

# Automatyzacja pracy powietrzno-olejowych zbiorników ciśnieniowych w elektrowniach wodnych

Dariusz Pastwa, Mateusz Kosek

## Wprowadzenie

W większości współczesnych układów hydraulicznych stosowane są obecnie hydroakumulatory, w których część olejowa jest oddzielona od części gazowej za pomocą przepony, membrany lub tłoka. Jednakże w układach niskociśnieniowych nadal są eksploatowane ciśnieniowe zbiorniki powietrzno-olejowe bez przepony, wykorzystywane jako akumulatory hydrauliczne. Zaletą tego typu akumulatorów jest możliwość zmagazynowania dużej ilości oleju i prosta, zwarta konstrukcja.

Ciśnieniowe zbiorniki powietrzno-olejowe są obecnie nadal eksploatowane w wielu elektrowniach wodnych w układach hydraulicznych wykorzystywanych do zasilania regulatorów obrotów turbin (rys. 1 a) lub przepustnic (rys. 1 b) służących w sytuacjach awaryjnych do odcięcia dopływu wody do turbiny.

Akumulatory hydrauliczne do zasilania napędu przepustnic (rys. 1) wykorzystywane są jako podstawowe źródło zasilania, umożliwiające osiągnięcie dużych przepływów oleju do siłownika w czasie cyklu roboczego. Pompy olejowe zainstalowane w układzie hydraulicznym są wykorzystywane do ładowania akumulatora w czasie ustalonego położenia napędu przepustnicy.

W układach zasilania olejowego regulatorów turbin akumulatory hydrauliczne wykorzystywane są również jako podstawowe źródło zasilania serwomotorów aparatu kierowniczego (rys. 3). Cechą charakterystyczną tego typu układów hydraulicznych jest nierównomierne zapotrzebowanie na energię w czasie cyklu pracy serwomotorów. W czasie, gdy występuje

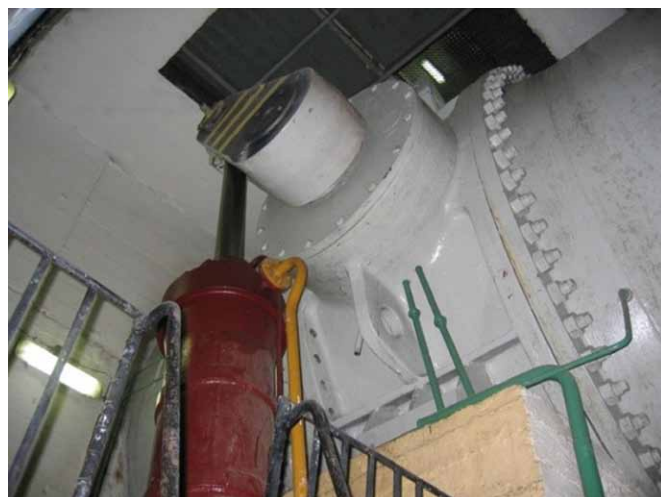
**Streszczenie:** W artykule przedstawiono zagadnienia dotyczące eksploatacji i modernizacji układów uzupełniania ilości powietrza w akumulatorach hydraulicznych wykorzystywanych w elektrowniach wodnych do zasilania regulatorów obrotów turbin lub przepustnic. Przedstawiono korzyści z wprowadzenia automatyzacji pracy akumulatorów, zapewniające zastosowanie cyfrowych układów sterujących i powiązanie układów zasilania olejowego z systemami SCADA, pozwalającymi na pracę przy minimalnym udziale obsługi.

**Abstract:** This paper presents new conception of level adjustment system in accumulator with air and oil fill. The advantages of the new solution are presented. Automation of hydraulic accumulators has allowed the use of digital control systems, which allowed for a reduction in operating activities in the process of supervision and control.

zapotrzebowanie na duży przepływ oleju tylko w krótkiej części cyklu, pompa o stosunkowo niewielkiej wydajności jest w stanie dostarczyć odpowiednią ilość energii do układu hydraulicznego oraz naładować akumulator do znamionowej wartości ciśnienia. W czasie nagłego zapotrzebowania akumulator hydrauliczny zapewnia dostarczenie chwilowego dużego przepływu oleju do



Rys. 1. Akumulator hydrauliczny zainstalowany w układzie zasilania olejowego: a) regulatora obrotów turbiny; b) przepustnicy (zaworu motylowego)



Rys. 2. Hydrauliczny napęd przepustnicy w elektrowni wodnej



Rys. 3. Serwomotor aparatu kierowniczego turbiny Kaplana

serwomotorów. Wielkość akumulatorów hydraulicznych w tego typu układach jest tak dobierana, aby zapewnić dostarczenie odpowiedniej ilości energii również w stanach awaryjnych pracy hydrozespołu bez udziału pompy olejowej.

Akumulatory hydrauliczne spełniają w powyższych układach hydraulicznych bardzo odpowiedzialną rolę. W czasie eksploatacji zbiornika powietrzno-olejowego bardzo ważne jest zapewnienie możliwości magazynowania prawidłowej ilości oleju. Osiąga się to przez utrzymywanie odpowiedniego poziomu oleju w zbiorniku powietrzno-olejowym przy ściśle określonym ciśnieniu roboczym. Zbiornik powietrzno-olejowy nie posiada przepony oddzielającej część gazową od olejowej, więc powietrze, które rozpuszcza się w oleju, należy systematycznie uzupełniać.

### Charakterystyka bezpośredniej współpracy cieczy i gazu

Masa rozpuszczonego gazu w danej objętości cieczy i temperaturze jest wprost proporcjonalna do ciśnienia.

$$\frac{V_{\text{gazu}}}{V_{\text{cieczy}}} = k \times p$$

przy czym  $V_{\text{gazu}}$  jest objętością odniesioną do warunków normalnych [1].

Jeżeli przyjąć dla oleju TU-46 wartość współczynnika  $k=0,74$ , przy ciśnieniu 4 MPa w 1 cm<sup>3</sup> oleju może rozpuścić się około 2,96 cm<sup>3</sup> powietrza. Aby nasycenie oleju zaistniało, potrzebne są odpowiednie warunki w postaci dostatecznie dużej powierzchni styku powietrza z olejem i dostatecznie długiego okresu trwania procesu. W dużych akumulatorach powietrzno-olejowych wzrost poziomu oleju spowodowany rozpuszczalnością powietrza jest zauważalny już po kilku godzinach pracy. Zbyt mała ilość powietrza w akumulatorze hydraulicznym powoduje zmniejszenie objętości zmagazynowanej cieczy. W skrajnym przypadku objętość cieczy może być niewystarczająca do zakończenia cyklu zasilającego urządzenia.



**Rys. 4.** Zespół sprężarek wysokociśnieniowych pracujących w układzie uzupełniania powietrza w akumulatorach hydraulicznych w elektrowni wodnej

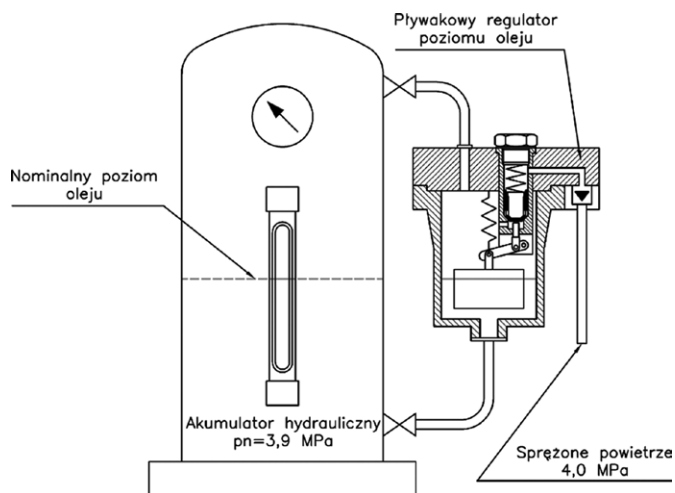
Niekorzystne jest również doprowadzenie zbyt dużej ilości sprężonego powietrza do akumulatora. Nadmierne obniżenie poziomu oleju w pracującym akumulatorze hydraulicznym może doprowadzić do niebezpiecznego zapowietrzenia całej instalacji hydraulicznej, nagłego powstania oparów olejowych i wydostania się oleju do otoczenia przez zbiornik zlewowy.

Ilość powietrza w akumulatorze jest uzupełniana w elektrowniach ręcznie przez obsługę lub przez instalacje działające automatycznie. W przypadku ręcznego uzupełniania powietrze należy dostarczyć z wysokociśnieniowej sprężarki przez odpowiednie manipulacje zaworami odcinającymi. W elektrowniach wodnych przeważnie stosowane są sprężarki wysokociśnieniowe tłokowe dwu- lub trzystopniowe chłodzone powietrzem (rys. 4). Sprężone powietrze jest dostarczane ze sprężarek do akumulatorów hydraulicznych rurociągami, w których ciśnienie jest nieznacznie wyższe od maksymalnego ciśnienia roboczego w układzie hydraulicznym (maksymalnie o 0,5 MPa).

### Metody uzupełniania ilości powietrza w akumulatorach hydraulicznych

Instalacje automatycznego uzupełniania powietrza można podzielić na układy, które wymagają stałego podłączenia do wysokociśnieniowej instalacji pneumatycznej, lub takie, które po rozruchu działają bez udziału sprężonego powietrza dostarczanego z zewnątrz.

Przykładem układu wymagającego stałego podłączenia do wysokociśnieniowej instalacji pneumatycznej jest rozwiązanie firmy LMZ (rys. 5). Zastosowany w układzie regulator poziomu jest urządzeniem wyposażonym w pływak, który w zależności od poziomu oleju otwiera lub zamyka dopływ sprężonego powietrza z zewnętrznej instalacji pneumatycznej. Warunkiem poprawnego działania urządzenia jest zapewnienie stałego, nieznacznie wyższego niż w akumulatorze hydraulicznym ciśnienia w instalacji pneumatycznej. Akumulator hydrauliczny wyposażony w opisany regulator poziomu wymaga okresowego nadzoru ze strony obsługi, gdyż w przypadku „przepowietrzenia”



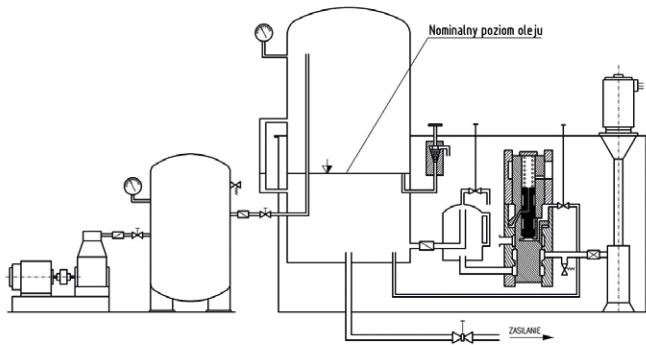
**Rys. 5.** Schemat instalacji do uzupełniania ilości powietrza w akumulatorze hydraulicznym za pomocą pływakowego regulatora poziomu oleju

akumulatora nadmierną ilość powietrza należy usunąć ręcznie.

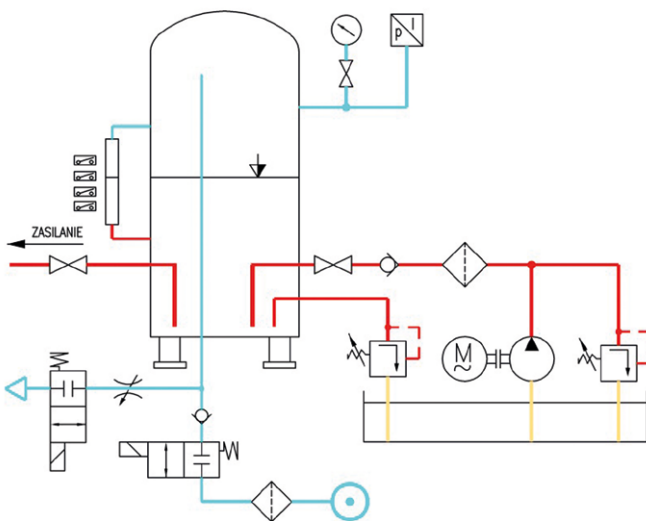
Przykładem układu uzupełniania ilości powietrza w akumulatorze hydraulicznym niewymagającego stałego podłączenia do wysokociśnieniowej instalacji pneumatycznej jest rozwiązanie firmy CKD BLANSKO, przedstawione na rys. 6. Głównym elementem układu jest zbiornik napowietrzający zainstalowany pomiędzy akumulatorem hydraulicznym a zaworem automatycznego ładowania. Zbiornik napowietrzający w czasie odłączenia pompy przez zawór automatycznego ładowania jest opróżniany grawitacyjnie z oleju. Gdy ciśnienie w akumulatorze spadnie do wartości przełączenia pompy na ładowanie akumulatora hydraulicznego, olej tłoczony z pompy przetłacza w pierwszej kolejności porcję powietrza, która znalazła się w zbiorniku napowietrzającym. Możliwe jest ustawienie prędkości opróżniania zbiornika napowietrzającego z oleju, a tym samym ilości powietrza wtłaczanej do akumulatora w każdym cyklu ładowania. Nadmierna ilość powietrza jest wyrzucana z akumulatora przez zawór dławiący podłączony do rurki, której koniec jest zainstalowany wewnątrz zbiornika ciśnieniowego na nominalnym poziomie. W przypadku, gdy poziom oleju obniży się poniżej krawędzi rurki, następuje usunięcie nadmiernej ilości powietrza z akumulatora hydraulicznego, gdyż opory przepływu powietrza przez dławik są mniejsze niż opory przepływu oleju. Cechą charakterystyczną tego typu układu jest regulacja poziomu oleju przy każdym cyklu ładowania akumulatora hydraulicznego. W opisywanym rozwiązaniu zbiornik zasilacza hydraulicznego musi mieć konstrukcję zapewniającą zasysanie czystego powietrza z zewnątrz i uniemożliwiająca wydostanie się do otoczenia mgły olejowej powstającej wewnątrz zbiornika zlewowego.

### Automatyzacja układów uzupełniania ilości powietrza

Regulację poziomu oleju w zbiorniku powietrzno-olejowym można zrealizować na drodze sterowania elektrycznego [2]. Schemat układu uzupełniania ilości powietrza w akumulatorze



Rys. 6. Schemat instalacji do uzupełniania ilości powietrza w akumulatorze hydraulicznym za pomocą zbiornika napowietrzającego



Rys. 7. Schemat układu uzupełniania ilości powietrza w akumulatorze hydraulicznym za pomocą elektrozaworów

hydraulicznym za pomocą elektrozaworów przedstawiono na rys. 7. Układ wymaga podłączenia do wysokociśnieniowej instalacji pneumatycznej o stabilnym ciśnieniu nieznacznie wyższym od maksymalnego ciśnienia roboczego w akumulatorze. Konieczne jest również zapewnienie powtarzalnego pomiaru poziomu oleju w zbiorniku ciśnieniowym. Pomiar poziomu oleju może odbywać się w sposób ciągły, wówczas w układzie sterowania wykorzystywany będzie sygnał analogowy, lub można mierzyć poziom za pomocą poziomowskazu magnetycznego wyposażonego w dwustanowe sygnalizatory poziomu. Sygnały z układu pomiarowego poziomu następnie wykorzystywane są w przypadku zbyt wysokiego poziomu oleju do sterowania pracą elektrozaworu doprowadzającego sprężone powietrze do akumulatora hydraulicznego lub w przypadku zbyt niskiego poziomu oleju do sterowania elektrozaworu usuwającego nadmiar sprężonego powietrza.

### Podsumowanie

Wprowadzenie układów automatycznego uzupełniania ilości powietrza w akumulatorach hydraulicznych sterowanych

elektrycznie zapewnia kompleksową automatyzację pracy elektrycznej. Proces uzupełniania ilości powietrza odbywa się wówczas automatycznie, bez udziału obsługi. Podłączenie czujników pomiarowych poziomu do systemu nadzoru i kontroli w elektrycznej zapewnia wygenerowanie alarmu w przypadku pojawienia się zakłóceń w pracy układu hydraulicznego – wówczas konieczna jest interwencja obsługi w celu przywrócenia prawidłowych parametrów pracy zbiornika ciśnieniowego. Możliwa jest również wizualizacja i archiwizacja danych pomiarowych w systemie SCADA.

### Literatura

- [1] OSIECKI A.: *Napęd i sterowanie hydrauliczne maszyn*. Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, Gdańsk 1995.
- [2] *Modernizacja układów olejowo-ciśnieniowych zasilania serwo-motorów zaworów motylowych hydrozespołów hz 3, 2, 1 w E.W. Żydowo*. DTR, Instytut Energetyki Oddział Gdańska, Gdańsk 2010.

mgr inż. Dariusz Pastwa  
inż. Mateusz Kosek  
Instytut Energetyki Oddział Gdańsk

artykuł recenzowany

reklama

reklama