

Elektrownia wodna nowej generacji

mgr inż. Maciej Kowalik
mgr inż. Karol Przepióra
Instytut OZE Sp. z o.o.
zdjęcia Michał Lis

Połączenie dwóch hydrozespołów o odmiennej konstrukcji i charakterystyce umożliwiło zwiększenie efektywności energetycznej elektrowni wodnej, zmniejszenie jej oddziaływania na środowisko i optymalizację kosztów eksploatacyjnych.

Mała elektrownia wodna (MEW) w miejscowości Wolica zlokalizowana jest w 10 + 240 km rzeki Czarna Nida w sąsiedztwie istniejącego młyna. W roku 2001 rozpoczęła produkcję energii elektrycznej, wykorzystując energię potencjalną spiętrzonej przez jaz wody (spad niwelacyjny 2,2 m, przepływ średni normalny 4,14 m³/s), przy użyciu turbiny Francisa o średnicy 1000 mm i przepłyku instalowanym 1,43 m³/s. Obiekt dysponował wówczas mocą instalowaną 32 kW. Fakt, iż duże ilości wody rzeki Czarna Nida były w dalszym ciągu jałowo przepuszczane przez jaz, stanowiąc niewykorzystany potencjał hydroenergetyczny, doprowadził do doposażenia elektrowni dwa lata później w dodatkową turbinę śmigłową. Drugi hydrozespół z wałem pionowym o średnicy 832 mm i przepłyku 1,83 m³/s umieszczono w zabudowie lewarowej. Nowa turbina dysponowała mocą 26 kW, przez co moc instalowana całego obiektu wzrosła do 58 kW. Roczna produkcja energii elektrycznej w tym okresie kształtowała się na poziomie 180 MWh.

W 2012 r. podjęto decyzję o instalacji w MEW Wolica nowych hydrozespo-

łów w celu ponownego zwiększenia produkcji energii elektrycznej, a także możliwości prowadzenia badań nad innowacyjnymi rozwiązaniami dotyczącymi turbin. Zespół inżynierów z Instytutu OZE zaproponował wówczas wiele rozwiązań dotyczących zarówno konstrukcji, jak i systemu sterowania oraz pracy hydrozespołów, których nigdy dotąd nie stosowano w energetyce wodnej. Jednym z nich było **jednoczesne wykorzystanie turbin o odmiennej konstrukcji i charakterystyce – turbiny Kaplana oraz śruby Archimedesesa. Urządzenia te zaprojektowano specjalnie dla warunków hydrologicznych występujących w powyższej lokalizacji.**

Przebieg prac budowlanych

Prace budowlane realizowano etapowo, w korycie rzeki, przy zamknięciu wydzielonego odcinka robót za pomocą szczelnego nasypu z gliny. W pierwszej kolejności dokonano rozbioru istniejącej stalowej konstrukcji turbinowni MEW wraz z demontażem starych hydrozespołów. Ze względu na specyfikę pracy turbiny typu Kaplan (której całość wylotu znajduje się pod powierzchnią wody dolnej) **konieczne było obniżenie istniejącej**

plyty fundamentowej. Warunki geotechniczne, w jakich prowadzone były wspomniane prace, w znacznym stopniu ułatwiały roboty ziemne. Występujące w podłożu grunty skaliste nie tylko wyeliminowały problem zalewania wykopu na skutek filtracji wody, ale także znacząco ograniczyły koszty prac związanych z zabezpieczeniem filtracji wody pod obiektem w czasie jego późniejszej eksploatacji.

Kolejnym etapem budowy był montaż rury ssącej w całości wykonanej ze stali. Stanowi ona integralną część hydrozespołu, której zadaniem jest odzyskanie części energii kinetycznej wody wyphywającej z wirnika. Rura ssąca pełniła również funkcję szalunku traconego dla dalszych żelbetowych konstrukcji wsporczych, a samo jej betonowanie, ze względu na możliwość wyporu przez beton, zostało przeprowadzone w trzech etapach.

Zważywszy na ograniczoną szerokość kanału napływowego (z jednej strony przeszkodę stanowił budynek młyna, z drugiej zaś istniejący jaz), **inżynierowie stanęli przed zadaniem optymalizacji napływu w celu zapewnienia odpowiedniego rozdziału wody na poszczególne hydrozespoły z jednoczesnym zapewnieniem właściwych**

prędkości przepływu. Wiele analiz i symulacji układu hydraulicznego z wykorzystaniem zaawansowanego oprogramowania FLOW-3D dowiodło, że najlepszym rozwiązaniem będzie współdzielenie napływu przez obie turbiny.

Miejsce instalacji hydrozespołu typu Kaplan stanowiła żelbetowa komora spiralna. Śruba Archimedesowa (zwana też turbiną śrubową bądź ślimakową) została natomiast zamontowana w żelbetowej konstrukcji w formie koryta o pionowych ścianach i wyprofilowanym dnie, z zachowaniem 22°

nachylenia w stosunku do poziomu. Nad komorą turbiny Kaplana oraz częścią napływu wykonano żelbetową płytę stropową. Płyta ta stanowiła domknięcie komory spiralnej, a także punkt podparcia górnego łożyska śruby Archimedesowej. Ze względu na fakt, że przeważająca część obiektu jest poddawana stałemu działaniu wody, całą konstrukcję budowli wykonano, stosując beton hydrotechniczny, co zagwarantowało jego należytą wodoszczelność i mrozoodporność. Zespół wyposażenia elektrotechnicznego elektrowni został umieszczony

w budynku MEW, wspartym bezpośrednio na płycie stropowej. Ściany budynku wykonano z bloczków betonowych. W celu zachowania spójności architektonicznej z sąsiadującym młynem w przyszłości zostaną one obudowane naturalnym kamieniem wapiennym.

Unikalne połączenie hydrozespołów

W małej elektrowni wodnej Wolica zastąpiono dotychczas działające turbiny szybkoobrotowe (turbiny Francisowe i śmigłowe) hydrozespołami o odmiennej



Fot. 1

Przekładania wraz z generatorem zainstalowane na turbinie Kaplana



Fot. 2

Elektrownia wraz z jazem od strony wody dolnej

konstrukcji i charakterystyce. Po modernizacji w skład wyposażenia elektrowni weszły: szybkoobrotowa turbina Kaplana oraz wolnoobrotowa śruba Archimedesesa. Nowe hydrozespoły ściśle ze sobą współpracują. Dzięki wykorzystaniu nowoczesnego systemu sterowania mogą pracować zarówno razem, jak i osobno, by maksymalnie wykorzystać przepływy w rzece.

Turbina Kaplana zbudowana jest z wirnika o średnicy 1,1 m z czterema łopatkami, który obraca się w komorze wirnikowej. Wirnik osadzony jest na pionowym wale, za pomocą którego moment obrotowy przekazywany jest do asynchronicznego generatora prądu zmiennego. Wał ten podparty jest na dwóch węzłach łożyskowych. Układ przeniesienia napędu jest wyposażony w przekładnię zębatą dostosowującą prędkość obrotową turbiny i generatora. Hydrozespół o mocy instalowanej elektrycznej 45 kW ma dwa stopnie regulacji: regulację kąta nachylenia łopatek wirnika oraz łopatek kierownicy, która służy do nakierowania strumienia wody na łopaty wirnika pod optymalnym kątem. Dzięki takiemu rozwiązaniu turbina ta zapewnia wysokie parametry sprawności nawet

przy niskich (względem nominalnego) przepływach. Ponadto przez zastosowanie nowoczesnych technologii z zakresu komputerowego modelowania przepływu dobrano optymalny kształt łopatek, co dodatkowo zwiększyło sprawność całego hydrozespołu.

Drugą turbiną wykorzystaną w elektrowni w Wolicy jest śruba Archimedesesa o mocy instalowanej elektrycznej 30 kW. Turbina wykonana jest jako ślimacznica czterozwojowa o przesunięciu kątowym zwojów wynoszącym 90°. Końce rury zaślepione są deklami. Do nich przytwierdzone są wały, na których osadzono węzły łożyskowe stanowiące osie obrotu turbiny. Tak skonstruowana turbina pracuje w obetonowanym stalowym korycie minimalizującym przecieki. Średnica zewnętrzna turbiny wynosi 2,6 m, natomiast średnica rury wewnętrznej ok. 1,2 m. Całość ustawiona jest pod kątem 22° w stosunku do poziomu wody. Moc wytwarzana przez turbinę przenoszona jest przez wał napędowy do przekładni walcowej trzystopniowej, a następnie do generatora montowanego kołnierzowo na przekładni. Łączna moc elektryczna obu turbin wynosi 75 kW.

Nowoczesny system sterowania

Mała elektrownia wodna w Wolicy posiada dwa tryby sterowania – ręczny oraz automatyczny. W pierwszym trybie możliwe jest indywidualne ustawienie każdego z parametrów pracy turbin przez operatora. W drugim – trybie automatycznym – wszystkimi parametrami kieruje w sposób zoptymalizowany sterownik na podstawie zaprogramowanych algorytmów oraz sygnałów pobieranych z urządzeń pomiarowych. Liczba stopni regulacji w przypadku obu turbin jest większa niż zazwyczaj stosowana w MEW. Dzięki zastosowaniu układu falownikowego możliwe jest również sterowanie obrotami hydrozespołów. Odpowiednie załączanie i odstawianie poszczególnych turbin, powiązane z ich szerokim zakresem regulacji oraz odmienną charakterystyką, pozwala na wykorzystywanie praktycznie wszystkich zakresów przepływów z maksymalną sprawnością. Reżim pracy hydrozespołów przedstawia się następująco: **przy niskich przepływach pracuje tylko śruba Archimedesesa; przy przepływach średnich śruba Archimedesesa zostaje odstawiona,**

natomiast włączona zostaje turbina Kaplana; przy przepływach wysokich do pracującej turbiny Kaplana dołącza się śruba Archimedeasa i obydwie hydrozespoły pracują wówczas razem.

Ze względu na rozbudowany układ sterowania, posiadający również możliwość nastaw ręcznych, MEW Wolica może być wykorzystywana jako stanowisko badawcze. Elektrownia pozwala bowiem na optymalizację zastosowanych w niej rozwiązań konstrukcyjnych, sterowania itp., które mogą być następnie użyte w innych nowo budowanych obiektach.

Podsumowanie

W wyniku przeprowadzonej modernizacji w miejscowości Wolica powstała nowoczesna mała elektrownia wodna. Dzięki zastosowaniu niespotykanego

dotąd zestawienia dwóch hydrozespołów o odmiennej konstrukcji i charakterystyce, połączonego z zaawansowanym systemem sterowania, roczna produkcja energii elektrycznej obiektu wzrosła o blisko 50%, ze 180 do 270 MWh/rok. Wytworzenie takiej ilości energii pozwoli uniknąć emisji ok. 222 ton CO₂ w skali roku.

Zrealizowane prace doprowadziły nie tylko do zwiększenia efektywności energetycznej MEW Wolica, ale też do zmniejszenia oddziaływania hydroelektrowni na środowisko i optymalizacji kosztów eksploatacyjnych. Przez połączenie dwóch technologii (turbiny Kaplana i śruby Archimedeasa) oraz odpowiednie dobranie ich parametrów uzyskano bardzo dobre dopasowanie przepływu całej MEW do zmiennych warunków przepływowych.

Różnice w konstrukcji obu turbin powodują ich wzajemne uzupełnianie się i bardzo dobrą współpracę. Wykorzystanie jednej z nich jako turbiny wolnoobrotowej (śruba Archimedeasa) umożliwiło ponadto minimalizację wpływu całego obiektu na ichtiofaunę. Ze względu na lokalizację elektrowni konieczne było zapewnienie najwyższych standardów poszanowania środowiska. Mała elektrownia wodna Wolica znajduje się na terenie parku krajobrazowego oraz w granicach dwóch obszarów Natura 2000. Dzięki wyposażeniu całej elektrowni w nowoczesny, rozbudowany system sterowania MEW Wolica pełni także funkcję obiektu badawczego, umożliwiającego testowanie i doskonalenie typów hydrozespołów w niej zastosowanych w skali 1:1. ■