

**Andrzej Jedut, Marek Stańczyk**  
**Elektrociepłownia Lublin-Wrotków Sp. z o.o., Lublin**

## **MODERNIZACJA POMPOWNI WODY SIECIOWEJ W ELEKTROCIEPŁOWNI LUBLIN-WROTKÓW**

### **MODERNIZATION OF THE CIRCULATING WATER PUMPING STATION AT THE LUBLIN WROTKOW COMBINED HEAT & POWER PLANT**

**Abstract:** The article contains general information about the modernization of the PWS6 pump drive with respect to the whole modernization process of the circulating water pumping station at the Lublin-Wrotków CHP Plant. The circulating water pumping station is the biggest system at the plant, with the total installed power demand of 5,8 MW. It includes seven pumps (three pumps type 35W50 and four modernized pumps type 35W50M). The pumps operate in parallel and supply a common collector for the demand of the Lublin District Heating System. Two pumps are controlled by regulation of rotary speed one by means of frequency converter and the next one through a sub-synchronous cascade system. At present, the system is overloaded (in terms of hydraulic) with one or two controlled pumps, or three pumps while one pump has no control. In order to keep the system supply parameters the non-controlled pump must be throttled. Modernized PWS6 pump (new motor and frequency converter) lets replace a non-controlled pump (in case of three pumps operation) or the pump controlled through a cascade system (in case of two pumps operation). As a result, the system will operate without throttling losses. It is estimated that the achieved savings in electricity consumption will reach about 900 MWh per year. It implicates significant financial savings just as environmental effect (reduction of emissions).

#### **1. Ogólne informacje o EC Wrotków**

Działalność podstawowa EC Wrotków, czyli produkcja i sprzedaż energii elektrycznej oraz ciepła realizowana jest na podstawie uzyskanych koncesji, zatwierdzonych taryf oraz zawartych umów z dostawcami paliwa i odbiorcami energii. Podstawową jednostką wytwórczą elektrociepłowni jest blok gazowo-parowy produkujący energię elektryczną i ciepło w kogeneracji z wykorzystaniem jako paliwa – gazu ziemnego wysokometanowego.

Obciążenie szczytowe sieci ciepłowniczej w sezonie grzewczym oraz zabezpieczenie dostaw ciepła w okresie postoju bloku zapewniają kotły wodne, opalane węglem kamiennym. Wyprodukowana energia elektryczna jest przesyłana siecią rozdzielczą 110 kV do Krajowego Systemu Elektroenergetycznego. Wyprodukowane ciepło jest przesyłane do miejskiego systemu ciepłowniczego Lublina.

*Tabela 1. Zestawienie urządzeń wytwórczych*

Jednostka	Typ	Producent, rok przekazania do eksploatacji	Moc nominalna	
			elektryczna	cieplna
1. Blok gazowo-parowy		ANSALDO / LURGI, 2002	235 MW <sub>e</sub>	150 MW <sub>t</sub>
2. Kocioł wodny nr 1	WP-70	RAFAKO Racibórz, 1976	-	81 MW <sub>t</sub>
3. Kocioł wodny nr 2	WP-70	RAFAKO Racibórz, 1976	-	81 MW <sub>t</sub>
4. Kocioł wodny nr 3	WP-120	RAFAKO Racibórz, 1979	-	140 MW <sub>t</sub>
5. Kocioł wodny nr 4	WP-120	RAFAKO Racibórz, 1986	-	140 MW <sub>t</sub>
Razem			235 MW <sub>e</sub>	592 MW <sub>t</sub>

#### **2. Geneza modernizacji**

Układ pomp wody sieciowej w EC Wrotków składa się z trzech pomp typu 35W50-2GV o wysokości podnoszenia 150 m oraz czterech, zmodernizowanych w latach 90-tych, pomp 35W50M-2GV o dostosowanej do aktualnych potrzeb wysokości podnoszenia 135 m. Pompy

pracują w układzie równoległym na wspólny kolektor. Kotły wodne zasilane są poprzez wymiennik ciepłowniczy i kotłowy bloku gazowo-parowego lub bezpośrednio z kolektora tłoczynowego pomp wody sieciowej. Kotły wodne są wyposażone we własne pompy przewalowe typu 40B33.

Tabela 2. Zestawienie pomp wody sieciowej

Lp.	POMPA				SILNIK				NAPĘD		
	Typ pompy	$Q_n$ m <sup>3</sup> /h	$H_n$ m	n obr/min	Typ silnika	Moc kW	Napięcie V	Prąd A	Typ napędu	Moc kW	Zakres regulacji $n_{min} \div n_{max}$
PWS1	35W50M-2GV	1700	135	1485	SCDdm-134s	800	6000	96		800	
PWS2	35W50-2GV	1730	150	1485	SCDdm-134sE	800	6000	96		800	
PWS3	35W50M-2GV	1700	135	1493	SH-450 H4Es	1000	690	1010	Falownik	1000, $\eta=0,97$	40÷100%
PWS4	35W50-2GV	1250	150	1485	SCDdm-134s	800	6000	96		800	
PWS5	35W50M-2GV	1700	135	1485	SCUdm-134sE	800	6000	96	Kaskada	800	85÷99%
PWS6	35W50M-2GV	1700	135	1485	SCDdm-134s	800	6000	96		800	
PWS7	35W50-2GV	1730	150	1485	SCDdm-134s	800	6000	96		800	

Ciepło w postaci wody grzewczej dostarczane jest do miejskiego systemu ciepłowniczego Lublina.

Podstawowe parametry systemu to:

- moc cieplna: 560 MW,
- długość sieci: 400 km (w tym: sieć magistralna - 90 km, sieć rozdzielcza - 140 km, sieć przyłączeniowa - 170 km),
- ogólna liczba węzłów: 1431 (w tym 90% w pełni zautomatyzowanych),
- kubatura ogrzewana: 34 mln m<sup>3</sup>,
- powierzchnia ogrzewana: 7 mln m<sup>2</sup>,
- liczba odbiorców: ok. 1670.

Automatyzacja węzłów cieplnych oraz zwiększanie udziału regulacji ilościowej w dostawie ciepła powodują, że dobowe wahania przepływów sieciowych w systemach ciepłowniczych dochodzą w skrajnych przypadkach do 40% ich wydajności nominalnej. Ta duża zmienność przepływów sieciowych powoduje z kolei znaczne zmiany w wymaganych parametrach zasilania sieci, tj. temperatury i ciśnienia zasilania.

Układ pompowy źródła ciepła musi nadążyć za zmianami wydajności i ciśnienia wykorzystując w pierwszej kolejności pompy z napędami zmiennobrotowymi, celem uniknięcia strat energetycznych powstających w przypadku dławienia pomp nieregulowanych. Wysokość tych strat zależy od stopnia dławienia układu, a ten z kolei od wielkości zmian parametrów zasilania sieci.

Aktualnie dwie spośród siedmiu pomp wody sieciowej EC Wrotków są regulowane poprzez zmianę prędkości obrotowej. Pompa PWS3 jest regulowana za pomocą przemiennika częstotliwości (zabudowanego w 2002 roku) o mocy 1000/1250 kW z dopuszczalnym zakresem regulacji 40 ÷ 100%, co odpowiada możliwości uzyskania zakresu regulacyjnego prędkości obrotowej od  $n=597 \div 493$  obr./min., który umożliwia osiągnięcie przez tę pompę parametrów wymaganych dla całego zakresu pracy.

Pompa PWS5 napędzana za pomocą kaskady podsynchronicznej o mocy 800 kW, z dopuszczalnym dolnym zakresem regulacji 85%, umożliwia uzyskanie zakresu regulacyjnego od  $n = 1270 \div 1475$  obr./min. Zwłaszcza dolna dopuszczalna wartość prędkości obrotowej jest znaczącym utrudnieniem, ponieważ ogranicza wysokość podnoszenia pompy do około 100 m. Praca z niższą wysokością podnoszenia jest możliwa wyłącznie po zdławieniu pompy.

Jest to sytuacja niekorzystna z punktu widzenia efektywności regulacji, zdecydowanie komplikująca współpracę równoległą pompy napędzanej kaskadą z pompą regulowaną przemiennikiem częstotliwości, gdzie dolna granica prędkości obrotowej leży zdecydowanie niżej, praktycznie poza polem wymaganej regulacji.

Ponadto eksploatowany od 1991 roku zespół kaskady podsynchronicznej, skonstruowany celowo do potrzeb EC Wrotków jest na obecną chwilę układem przestarzałym technicznie. Konsultacje z producentem potwierdziły brak możliwości jego modernizacji, a także ewentu-

alnej naprawy uszkodzonych elementów. Wobec powyższego istnieje realne zagrożenie, że awaria części składowej układu w praktyce pozbawia elektrociepłownię jednej z dwóch posiadanych pomp regulowanych. Aktualnie, przy średnich wartościach przepływów przez pompy sieciowe wynoszących około 3600 m<sup>3</sup>/h (sezon grzewczy), układ pracuje dwoma pompami regulowanymi lub trzema pompami, w tym jedną pompą nieregulowaną.

Wyposażenie, przynajmniej jeszcze jednej pompy, w napęd falownikowy, zdecydowanie zmniejszy opisane wyżej niedogodności oraz poprawi sprawność układu, umożliwiając zdecydowane zmniejszenie jego energochłonności [1].

Modernizacji polegającej na wymianie silnika typu SCDDm 134s o mocy 800 kW na silnik energooszczędny o mocy 1000 kW, regulowany przemiennikiem częstotliwości poddana zostanie pompa PWS6.

Wybór silnika o większej mocy wynika z przeprowadzonej analizy dotyczącej możliwości współpracy z istniejącą regulowaną pompą PWS3 w zakresie pokrycia przepływów powyżej 4000 m<sup>3</sup>/h bez załączania kolejnej pompy oraz konieczności dopasowania silnika do współpracy z falownikiem i możliwości pracy z częstotliwością 60 Hz.

Należy pamiętać, że przystąpienie do modernizacji napędu PWS6 poprzedzone zostało szeregiem prac modernizacyjnych w całym układzie wody sieciowej, które warunkowały poprawność i efektywność zastosowania regulacji zmiennobrotowej.

### 3. Ograniczanie energochłonności napędów w EC Wrotków

Modernizacja pompowni wody sieciowej oraz układu odgazowania i uzupełniania wody sieciowej jest najważniejszą częścią programu zmniejszania energochłonności napędów w EC Wrotków. Dotychczas zrealizowane zadania w ramach programu to:

1. Zabudowa układu regulacji wydajności pompy wody sieciowej nr 3 za pomocą falownika.
2. Modernizacja pomp w pompowni na ujęciu wody powierzchniowej dla celów technologicznych:
  - a. modernizacja układów przepływowych pomp,
  - b. zabudowa układów falownikowych na silnikach pomp.

3. Modernizacja układów przepływowych pomp wody sieciowej nr 1, 3, 5, i 6.
4. Wymiana w układzie wyprowadzenia wody sieciowej oraz na kotłach nr 1 i 2, kryz pomiarowych na układy pomiarowe ultradźwiękowe lub w oparciu o pomiarowe rurki spiętrzające w celu ograniczenia oporów przepływu.
5. Modernizacja układów przepływowych pomp obiegowych na kotłach nr 1 i 2.
6. Modernizacja układów zabezpieczeń temperatury wody za kotłami nr 1 i 2 (wielkość minimalnego ciśnienia za kotłem została uzależniona od temperatury wody za kotłem).
7. Zabudowa układów falownikowych na pompach wody uzupełniającej.

Zadania przewidziane do realizacji w roku 2007:

1. Modernizacja układu regulacji wydajności pompy wody sieciowej nr 6 za pomocą falownika, zabudowa klap dławiących nieregulowane pompy wody sieciowej nr 1 i 7
2. Uruchomienie płynnej blokady od minimalnego ciśnienia na ssaniu pomp wody sieciowej nr 1, 3, 5, 6 i 7.

Zadania przewidziane do realizacji w roku 2008:

1. Modernizacja układów pompowych w stacji uzdatniania wody, który jest elementem zadania polegającego na modernizacji układu odgazowania i uzupełniania wody sieciowej.
2. Wdrożenie oprogramowania optymalizującego pracę (wydajność) pomp w pompowni wody sieciowej pod względem kryterium minimalnego zużycia energii elektrycznej.

W roku 2008 przewidywane jest zakończenie prac modernizacyjnych związanych z układem wody sieciowej oraz układem wody uzupełniającej.

Zadania przewidziane do realizacji po roku 2008:

Wśród celów zidentyfikowanych i ocenionych jako opłacalne i możliwe do realizacji wytypowane zostały:

- zabudowa falowników na układzie kondensatu ciepłowniczego
- zabudowa wymiennika szczytowego w układzie bloku gazowo-parowego

Zadania te oraz kolejne będą wyznaczane i realizowane w oparciu o prowadzone analizy techniczno-ekonomiczne pozwalające na określenie najbardziej efektywnych obszarów modernizacji.

#### 4. Efekty modernizacji napędu pompy PWS6

Teoretyczne zużycie energii elektrycznej po modernizacji wyznaczono analizując pracę pompowni w kolejnych godzinach roku, przyjmując jako bazę warunki (przepływ i odpowiadający mu układ pracy pomp) w roku 2006 oraz następujące założenia:

- w godzinach, w których pracuje jedna pompa (pompa z falownikiem PWS3) oszczędności nie występują,
- w godzinach, w których pracują dwie pompy (pompa z falownikiem PWS3 i pompa z kaskadą PWS5), kaskada zastąpiona zostaje przez nową pompę z falownikiem PWS6, co pozwala na oszczędność około 30% energii elektrycznej zużywanej dotychczas przez pompę z kaskadą. Oszczędność określono porównując dotychczasowe zużycie energii elektrycznej przez pompę z falownikiem oraz pompę z kaskadą, w różnych wa-

runkach pracy determinowanych przez przepływ,

- w godzinach, w których pracują co najmniej trzy pompy (pompa z falownikiem PWS3, pompa z kaskadą PWS5 i jedna lub dwie pompy nieregulowane), jedna pompa nieregulowana zastąpiona zostaje przez nową pompę z falownikiem PWS6. Oszczędność zużycia energii elektrycznej wyliczono oparciu o charakterystyki pracy pomp, analizując przepływ w poszczególnych godzinach i odpowiadający mu układ pracy pomp, stopień zdławienia pompy nieregulowanej oraz wynikające z niego straty energii elektrycznej.

Osiągnięty efekt ekologiczny został obliczony jako różnica pomiędzy zużyciami energii elektrycznej przed i po modernizacji pomnożonymi przez wskaźniki emisji [2].

Tabela 3. Oszczędność zużycia energii elektrycznej w wyniku modernizacji PWS6

Nr pompy	Przepływ m <sup>3</sup>	Układ rzeczywisty – 2006 rok			Układ po modernizacji PWS6			Zmiana zużycia en. elektr. kWh
		Godziny pracy h	Zużycie en. elektr. kWh	Wskaźnik pomp. kWh/m <sup>3</sup>	Godziny pracy h	Zużycie en. elektr. kWh	Wskaźnik pomp. kWh/m <sup>3</sup>	
PWS1	20.526.480	727	619.777	0,389	330	272.233	0,345	-347.544
PWS2		32	23.096		7	5.342		-17.755
PWS3[F]		6.560	2.405.006		6.560	2.405.846		+840
PWS4		258	206.962		43	33.901		-173.061
PWS5[K]		4.769	3.299.357		2.377	1.657.103		-1.642.254
<b>PWS6[F]</b>		1.813	1.414.254		4.823	2.704.910		+1.290.656
PWS7		23	15.179		0	0		-15.179
Razem					7.983.633			7.079.334

Tabela 4. Efekt ekologiczny modernizacji PWS6 [2]

Rodzaj zanieczyszczenia	Wskaźnik emisji kg/kWh	Wielkość dotychczasowa Mg/rok	Wielkość docelowa Mg/rok	Zmiana bezwzględna Mg/rok	Zmiana względna (%)
Dwutlenek siarki	2,2	17,6	15,6	2,0	11,4
Tlenki azotu	1,23	9,8	8,7	1,1	11,2
Pyły	1,81	14,5	12,8	1,7	11,3
Dwutlenek węgla	1,014	8.095,4	7.178,4	917,0	11,3

## 5. Zakres i harmonogram realizacji modernizacji napędu pompy PWS6

W celu realizacji zadania EC Wrotków przeprowadziła zamówienie publiczne w trybie przetargu ograniczonego.

Zakresem zamówienia objęte zostały:

1. dostawa urządzeń:
  - a) przetwornica,
  - b) transformator,
  - c) silnik,
  - d) wyposażenie dodatkowe tj.:
    - kable zasilające,
    - kable sterownicze,
    - wyposażenie pola rozdzielni 6kV,
2. wytyczne do projektowania,
3. nadzór nad uruchomieniem,
4. szkolenie pracowników z zakresu obsługi i eksploatacji dostarczonych urządzeń,
5. serwis urządzeń w okresie gwarancyjnym.

W dniu 7 maja 2007r. ukazało się ogłoszenie w Biuletynie Zamówień Publicznych.

W dniu 28 maja 2007r. rozstrzygnięto przetarg powiadamiając o wyniku wszystkich oferentów.

W dniu 8 czerwca 2007r. podpisano umowę z wykonawcą ustalając następujące terminy realizacji:

- 28 czerwiec 2007r. – dostarczenie wytycznych do projektowania,
- 8 wrzesień 2007r. – dostawa wyposażenia dodatkowego,
- 8 listopad 2007r. – dostawa urządzeń (przetwornica, transformator i silnik) oraz zakończenie szkolenia pracowników,
- 23 grudzień 2007r. – uruchomienie układu.

## 6. Podsumowanie

Zabudowa napędu zmiennobrotowego pompy PWS6 jest najważniejszym pod względem technologicznym i finansowym elementem modernizacji pompowni wody sieciowej (obok

zrealizowanego przed pięciu laty w ramach budowy bloku gazowo-parowego podobnego rozwiązania dla pompy PWS3). Realizacja tego zadania pozwoli na znaczące ograniczenie energochłonności pompowni wody sieciowej skutkujące wymiernymi efektami ekologicznymi a przede wszystkim ekonomicznymi.

Szacowany okres zwrotu nakładów inwestycyjnych dla opisanego zadania wyniesie 4,75 roku. Bardzo ważną rolę w finansowaniu inwestycji odegrała Fundacja EkoFundusz, przyznając środki na pokrycie 30% wartości zadania. Słowa uznania należy również skierować do Fundacji na rzecz Efektywnego Wykorzystania Energii za znaczącą pomoc w staraniach o udzielenie dotacji.

## 7. Literatura

W referacie wykorzystano informacje dotyczące modernizacji pompowni wody sieciowej w EC Wrotków zawarte w następujących dokumentach:

- [1]. W. Misiewicz, A. Misiewicz - Zakład Przepływowych Maszyn Energetycznych Energom® s.c. - „Analiza techniczno-obliczeniowa optymalizacji pracy układu pomp wody sieciowej, pomp przewalowych, uzupełniających i ciśnienia statycznego w Elektrociepłowni Lublin-Wrotków”, Świdnica 2003.
- [2]. Wniosek o udzielenie dotacji z Fundacji Ekofundusz - „Modernizacja napędów elektrycznych” 2007.

## Autorzy

Andrzej Jedut,  
Kierownik Wydziału Ruchu,  
Elektrociepłownia Lublin-Wrotków Sp. z o.o.  
e-mail: a.jedut@ec.lublin.pl

Marek Stańczyk,  
Specjalista ds. energetycznych, Elektrociepłownia Lublin-Wrotków Sp. z o.o.  
e-mail: m.stanczyk@ec.lublin.pl