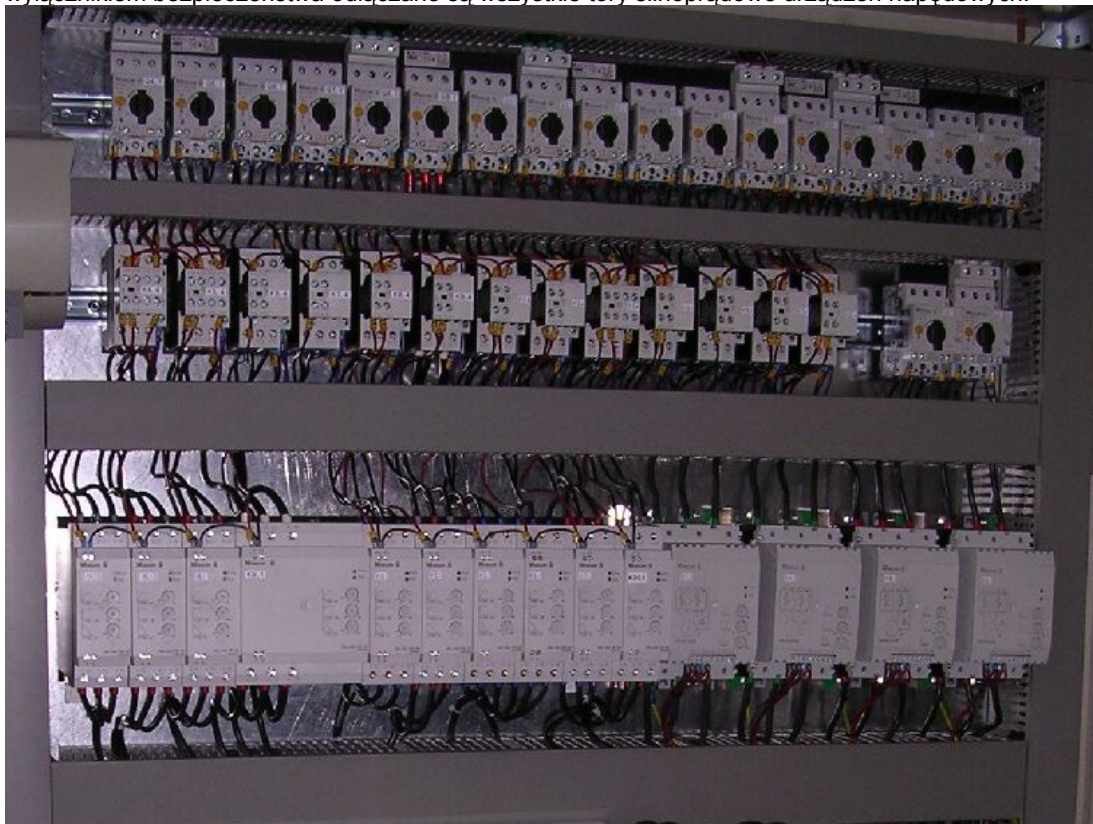
Porównując koszty budowy kaskad z 'wędrującym falownikiem' w układach, gdzie przewidziano 'gwiazdę/trójkąt' – potrzeba aż 5 styczników na jeden napęd (3 styczniki Y/D + stycznik do falownika + stycznik skojarzenia uzwojeń silnika w trójkąt z falownikiem). Dla kaskady 4 pomp z 'wędrującym falownikiem' ilość styczników wyniesie aż 20!! Koszt takiego układu dla mocy powyżej 30 kW okazuje się przewyższać koszt układu z falownikiem 'na sztywno' związanym z jednym silnikiem i 3 soft-startami do rozruchu kolejnych napędów. Bez wątpliwości zmniejsza się też awaryjność takiego układu.

Z punktu widzenia hydrauliki instalacji pompowych – w wyniku załączenia pomp poprzez układ gwiazda/trójkąt zjawisko występowania uderzeń ciśnienia jest tylko częściowo ograniczane. Moment przełączenia połączeń z gwiazdy na trójkąt zawsze wiąże się ze skokowym (średnio ok. 3 krotnym) wzrostem momentu na wale silnika pompy, więc także z wystąpieniem uderzenia ciśnienia. Zastąpienie rozruchu pompy poprzez gwiazda/trójkąt układem z soft-startem wydatnie ogranicza udary ciśnienia. Przy odpowiednio nastawionej charakterystyce rozruchu – zjawisko uderzenia zostaje praktycznie wyeliminowane. Idzie za tym także mechaniczne zwiększenie trwałości instalacji hydraulicznej.

W pewnych specyficznych aplikacjach pomp głębinowych np. tłoczenie wód mineralnych ze źródła o dużej zawartości związków mineralnych – płynny rozruch jest jedynym sposobem na zapobiegnięcie wytrącania się cząstek stałych podczas rozruchu pompy.

Przyjrzyjmy się bliżej kolejnym układom z soft-startami i porównajmy je z układami 'gwiazda/trójkąt'. W szafie sterowania 14 różnych napędów o mocach 7,5-22kW zastosowano soft-starty firmy Moeller typu DS4 i DS6. Jakie korzyści przyniosło zastosowanie soft-startów do wszystkich napędów ? Postaramy się wymienić te, które nam się wydały się bardzo istotne.

- Po pierwsze: funkcjonalność: układy z soft-startem zapewniają znacznie łagodniejszy rozruch niż stosowane wcześniej układy 'gwiazda/trójkąt'.
- Po drugie: redukcja o 2/3 zajmowanego miejsca w rozdzielnicy. Soft-start rozmiarem jest zbliżony do pojedynczego stycznika z układu 'gwiazda/trójkąt'. Sposób zabezpieczenia silnika pozostaje bez zmian – tj. poprzez typowy wyłącznik silnikowy z zabezpieczeniem zwarciovym. W jednym module rozdzielnicy można więc zmieścić znacznie więcej osprzętu elektrycznego.
- Po trzecie – w układzie z soft-startem wzrasta maksymalna odległość silnika od rozdzielnicy (mniejsze spadki napięcia na przewodach niż w układzie 'gwiazda/trójkąt'). Miało to w naszej aplikacji istotne znaczenie, ze względu na znaczne oddalenie napędów od rozdzielnicy (ok. 100m).
- Po czwarte – uprościł się układ sterowania napędami – wystarczyło użyć jedno wyjście i jedno wejście sterownika PLC na jeden napęd z soft-startem (sygnał załączenia i potwierdzenie zakończenia rozruchu). Te szybko zauważalne korzyści przemawiają za stosowaniem soft-startów w podobnych rozległych obiektach. Na przedstawionym poniżej zdjęciu pokazano część siłową rozdzielnicy z 14 soft-startami Moeller typu DS4 i DS6. Jak widać - w trzecim rzędzie aparatów - soft-starty umieszczono obok siebie, co nie przeszkadza w odprowadzaniu ciepła podczas pracy układu. W torach siłowych soft-startów są umieszczone dodatkowe styczniki, co wynika to z dyrektywy bezpieczeństwa pracy maszyn urządzeń obsługiwanych przez ludzi – wyłącznikiem bezpieczeństwa odłączane są wszystkie tory silnoprądowe urządzeń napędowych.



Rys.3 Fragment szafy sterowniczej z soft-startami o mocach 7,5 – 22kW

Podsumowując nasze doświadczenia i rozważania chcielibyśmy zachęcić wszystkich projektantów systemów pompowych, projektantów elektryków jak i służby techniczne odpowiadające za modernizację do szerokiego stosowania soft-startów zarówno w nowych jak i modernizowanych układach pompowych.