

Adam Pozowski, SIEMENS Katowice
 Andrzej Misiewicz, ENERGOM Świdnica

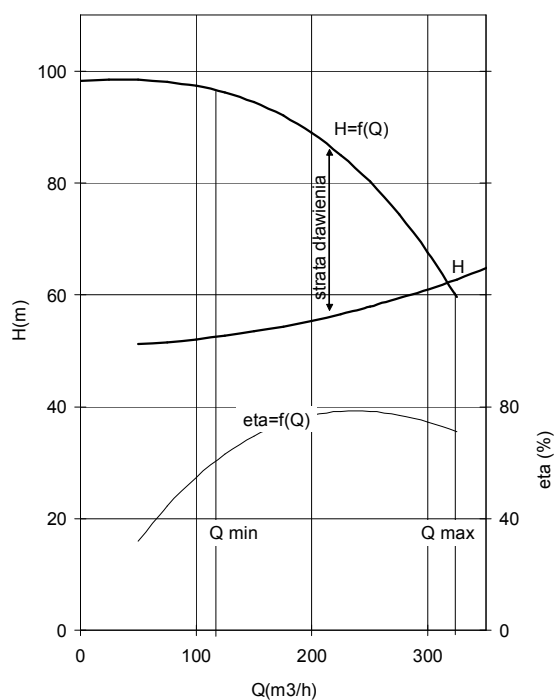
TECHNICZNE I EKONOMICZNE EFEKTY ZASTOSOWANIA NOWOCZESNYCH UKŁADÓW REGULACJI PRĘDKOŚCI W POMPACH CIEPŁOWNICZYCH

THE ECONOMICAL AND TECHNICAL CONSEQUENCES OF APPLYING VARIABLE SPEED DRIVES FOR PUMPS IN THE HEATING PLANTS

Abstract: the paper presents the results of applying the variable speed drives as a drives for main pumps in the heating plants and systems. Using only variable-speed drives don't guarantee the good results and efficiency. Also, very important are the good parameters of the pump and technology of water systems. The paper presents the application of the new drives in the 300 MW heating plants. In the first step the head of pumps had been changed, the next technology systems and in the end the two 900 kW electric power drives were mounted. Also the possibilities for quick reaction and adjustable of pumps were upgraded. The article also presents the details of configuration of variable-speed drives installed in the heating plants. The results of the one year work and economical effects have been described. The financial effects are about a half million PLN per year.

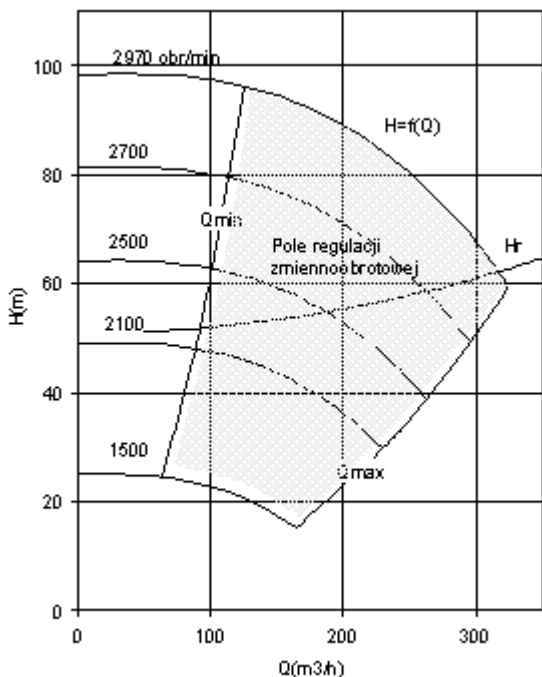
1. Wstęp

Postępujący proces automatyzacji węzłów cieplnych z coraz większym udziałem automatyki pogodowej wymuszają na źródłach ciepła (w szczególności na ich układach pompowych) zdolność do szybkiej reakcji na potrzeby sieci. Dobowe, często nawet godzinowe zmiany przepływu, dochodzą do 50 % przepływu średniego. Zmiana przepływu skutkuje zmianą wymaganej wysokości podnoszenia pomp. Stosowana często tzw. regulacja dławieniowa (rys.1) jest nieefektywna i prowadzi do powstawania nieuzasadnionych strat regulacji. Zdecydowanie lepszym rozwiązaniem jest zastosowanie regulacji poprzez zmianę prędkości obrotowej pomp (rys.2). Wówczas nie występują straty dławienia, ale pojawiają się straty regulacji wynikające ze sprawności samego napędu. Są one tym większe im większa jest głębokość regulacji, tzn. im niższa jest prędkość obrotowa pompy. Zmniejszenie prędkości obrotowej pompy skutkuje również obniżeniem jej sprawności. Dodatkowo wraz ze zmianą prędkości obrotowej zmienia się punkt maksymalnej wydajności pompy. Stąd też często pochopte (bez odpowiedniego przygotowania układu) zastosowanie regulacji zmiennoobrotowej powoduje powstanie niepotrzebnych strat oraz zmniejszenie obszaru pracy (wydajności) układu pompowego. (rys. 3).

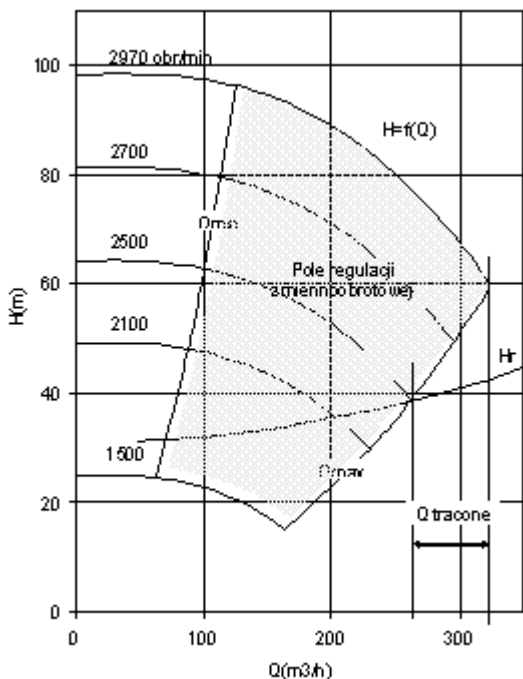


Rys. 1. Strata dławienia przy regulacji dławieniowej pompy wirowej

Dla zminimalizowania strat regulacji wynikających z zastosowania technik zmiennoobrotowych konieczne jest wcześniejsze dopasowanie parametrowe pomp, polegające najczęściej na zmniejszeniu ich wysokości podnoszenia oraz dokonanie koniecznych zmian w technologii pompowania całego układu wodnego ciepłowni.



Rys. 2. Regulacja zmiennoobrotowa przy prawidłowo dopasowanej charakterystyce



Rys. 3. Zmniejszenie wydajności pompy w wyniku zastosowania regulacji zmiennoobrotowej przy zbyt dużych nadwyżkach parametrycznych

Mniejsze nadwyżki parametrowe pomp przy nominalnych prędkościach obrotowych skutkują mniejszą głębokością regulacji i wyższą sprawnością zarówno pomp jak i napędów.

2. Modernizacja układu pomp sieciowych w EC Rzeszów

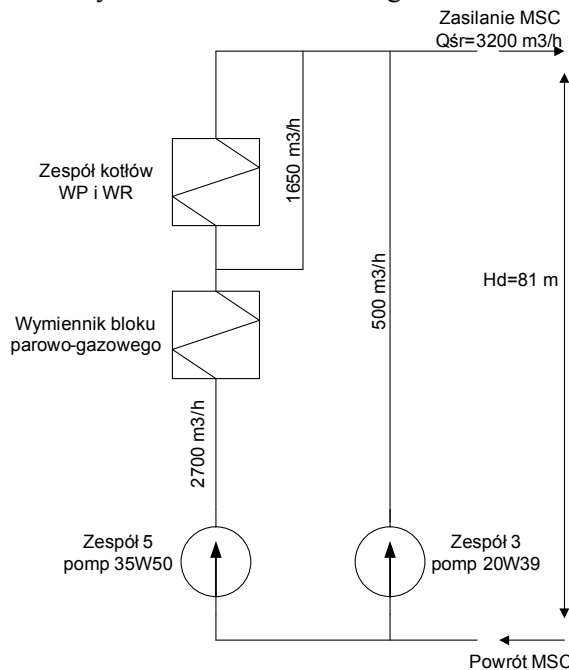
W układzie wodnym Elektrociepłowni Rzeszów zainstalowane były dwie sekcje pomp 35W50 oraz 20W39. Główne pompy sieciowe 35W50 realizowały przepływ poprzez wymiennik bloku parowo-gazowego oraz przez kotły, w okresach zwiększonego zapotrzebowania mocy cieplnej. Pompy 20W39 pełniły funkcję pomp tzw. zmieszania zimnego, pracując na obejściu zarówno kotłów jak i wymiennika. Dwie pompy 35W50 wyposażone były w kaskady tyrystorowe 1250 kW z ograniczonym dolnym zakresem regulacji do ok. 1200 obr/min.

Parametry pompy pokazane zostały w tabeli 1.

Tabela 1

Typ	Q(m ³ /h)	H(m)	n(obr/min)	P _s (kW)
35W50	1800	190	1485	1250
20W39	530	135	1485	315

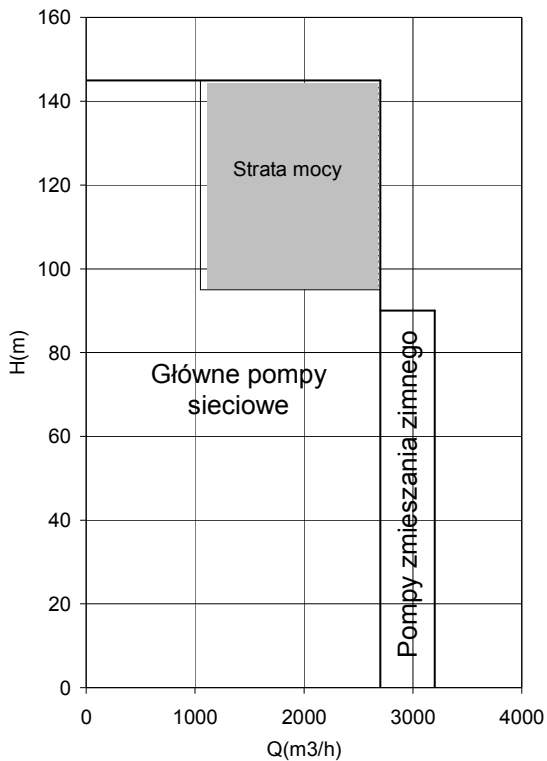
Na rys.4 przedstawiony został uproszczony blokowy schemat układu wodnego.



Rys. 4. Uproszczony schemat blokowy układu wodnego EC przed modernizacją

Praca układu nie była optymalna głównie ze względu na znaczną nadwyżkę parametrów pomp nad parametrami źródła i sieci. Dodatkowe straty powodował przepływ na obejściu kotłów wodnych, który był dławiony o wartość ciśnienia odpowiadającą oporom hydraulicznym kotłów. Zapotrzebowanie mocy hydraulicznej koniecznej do pompowania dla średnich

parametrów pracy pokazane zostało na rys.5. (Moc hydrauliczna zespołu pompowego jest iloczynem $[Q \times H]$).

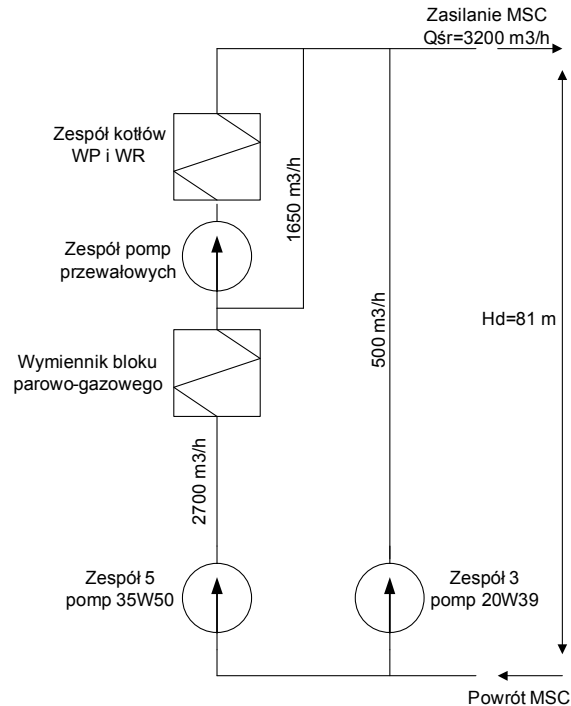


Rys.5. Pola mocy układu pompowego dla średnich warunków zasilania sieci przed modernizacją

Układ pompowy pracował ze średnim wskaźnikiem kosztu transportu wody $K=0,516 \text{ kWh/m}^3$. Dla obniżenia wskaźnika kosztu transportu zrealizowano następujące rozwiązania techniczne modernizacji:

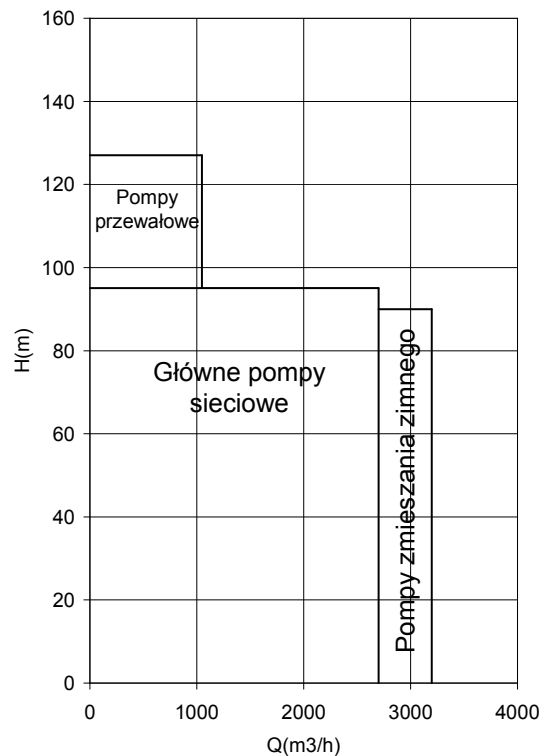
- wydzielono zespół pomp kotłowych (przewalowych) pokonujących opory kotłów wodnych, co spowodowało odciążenie głównych pomp sieciowych,
- skorygowano parametry energetyczne głównych pomp sieciowych poprzez obniżenie ich wysokości podnoszenia o 55 m, co spowodowało zmniejszenie głębokości regulacji i pracę z wyższą sprawnością,
- na dwóch głównych pompach sieciowych zabudowano napędy falownikowe z pełnym zakresem regulacji 0 do 50 Hz, oraz z możliwością tzw. dodatknej regulacji prędkości obrotowej ponad 50 Hz (do 1560 obr./min).

Schemat blokowy układu po modernizacji pokazano na rys.6.



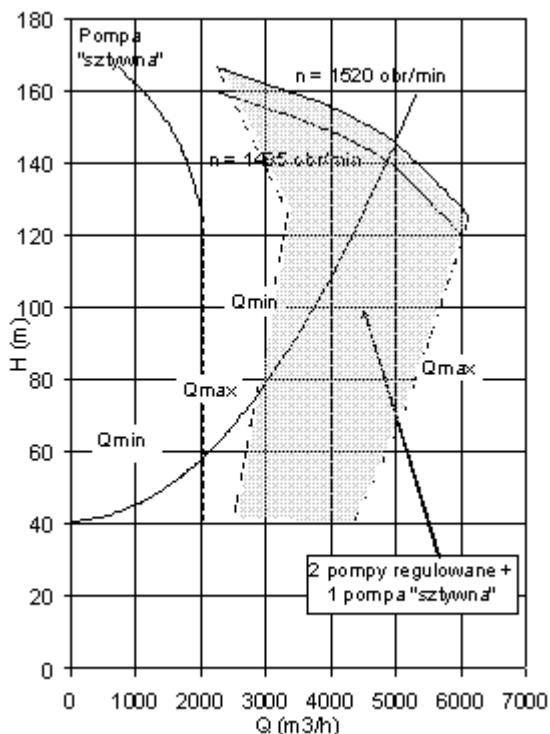
Rys. 6. Schemat blokowy układu wodnego EC po modernizacji

Na rys. 7 przedstawione zostały pola mocy na potrzeby pompowania w nowym układzie technologicznym i napędowym.



Rys. 7. Pola mocy układu pompowego dla średnich warunków zasilania po modernizacji

Pole regulacji zmodernizowanego układu głównych pomp sieciowych pokazano na rys.8.



Rys.8. Pole regulacji zmodernizowanego układu głównych pomp sieciowych

Wskaźnik kosztu transportu wody (dla średnich warunków zasilania) układu zmodernizowanego wynosi $K=0,352 \text{ kWh/m}^3$.

W wyniku modernizacji uzyskano znaczne efekty natury eksploatacyjnej i ekonomicznej:

- obniżono wskaźnik kosztu transportu wody średnio o 30 %,
- obniżono koszty zakupów inwestycyjnych poprzez zmniejszenie mocy napędów z 1250 do 900 kW,
- zlikwidowano straty dławienia natury technologicznej,
- poprawiono regulacyjność układu i jego zdolność do szybkiej odpowiedzi na zmieniające się warunki sieciowe poprzez uzyskanie pełnego zakresu regulacji,
- podwyższono sprawność zespołów pomp regulowanych (pompa, silnik, napęd) oraz sprawność samej regulacji poprzez zmniejszenie jej głębokości.

3. Rozwiązania układów sterowania i napędów

Układ pomp sieciowych w Elektrociepłowni Rzeszów był, ze względu na zastosowane

w nim moce napędów i rodzaj silników, typowym układem występującym w dużych polskich elektrociepłowniach. Istniejące, liczące ponad 26 lat silniki indukcyjne posiadały wirniki w wykonaniu pierścieniowym – przebudowane w latach 90-tych dla zastosowania rozwiązania z kaskadą podsynchroniczną. Silniki te miały oczywiście w porównaniu z dzisiejszymi konstrukcjami silników indukcyjnych klatkowych sprawność mniejszą o ok. 5%. Także sposób chłodzenia (IC01) oraz stopień ochrony (IP23) w połączeniu z przestarzałymi rozwiązaniami układu izolacyjnego sprawiał, że silniki te były zawodne i głośne.

Regulacyjność kaskady – ze względu na ograniczenia techniczne tego rozwiązania nie była satysfakcjonująca dla EC Rzeszów.

Dla przedstawionego zadania napędowego możliwe są dwa nowoczesne rozwiązania napędowe – rozwiązanie z zastosowaniem przekształtników średniego napięcia (6 kV) i pozostawieniem istniejących silników, oraz rozwiązanie z zastosowaniem przemienników na niskie napięcie (w tym przypadku ze względu na moc znamionową, 690 V) z wymianą silników na nowe silniki indukcyjne klatkowe.

W przypadku EC Rzeszów wybrano drugie z rozwiązań, jako rozwiązanie o wysokiej sprawności i niezawodności (nowe silniki) i zoptymalizowanych kosztach inwestycji.

W ramach przeprowadzonej modernizacji „pod klucz” Siemens jako generalny wykonawca wykonał projekt techniczny, zrealizował dostawy oraz prace montażowe a także uruchomił całą instalację.

Sercem układu regulacji jest oczywiście przemiennik częstotliwości. To od niego w dużej mierze zależy niezawodność i jakość pracy całej instalacji. W przypadku tej aplikacji zastosowano przemienniki serii Sinamics – serii unikatowej na rynku. Jest to rodzina przemienników w zakresie mocy od 0,12 kW do 20 MW i napięć od 230 V AC do 6600 V AC o jednolitej filozofii obsługi, parametryzacji i serwisu. Przemienniki te są łatwe w obsłudze, a jednocześnie dzięki bogatym możliwościom wolnych bloków programowalnych elastyczne i funkcjonalne dla każdego zadania napędowego.



Fot. 1. Sinamics G150 1000 kW

Przełącznik Sinamics G150 (fot. 1) o mocy 1000 kW, zastosowany do regulacji prędkości silników pomp, posiada sterowanie oparte na najnowszej generacji algorytmu Transvector – oryginalnego rozwiązania firmy SIEMENS AG, pozwalającego na bezczujnikowe sterowanie wektorowe. Przełączniki te regulują układ napędowy z wysoką dynamiką i dokładnością w zakresie od 0 do prędkości maksymalnej silnika. Oczywiście, przełącznik jest przełącznikiem z napięciowym obwodem pośredniczącym DC.

Ze względu na moc znamionową, zastosowany przełącznik jest przełącznikiem z wejściem 12-to pulsowym. Jest to dość typowy układ prostownika dla mocy powyżej 630 kW, pozwalający w połączeniu z transformatorem trójzwojeniowym na ograniczenie poziomu harmonicznych prądu i napięcia zwracanych do sieci zasilającej. Dla rozwiązań o mniejszej mocy (do 800 kW) możliwe jest dla tych przełączników ciekawe, zoptymalizowane rozwiązanie oparte na aktywnym sinusoidalnym filtrze wejściowym, dającym poziom harmonicznych prądu i napięcia niższy niż dla zastosowania 12-to pulsowego, przy możliwości stosowania typowego transformatora zasilającego. Rozwiązanie to sprawdza się także znakomicie przy zasilaniu przełączników z zakładowych rozdzielni n.n.

Układ napędowy połączony jest z centralnym układem sterowania EC Rzeszów poprzez pośredniczącą stację operatorską opartą na sterowniku Simatic S-300. Przełącznik połączony jest ze sterownikiem magistralą Profibus – która jest dla rodziny Sinamics standardem. Poza tym przełącznik wyposażony jest w przyjazny, graficzny panel operatorski zamontowany w drzwiach szafy (fot. 2).



Fot. 2. Graficzny panel operatorski

Przełącznik, oraz transformatory zasilające, zamontowane zostały bezpośrednio przy pompie, na hali pompowni (fot. 3). Lokalizacja ta narzucona została brakiem innego odpowiedniego miejsca w technicznie sensownej odległości od agregatów pompowych. Wysoki stopień ochrony szafy przełącznika (IP43) oraz odpowiednie zabezpieczenie (dodatkowe lakierowanie) płytek elektroniki powoduje, że taka lokalizacja przełącznika jest w pełni bezpieczna i nie naraża układu na zmniejszenie dyspozycyjności.



Fot. 3. Widok instalacji

Do napędu pomp użyto silników niskiego napięcia serii N-compact o mocy 900 kW. Siemens – jeden z czołowych producentów regulowanych układów napędowych, posiada wieloletnie doświadczenie w projektowaniu ich nie tylko jako produktów, ale także jako systemu. Silniki indukcyjne produkcji Siemensu posiadają szereg ulepszeń – szczególnie obwodu magnetycznego i układu izolacyjnego, powodujących, że we współpracy z przełącznikami częstotliwości silniki te są wyjątkowo ciche, energooszczędne i niezawodne. Potwierdziły to

przeprowadzone po uruchomieniu w EC Rzeszów pomiary. Silniki zasilane różnymi częstotliwościami miały w zależności od częstotliwości (badano zakres 20-55 Hz) średni poziom hałasu w odległości 1 m pomiędzy 79, a 81 dB(A). W ramach kontraktu silnik został dopasowany poprzez ramę adaptacyjną do istniejącego fundamentu. Niski poziom drgań, zarówno w fazie uruchomienia ($0,8 \text{ mm/s}^2$), jak i eksploatacji (silniki wyposażone są w ciągły monitoring drgań) potwierdza jakość tego rozwiązania.

W ciągu ponad roku eksploatacji układ napędowy zachowywał się niezwykle stabilnie, nie powodując konieczności interwencji serwisowych, czy to w zakresie sprzętu, czy oprogramowania.

4. Efekty po roku eksploatacji

W wyniku przeprowadzonych działań modernizacyjnych i zmniejszenia kosztów transportu wody sieciowej uzyskano efekt finansowy, dla średnich warunków zasilania sieci, w wysokości 505 tys. zł w jednym sezonie grzewczym, co daje w przybliżeniu trzyletni okres zwrotu inwestycji. Nie stwierdzono także żadnych problemów ruchowych po przekazaniu układu do eksploatacji. Zastosowanie nowych urządzeń w miejsce istniejących, ponad 20-letnich,

spowodowało także obniżenie rocznych kosztów remontów o ok. 25 tys. zł.

5. Literatura

- [1]. Troskoleński A.T., Łazarkiewicz Sz.: *Pompy wirowe*. Warszawa 1973, WNT.
- [2]. Energom.: *Koncepcja optymalizacji układu wyrowadzania ciepła i sterowania pracą zespołów pomp wody sieciowej w EC Rzeszów*. Prace własne, Świdnica 2005.
- [3]. Siemens AG , *D51.1 – aplikacje napędów elektrycznych*

Autorzy:

mgr inż. Adam Pozowski jest managerem działu napędów branży Automation & Drives Siemens sp. z o.o., tel.+48 32 2084171 e-mail adam.pozowski@siemens.com

dr inż. Andrzej Misiewicz jest współwłaścicielem ZPME "ENERGOM" s.c. w Świdnicy, firmy inżynierskiej specjalizującej się w dziedzinie techniki maszyn przepływowych, tel. +48 74 8535058, e-mail: andrzej.misiewicz@energom.com.pl