

Metody zabezpieczania turbin wodnych od rozbiegu

Henryk Minkiewicz, Dariusz Pastwa

Wprowadzenie

Do rozbiegu hydrozespołu, czyli do zwiększenia prędkości obrotowej wirnika, może dojść w sytuacji, gdy od pracującego z określoną mocą turbozespołu odłączymy całe obciążenie generatora i jednocześnie dojdzie do awarii aparatu kierowniczego lub układu regulacji turbiny. Wielkość wzrostu prędkości obrotowej w stosunku do prędkości obrotowej znamionowej zależy od typu turbiny, jej szybkobieżności, aktualnej wartości spadku oraz kąta otwarcia elementów regulacyjnych, decydujących o przepływie wody przez turbinę.

W konsekwencji rozbiegu może dojść do:

- drgań hydrozespołu oraz bardzo silnej kawitacji;
- wzrostu temperatury łożysk hydrozespołu;
- wzrostu obciążeń łopatek wirnika;
- awarii wirnika generatora w wyniku działania sił odśrodkowych.

Elektrownie wodne wyposażone są w urządzenia, które mają za zadanie nie dopuścić do nadmiernego przekroczenia obrotów znamionowych przez hydrozespół oraz zapewnić bezpieczeństwo budowli hydrotechnicznych.


W celu niedopuszczenia do wystąpienia rozbiegu hydrozespołu już na etapie prac projektowych podejmowane są odpowiednie działania w zakresie budowy układu przepływowego turbiny oraz jego układu regulacji.

Na wlocie do turbin, niezależnie od aparatu kierowniczego, instalowane są szybko działające urządzenia zamykające przepływ wody (zawory motylowe, zawory kulowe, zasowy) napędzane ciężarowo, wykorzystujące ciśnienie oleju lub przy dużych spadach ciśnienie słupa wody.



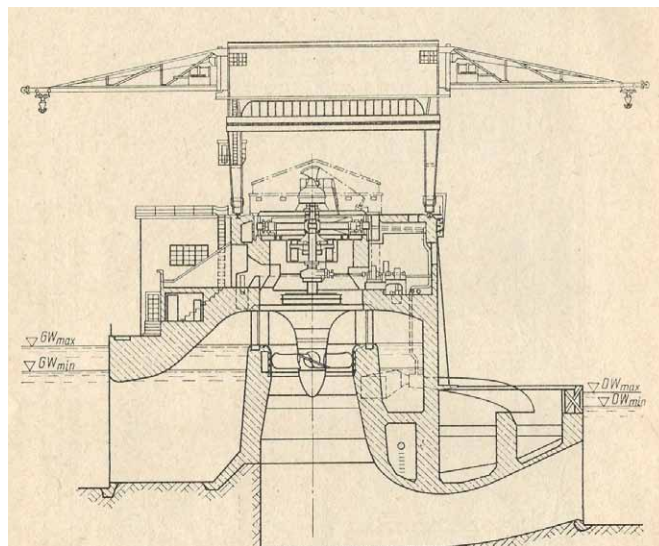
Rys. 1. Zawór kulowy BLV-3P-M produkcji TB Hydro Sp. z o.o.

Streszczenie: W artykule opisano przyczyny i skutki wystąpienia rozbiegu w turbinach wodnych. Przedstawiono metody zabezpieczenia hydrozespołu przed wystąpieniem awaryjnego wzrostu prędkości obrotowej. Opisano instalowane w elektrowniach urządzenia umożliwiające bezpieczne zatrzymanie hydrozespołu po awaryjnym odciążeniu generatora.

 **Abstract:** The article describes the causes and effects of overspeeding in water turbines. The methods of protecting the hydrogenerator against the uncontrollable increase in rotational speed were presented. Authors described devices installed in power plants enabling safe stopping of a hydrogenerator after emergency power dump.

Nietypowe rozwiązanie stosuje się w turbinach lewarowych. Doprowadzając powietrze do kanału syfonowego, można uzyskać odcięcie dopływu wody do turbiny i ograniczyć rozbieg hydrozespołu.

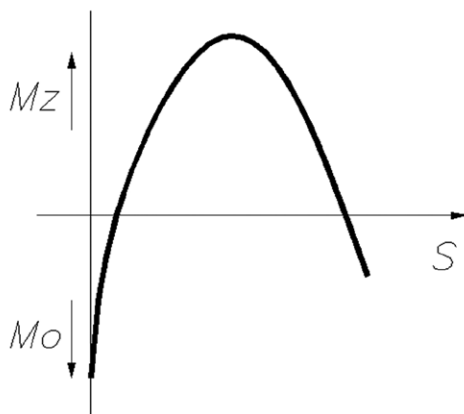
Sposobem na ograniczenie możliwości rozbiegu hydrozespołu w turbinach Kaplana jest przystosowanie serwomotoru łopatek wirnika do jego awaryjnego zamykania. Stosując niezależne akumulatory lub pompę napędzaną z wału turbiny do napędu siłownika wirnika, można zabezpieczyć się



Rys. 2. Elektrownia wodna z turbiną w układzie lewarowym



Rys. 3. EW Dębe. Zasilacz olejowy przystosowany do niezależnego zasilania aparatu kierowniczego i wirnika turbiny



Rys. 4. Wykres momentów hydraulicznych działających na łopatkę kierowniczą: M_z – moment zamykający; M_o – moment otwierający; S – skok serwomotoru

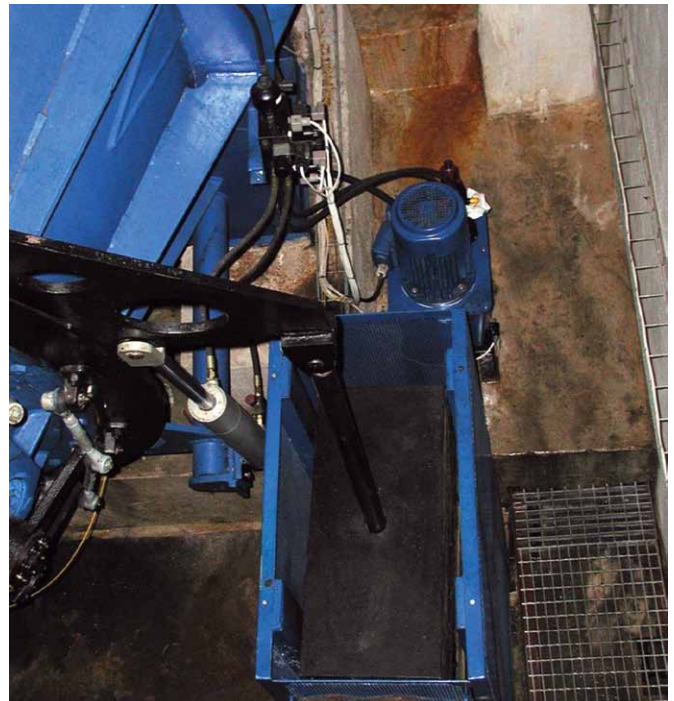
w sytuacji, kiedy w wyniku awarii nie można wykorzystać aparatu kierowniczego.

Stosowane są również układy z łopatkami kierowniczymi samoczynnie zamykającymi się pod wpływem sprężyn działających na aparat kierowniczy lub naporu wody na odpowiednio zaprojektowany profil łopatki.

Łopatki w aparacie kierowniczym są przeważnie tak zaprojektowane, aby zachowana była tendencja do zamykania pod wpływem przepływającej wody w prawie całym zakresie skoku siłowników hydraulicznych. Najwyższy moment na pierścieniu regulacyjnym potrzebny jest w końcowej fazie domknięcia aparatu kierowniczego. W przypadku zaniku zasilania siłowników domknięcie aparatu kierowniczego można osiągnąć za pomocą sprężyn dociskowych lub podwieszonego przeciwcieżaru. Wymaga to jednak rozbudowy olejowego układu ciśnieniowego ze względu na wzrost sił regulacyjnych.



Rys. 5. Pierścień regulacyjny turbiny Kaplana z siłownikiem hydraulicznym i zespołem sprężyn domykających aparat kierowniczy

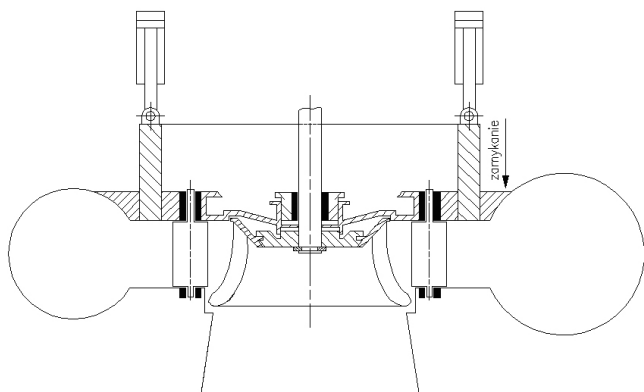


Rys. 6. Aparat kierowniczy rurowej turbiny Kaplana domykany za pomocą przeciwcieżaru

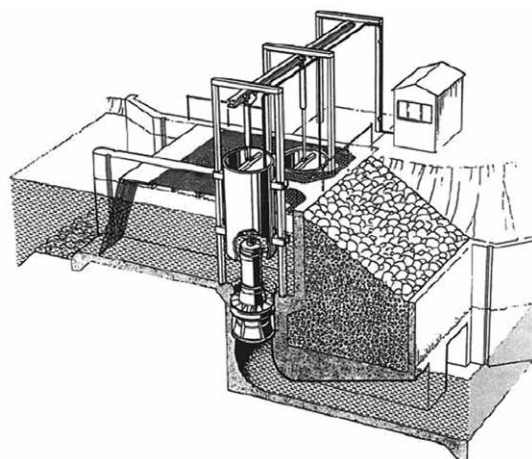
W dużych hydrozespołach stosowane są zamknięcia dopływu wody do aparatu kierowniczego za pomocą pierścienia zawieszzonego centrycznie nad aparatem kierowniczym. Opadnięcie pierścienia odcina dopływ wody na łopatkę aparatu kierowniczego, powodując szybkie zatrzymanie hydrozespołu.

Podobne rozwiązanie zastosowano w turbinie Flygt. Jako zamknięcia ruchowe i awaryjne zastosowano zamknięcie cylindryczne zawieszane na podnośniku hydraulicznym, opuszczane ciężarowo.

Podstawowym urządzeniem zabezpieczającym hydrozespół przed rozbiegiem jest dla większości typów turbin aparat kierowniczy. Jego niezawodne działanie wymaga zastosowania



Rys. 7. Schemat turbiny wyposażonej w pierścieniowe zamknięcie dopływu wody



Rys. 9. Elektrownia wodna z turbiną Flygt w otwartej komorze dopływowej



Rys. 8. Pierścień odcinający dopływ wody do aparatu kierowniczego pompo-turbiny w elektrowni szczytowo-pompowej (przed montażem)



Rys. 10. Elektrohydrauliczny układ sterowania turbiną Kaplana w EW Dąbie wykonany przez Instytut Energetyki Oddział Gdańsk

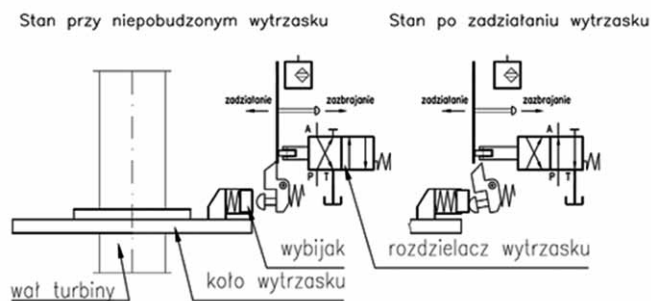
odpowiedniego, niezawodnego napędu oraz niezawodnie działającego układu regulacji.

W Instytucie Energetyki Oddział Gdańsk opracowano układy regulacji umożliwiające w stanach awaryjnych pewne i szybkie zamknięcie aparatu kierowniczego. Aby to osiągnąć, opracowano elektrohydrauliczne układy regulacji z oddzielnym torem awaryjnego zamknięcia aparatu kierowniczego, kierującego olej do siłowników w kierunku na zamykanie. Jednocześnie w stanach awaryjnych przepływ oleju przez główny proporcjonalny zawór sterujący jest możliwy tylko w kierunku na zamykanie.

W projektowanych układach wymuszone położenie elementów sterujących w stanach beznapięciowych powoduje szybkie zamykanie łopatek aparatu kierowniczego i wirnika. Pewne działanie układu wymaga zastosowania elementów sterujących dobieranych pod kątem odporności na zjawisko obliteracji.

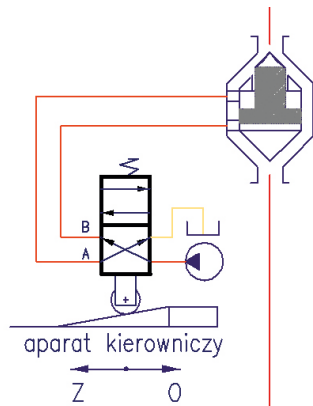
Zabezpieczenie od rozbiegu hydrozespołu po jego awaryjnym odciążeniu inicjowane jest poprzez elektryczny i mechaniczny wytrząsk od nadobrotów.

Projektując urządzenia szybko zamykające przepływ wody przez turbinę, należy wziąć pod uwagę możliwość wystąpienia uderzenia hydraulicznego. Szczególnie w przewodach ciśnieniowych doprowadzających wodę do turbiny występujący



Rys. 11. Schemat ideowy wytrząsku mechanicznego

wzrost ciśnienia jest bardzo niebezpieczny dla komory wlotowej turbiny oraz dla rurociągu i wpływa niekorzystnie na proces regulacji.



Rys. 12. Schemat układu dławiący przepływ oleju do siłowników aparatu kierowniczego



Rys. 13. Zawór odciążający zabudowany na korpusie turbiny Franciszki

W tej sytuacji należy zastosować układy dławiące wymuszające różne prędkości zamykania aparatu kierowniczego w zależności od kąta jego otwarcia. Ponadto należy instalować zawory napowietrzające, chroniące rurociąg przed burzliwym wpływem wody z turbiny.

Bardzo interesującym rozwiązaniem jest zastosowanie urządzeń, które w trakcie szybkiego zamykania aparatu kierowniczego przekierowują strumień wody do rurociągu połączonego z dolną wodą.

Już w 1906 roku wykonano w EW Gałąźnia Mała mechaniczny układ, który w trakcie awaryjnego zatrzymywania hydrozespołu przekierowuje strumień wody z głównego toru przepływowego do rurociągu połączonego z dolną wodą. Wielkość strumienia upuszczanego zależy od kąta otwarcia aparatu kierowniczego, przy którym nastąpiło awaryjne odstawienie, oraz od szybkości jego przestawiania.

Podsumowanie

Działania prowadzące do zabezpieczenia hydrozespołu przed rozbiegiem są bardzo ważne ze względu na bezpieczeństwo pracy całej elektrowni.

W tym celu w układach przepływowych stosowane są urządzenia odcinające przepływ wody na wirnik turbiny podczas awaryjnego wzrostu prędkości obrotowej.

Równie ważne jest uwzględnienie w układach regulacji urządzeń gwarantujących niezawodne zamknięcie aparatu kierowniczego w sytuacji wystąpienia awarii mogącej doprowadzić do rozbiegu hydrozespołu.

Literatura

- [1] SOBOLEWSKI T.: *Pierwsze zatapialne turbozespoły FLYGT w Polsce*. „IMPELLER. Magazyn informacyjny” 1/1992.
- [2] JACKOWSKI K.: *Elektrownie wodne. Turbozespoły i wyposażenie*. WNT, Warszawa 1971.
- [3] DOWNAR D.: *Zabezpieczenia hydromechaniczne w układach regulacji turbin zapewniające bezpieczną eksploatację elektrowni wodnej*. „Energetyka” 12/2014.

mgr inż. Henryk Minkiewicz
mgr inż. Dariusz Pastwa
Instytut Energetyki Oddział Gdańsk

reklama

reklama