



Instalacje do mycia i czyszczenia

Michael Rasmussen, Dział aplikacji przemysłowych, Grundfos, Dania

Wprowadzenie

Instalacje do mycia i czyszczenia w przemyśle spożywczym to specyficzny rodzaj aplikacji, który stawia wysokie wymagania systemom pompowym ze względu na ograniczoną ilość dostępnego miejsca, trudne warunki środowiska roboczego i specyficzną strukturę operacyjną. Pompy stosowane w tego typu aplikacjach, to często kompaktowe pompy wbudowane w szafy, urządzenia przenośne gdzie przestrzeń jest zawsze problemem. Miejsce pracy to często wilgotne lub mokre środowisko, a temperatura otoczenia może wahać się podczas cyklu pracy. Można przyjąć, że pompa pracuje zazwyczaj około godziny dziennie i przez resztę czasu pozostawiona jest w stanie gotowości. Podczas cyklu mycia pompa przełącza się pomiędzy pełnym natężeniem przepływu i zerowym natężeniem, przy różnym ciśnieniu tłoczenia. Tłoczona ciecz może być zimną lub gorącą wodą, która za pompą miesza się ze środkiem dezynfekcyjnym, detergentem lub innym środkiem chemicznym. Pompy dozujące, eżektory, sprężarki są integralnymi elementami instalacji. Głównym wymogiem instalacji myjących jest skuteczne czyszczenie w jak najkrótszym czasie. Aplikacje do mycia i czyszczenia wymagają zaawansowanych technicznie, kompaktowych i wstępnie zaprogramowanych pomp, które mogą szybko i precyzyjnie dostosować się do zmieniających się potrzeb i działać w trudnych warunkach. Już na wczesnym etapie procesu projektowania ważna jest świadomość, aby integralną częścią zaprojektowanego układu była pompa, której wbudowane funkcje pozwolą wyeliminować zastosowanie zewnętrznych elementów o podobnej funkcjonalności. Dzięki takiemu rozwiązaniu zyskujemy uproszczoną budowę i mniejsze wymiary układu.

Spis treści

Wprowadzenie	1
Cel	2
Charakterystyka aplikacji.....	2
Rozwiązanie	3
Praca pompy na granicy mocy wyjściowej.....	4
Pompy	5
Silniki.....	5
Zabezpieczenia	6
Stop przy braku przepływu – funkcja Stop	7
Uwagi i ograniczenia.....	8
Przemysłowe systemy myjące	9

Cel

Celem niniejszej Białej księgi pozycji jest przedstawienie niektórych właściwości, które mogą zostać wykorzystane w budowaniu wydajnych i kompaktowych instalacji do mycia i czyszczenia. Wyjaśnimy korzyści płynące z zastosowania pomp ze zintegrowanymi przetwornicami częstotliwości (E-silników) oraz z dostępnych opcji systemu monitorowania, zabezpieczeń i sterowania urządzeniami zewnętrznymi. Część funkcji silników MGE została opracowana na podstawie naszego doświadczenia w zastosowaniu pomp w instalacjach mycia i czyszczenia, a ich cechy i właściwości zostały ukierunkowane są do zastosowań w tego typu aplikacjach.

Charakterystyka aplikacji

WYZWANIE	ROZWIĄZANIE
Ograniczona przestrzeń - kompaktowa instalacja	Praca z prędkością ponadsynchroniczną
Trudne warunki pracy – mokre i wilgotne środowisko z możliwymi wysokimi temperaturami.	Mocne i trwałe silniki przeznaczone do pracy na otwartym powietrzu - IP44, IP66, NEMA 4X Zintegrowana funkcja ogrzewania podczas postoju silnika.
Szybkie i częste zapotrzebowanie na strumień o zmiennej wydajności	Układ regulacji przystosowany do specyficznych aplikacji i zastosowanie ustawień do odpowiedniego czasu rampy
Praca start/stop – brak przepływu jest również stanem pracy pompy	Zoptymalizowana funkcja stop do dynamicznych obciążeń, częstych wyłączeń/załączeń pompy i małej wielkości zbiornik
Duże skoki ciśnienia	Szybka reakcja regulatora PID oraz zmienne tryby pracy
Zintegrowane i kompleksowe sterowanie	Zaawansowane funkcje sterowania pracą pomp i osprzętu dodatkowego
Zabezpieczenie instalacji	Dedykowany monitoring wewnętrznych i zewnętrznych warunków pracy
Specjalistyczne wymagania	Indywidualne rozwiązania

Rozwiązanie

Instalacje do mycia i czyszczenia w przemyśle spożywczym pracują z różnymi poziomami ciśnienia, 20 - 40 - 60 - 80 bar. Grundfos dostarcza głównie pompy odśrodkowe dla zakresu ciśnień 20 i 40 bar. Aby pompa odśrodkowa pracująca z prędkością 3000 lub 3600 obr/min zapewniła wysokie ciśnienie w przedziale 20 – 40 bar, należy użyć pompy wielostopniowej, o raczej „długiej” konstrukcji. Urządzenia do mycia i czyszczenia są zwykle zabudowane w specjalne mobilne wózki lub też zamontowane na ścianach. Takie rozwiązania wymagają użycia pomp kompaktowych, które zapewnią wysokie ciśnienie wraz z prędkościami ponadsynchronicznymi.



Zależności pomiędzy zmianą prędkości obrotowej, a parametrami pompy odśrodkowej opisują równania powinowactwa:

$$\frac{Q_n}{Q_x} = \frac{n_n}{n_x}$$

$$\frac{H_n}{H_x} = \left(\frac{n_n}{n_x}\right)^2$$

$$\frac{P_n}{P_x} = \left(\frac{n_n}{n_x}\right)^3$$

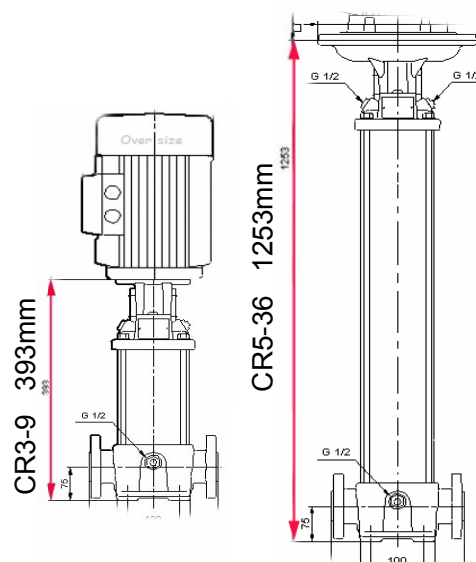
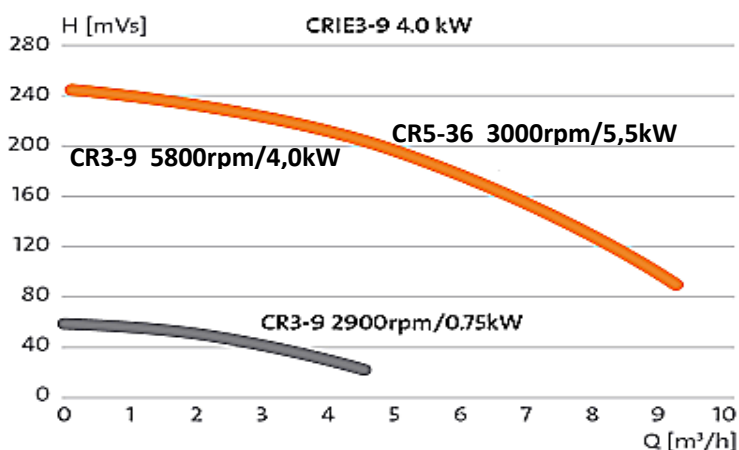
H = wys. podnosz w m,
Q = wydajność w m3/h,
P = moc wejściowa, w kW,
n = prędk. obrot.

Poprzez zmianę prędkości z 3000 obr/min do 4500 obr/min, ciśnienie wzrasta x 2,25, natomiast zmiana prędkości z 3000 obr/min do 6000 obr/min spowoduje 4-krotny wzrost ciśnienia.



CR3-9 jest małą pompą, która często jest dostosowywana do dużych prędkości. Dzięki zastosowaniu silnika elektrycznego o mocy 4kW, pracując przy 5800 obr/min – pompa dostarcza takie same parametry jak dużo większy model pompy CR5-36. Pompy są fabrycznie wyposażone w mniejszy wentylator w celu zmniejszenia hałasu oraz wzmocnione komory i wirniki do obsługi wysokociśnieniowych aplikacji.

Długość części hydraulicznej została zredukowana o 1/3.

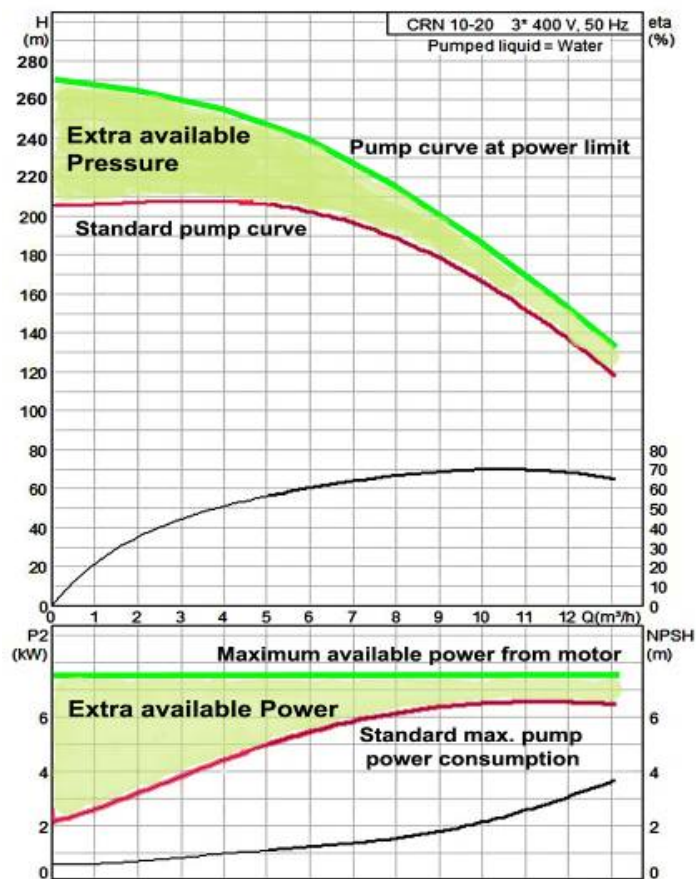
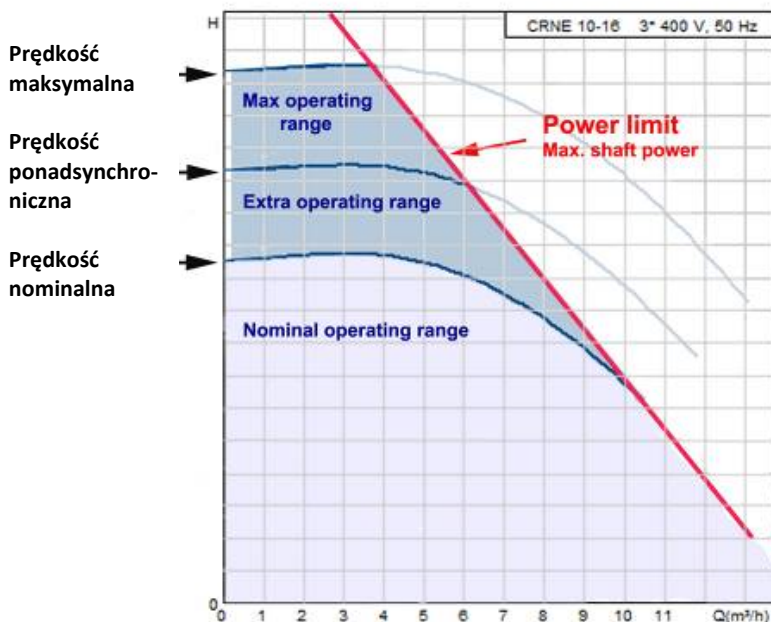


Długość części hydraulicznej pompy

Praca na granicy mocy wyjściowej

E-silniki są wyposażone w funkcję, która zmniejsza prędkość obrotową, gdy zostanie przekroczona moc nominalna, co oznacza, że praktycznie niemożliwe jest przeciążenie silnika. Zwiększenie maksymalnej prędkości obrotowej w porównaniu do prędkości nominalnej i umożliwienie pracy pompy na granicy mocy wyjściowej, przyczynia się do zwiększenia ciśnienia aż do momentu, kiedy nominalna moc silnika nie zostanie przekroczona. Powyższe działania pozwalają na zwiększenie ciśnienia lub na zastosowanie silnika o mniejszej mocy.

- **Możliwe jest podniesienie ciśnienia przy mniejszej wydajności, dzięki zwiększeniu częstotliwości.**
- **Możliwość wykorzystania silnika w 100% w całym zakresie przepływu.**
- **Krzywa zmniejszenia osiągnięć w przypadku, gdy pompa pobiera moc większą od mocy dostarczanej przez silnik, zmniejsza ryzyko wystąpienia kawitacji przy wysokim przepływie.**



Ograniczenia

Typ pompy	Różnica ciśnień w w pojedynczej komorze pompy [bar]		
	Komorą standardową (1)	Komorą wzmocnioną (2)	Komorą spawaną (3)
CR1s	0,9	-	-
CR1	0,9	2,2	2,2
CR3	0,9	2,2	2,2
CR5	0,9	1,4	-
CR10	2,2	-	-
CR15	2,2	-	-
CR20	2,2	-	-
CR32	2,9	-	-
CR45	3,5	-	-
CR64	4,0	-	-
CR90	4,6	-	-

Każda z komór pompy posiada swoje ograniczenia w postaci maksymalnej różnicy ciśnień. Powyższe należy wziąć pod uwagę na etapie projektowania instalacji – w przypadku wątpliwości, zaleca się kontakt z firmą Grundfos. Trwałość komór zależy od liczby zał./wył. pompy: Szacunkowa dopuszczalna liczba załączeń i wyłączeń pompy wynosi:

- (1) 1 000 000 zał./wył.
- (2) 300 000 zał./wył
- (3) 800 000 zał./wył.

Pompy

Grundfos oferuje szeroki asortyment pomp i systemów pompowych odpowiednich do instalacji mycia i czyszczenia. Od ponad 20 lat pompy CR są z sukcesem wykorzystywane w instalacjach i aplikacjach użytkowych przemysłu przetwórczego.

Standardowy zakres pomp CR może wytwarzać ciśnienie do 25 bar.

Zakres pomp HS i SF może obsłużyć ciśnienie w układzie do 50 bar.

1. Wysoka prędkość
2. Odwrócony wkład wirujący
3. Rozwiązania indywidualne

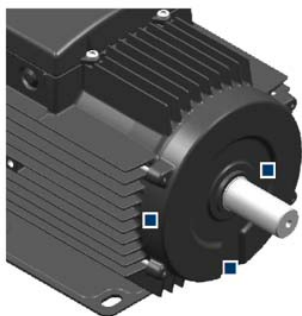
Rozwiązania indywidualne – prosimy o kontakt z przedstawicielem Grundfos.



Silniki

Silniki stosowane w instalacjach mycia i czyszczenia muszą być w stanie poradzić sobie z ciężkimi warunkami pracy i trudnym środowiskiem. Temperatura może być niska w zastosowaniach związanych z produkcją świeżej żywności lub wysoka w procesach przetwórczych w połączeniu z wilgotnym otoczeniem.

Zaleca się usunięcie korka upustowego umiejscowionego w pobliżu wału na pionowo zamontowanych pompach w celu uniknięcia kondensacji i uszkodzenia łożysk kulkowych. W trudnych warunkach pracy związanych z pracą w niskiej temperaturze otoczenia, zalecamy korzystanie ze zintegrowanej funkcji ogrzewania podczas postoju.



Rozszerzona specyfikacja

Temperatura otoczenia	Praca ciągła przy pełnym obciążeniu: 40 st.C, Maksymalna dopuszczalna: 60 st.C
Stopień ochrony	IP55 i IP66, dopuszczenie do pracy na otwartym powietrzu NEMA 4
Prędkość maksymalna	6000 obr/min

Niebieski kwadraty na ilustracji po lewej stronie przedstawiają otwory spustowe.

Zabezpieczenia

Istnieje możliwość zastosowania różnego rodzaju zabezpieczeń pomp oraz instalacji.

Przetwornik temperatury w górnej części pompy

Przetwornik temperatury PT100 umieszczony w górnej części pompy jest tanim i skutecznym sposobem zabezpieczenia instalacji przed uszkodzeniem na przykład w sytuacji kiedy pompa pracuje przy zamkniętym zaworze na przewodzie tłocznym. Ustawienie skonfigurowane jest w połączeniu z funkcją przekroczenia limitu. Dedykowane wejścia do PT100/1000 dostępne są w silnikach z zamontowanym zewnętrznym modułem funkcyjnym.

Pomiar ciśnienia tłoczenia

Funkcja przekroczenia limitu ciśnienia w przypadku zbyt wysokich ciśnień na króćcu tłocznym pompy chroni przed uszkodzeniem w sytuacji, kiedy pompa pracuje przy zamkniętym zaworze na przewodzie tłocznym. Przekroczenie limitu w przypadku zbyt niskiego ciśnienia może chronić przed wystąpieniem kawitacji lub suchobiegiem. Regulacja stałego ciśnienia może być użyta do ograniczenia maksymalnego ciśnienia przy pracy z małym przepływem, aby nie przekroczyć maksymalnej wartości różnicy ciśnień w każdej z komór pompy.

Przetwornik ciśnienia na króćcu ssawnym pompy

Zabezpiecza przed suchobiegiem i kawitacją z powodu niskiego ciśnienia zasilania.

Zabezpieczenie przed suchobiegiem

LiqTec umieszczony w górnej części pompy zabezpiecza ją przed suchobiegiem oraz zbyt wysoką temperaturą w sytuacji, kiedy pompa pracuje przy zamkniętym zaworze na przewodzie tłocznym. Bezpośrednie wejście do czujnika LiqTec dostępne jest z pompą wyposażoną kartę FM 300 I/O.

Niedociążenie

Wykrywa, czy pompa w przypadku pracy poniżej minimalnego zużycia energii wskazuje zapowietrzenie pompy.

Funkcja nie jest dostępna we wszystkich E-silnikach.

Silniki i napędy

Instalacja zabezpieczona jest przed przeciążeniem, awarią zasilania, zbyt wysoką temperaturą otoczenia, a zintegrowane napędy z przetwornicą częstotliwości posiadają dodatkowe zabezpieczenia.

Zbiornik membranowy

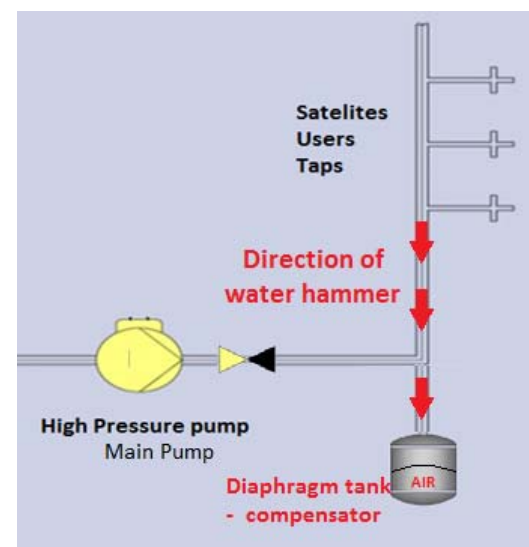
Niewielkich rozmiarów zbiornik umieszczony bezpośrednio w instalacji zmniejsza uderzenia hydrauliczne.

Ograniczenie mocy

W obszarze większych wydajności praca na granicy mocy wyjściowej zmienia charakterystykę pompy na stromą. Dzięki takiemu rozwiązaniu unika się kawitacji.

Regulacja stałego ciśnienia

Pompy wysokoobrotowe ze stromymi charakterystykami dzięki regulacji stałego ciśnienia często uniemożliwiają wytworzenie zbyt wysokiego ciśnienia w zakresie niskich wydajności pomimo faktu, że regulacja stałego ciśnienia z punktu widzenia całej instalacji nie jest potrzebna.



Ciśnieniowy zawór bezpieczeństwa

W przypadku, gdy wymagany jest zawór zwrotny po stronie ssawnej pompy, aby zapobiec szkodom wyrządzonym przez zbyt wysokie ciśnienie, należy zainstalować zawór bezpieczeństwa.

Ogrzewanie podczas postoju

E-silniki Grundfos oraz przeznaczone do montażu na ścianie przetwornice częstotliwości CUE posiadają wbudowaną funkcję ogrzewania silnika podczas postoju. Funkcja ta jest standardowa i może być włączona z poziomu interfejsu użytkownika. Gdy silnik nie pracuje, podawane niewielkie napięcie na uzwojenie silnika zapewnia wygenerowanie odpowiedniej ilości ciepła i utrzymanie temperatury 5-10 st. C powyżej temperatury otoczenia. Takie rozwiązanie zapobiega powstawaniu kondensacji, ale nie zastępuje drożnych otworów spustowych.

Stop w przypadku braku przepływu – funkcja Stop

Brak przepływu jest stanem pracy instalacji. W przemysłowych aplikacjach mycia i czyszczenia obciążenie jednej lancy wynosi około 40 litrów/minutę. Oznacza to, że w zależności od tego, ilu w danym momencie pracuje operatorów, przepływ będzie wielokrotnością wartości 2,4 m³/h: 0 - 2,4 - 4,8 - 7,2 - 9,6 - m³/h.

Ponieważ jedną z tych wartości jest przepływ 0 m³/h, ważne jest bardzo szybkie zatrzymanie pompy w celu uniknięcia podgrzewania tłoczonej wody, uszkodzenia uszczelnienia wału oraz marnotrawstwa energii.

Istnieje kilka sposobów zabezpieczenia szybkiego zatrzymania pompy. Dwa najczęściej stosowane sposoby opisane są poniżej:

Łącznik przepływu

Ciśnienie zasilania musi być wystarczająco duże, aby aktywować łącznik przepływu w momencie rozpoczęcia pracy lancy. Do pompy przekazany jest sygnał rozpoczęcia pracy (startu) - "zewnątrzny ZAŁ./WYŁ.". Wyłączenie lancy wyzwala łącznik przepływu i pompa stopniowo zatrzymuje się w rampie dolnej. Rozwiązanie takie często stosowane jest przy stałej charakterystyce pracy, ale może także pracować w trybie stałego ciśnienia.

Łącznik przepływu może także aktywować funkcje "Zatrzymanie pompy przy małym przepływie" w trybie stałego ciśnienia. Ten sposób zatrzymania jest często stosowany w instalacjach ze zbiornikiem wyrównawczym i pompą zasilającą.

Funkcja Stop

Nasza funkcja Stop jest zazwyczaj wyzwaniem ze względu na małe rozmiary zbiornika i często wymaga dodatkowych prac z użyciem narzędzia serwisowego PC Tool. Zbiorniki w aplikacjach mycia i czyszczenia są często małe, ponieważ dostępne na rynku zbiorniki membranowe, które mogą obsługiwać więcej niż 16 bar są zazwyczaj drogie.

Funkcja stop często zawodzi jeśli w instalacji dochodzi do wycieków z powodu nieszczelności, co powoduje dużą liczbę załączeń i wyłączeń pompy z niskim przepływem, a w konsekwencji prowadzi do podgrzania wody w pompie.

Bardzo ważne jest wiedza, jeszcze przed ostatecznym wyborem pompy, w jaki sposób w instalacji działa będzie funkcja stop oraz funkcja niskiego przepływu – na zatrzymanie pompy wpływ ma maksymalne ciśnienie, prędkość i kształt charakterystyki pracy.



Uwagi i ograniczenia

W przypadku zwiększenia prędkości i przekroczenia maksymalnych parametrów w każdej komorze pompy, zaleca się - w celu uzyskania porady - skontaktować z firmą Grundfos.

Zwiększona moc silnika

W pompach pracujących z prędkością ponadsynchroniczną zwiększa się zarówno ciśnienie jak i przepływ, ale również zużycie energii. Konieczny jest dobór silnika biorąc pod uwagę zwiększone parametry pracy pompy.

Zgodnie z równaniami powinowactwa które zostały użyte we wcześniejszym przykładzie, podwojenie prędkości zwiększa zużycie energii 8-krotnie. W rzeczywistości możemy użyć silnika o mocy 4kW, ponieważ działając z wysokim ciśnieniem w obszarze niskiej wydajności, zużycie energii zmniejsza się, i tym samym można użyć silnika niedowymiarowanego.

Ograniczenia ciśnienia

Ważne jest nieprzekroczenie maksymalnej znamionowej wartości ciśnienia pompy. Należy brać pod uwagę ciśnienie w każdej z komór pompy, jeśli przekracza się wartość 0,9 bar na komorę.

W celu uzyskania porady - skontaktować z firmą Grundfos.

Łożyska kulkowe i uszczelnienie wału

Łożyska kulkowe i uszczelnienie wału przy wyższych prędkościach nie ulegają przedwczesnemu zużyciu i uszkodzeniom, dopóki graniczne wartości ciśnienia i sił oporowych nie przekroczą wartości nominalnych - w rzeczywistości łatwiejsze jest utrzymanie filmu smarującego na powierzchni, przy dużych prędkościach.

Powodem zużycie łożysk kulkowych jest wysoka temperatura i obciążenie. W momencie kiedy użyty silnik jest przewymiarowany z powodu większego zapotrzebowania na moc, obciążenie osiowe pompy nie przekracza obciążenia nominalnego.

W nowoczesnych silnikach o wysokiej sprawności temperatura w łożyskach kulkowych nie jest wysoka. Spowodowane jest to mniejszymi stratami wewnętrznymi oraz lepszym chłodzeniem wentylatora, dzięki wysokiej prędkości obrotowej. Łożyska kulkowe mają zazwyczaj ograniczoną prędkość obrotową, która nie przekracza 10 000 obr./min.

Również silniki mają określoną maksymalną prędkość obrotową – ograniczoną często przez takie parametry, jak wyważenie, poziom wibracji, wentylator lub poziom hałasu.

Kawitacja i NPSH

Podczas pracy pomp odśrodkowych z prędkością ponadsynchroniczną, należy brać pod uwagę warunki ssawne pompy. Często używa się małej pompy z króćcem ssawnym o ograniczonej średnicy, małymi komorami i wirnikami, a wzrost wartości NPSHr razem z prędkością brany jest pod uwagę w drugiej kolejności.

W wielu zastosowaniach użycie pomp wysokoobrotowych spowodowane jest zapotrzebowaniem na wysokie ciśnienie. W takich przypadkach praca w obszarze wysokich przepływów zwykle nie jest problemem. Jednak operując pompą z dużym natężeniem przepływu, należy rozważyć takie momenty jak start pompy oraz jej ewentualną awarię.

Aby zapobiec kawitacji, ciśnienie wlotowe często musi wynosić min. 2 bary. Wynika to zarówno z wyższej wartości NPSHr oraz wahań temperatury tłoczony cieczy. Pianę i ciecze dezynfekujące zazwyczaj używa się z wodą zimną, a w procesach zmywania stosuje się wodę o temperaturze do 60 °C.

Uruchomienie pompy może spowodować problem, jeśli przyspieszenie będzie zbyt duże lub czas wybiegu będzie zbyt krótki w zakresie pracy ponadsynchronicznej.

Przemysłowe systemy myjące

Inne instalacje do mycia i czyszczenia są częścią typowych systemów (np. tuneli myjących), które znajdują się w prawie każdym zakładzie produkcyjnym. Pompy użyte do tego typu aplikacji działają zazwyczaj w trybie pracy ze stałym ciśnieniem lub stałym przepływem, i mogą być używane pojedynczo lub jako sprzężone układy wielopompowe.

Ponieważ przemysłowe instalacje myjące są przeznaczone do pracy z określonym ciśnieniem i wydajnością, często możliwy jest dobór pompy na jeden punkt pracy, a następnie użycie jej w trybie pracy zał./wył. bez przetwornicy częstotliwości.

***Duże przepływy – ciągłe obciążenie:
Zestawy podnoszenia ciśnienia
Grundfos
Hydro MPC i Hydro Multi-E***

