

## Danfoss VLT® AQUA Drive i systemy sterowania kaskadami pomp

# Nudny hydrofor

Jaromir Turlej

**Firma Danfoss należy do liderów branży napędowej, a nazwa VLT od lat określa przetwornice częstotliwości o najlepszych parametrach technicznych. W artykule zostało zaprezentowane jedno z energooszczędnych napędowych wdrożeń firmy Control-Service z Krakowa, która współpracuje z Danfoss od ponad 10 lat. Control-Service zapewnia kompleksową obsługę klientów, od projektu systemu, po jego realizację, uruchomienie i serwis.**

Systemy sterowania kaskadami pomp z falownikiem krokowym oraz te prostsze – z jedną pompą sterowaną z falownika i softstartami zasilającymi pozostałe pompy – są znane, stosowane i wydaje się, że już nic innego w nich wymyślić się nie da. Czy jednak na pewno?

Standardowy układ kaskadowy jest oparty o jedną przetwornicę częstotliwości i pompy dołączane kolejno w razie takiej potrzeby. Reasumując, pompa zasilana z falownika płynnie steruje wydajnością. Gdy dochodzi do swoich znamionowych obrotów, przetwornica częstotliwości lub – w starszych układach – sterownik załącza następne pompy. W ten sposób pracuje miazdząca część tego typu systemów hydroforowych. Czy to najbardziej optymalny i energooszczędny sposób sterowania wydajnością układu hydroforowego?

### Wdrożenie w zakładach browarniczych

Projekt to redundantny system sterowania kaskadą trzech pomp 55 kW z dwoma falownikami, softstartem i presostatem, maksymalnie bezpieczny, tj. zapewniający wodę dla potrzeb produkcji nawet w przypadku awarii.

Gdyby uszkodzeniu uległ jeden falownik, drugi sam przechodzi w tryb master i steruje softstartem oraz pompą. Jeśli uszkodzone zostałyby oba falowniki, ciśnienie utrzymuje presostat, sterując softstartem i stycznikiem, z których zasilane są pompy. Oprócz tego każdą pompę można bezpośrednio zasilić z sieci, z pominięciem układu sterowania w zamkniętej pętli.

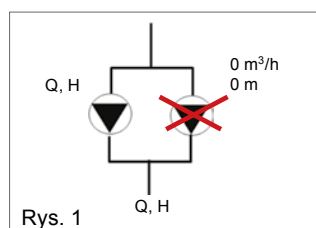
Pierwotnie układ miał pracować w normalnym trybie kaskadowym, czyli falownik pracujący w trybie master, w przypadku spadku ciśnienia i osiągnięcia obrotów zbliżonych do znamionowych, powinien dołączać kolejno drugą pompę sterowaną z falownika oraz trzecią z softstartu. Istniało wysokie prawdopodobieństwo zbyt częstego załączania i wyłączania się drugiej pompy. Układ zmieniono tak, żeby pompy zasilane z falowników załączane były do pracy równolegle. Jeden falownik jest masterem z uruchomionym regulatorem PID procesu, sterującym ciśnieniem, a drugi, follower, będzie odwzorowywał jego częstotliwość obrotową, zasilając następną pompę. Czy ma sens taki algorytm sterowania? Dlaczego uruchamiać równolegle dwie pompy, jeżeli jedna powinna wystarczyć do wytworzenia

zadanego ciśnienia? Przecież w razie wzrostu zapotrzebowania na wodę falownik pracujący w trybie master sam uruchomi do pracy drugą falownik z pompą.

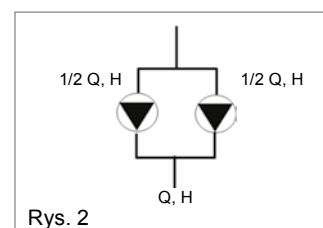
### Przepływ a sprawność pomp

Rozważmy dwie możliwości:

- pracuje jedna pompa, a druga jest zatrzymana i zostanie wyłączona, gdy ta pierwsza nie wystarcza do osiągnięcia potrzebnego ciśnienia (rys. 1);
- pracują jednocześnie obie pompy z równą wydajnością (rys. 2).

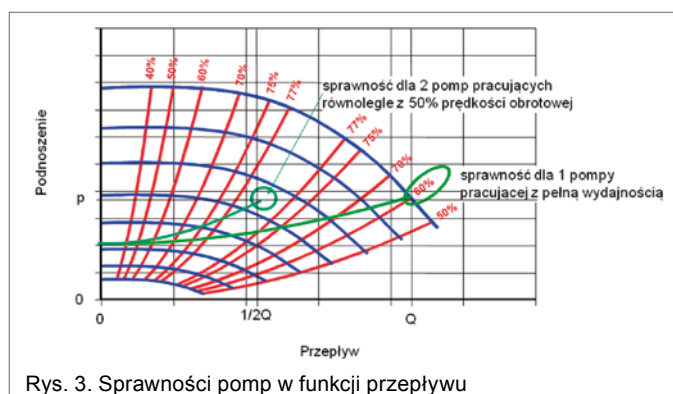


Rys. 1



Rys. 2

Biorąc pod uwagę charakterystyki pracy, jeżeli uruchomimy równocześnie dwie pompy z prędkością na poziomie 50% znamionowej, uzyskamy znacznie mniejsze zużycie energii niż dla jednej, pracującej z prędkością znamionową. Dzieje się tak, ponieważ sprawność pompy przy prędkości ok. 50% znamionowej jest o ok. 17% większa niż przy nominalnej prędkości obrotowej.



Rys. 3. Sprawności pomp w funkcji przepływu

Powyższe wnioski zostały oczywiście potwierdzone empirycznie. Okazuje się, że algorytm sterowania z dwoma pompami pracującymi równolegle jest o ok. 17% bardziej wydajny energetycznie niż standardowe sterowanie kaskadowe. Dodatkowo system pracuje bardziej stabilnie, ponieważ minimalizuje ilość załączeń i wyłączeń drugiej pompy w przypadku większego zapotrzebowania na wodę. Pompa z falownikiem pracującym w trybie follower zostaje odłączana tylko wtedy, gdy prędkość obrotowa obydwu pomp spada poniżej 40% znamionowej.

Czy takie rozwiązanie jest korzystne finansowo? System z dwiema przetwornicami częstotliwości jest oczywiście droższy. Czy jest sensowne, poza oczywistymi przesłankami większego bezpieczeństwa funkcjonowania systemu, inwestowanie w dodatkowy falownik tylko po to, by móc sterować jednocześnie prędkością obrotową dwu lub kilku pomp?

Inwestycja w dodatkowy falownik dedykowany do napędów pomp FC202P55K to ok. 15 500 PLN.

W przypadku ciągłej pracy napędu 55 kW miesięczny koszt energii elektrycznej pobieranej przez napęd wynosi:  $Q = 720 \text{ h/m-c} \times 55 \text{ kW} \cdot 0,3 \text{ zł/kWh} / 0,98$  (sprawność przetwornicy) = 12 122 PLN.

## Bądź innowacyjny w automatyce napędowej, zaufaj ekspertom Danfoss i produktom marki VLT® AutomationDrive

Najlepszą kontrolę silnika elektrycznego napędzającego maszynę zapewni przetwornica częstotliwości VLT®. Danfoss dzięki globalnej organizacji sprzedaży i serwisu jest obecny i oferuje swoje produkty oraz usługi w ponad 100 krajach. Także w Polsce nasi eksperci służą Klientom fachowym doradztwem. To wszystko aby pomóc zaprojektować efektywny i oszczędny układ sterowania napędem elektrycznym. Danfoss Drives jest światowym liderem w produkcji elektronicznie regulowanych napędów, stosowanych w każdym obszarze działalności przemysłowej.

MOC	Oszczędności roczne	Cena kat.	Koszt napędu	Czas zwrotu w latach
55	24 730,2	20 462	15 346,5	0,62
75	33 723	23 587	17 690,25	0,52
90	40 467,6	27 600	20 700	0,51
110	49 460,4	30 092	22 569	0,46
132	59 352,48	36 338	27 253,5	0,46
160	71 942,4	44 372	33 279	0,46
200	89 928	52 988	39 741	0,44
250	112 410	67 543	50 657,25	0,45

reklama

Miesięczne oszczędności wynikające z zastosowania systemu z dwiema przetwornicami częstotliwości to:

$$O = 0,17 \times 12 122 \text{ PLN} = 2060,74 \text{ PLN.}$$

Czas zwrotu inwestycji w dodatkowy napęd w miesiącach:

$$Z = 15500 \text{ PLN} / 2060,74 = 7,5.$$

Jak wynika z powyższych obliczeń, zarówno czas zwrotu – 7 miesięcy, jak i znaczne oszczędności – prawie 25 000 PLN rocznie na jednym napędzie 55 kW, jasno przemawiają za stosowaniem w układach sterowania pompami niezależnych napędów regulowanych dla każdej z pomp.

Stosując podobny system obliczeń, sporządzono tabelę z wyliczeniami opłacalności stosowania układów z dwiema przetwornicami zamiast jednej dla innych mocy. Licząc zwrot z inwestycji, dla mocy pompy rzędu pojedynczych kilowatów to okres ok. 1 roku, ale dla mocy powyżej 55 kW to już tylko pół roku.

### Danfoss VLT® AQUA Drive w trybie pracy master/follower

Opcja MCB-101 rozszerzonego sterownika kaskady pomp umożliwia zestawienie systemu pracującego w trybie „Master/Follower”. Przykładowo system może być złożony z 4 pomp o tej samej wydajności zasilającej układ wodociągowy. Każda z pomp wyposażona jest w przetwornicę częstotliwości VLT® AQUA Drive. Sygnał sprzężenia zwrotnego 4–20 mA doprowadzony jest do przetwornicy zawierającej opcję MCB-101, pełniącą dla układu rolę mastera, narzucającej płynnie prędkość pracy dla pozostałych przetwornic i pomp. Argumenty przemawiające za rozwiązaniem typu master/follower:

- uzyskujemy bardzo płynną regulację bez żadnych udarów hydraulicznych związanych z odstawianiem lub dostawianiem pomp;
- przy regulacji stałego ciśnienia zapewnia najbardziej efektywną energetycznie pracę układu pomp;
- w układach z dużymi zmianami przepływu układ bardzo szybko reaguje na zmianę, zapewniając stabilny stan hydrauliczny;
- prosta instalacja bez konieczności stosowania dodatkowego sterownika, softstartów, skomplikowanego układu łączeniowego, nawet rozdzielnic, gdy przetwornice będą dostarczone w ochronności obudowy IP55 lub IP66.

W porównaniu do tradycyjnych rozwiązań ilość pracujących pomp wyznacza minimalna wydajność, nie sygnał sprzężenia zwrotnego. Dzięki temu zapewniamy najoszczędniejszą energetycznie pracę pomp. Poziomy prędkości dostawiania i odstawiania ustawiane są przez użytkownika. Poprawne nastawy systemu mogą być wyliczone przy pomocy programu MUSEC, dostępnego na stronach internetowych [www.danfoss.com](http://www.danfoss.com).



# 1968

to rok w historii

kiedy to jako pierwsza firma na świecie Danfoss rozpoczął masową produkcję przetwornic częstotliwości o nazwie VLT®



e-mail: [info@control-service.pl](mailto:info@control-service.pl)  
www.control-service.pl

VLT® Drives Partner

[www.danfoss.pl/napedy](http://www.danfoss.pl/napedy)

**VLT®**  
THE REAL DRIVE

Danfoss Poland sp. z o.o.  
tel. (022) 755 06 68;  
e-mail: [vlt@danfoss.pl](mailto:vlt@danfoss.pl)