



Wylot ścieków oczyszczonych z komory pomiarowej do odbiornika

Mikroelektrownia wodna w oczyszczalni Płaszów

tekst: **ANNA BIEDRZYCKA**, Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne
zdjęcia: **MPWiK SA w KRAKOWIE**

W ramach realizowanego od 2015 r. projektu badawczo-rozwojowego *Energetycznie pasywna oczyszczalnia ścieków* Wodociągi Krakowskie uruchomiły w oczyszczalni ścieków Płaszów turbinę wodną wykorzystującą potencjał odpływających z zakładu ścieków oczyszczonych. Turbina została uruchomiona w grudniu 2016 r. i od tej pory pracuje, systematycznie dostarczając energię elektryczną do sieci wewnętrznej oczyszczalni.

„W dobie poszukiwania oszczędności energetycznych każda nadarżająca się okazja do wytworzenia dodatkowej ilości energii elektrycznej warta jest zainteresowania. Jedną z takich okazji jest wykorzystanie potencjału, jaki niosą ze sobą ścieki oczyszczone kierowane do odbiornika” – podkreśla dr inż. Tadeusz Żaba, dyrektor produkcji MPWiK SA w Krakowie.

O projekcie

Energetycznie pasywna oczyszczalnia ścieków to czwarty projekt badawczo-rozwojowy realizowany przez Wodociągi Krakowskie. Wszystkie one są współfinansowane ze środków publicznych mających pobudzić innowacyjność polskiej gospodarki i wykonywane we współpracy z naukowcami (Akademia Górniczo-Hutnicza i jeden projekt z Politechniką Krakowską).

Obecnie realizowany projekt został dofinansowany przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju (w ramach programu GEKON – Generator Koncepcji Ekologicznych, umowa nr GEKON2/02/266926/3/2015), a kwota grantu wynosi 6 959 662 zł, przy całkowitym koszcie projektu 14 472 750 zł. Głównym wykonawcą badań jest Katedra Robotyki i Mechatroniki na Wydziale Inżynierii Mechanicznej i Robotyki AGH, wstępująca jako członek konsorcjum naukowo-przemysłowego, w którym Wodociągi Krakowskie są liderem. Zadaniem konsorcjanta naukowego jest m.in. przygotowanie modelu wraz z harmonogramem procesów technologicznych oraz wyznaczenie algorytmu sterującego dla zintegrowanego systemu efektywności energetycznej (ZSEE). Stworzenie ZSEE wraz ze wszystkimi układami wspomagającymi ma zwiększyć efek-

tywność energetyczną oczyszczalni Płaszów. System będzie sterował monitoringiem sprawności układu i optymalizował pracę układów technologicznych całego obiektu. W konsekwencji zużycie energii konwencjonalnej powinno znacznie się obniżyć, co zbliży oczyszczalnię do planowanej w dalszej perspektywie pełnej pasywności energetycznej.

Zakres projektu obejmuje zwiększenie produkcji energii elektrycznej z odnawialnych źródeł energii i stworzenie systemu zarządzania tą energią (turbina wodna, turbiny gazowe, odzysk ciepła odpadowego). Natomiast efekty projektu będą polegać na obniżeniu kosztów funkcjonowania oczyszczalni przez ograniczenie zakupów energii oraz na zmniejszeniu emisji CO₂, SO₂ i NO_x do atmosfery.

Instalacja powstaje w mechaniczno-biologicznej oczyszczalni Płaszów, największej oczyszczalni aglomeracji krakowskiej, która przyjmuje ścieki komunalne od ok. 500 tys. mieszkańców (maksymalna wydajność części biologicznej oczyszczalni to 328 tys. m³/dobę, a części mechanicznej 640 tys. m³/dobę, średni przepływ wynosi ok. 160 tys. m³/dobę). Po rozbudowie i modernizacji przeprowadzonej w latach 2003–2010 jest to obecnie jeden z najnowocześniejszych zakładów oczyszczania ścieków w kraju. Oczyszczalnia już teraz jest w znacznym stopniu samowystarczalna energetycznie.

Odzysk energii z grawitacyjnego zrzutu ścieków

Dodatkowa energia elektryczna będzie produkowana przez turbinę umieszczoną na wylocie ścieków oczyszczonych do odbiornika, którym jest Drwina (dopływ Wisły). W projekcie wykorzystano topografię terenu, bowiem różnica wysokości pomiędzy wylotem z oczyszczalni a odbiornikiem wynosi ok. 3,7 m.

Turbina została zamontowana w istniejącym obiekcie, tj. komórce pomiarowej ścieków oczyszczonych. Przy wyborze lokalizacji turbiny równie ważne jak wykorzystanie maksymalnego spadu było uniknięcie ograniczeń w zrzucie i pomiarze przepływu oczyszczonych ścieków do odbiornika w każdej sytuacji ruchowej (awaria, remont turbiny lub inne sytuacje ruchowe), a także zapewnienie właściwego i zgodnego z wymaganiami pomiaru przepływu w komórce pomiarowej. Zanim przystąpiono do realizacji projektu, przeanalizowano dane archiwalne z pomiarów na odpływie z lat 2011–2015. Zbadano także zmienność dobową w tym zakresie.

Turbina Kaplana

Biorąc pod uwagę istniejące uwarunkowania, zdecydowano o zastosowaniu turbiny Kaplana z podwójną regulacją: przez kierownicę z ruchomymi łopatkami oraz wirnik z ruchomymi łopatkami. Taki układ pozwala na maksymalne wykorzystanie istniejącego potencjału energetycznego.

W ramach realizacji projektu na wykonanie tego zadania, które obejmowało zaprojektowanie i wykonanie całości prac związanych z uruchomieniem turbiny, ogłoszono przetarg nieograniczony. W wyniku rozstrzygnięcia postępowania wykonawcą całości prac została firma Gajek Engineering Sp. z o.o. z Gdańska.

Turbina napędza generator o mocy 85 kW. Została wyposażona w układ automatyki i sterowania do bieżącej kontroli jej pracy oraz cały zestaw urządzeń pomiarowych, w skład których wchodzi następujące przetworniki pomiarowe:



Turbina przygotowana do montażu

- aktualne wskazanie kąta ustawienia łopatek wirnika,
- aktualne wskazanie kąta ustawienia łopatek kierownicy,
- pomiar drgań,
- pomiar temperatury łożysk,
- pomiar obrotów wału turbiny,
- pomiar natężenia przepływu,
- pomiar wysokości spadu (poziom wody górnej i wody dolnej),
- pomiar mocy turbiny, licznik czasu pracy turbiny,
- pomiar temperatury uzwojeń generatora,
- pomiary elektryczne generatora (moc, energia, prądy, napięcia, cos φ itd.),
- liczniki energii – ciągły (poprzednia doba, aktualna doba).

Czterłopatowy wirnik turbiny posiada hydraulicznie przestawiane łopaty, których ustawienie może być zmieniane podczas ruchu. Wał turbiny stanowi równocześnie wał generatora. Sterowanie kierownicami turbiny odbywa się przy użyciu zasilacza hydraulicznego.

Turbina napędza generator wytwarzający napięcie 0,4 kV. Generator został zsynchronizowany z siecią energetyczną oczyszczalni, a całość wytworzonej energii jest zużywana przez pracujące obiekty technologiczne. Cały zespół pracuje przy pełnym zanurzeniu, stąd w normalnym stanie pracy nie są widoczne żadne elementy turbiny czy też generatora.

Turbina może pracować w bardzo szerokim zakresie przepływów oraz zmian rzędnej odbiornika, gdyż w komórce pomiarowej



Turbina w trakcie montażu w komorze

mogą występować natężenia przepływów w zakresie do 13 750 m³/h. Minimalny przepływ przez turbinę wynosi 2800 m³/h (dla pełnego zakresu wymaganych rzędnych wody dolnej), natomiast maksymalny przepływ to 9000 m³/h (dla pełnego zakresu wymaganych rzędnych wody dolnej). Dla przepływów poniżej zakresu pracy turbiny zastosowano zabezpieczenie przed uszkodzeniem w wyniku pracy. Z kolei dla przepływów powyżej zakresu pracy turbina pracuje z maksymalnym przepływem, a nadmiar wody przepływa do odbiornika poza turbiną. Średnia moc wytwarzana przez turbinę przy typowych przepływach w porze bezdeszczowej wynosi ok. 60 kW.

Nadrzędny system ZSEE

Sterowanie pracą turbiny może być realizowane w układzie ręcznym lub automatycznym. W tym drugim przypadku regulator samoczynnie uruchamia turbozespół, gdy tylko zostaną spełnione warunki techniczne. Turbina wyposażona jest w układ automatyki i sterowania, a dodatkowo sterowanie turbiną będzie możliwe z nadrzędnego systemu ZSEE. Głównym celem tego systemu jest maksymalizacja efektu energetycznego w obiektach technologicznych (redukcja kosztów).

ZSEE to system informatyczny mający na celu ciągły monitoring chwilowego zużycia energii, jak również daje możliwość sterowania i optymalizacji algorytmów sterujących, m.in. przez zbieranie danych z czujników pomiarowych. System powinien monitorować i kontrolować wszystkie obiekty wraz z analizą kluczowych parametrów pracy. Jest zintegrowany z nowoczesnymi układami zasilania głównych odbiorników energii elektrycznej. Podstawowe oszczędności są generowane na zasilaniu dmuchaw i zmianie sterowania pompowni pierwszego i drugiego stopnia.

Całość systemu została podzielona na poszczególne warstwy odzwierciedlające układ logiczny i funkcjonalny zakładu. System zostanie połączony z wszystkimi wymaganymi elementami istniejącego systemu automatyki oczyszczalni, systemem SCADA oraz zintegrowany z istniejącą farmą fotowoltaiczną, kogeneratorami oraz turbinami gazowymi i turbiną wodną. Aktualnie trwają prace związane z implementacją i uruchomieniem ZSEE.

Realne korzyści

Pozostałe elementy wchodzące w skład realizowanego grantu to generator termoelektryczny (GTE), który zostanie zamontowany na ciągu spalinowym silnika kogeneracyjnego, zasilanego



Turbina zasilana biogazem

biogazem z fermentacji osadów ściekowych. Jest to element doświadczalny, pozwalający na przeprowadzenie badań nad możliwością bezpośredniej zamiany ciepła na energię elektryczną. Zadanie to jest obecnie w fazie realizacji.

Pracującym elementem projektu są natomiast dwie turbiny o mocy 65 kW każda, zasilane biogazem uzyskiwanym z fermentacji osadów ściekowych. Turbiny zostały umieszczone w hali kogeneratorów. Ich funkcja polega na wykorzystaniu okresowego nadmiaru biogazu, który nie może być spalony w jednostkach kogeneracyjnych, do generowania dodatkowej energii elektrycznej na potrzeby oczyszczalni. Turbiny przy normalnej eksploatacji w typowych warunkach wytwarzają moc elektryczną ok. 60 kW każda oraz dostarczają ok. 100 kW mocy cieplnej.

„Oczyszczalnia Płaszów aktualnie zużywa ok. 20 000 MWh energii elektrycznej rocznie. Na obecnym etapie realizacji projektu pasywnego rzeczywiste oszczędności energii elektrycznej wynoszą ok. 300 kW/h. Rocznie z tego tytułu osiągniemy ok. 2600 MWh. Po pełnym uruchomieniu wszystkich elementów wchodzących w skład grantu uzyskamy oszczędności na poziomie ponad 400 kW/h, czyli 3500 MWh rocznie” – informuje dyr. Tadeusz Żaba.

Analizując przewidywane zyski z wdrożenia systemu pasywnego, można stwierdzić, że poniesione nakłady zostaną odzyskane w ciągu od pięciu do siedmiu lat. Przy czym do obliczeń przyjęto wartości poszczególnych parametrów wynikające ze średniej pracy obiektu na aktualnych parametrach technologicznych.

Wymierne są również korzyści ekologiczne, takie jak ograniczenie emisji czy zmniejszenie efektu cieplarnianego. Po wdrożeniu wszystkich zaplanowanych w projekcie przedsięwzięć zysk dla środowiska polegać będzie na rocznej redukcji emisji CO₂ na poziomie 8634,4 t, SO₂ – 86,3 t, NO_x – 34,5 t.

W 2016 r. projekt został wyróżniony w konkursie *Eco-Miasto*, organizowanym od czterech lat przez Ambasadę Francji w Warszawie wraz z partnerami. Konkurs promuje zrównoważony rozwój miast oraz wspiera ich politykę środowiskową w zakresie gospodarki wodnej, gospodarki odpadami, mobilności, efektywności energetycznej oraz zarządzania systemami energetycznymi. Wyróżnienie w kategorii gospodarka wodna dla miasta liczącego powyżej 100 tys. mieszkańców otrzymał Kraków za zrealizowanie projektu energetycznie pasywnie oczyszczalni ścieków.

