

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

OCENA EFEKTÓW MODERNIZACJI POMPOWNI WODY SIECIOWEJ W PGE ELEKTROCIEPŁOWNI LUBLIN-WROTKÓW

RESULTS ESTIMATION OF THE CIRCULATING WATER PUMPING STATION'S MODERNIZATION AT THE PGE LUBLIN WROTKOW COMBINED HEAT & POWER PLANT

Abstract: The article contains general information about the modernization process of the circulating water pumping station at the PGE Lublin-Wrotków CHP Plant, in which the most important part was the modernization of the PWS6 pump drive, finished in December 2007. The two-year long operation of the modernized pumping station let us estimate the achieved savings in electricity consumption, just as the financial and environmental effects. The achieved results were estimated in comparison to the values which were supposed before the ultimate decision of the modernization.

1. Ogólne informacje o EC Wrotków

Elektrociepłownia Lublin-Wrotków pracuje dla potrzeb miejskiego systemu ciepłowniczego od 1976 roku, najpierw jako jednostka w strukturze organizacyjnej Zakładu Energetycznego Lublin, od 30.12.1995r. jako samodzielny podmiot gospodarczy, a od 9.05.2007r. jako jednostka linii biznesowej Wydobywanie i Wytwarzanie (aktualnie PGE Energetyka Konwencjonalna) w ramach Grupy Kapitałowej Polska Grupa Energetyczna S.A. Podstawową jednostką wytwórczą elektrociepłowni jest blok gazowo-parowy złożony z turbozespołu gazowego, kotła odzysknicowego i upustowo-kondensacyjnego turbozespołu parowego, produkujący energię elektryczną i ciepło w procesie wysokosprawnej kogeneracji, wykorzystując jako paliwo gaz ziemny wysokometanowy. Obciążenie szczytowe sieci ciepłowniczej w sezonie grzewczym oraz zabezpieczenie dostaw ciepła w okresie postoju bloku zapewniają cztery kotły wodne (2 x WP-70 i 2 x WP-120), opalane węglem kamiennym. Osiągalna moc elektryczna bloku gazowo-parowego wynosi 231 MW_e brutto. Osiągalna moc cieplna elektrociepłowni wynosi 627 MW_t z czego 185 MW_t uzyskiwane jest z bloku gazowo-parowego, natomiast 442 MW_t z kotłów wodnych. Wyprodukowana energia elektryczna jest przesyłana za pośrednictwem sieci rozdzielczej 110 kV do Krajowego Systemu Elektroenergetycznego. Jedynym nabywcą energii elektrycznej jest PGE Electra S.A. Aktualnie roczna produkcja energii elektrycznej kształtuje się na poziomie 1100 GWh.

Wyprodukowane ciepło jest przesyłane w postaci gorącej wody do miejskiego systemu ciepłowniczego Lublina. Jedynym nabywcą ciepła jest przedsiębiorstwo dystrybucji tj. Lubelskie Przedsiębiorstwo Energetyki Ciepłej Sp. z o.o. Elektrociepłownia Lublin-Wrotków pokrywa 66% zapotrzebowania miasta na ciepło systemowe. Aktualnie roczna produkcja ciepła kształtuje się na poziomie 3200 TJ.

2. Miejski System Ciepłowniczy

Miejski system ciepłowniczy obejmuje swoim zasięgiem większość obszaru Lublina i pod względem zainstalowanej mocy cieplnej zajmuje dziewiąte miejsce spośród około 300 istniejących w Polsce tego typu instalacji. Podstawę tego systemu stanowi układ sieci o średnicy rurociągów od 2xDN250 do 2xDN700. Ciepło dostarczane jest rurociągami o łącznej długości 430 km, a średni wiek sieci ciepłowniczej wynosi 21 lat. LPEC zaspokaja ponad 60% zapotrzebowania Lublina na ciepło, ogrzewając blisko 1400 odbiorców - od dużych spółdzielni i wspólnot mieszkaniowych, poprzez przedsiębiorstwa, instytucje, obiekty handlowo-usługowe, obiekty dydaktyczne i sakralne, po odbiorców indywidualnych - łącznie około 250 tysięcy mieszkańców. Największą grupą odbiorców ciepła z LPEC jest budownictwo mieszkaniowe (71% realizowanych dostaw ciepła). Moc cieplna zapotrzebowana przez system wynosi obecnie 550 MW. W systemie funkcjonuje 1485 węzłów cieplnych, w tym 408 węzłów grupowych [1]. Automatykacja węzłów

cieplnych oraz zwiększenie udziału regulacji ilościowej w dostawie ciepła spowodowały, 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 napędzanych starymi silnikami elektrycznymi serii SCDdm, o relatywnie niskiej sprawności. Wysokość tych strat zależy od stopnia dławienia układu, a ten z kolei od wielkości zmian parametrów zasilania sieci [2].

3. Pompownia wody sieciowej

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 tłoczego pomp wody sieciowej. Kotły wodne są wyposażone we własne pompy przevalowe typu 40B33. Pompy PWS-3 oraz PWS-6 są regulowane za pomocą przetwornic częstotliwości typu MVE3900C6-2 (zabudowanych odpowiednio w 2002 roku dla PWS-3 oraz w 2007 roku dla PWS-6) o mocy 1040 kW z dopuszczalnym zakresem regulacji $40 \div 100\%$, co odpowiada możliwości uzyskania zakresu regulacyjnego prędkości obrotowej od $n=597 \div 1493$ obr./min. Zakres regulacji umożliwia osiągnięcie przez te pompy parametrów wymaganych dla całego zakresu pracy. Trzecia z regulowanych pomp – PWS-5, jest napędzana za pomocą kaskady podsynchronicznej (zabudowanej w 1991 roku) o mocy 800 kW, z dopuszczalnym dolnym zakresem regulacji 85% , co umożliwia uzyskanie zakresu regulacyjnego od $n=1270 \div 1475$ obr./min. 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.

Tabela 1. Zestawienie pomp wody sieciowej

Lp.	POMPA				SILNIK				NAPĘD		
	Typ pompy	Q_n m ³ /h	H_n m	n obr/min	Typ silnika	Moc kW	Napięcie V	Prąd A	Typ napędu	Moc kW	Zakres regulacji $n_{min} \div n_{max}$
PWS-1	35W50M-2GV	1700	135	1485	SCDdm-134s	800	6000	96		800	
PWS-2	35W50-2GV	1730	150	1485	SCDdm-134sE	800	6000	96		800	
PWS-3	35W50M-2GV	1700	135	1493	SH-450 H4Es	1000	690	966	Falownik	1000, $\eta=0,97$	$40 \div 100\%$
PWS-4	35W50-2GV	1250	150	1485	SCDdm-134s	800	6000	96		800	
PWS-5	35W50M-2GV	1700	135	1485	SCUdm-134sE	800	6000	96	Kaskada	800	$85 \div 99\%$
PWS-6	35W50M-2GV	1700	135	1493	SH-450 H4Es	1000	690	966	Falownik	1000, $\eta=0,97$	$40 \div 100\%$
PWS-7	35W50-2GV	1730	150	1485	SCDdm-134s	800	6000	96		800	

Jest to sytuacja niekorzystna z punktu widzenia efektywności regulacji, zdecydowanie komplikująca współpracę równoległą pompy napędzanej kaskadą z pompami regulowanymi przetwornicami 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 ewentualnej naprawy uszkodzonych elementów [2]. Wobec powyższego oraz uwzględniając dotychczasowe korzyści wynikające z zastosowania pomp regulowanych, podjęto decyzję o wykonaniu w 2010 roku modernizacji kolejnej pompy – PWS-2 poprzez zastosowanie napędu regulowanego za pomocą przetwornicy częstotliwości. Aktualnie, przy średnich wartościach przepływów przez pompy sieciowe wynoszących w sezonie grzewczym średnio 3500 m³/h (max 5100 m³/h), układ pracuje trzema lub dwoma pompami regulowanymi, przy czym pompy regulowane za pomocą przetwornicy częstotliwości pracują jako podstawowe. Pompy nieregulowane stanowią rezerwę i pracują sporadycznie w sytuacjach wymuszonych przerw w pracy jednej z pomp regulowanych.

4. Ograniczanie energochłonności napędów w EC Wrotków

Pompiwnia wody sieciowej wraz z układem odgazowania i uzupełniania wody sieciowej stanowi największy i najważniejszy obszar dla działań związanych ze zmniejszeniem energochłonności napędów w EC Wrotków. Modernizacja pompy PWS-3 poprzez zastosowanie napędu regulowanego za pomocą przetwornicy częstotliwości, zrealizowana w 2002 roku wraz z budową bloku gazowo-parowego, stała się początkiem ciągu działań prowadzonych przy współpracy z ZPME Energom w celu zminimalizowania energochłonności napędów elektrociepłowni.

Dotychczas zrealizowano następujące zadania:

1. **Zabudowa układu regulacji wydajności pompy PWS-3 za pomocą przetwornicy częstotliwości,**
2. Modernizacja pomp w pompiwni na ujęciu wody powierzchniowej dla celów technologicznych:

- a. modernizacja układów przepływowych pomp,
- b. zabudowa napędów regulowanych na pompach.
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 napędów regulowanych na pompach wody uzupełniającej.
8. **Zabudowa układu regulacji wydajności pompy PWS-6 za pomocą przetwornicy częstotliwości,**
9. Zabudowa klap regulacyjnych na pompach wody sieciowej nr 1 i 5 w celu optymalizacji dławienia,
10. Wdrożenie oprogramowania optymalizującego pracę (wydajność) pomp w pompiwni wody sieciowej pod względem kryterium minimalnego zużycia energii elektrycznej,
11. Wdrożenie we współpracy z dystrybutorem ciepła nowego sposobu regulacji ciśnienia wody zasilającej msc, w którym ciśnienie zmienia się wraz ze zmianą przepływu wody sieciowej.
12. Zabudowa napędów regulowanych na pompach kondensatu ciepłowniczego.

Zadania przewidziane do realizacji w roku 2010:

1. **Zabudowa układu regulacji wydajności pompy PWS-2 za pomocą przetwornicy częstotliwości,**
2. Modernizacja układów pompowych w stacji uzdatniania wody, który jest elementem zadania polegającego na modernizacji układu odgazowania i uzupełniania wody sieciowej.

5. Modernizacja napędu pompy PWS-6

W celu realizacji zadania EC Wrotków przeprowadziła zamówienie publiczne w trybie przetargu nieograniczonego, którego zakres obejmował.

1. dostawę urządzeń:
 - a) przetwornica,
 - b) transformator,
 - c) silnik,

- d) wyposażenie dodatkowe tj.: kable zasilające, kable sterownicze i wyposażenie pola rozdzielni.
2. wytyczne do projektowania,
3. nadzór nad uruchomieniem,
4. szkolenie pracowników z zakresu obsługi i eksploatacji dostarczonych urządzeń,
5. serwis urządzeń w okresie gwarancyjnym.

Najważniejsze daty w realizacji inwestycji:

- 7.05.2007r. - ogłoszenie w Biuletynie Zamówień Publicznych.
- 28.05.2007r. - rozstrzygnięcie przetargu i powiadomienie wszystkich oferentów.
- 8.06.2007r. - podpisanie umowy z wykonawcą - PPHW Proloc sp. z o.o.
- 7.12.2007r. - zakończenie 72-godzinnego ruchu próbnego i przekazanie układu do eksploatacji.

Zakres prac obejmował:

- wymianę silnika typu SCDDm 134s, moc znam. 800 kW, napięcie 6 kV na silnik energooszczędny typu SH 450H4Es, moc znam. 1000kW, napięcie 690V.
- budowę transformatora trójzwojowego typu TZE3P 1250/6, moc znam. 1250 kVA,
- budowę przetwornicy częstotliwości typu MVE3900C6-2, moc znam. 1040 kW,
- przebudowę układu zasilania polegającą na zmianie miejsca zasilania napędu z pola

nr 4 w rozdzielnicy 6 kV RSN3, na pole nr 4 w rozdzielnicy 6 kV BBA, co skróciło długości kabli zasilających i znacząco ułatwiło wpięcie układów sterowania w system automatyki bloku,

- wyposażenie układu w systemy zabezpieczeń (przed wzrostem temperatury, drganiem, przeciążeniami), sterowane z nadrzędnego systemu DCS.

6. Efekty modernizacji napędu pompy PWS-6

Jednym z zasadniczych elementów procesu decyzyjnego w sprawie modernizacji napędu pompy PWS-6 była analiza ekonomicznych i ekologicznych efektów planowanej inwestycji. Jako układ odniesienia przyjęto 2006 rok, a następnie wyznaczono teoretyczne (planowane) zużycie energii elektrycznej po modernizacji, przyjmując jako bazę warunki (przepływ i odpowiadający mu układ pracy pomp) w roku 2006 przy uwzględnieniu oszczędności zużycia energii elektrycznej wynikającej z zastosowania kolejnej pompy regulowanej. Eksploatacja pompowni w nowym układzie trzech pomp regulowanych w latach 2008-2009 dostarczyła informacji pozwalających na weryfikację wcześniejszych przyjętych założeń. Dane bazowe przed modernizacją oraz planowane i rzeczywiste wyniki osiągnięte w efekcie modernizacji zestawiono w tabeli 2.

Tabela 2. Planowana i rzeczywista oszczędność zużycia energii elektrycznej w wyniku modernizacji PWS-6 w odniesieniu do stanu przed modernizacją

Nr pompy	Układ przed modernizacją PWS-6 (rzeczywisty) – 2006 rok		Układ po modernizacji PWS-6 (planowany)		Układ po modernizacji PWS-6 (rzeczywisty) – 2008 rok		Układ po modernizacji PWS-6 (rzeczywisty) – 2009 rok	
	Godziny pracy h	Zużycie en. elektr. kWh	Godziny pracy h	Zużycie en. elektr. kWh	Godziny pracy h	Zużycie en. elektr. kWh	Godziny pracy h	Zużycie en. elektr. kWh
PWS-1	727	619.777	330	272.233	226	195.492	629	542.088
PWS-2	32	23.096	7	5.342	105	102.900	30	27.696
PWS-3[P]	6.560	2.405.006	6.560	2.405.846	6.219	2.291.801	6.326	1.704.553
PWS-4	258	206.962	43	33.901	0	0	2	1.152
PWS-5[K]	4.769	3.299.357	2.377	1.657.103	3.300	2.184.291	3.411	2.297.535
PWS-6[P]	1.813	1.414.254	4.823	2.704.910	6.088	2.177.910	6.142	1.628.437
PWS-7	23	15.179	0	0	0	0	2	0
Razem		7.983.633		7.079.334		6.952.392		6.202.553
Ilość wody [m ³]	20.526.480		20.526.480		22.031.033		20.303.962	
Wskaźnik [kWh/m ³]	0,389		0,345		0,316		0,305	
Oszczędność energii w odniesieniu do ilości wody z 2006r. [kWh]			- 904.199		- 1.497.265		- 1.723.056	

Oznaczenia: [P] – przetwornica częstotliwości; [K] – kaskada podsynchroniczna.

Przy interpretacji uzyskanych wyników należy także uwzględnić następujące informacje:

- w pierwszych miesiącach 2008 r. zabudowano kłapy regulacyjne na pompach wody sieciowej nr 1 i 5 oraz wdrożono oprogramowanie optymalizujące pracę pompowni wody sieciowej pod względem kryterium minimalnego zużycia energii elektrycznej. Oba ww. przedsięwzięcia w pewnym stopniu (aczkolwiek trudnym do konkretnego wyliczenia) wpłynęły na uzyskany wskaźnik zużycia energii na pompowanie w 2008 i 2009 roku.
- na początku 2009 r. wdrożono we współpracy z dystrybutorem ciepła nowy sposób regulacji

ciśnienia wody zasilającej msc, w którym ciśnienie nadaża za zmianą przepływu wody sieciowej. We wcześniej stosowanym sposobie regulacji dyspozytor sieci zadawał dla danego źródła wartość ciśnienia. Działania te skutkowały dalszą oszczędnością energii elektrycznej na pompowanie wody sieciowej czego dowodem jest wartość wskaźnika na pompowanie w roku 2009.

Osiągnięty efekt ekologiczny został obliczony jako różnica pomiędzy zużyciem energii elektrycznej przed i po modernizacji pomnożonym przez wskaźniki emisji [3].

Tabela 3. Planowany efekt ekologiczny modernizacji PWS-6 wg [3]

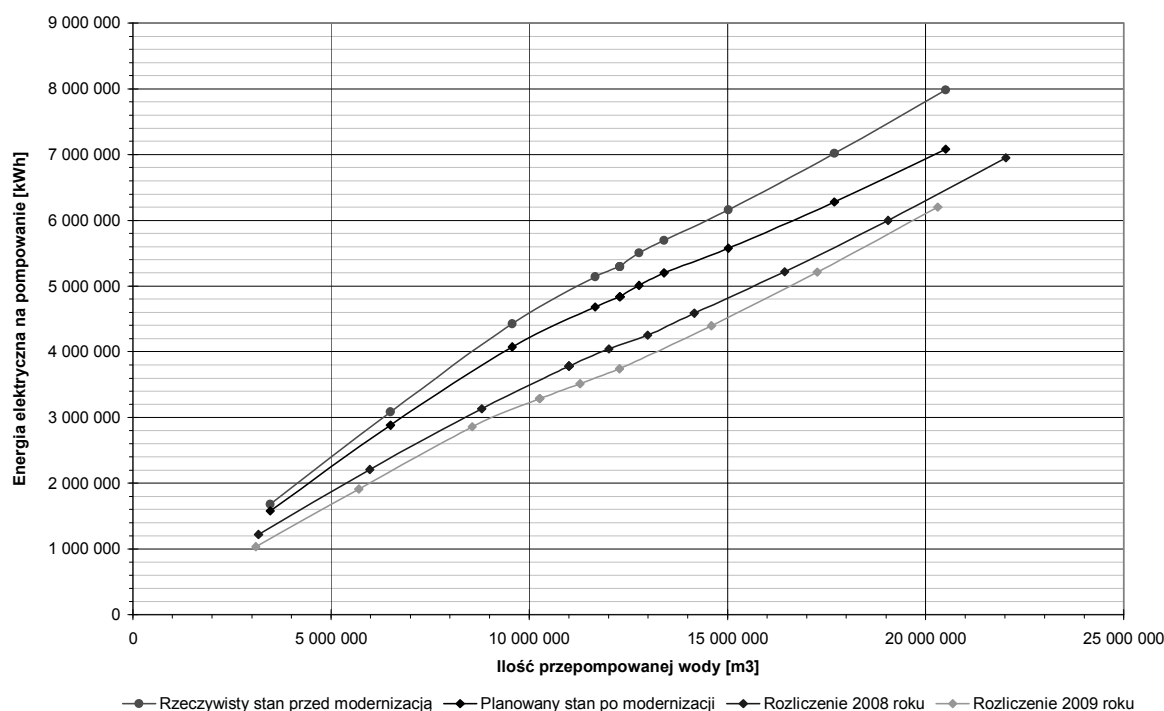
Rodzaj zanieczyszczenia	Wskaźnik emisji [kg/kWh]	Wielkość rzeczywista przed modernizacją [Mg/rok]	Wielkość planowana po modernizacji [Mg/rok]	Zmiana bezwzględna [Mg/rok]	Zmiana względna (%)
Dwutlenek siarki	2,2	17,6	15,6	2,0	11,4
Tlenki azotu	1,23	9,8	8,7	1,1	11,2
Pyły	1,81	14,5	12,8	1,7	11,3
Dwutlenek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

Tabela 4. Rzeczywisty efekt ekologiczny modernizacji PWS-6 wg [3] w odniesieniu do ilości przepompowanej wody z 2006r.

Rodzaj zanieczyszczenia	Wskaźnik emisji [kg/kWh]	Wielkość rzeczywista po modernizacji - 2008 [Mg/rok]	Wielkość rzeczywista po modernizacji - 2009 [Mg/rok]	Zmiana bezwzględna [Mg/rok]	
				2008 do 2006	2009 do 2006
Dwutlenek siarki	2,2	14,3	13,8	3,3	3,8
Tlenki azotu	1,23	8,0	7,7	1,8	2,1
Pyły	1,81	11,7	11,3	2,8	3,2
Dwutlenek węgla	1,014	6.577,2	6.348,2	1.518,2	1.747,2

Tabela 5. Planowany i rzeczywisty efekt ekonomiczny modernizacji PWS-6

Wyszczególnienie	Koszt inwestycji [zł]	Układ po modernizacji PWS-6 (planowany)	Układ po modernizacji PWS-6 (rzeczywisty) – 2008 rok	Układ po modernizacji PWS-6 (rzeczywisty) – 2009 rok
Napęd PWS-6 - urządzenia	682.324	Oszczędność kosztów energii elektrycznej na pompowanie [zł]		
Napęd PWS-6 - robocizna	129.280			
Kłapy regulacyjne + prog. optymalizacji	134.176			
Razem	945.780	175.821	291.143	335.048
Prosty czas zwrotu		5,3	3,2	2,8



Rys. 1. Planowane i rzeczywiste efekty modernizacji PWS-6

Osiągnięty efekt ekonomiczny inwestycji został wyliczony w uwzględnieniu całości poniesionych kosztów tj. obejmował oprócz zasadniczej części związanej z modernizacją PWS-6 również zabudowę klap regulacyjnych oraz wdrożenie oprogramowania optymalizującego.

Przy obliczaniu oszczędności kosztów energii elektrycznej na pompowanie przyjęto ilości zaoszczędzonej energii elektrycznej z tabeli 2 oraz cenę 194,45 zł/MWh, stanowiącą koszt wytworzenia jednostki energii elektrycznej w bloku gazowo-parowym w 2009 roku.

7. Podsumowanie

Zabudowa napędu zmiennobrotowego pompy PWS-6 jest dotychczas najważniejszym pod względem technologicznym i finansowym elementem modernizacji pompowni wody sieciowej zmierzającym do ograniczenia jej energochłonności. Realizacja tej inwestycji, wsparta wykonaniem zadań uzupełniających, pozwoliła na osiągnięcie bardzo dobrych efektów ekonomicznych i ekologicznych. Okres zwrotu nakładów inwestycyjnych (tylko dla modernizacji napędu PWS-6) był szacowany na 5 lat. Rzeczywista oszczędność energii elektrycznej na pompowanie uzyskana w trakcie eksploatacji układu w okresie 2008-2009 stanowiła około 5% całości energii elektrycznej zużywanej na potrzeby własne elektrociepłowni. Należy przy

tym zaznaczyć, że na rzeczywiste wskaźniki zużycia energii na pompowanie w analizowanym okresie wpływ miały również dwa zadania uzupełniające tj. zabudowa klap regulacyjnych i wdrożenie oprogramowania optymalizującego pracę pompowni, a także wdrożenie nowego sposobu regulacji ciśnienia wody zasilającej miejską sieć ciepłowniczą. Uzyskane oszczędności znacząco przekroczyły wartości planowane, a rzeczywisty okres zwrotu nakładów inwestycyjnych wyniósł 3 lata. Dodatkowym plusem w rachunku ekonomicznym opisanej inwestycji jest jej dofinansowanie (w wymiarze 29% wartości zadania) przez Fundację EkoFundusz. Okres zwrotu nakładów inwestycyjnych przy uwzględnieniu wyłącznie środków własnych skróciłby się wówczas o 0,7 roku. Bardzo wysoka ocena zrealizowanej inwestycji zarówno w wymiarze ekonomicznym jak i technicznym oraz ekologicznym stała się najlepszą rekomendacją dla podjęcia decyzji o przeprowadzeniu bliźniaczej modernizacji napędu kolejnej pompy wody sieciowej.

8. Literatura

- [1]. www.lpec.pl
- [2]. 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, 2003r.

[3]. Wniosek o udzielenie dotacji z Fundacji Ekofundusz. Dopłaty do modernizacji napędów elektrycznych. „Modernizacja napędu elektrycznego pompy wody sieciowej w Elektrociepłowni Lublin-Wrotków Sp. z o.o.”, 200r.7.

[4]. A. Jedut, M. Stańczyk „Modernizacja pompowni wody sieciowej w Elektrociepłowni Lublin-Wrotków”, IV Forum „Efektywność Energetyczna Napędów z Silnikami Elektrycznymi”, Korytnica, październik 2007r.

[5]. PGE Elektrociepłownia Lublin - Wrotków Sp. z o.o. – materiały własne.

Autorzy:

Andrzej Jedut

Kierownik Wydziału Ruchu

PGE Elektrociepłownia Lublin - Wrotków sp. z o.o., e-mail: a.jedut@ec.lublin.pl

Marek Stańczyk

Specjalista ds. energetycznych

PGE Elektrociepłownia Lublin - Wrotków sp. z o.o. e-mail: m.stanczyk@ec.lublin.pl