

Innowacyjne modułowe rozwiązania dla MEW o najniższych spadach

Dariusz Borkowski, Tomasz Węgiel

Politechnika Krakowska
e-mail: dariusz.borkowski@pk.edu.pl
tomasz.wegiel@pk.edu.pl

Andrzej Polniak, Damian Liszka

AQUA-Tech Sp. z o. o., Trzebinia
e-mail: andrzej@aquatech.info.pl
damian@aquatech.info.pl

Wstęp

AQUA-Tech jest polskim liderem w zakresie projektowania, budowy i montażu kompozytowych jazów ruchomych. W okresie swojej 10-letniej działalności zrealizował wiele instalacji jazowych z których część współpracuje z małymi elektrowniami wodnymi. Oferowane przez AQUA-Tech jazy powłokowe służą również jako obiekty retencyjne (przykładowo Zbiornik Retencyjny Biezanów) oraz jako urządzenia wspomagające ujęcia wody chłodzącej dla bloków energetycznych elektrowni konwencjonalnych (np. Jaz Elektrowni Ostrołęka).

Dzięki funduszom Unii Europejskiej, w 2018 roku AQUA-Tech rozpoczął prowadzenie innowacyjnych prac badawczo-rozwojowe w ramach Projektu Operacyjnego Innowacyjny Rozwój - POIR.01.02.00-00-0251 w zakresie opracowania technologii nisko-spadowych modułowych elektrowni wodnych o wysokiej efektywności energetycznej przy minimalnej ingerencji w środowisko naturalne. W ramach tego projektu przygotowano szereg wysoko efektywnych energetycznie rozwiązań technicznych mających na celu zagospodarowanie słabo wykorzystywanych do tej pory lokalizacji o najniższych spadach w zakresie wysokości od 1.5 do 2.5 m i przepływach pozwalających na uzyskanie mocy produkcyjnej od 30 do 100kW. Powszechnie wiadomo, że w latach międzywojennych poprzedniego stulecia, w takich lokalizacjach (było ich około 8 tys.) z powodzeniem pracowały siłownie wodne o mocach od kilku do kilkudziesięciu kilowat produkując energię dla zakładów produkcyjnych i młynów. Proponowana przez AQUA-Tech technologia budowy modułowej ma na celu obniżenie kosztów inwestycji i ponowne zagospodarowanie licznych nieczynnych w tej chwili lokalizacji. Dzięki zastosowaniu nowych technologii realnym stało się osiągnięcie dla takich

obiektów ponad dwukrotnie większych wartości produkcyjnych.

Opracowana innowacyjna technologia modułowa składa się z następujących elementów: modułu jazowego, modułu przepławki oraz modułu hydrozespołu z wysokosprawnym układem generacji energii elektrycznej.

Moduł jazowy

W celu poprawy ujęcia wody dla MEW stosowane są instalacje jazowe. W ostatnich latach bardzo popularnym rozwiązaniem stało się wyposażanie instalacji jazowych w ruchome zamknięcia kompozytowe, nazywane zamknięciem powłokowym (lub bukłakowym). Ich działanie nie powoduje zatorów wodnych podczas przepływów wysokich i powodziowych. Rozwiązania te doskonale sprawdzają się podczas przepływów niskich, tworząc retencję korytową. Powłoki jazowe najczęściej są napełniane wodą czerpaną z rzeki, tym samym stanowią rozwiązanie o wysokim bezpieczeństwie ekologicznym. Zamknięcia powłokowe posiadają wiele zalet eksploatacyjnych, szczególnie w porze zimowej gdyż kra i lód prądowy nie przymarzają do elastomerowej powłoki jazowej, dzięki czemu stały się one popularnym rozwiązaniem dla piętrzeń o wysokości do 5m. Rozwinięciem technologicznym jazów powłokowych są kompozytowe ruchome jazy klapowe z siłownikiem powłokowym typu pneumatycznego lub hydraulicznego (napełniane wodą). Rozwiązanie takie szczególnie polecane jest dla piętrzeń o wysokości od 0.5 do 1.5 m. Medium roboczym takiego piętrzenia jest siłownik powłokowy typu pneumatycznego. Kłapy wykonane są z kompozytów węglowych lub polietylenowych o wysokiej gęstości. Eliminacja w tych rozwiązaniach elementów stalowych znacząco poprawia bezpieczeństwo eksploatacyjne w warunkach zimowych. Ponadto elementy wykonywane z kompozytów nie reagują z wodą oraz nie wymagają konserwacji i smarowania, tym samym są to

rozwiązania czyste ekologicznie. Ww. rozwiązania mocowane są do żelbetowej konstrukcji dennej oraz do filarów i przyczółków brzegowych. Ponieważ prace wykonywane w korycie rzeki są obciążone wysokim ryzykiem zalania budowy podczas nieoczekiwanych przyborów ciekłu, dlatego AQUA-Tech opracował technologię prefabrykacji modułowej. Głównym zadaniem wdrażanej technologii jest skrócenie czasu budowy prowadzonej w korycie rzeki oraz poprawa jakości elementów blokowych wykonywanych w technologii prefabrykacji betonu ze zbrojeniem kompozytowym.

Moduł przepławki

Zgodnie z obowiązującymi przepisami prawa każdy nowo budowany obiekt piętrzący lub modernizowany należy wyposażyć w urządzenie pozwalające na swobodną migrację ryb. Do najczęściej stosowanych rozwiązań należą przepławki szczelinowe i ryglowe. Opracowana przez firmę AQUA-Tech linia technologiczna produkcji zunifikowanej segmentowej przepławki dla ryb pokrywa swoim zastosowaniem budowlę IV klasy ważności. Prefabrykowana przepławka składa się z odrębnych dokowych basenów zakończonych ruchomymi przegrodami. Po montażu na budowie możliwa jest kalibracja prędkości przepływającej w szczelinach wody celem optymalizacji pracy całej przepławki za pomocą młynka hydrometrycznego. Rozwiązanie to umożliwia komponowanie przepławek dla ryb o skutecznym działaniu, przy zachowaniu małej ingerencji w środowisko naturalne na etapie budowy.

Moduł hydrozespołu z układem generacji energii elektrycznej

Nadrzędnym celem niskospadowej zabudowy hydrotechnicznej jest ograniczenie kosztów budowlanych które stanowią ponad połowę nakładów na całą inwestycję. Wiadomo, że elementy żelbetowe o krzywoliniowych kształtach wylewane na mokro są drogie. Unifikacja wymiarowa i sprowadzenie zabudowy maszynowej do typoszeregu dwóch średnic turbin i ich multiplikacji pozwoliła na znaczne przeniesienie wagi nakładów budowlanych poniżej połowy kosztów inwestycyjnych MEW. Częściowo prefabrykowane komory turbozespołów w zabudowie szeregowej ograniczają głębokość posadowienia budowli a zarazem koszty. Moduł z turbiną poziomą typu Kaplana o zunifikowanej średnicy 750 i 900 mm

pozwała na pokrycie energetyczne lokalizacji o spadach rzędu 1,50 do 2,50 m.

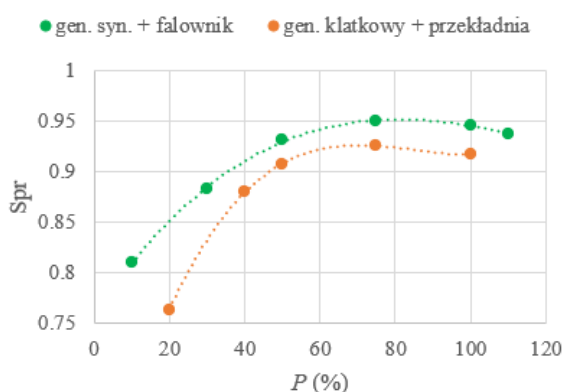
Turbozespoły zostały pozbawione elementów podatnych na awarie tj. przekładni multiplikujących obroty do prędkości optymalnej na rzecz generatorów. Bezpośrednie sprzęgnięcie turbiny z generatorem synchronicznym umożliwia pracę ze zmienną prędkością obrotową co dla obiektów niskospadowych gdzie krzywa konsumpcyjna dolnego stanowiska jazu na charakter wykładniczy ma ogromne znaczenie dla utrzymania wysokiej sprawności przetwarzania energii wody na energię elektryczną. Całość procesu generacji energii zarządzana jest przez sterownik PLC współpracujący z przemiennikiem częstotliwości. Sieć obiektów niskospadowych połączonych nadrzędnym systemem zarządzania umożliwia monitoring suszy/powodzi dla obszaru pokrytego niskospadową zabudową korytowa rzek.

W elektrowniach wodnych najniższych spadów z klasycznymi układami generacji bazującymi na generatorze klatkowym pracujących ze stałą prędkością obrotową istotnym problemem jest zmienność spadów. Nawet niewielka zmiana spadów np. o 20% może spowodować utratę sprawności, która nawet dla wysokosprawnych turbin Kaplana może sięgać 2-3%. Istotną wadą stosowania generatorów klatkowych jest konieczność stosowania przekładni mechanicznych, które powodują nadmierny hałas oraz zwiększają koszty eksploatacji elektrowni. Kolejnym problemem jest konieczność kompensacji mocy biernej. Należy również zaznaczyć, iż generatory klatkowe klasy IE3, które zapewniają relatywnie wysoką znamionową sprawność (np. dla mocy między 45 a 110 kW sprawność wynosi między 94 a 95.5%) charakteryzują się istotną utratą sprawności dla mniejszych mocy. Jak wiadomo - MEW zwłaszcza przepływowe charakteryzują się dużymi zmianami generowanej mocy w zależności od warunków hydrologicznych. Wobec tego ilość wygenerowanej energii elektrycznej w ciągu roku będzie zależeć od sprawności generatora dla różnych wartości mocy. Powyższe wady klasycznych układów generacji energii elektrycznej można wyeliminować stosując generator synchroniczny z magnesami trwałymi oraz przekształtnik energoelektroniczny (powszechnie nazywanym falownikiem). Rozwiązania te, powszechnie stosowane w energetyce wiatrowej, mogą znacząco zwiększyć produkcję energii



elektrycznej w MEW zwłaszcza najniższych spadów.

Firma AQUA-Tech proponuje układ generacji energii elektrycznej składający się z wysokosprawnego generatora synchronicznego z magnesami trwałymi (PMSG) oraz dedykowanego falownika. Przewaga sprawności proponowanego rozwiązania względem klasycznego została pokazana na Rys. 1, gdzie przedstawione zostały sprawności generatora klatkowego (IE3, 1000 obr/min) sprzęgniętego przekładnią mechaniczną pasową z generatorem synchronicznym (z magnesami trwałymi) z falownikiem dla mocy ok. 90 kW.



Rys. 1 Porównanie sprawności generatora klatkowego (IE3, 1000 obr/min) sprzęgniętego przekładnią mechaniczną pasową z generatorem synchronicznym (z magnesami trwałymi) w układzie falownikiem dla mocy ok 90 kW w funkcji obciążenia.

Widoczna jest istotna różnica sprawności tych dwóch rozwiązań sięgająca od 2% dla pracy przy mocach bliskich wartościom znamionowym do 8% dla mniejszych mocy generatora. Można więc wywnioskować, że zysk produkcji będzie widoczny głównie przy niskich przepływach MEW. Biorąc pod uwagę przykładowy roczny przebieg wartości przepływu rzeki oraz charakterystyki uniwersalne turbin można oszacować różnicę produkcji przy wykorzystaniu tych dwóch analizowanych generatorów. W przypadku turbiny Kaplana zysk sprawności będzie wynosił 2-8%, natomiast dla turbin śmigłowych 5-20%.

Należy również podkreślić, że obecnie obowiązujące regulacje prawne dotyczące przyłączania jednostek generacyjnych do systemu elektroenergetycznego (Rozporządzenie Komisji (UE) 2016/631 z dnia 14 kwietnia 2016 r. zwane powszechnie jako NC RfG) wymuszają konieczność stosowania skomplikowanych

układów regulacji w nowo powstałych lub modernizowanych elektrowniach. Użycie falownika znacząco ułatwia spełnienie tych wymagań, a więc zmniejsza koszty wyposażenia elektrowni.

Autorzy:

Dariusz Borkowski, dr. hab. inż., - profesor Politechniki Krakowskiej, specjalizuje się w badaniach układów hydroenergetycznych pracujących przy zmiennej prędkości obrotowej turbin;

Tomasz Węgiel, dr. hab. inż. - profesor Politechniki Krakowskiej, specjalizuje się w badaniach układów generacji energii elektrycznej wyposażonych w generatory wzbudzone magnesami trwałymi;

Andrzej Polniak, inż. - przedsiębiorca, specjalizuje się w procesach produkcji materiałów kompozytowych; posiada ponad 20-letnie doświadczenie w produkcji jazów kompozytowych dla MEW;

Damian Liszka, mgr inż. – projektant, specjalizuje się w innowacyjnych rozwiązaniach dedykowanych dla hydroenergetyki;