

Dotychczas na blokach tych pracowały pompy zasilające wg poniższego zestawienia :

pompa wstępna typu	HM
200x3V1 lub 20S28Wz	
przekładnia ze sprzęgłem typu	R16K
Voith lub TAH51.2 Zamech	
pompa zasilająca typu	HD
150x5V1 lub 15Z33x5V1	

osiągające następujące parametry:

- wydajność $Q = 477 \text{ m}^3/\text{h}$
- wysokość podnoszenia $H = 1910 \text{ m}$
- prędkość obrotowa $n = 4570 \text{ min}^{-1}$

Napędzane silnikami klatkowymi SYJe142s/02 o mocy znamionowej 4000 kW

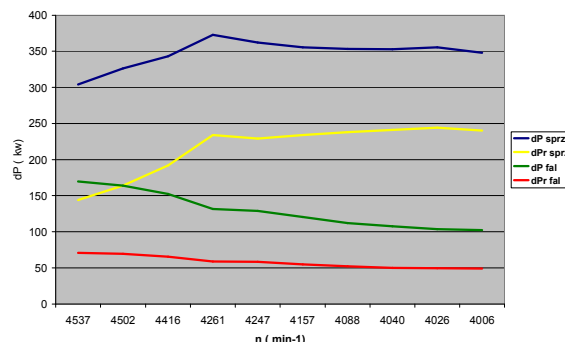
Dla układu wykonano badania sprawności uzyskując następujące rezultaty :

- obciążenie bloku od 75 do 95 MW,
- ciśnienie na króćcu tłocznym $P_t = 15,4 - 15,8 \text{ MPa}$,
- wydajność pompy $Q = 220 - 483 \text{ m}^3/\text{h}$,
- regulacja obrotów $n = 3967 - 4502 \text{ min}^{-1}$,
- moc na wale pompy $N = 1521 - 2937 \text{ kW}$.

W wyniku analizy techniczno - ekonomicznej układu pompowego zdecydowano się na kompleksową modernizację pomp wody zasilającej, polegającą na wymianie pomp na pompy nowe o wyższej sprawności, nie wymagające pomp wstępnych, z bezpośrednią regulacją prędkości w zakresie 3000-4620 min^{-1} . Modernizacja ta miała na celu podniesienie efektywności energetycznej układu pompowego oraz zapewnienie łatwego rozruchu pomp w przypadku rozruchu bloku z zasilania awaryjnego.

Założeniem modernizacji było zastosowanie silników o sprawności co najmniej 97% oraz energoelektronicznego układu regulacji o sprawności co najmniej 97%

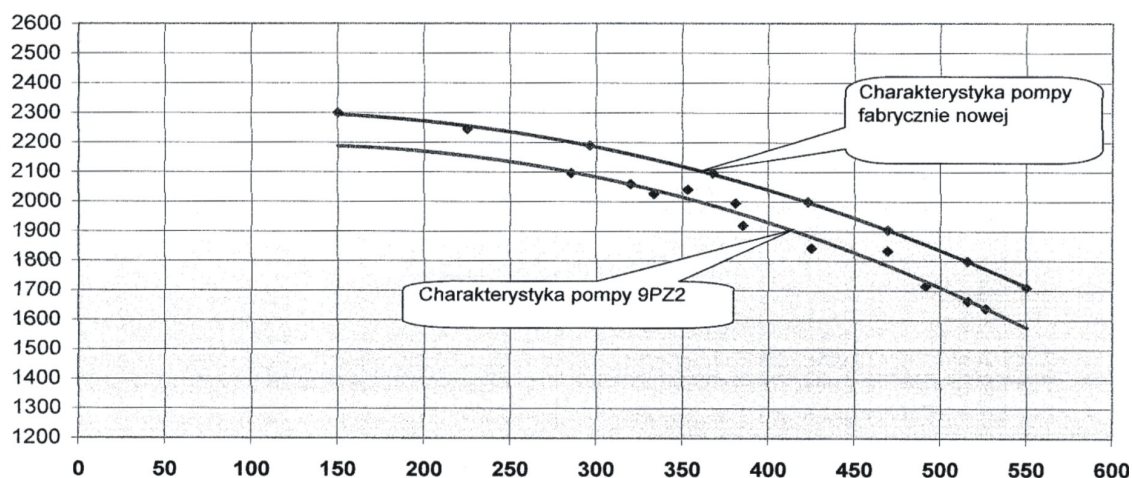
Przeprowadzona analiza i pomiary wykazały, że modernizacja napędu z wykorzystaniem przezienników częstotliwości przyniesie znaczące oszczędności eksploatacyjne, wynikające głównie z niższych strat tego rozwiązania, jak i niższych kosztów eksploatacji.



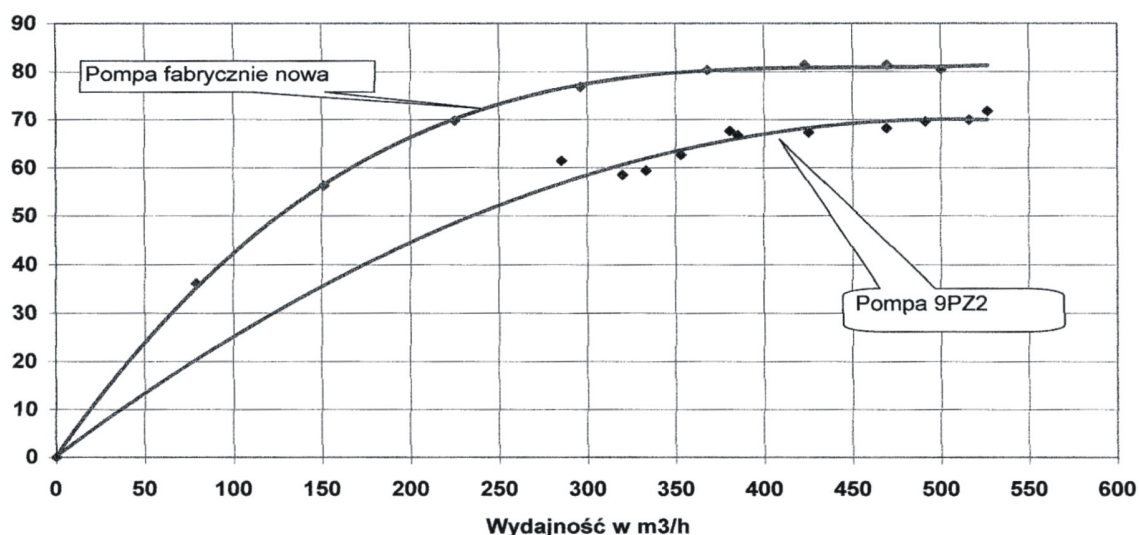
Rys. 2. Wykresy strat w funkcji prędkości obrotowej w istniejącym układzie napędowym, oraz strat nowego układu; dPr sprz – straty na sprzęgle hydrokinetycznym; dP sprz – straty na sprzęgle + straty w silniku dPr fal – suma strat przeziennika i transformatora ; dP fal – suma strat przeziennika, transformatora i silnika w układzie częstotliwościowej regulacji obrotów pompy

Zastosowanie nowoczesnych pomp produkcji GRUPY POWEN WAFAPOMP SA oraz optymalizacja ich punktów pracy przyniosły podniesienie sprawności układu pompowego o około 10-15% tylko i wyłącznie w układzie hydraulicznym pomp (rys. 3 i 4).

Ważnym aspektem wykonalności modernizacji było znalezienie miejsca na montaż układu regulacji prędkości obrotowej. Obiekty sprzed kilkadziesiąt lat nie dysponują na ogół miejscem w którym można by ulokować przezienniki częstotliwości. Podobnie wyglądała sytuacja w EC Siekierki. Jedynym miejscem jakie mogło być brane pod uwagę było bezpośrednie sąsiedztwo pomp czyli otwarta hala maszynowni. Taka lokalizacja wymusza konieczność zastosowania dla urządzeń elektrycznych wysokiego stopnia ochrony, a dla elektronicznych najlepszym rozwiązaniem jest odseparowanie energoelektroniki od wpływów atmosfery. Z tych powodów zdecydowano, by przezienniki miały stopień ochrony IP54, z chłodzeniem wodnym, natomiast transformatory zasilające stopień ochrony IP54, z chłodzeniem wodnym lub powietrznym.



Rys. 3. Pompa zasilająca 9PZ2 (typu 15Z33x5) EC Siekierki. Wykresy porównawcze z pompą fabrycznie nową $H=f(Q)$



Rys. 4. Porównanie sprawności (%) pompy fabrycznie nowej z pompą 9PZ2

Ze względu na moc napędu, zakładano zastosowanie dla napędu napięcia średniego, z zakresu 3.3-6 kV. Biorąc pod uwagę, że pompa w żadnym stanie pracy (nawet awaryjnym) nie będzie zasilana poprzez by-pass bezpośredni, nie postawiono wymagania, by napięcie silnika było identyczne z napięciem sieci średniego napięcia obiektu (6 kV).

Realizacja

W wyniku przetargu generalnym wykonawcą modernizacji wybrana została GRUPA POWEN WAFAPOM SA. Do realizacji wybrany został

układ regulacji prędkości obrotowej produkcji SIEMENS AG złożony z:

- przemiennika częstotliwości Sinamics GM150, 4160 V, 3300 kW z chłodzeniem wodnym,
- transformatora zasilającego żywicznego w obudowie IP54 przewietrzanej,
- silnika wysokosprawnego szybkobieżnego serii H-compact plus o mocy 3050 kW i prędkości 4600 min^{-1} z chłodzeniem wodnym.

Przemienniki Sinamics GM150 są nowoczesną linią przemienników częstotliwości średniego napięcia z napięciowym obwodem pośredniczącym

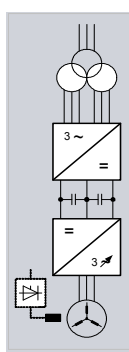
oraz tranzystorami IGBT jako zaworami mocy. Przemienne mają bardzo elastyczną konstrukcję – dla praktycznie wszystkich napięć i mocy mają wykonanie z chłodzeniem powietrznym, lub chłodzeniem wodnym, a także wysoko dynamiczne wykonanie z bezpośrednią modulacją IGBT dla silników skonstruowanych do współpracy z nimi, lub wykonania z wyjściowym filtrem sinusoidalnym dla silników skonstruowanych do pracy bezpośrednio z sieci.

Przemienne mają budowę trójpoziomową (rys.5) z wejściowym mostkiem 12-to pulsowym, co daje optymalne parametry prądu zasilającego przemiennik jak i niski poziom harmonicznych w prądzie pobieranym z sieci. Budowa kart mocy pozwala na ich szybką i bezproblemową wymianę – w przypadku chłodzenia wodnego każdy z tranzystorów IGBT chłodzony jest bezpośrednio przepływającą wodą.

a)



b)



Rys. 5. Przemienne częstotliwości: a) widok szaf, b) schemat elektryczny

Jako silniki zastosowane zostały chłodzone wodą silniki szybkoobrotowe H-Compact Plus, z maksymalną prędkością obrotową 4620 min^{-1} . Silniki te są odmianą standardowych 2-biegunowych silników indukcyjnych klatkowych, które dzięki żeliwnemu korpusowi tłumiącemu drgania, specjalnej konstrukcji wału i wirnika, oraz innowacyjnym rozwiązaniom w zakresie łożysk zapewniają bezpieczną pracę z wielkimi jak na tę moc silnika prędkościami, przy amplitudzie drgań poniżej $50 \mu\text{m}$ w całym obszarze pracy pompy.

Silnik jest chłodzony wodą, co poprawia jego dyspozycyjność i ułatwia odprowadzanie ciepła z miejsca zainstalowania. Silniki te, dzięki innowacyjnym rozwiązaniom mają bardzo małe gabaryty (wznios wału 500 dla mocy 3050 kW),

co znacząco zmniejsza ilość miejsca potrzebną dla agregatu (rys.6). Cały zespół pompy posiada nowoczesny monitoring drgań i temperatur.



Rys. 6. Silnik na stanowisku pracy

Doświadczenia z uruchomienia i eksploatacji instalacji

Pierwsze dwie zmodernizowane pompy zostały uruchomione w sierpniu 2010r. Uruchomienie przebiegało zgodnie z zaplanowanych harmonogramem. Pompa, pomimo braku pompy wstępnej w całym zakresie pracy nie wpadała w kawitację dzięki zastosowaniu innowacyjnego wirnika o własnościach antykawitacyjnych. Konstrukcja silnika, nie posiadającego w obszarze obrotów $300-4620 \text{ min}^{-1}$ drgań wyższych od $50 \mu\text{m}$ pozwoliła na jego pracę nie tylko w obszarze regulacji ($4000-4620 \text{ min}^{-1}$), lecz także na płynną pracę od 2000 min^{-1} , co dało możliwość napełniania układu wodą bez wykorzystywania dodatkowych zaworów. Podczas testów regulacyjnych, układ przemiennika poddawany był kilkakrotnie próbom SZR technologicznego (przełączanie pomiędzy pompą główną i rezerwową) oraz SZR elektrycznemu (przełączanie zasilania z dwu różnych rozdzielni), przechodząc obie próby z powodzeniem. Kilkakrotnie przeprowadzono także próbę zachowania się przemiennika przy rozruchu największego w EC Siekierki napędu (5MW) i występującym przy tym spadku napięcia o około 15% - podczas tych prób napęd pozostawał w pracy. W chwili obecnej dwie pompy są w pracy ciągłej od 09 2010 r. spełniając wszystkie zakładane parametry techniczne i zachowując pełną dyspozycyjność agregatu.

Wnioski

Półroczna eksploatacja napędu, oraz próby w trakcie odbioru instalacji udowodniły, że rozwiązanie bezpośredniego napędu pompy zasilającej średniej wielkości bloków doskonale zachowuje się podczas eksploatacji, pozwalając wykorzystać wszystkie swe zalety (wysoka sprawność, niski prąd rozruchu instalacji, płynna regulacja w bardzo szerokim zakresie obrotów) nie powodując dodatkowych problemów eksploatacyjnych wynikających z stanów przejściowych sieci zasilającej czy narażeń środowiskowych. Zachowanie się przemienników Sinamics z napięciowym obwodem pośredniczącym DC podczas zakłóceń zasilania (SZR elektryczny, SZR technologiczny, obniżenie napięcia) wskazuje na wysoką dyspozycyjność tego rozwiązania.

Ponadto układy przemienników z chłodzeniem wodnym, sprawdzone już w EC Siekierki w innej aplikacji, oraz w Elektrowni Skawina w aplikacji dużego wentylatora wykazują bardzo wysoką odporność tego typu rozwiązania na zanieczyszczenia i wilgoć, ułatwiając jednocześnie odprowadzanie ciepła z miejsca instalacji. Bardzo często przemienniki z chłodzeniem wodnym mają mniejsze wymiary od porównywalnych przemienników z chłodzeniem powietrznym. Jest to szczególnie istotne dla modernizowanych starszych obiektów, gdzie remonty instalacji rozciągnięte są w czasie (często remont z pracami budowlanymi i spawalniczymi prowadzony jest np. na sąsiednim bloku).