

Nowe pompy i silniki hydrauliczne – prace rozwojowe w Katedrze Hydrauliki i Pneumatyki Politechniki Gdańskiej

Paweł Śliwiński, Andrzej Balawender, Leszek Osiecki

Zespół pracowników Katedry Hydrauliki i Pneumatyki od wielu lat specjalizuje się w badaniach rozwojowych pomp i silników hydraulicznych, współpracując z producentami oraz oferując również własne rozwiązania konstrukcyjne.

Istotnym nurtem prac prowadzonych od kilkunastu lat w Katedrze Hydrauliki i Pneumatyki są badania nad nowymi pompami wielotłoczkowymi osiowymi z rozrządem krzywkowym typu PWK. Efektem tych prac jest opatentowana w kraju i za granicą konstrukcja hydrostatycznie odciążonego rozrządu sterowanego krzywką. Na jej bazie zaprojektowano typoszereg pomp typu PWK, a w latach 2001–2004 w ramach projektu celowego, we współpracy z HYDROTOR Tuchola, powstały pompy o stałej wydajności PWK-27 i PWK-78 (rys. 1). Pompy te w pełni potwierdziły zakładane na wstępie parametry, takie jak: ciśnienie pracy sięgające 55 MPa, sprawność całkowita osiagająca 94%, sprawność mechaniczno-ciśnieniowa rzędu 99%, samossawnosć w szerokim zakresie parametrów pracy, stosunek mocy do masy przekraczający 2,5 kW/kg. Wiele z tych parametrów jest niedostępne dla pomp wielotłoczkowych produkowanych obecnie przez czołowe koncerny światowe [8]. Badania laboratoryjne, jak i doświadczenia uzyskane w toku eksploatacji nowych pomp w warunkach rzeczywistych potwierdzają również trwałość nowej konstrukcji.

Należy jednak zauważyć, że wysokociśnieniowe pompy o stałej wydajności są z natury wyrobem niszowym o niewielkim potencjale rynkowym. Uruchomienie produkcji pomp z rozrządem krzywkowym o zmiennej wydajności pozwoliłoby na ograniczenie kosztownego importu. Wstępne zainteresowanie zastosowaniem lub produkcją pomp z rozrządem krzywkowym o zmiennej wydajności zgłosiły firmy krajowe i zagraniczne. Prace nad takimi pompami trwają w Katedrze już od 2006 r.

Drugim istotnym nurtem prac prowadzonych od wielu lat w Katedrze Hydrauliki i Pneumatyki są badania nad silnikami satelitowymi. Różne typy tych silników badano w okresie ich tworzenia i wdrażania, a ich zakres obejmował szeroką problematykę oceny własności eksploatacyjnych [1, 2, 3, 10, 11, 12, 13].

W 2007 r., współpracując z firmą STOSOWANIE MASZYN z Katowic, podjęto w Katedrze, w ramach projektu rozwojowego (nr R0300103) finansowanego przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego, badania nad nowym typem silników hydraulicznych zasilanych olejem, emulsją HFA-E oraz wodą, charakteryzujących się małymi objętościami roboczymi od 5–73 cm³/obr. W tym celu laboratorium Katedry zostało wyposażone w dwa przepływomierze Coriolisa klasy 0,1, elektroniczne przetworniki siły (klasa 0,1) i ciśnienia, lepkościomierz cyfrowy oraz system rejestracji danych pomiarowych.

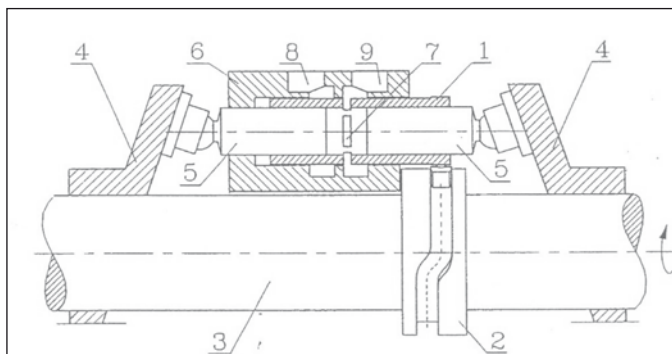
Nowy typoszereg silników wypełnia istniejącą dotąd na rynku lukę silników bardzo potrzebnych do napędu narzędzi przenośnych i innych.



Rys. 1. Pompy PWK-78 (na górze) i PWK-27

Pompy z rozrządem krzywkowym o zmiennej wydajności

Zbudowanie pompy z rozrządem krzywkowym o zmiennej wydajności i wdrożenie jej do produkcji jest głównym obszarem prac prowadzonych nad pompami w Katedrze. Mechanizm rozrządu sterowanego krzywką przedstawiono na rys. 2. Wyniki analiz teoretycznych wskazują, że przewaga pompy z rozrządem krzywkowym o zmiennej wydajności nad wszystkimi produkowanymi obecnie byłaby dużo większa, niż ma to miejsce w przypadku pomp o stałej wydajności. W pierwszym rzędzie pompa taka byłaby prostsza w konstrukcji, lżejsza i tańsza w wytwarzaniu dzięki eliminacji niezbędnego obecnie serwo mechanizmu hydraulicznego. Do sterowania wydajnością wymagany jest bowiem sygnał o mocy znacznie mniejszej niż obecnie (nawet o kilka rzędów wielkości). Jest to wynikiem



Rys. 2. Mechanizm rozrządu sterowanego krzywką [1]: 1 – tuleja rozrządu; 2 – krzywka; 3 – wał; 4 – tarcza oporowa; 5 – tłoczek; 6 – blok cylindrowy; 7 – okno rozrządu; 8, 9 – kanały dopływu, odpływu



www.hydac.com.pl

Czystość gwarancją jakości

CTU 1000

Przevoźne stanowisko do kontroli i określania czystości części zewnętrznych w procesie produkcji zgodnie z wytycznymi VDA 19/ ISO 16232 lub 18413

Zalety:

- uproszczona procedura kontroli
- wysoka dokładność analizy
- zmniejszenie ryzyka powstania błędów produkcyjnych

Zastosowanie:

- przemysł samochodowy
- mechanika precyzyjna
- wszędzie tam, gdzie wymagana jest wysoka klasa czystości elementów

Więcej informacji pod: info@hydac.com

Hydac Sp. z o.o. ul. Reymonta 10, 41-010 Mysłowice

unikalnej cechy rozrządu krzywkowego, jaką jest całkowite odciążenie tego mechanizmu od sił hydrostatycznych.

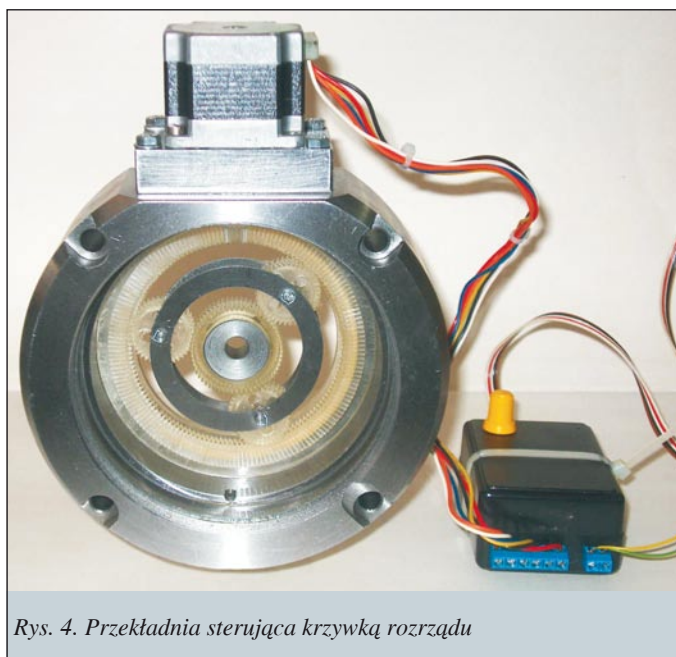
Elementem sterującym może być więc elektromagnes proporcjonalny lub silnik krokowy. Pompa taka stanowiłaby zatem naturalny interfejs między hydraulicznym układem przenoszenia mocy a elektronicznym układem sterującym. Taki podział funkcji jest zgodny z najnowszymi tendencjami obserwowanymi w hydraulice. Dodatkową zaletą jest fakt, że pompa taka podczas pracy ze zredukowaną wydajnością powinna uzyskiwać znacznie wyższą sprawność od pomp produkowanych obecnie (nawet o kilkanaście procent). Wynika to z ponad 10-krotnej redukcji przestrzeni martwej, która w pompach klasycznych jest źródłem poważnych strat energetycznych związanych ze ściśniętością cieczy roboczych [9].



Rys. 3. Pompa PWKZ-22 sterowana elektromagnesem proporcjonalnym

Konstrukcja pomp typu PWK stwarza różne możliwości sterowania jej wydajnością. W pierwszej kolejności zbudowano model pompy o wielkości 22 cm³/obr sterowany elektromagnesem proporcjonalnym (rys. 3) z krzywką przesuwaną osiowo na wale. Jest to najprostsza odmiana mechanizmu zmiany wydajności, umożliwia ona jednak sterowanie wyłącznie w przedziale 0–Q_{max}, nie nadaje się zatem do pracy nawrotnej.

Badania modelu pompy PWKZ-22 potwierdziły możliwość bezpośredniego sterowania jej wydajnością przez elektromagnes proporcjonalny. Ze względu na odmienną kinematykę tłoczków procesowi redukcji wydajności towarzyszą jednak



Rys. 4. Przekładnia sterująca krzywką rozrządu

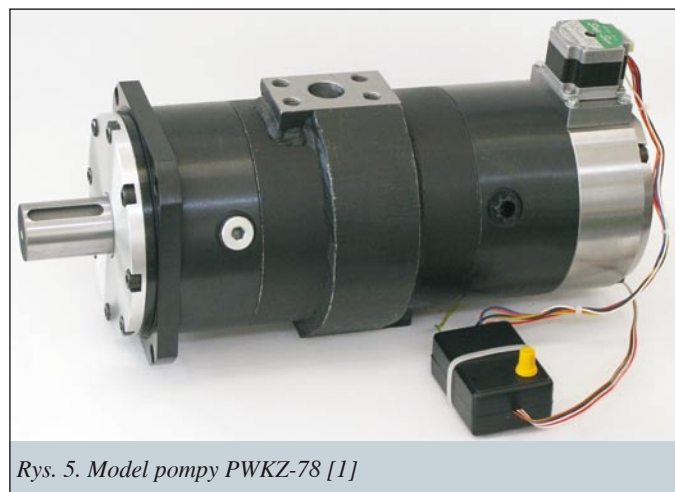
zjawiska dynamiczne (skoki ciśnienia zachodzące w komorach cylindrowych w chwili przechodzenia z fazy ssawnej w tłoczną lub odwrotnie) [7].

W 2006 r. rozpoczęto realizację grantu rozwojowego MNiSzW nr 0330/R/2/T02/06/01 poświęconego uruchomieniu produkcji pomp z rozrządem krzywkowym o wydajności sterowanej sygnałem elektrycznym. W porozumieniu z potencjalnymi użytkownikami tych pomp zdecydowano, że w pierwszej kolejności realizowana będzie wersja o wydajności ok. 90 cm³/obr, umożliwiająca pracę nawrotną, tj o wydajności sterowanej w całym przedziale:

$$-Q_{\max} \div 0 \div +Q_{\max}.$$

Ze względów konstrukcyjnych maszyna taka musi być sterowana przez obrót krzywki na wale, zamiast przesunięcia osiowego zastosowanego w pompie PWKZ-22. Mechanizm obrotu krzywki powinien być napędzany przez silnik krokowy. Na początku przeanalizowano różne warianty takiego mechanizmu [6, 14]. Wybrano do realizacji, zaprojektowano i przetestowano na modelu przekładnię sterującą, umożliwiającą precyzyjne sterowanie ruchami krzywki na wirującym wale pompy przy użyciu nieruchomego silnika (rys. 4). Przy budowie modelu przekładni posłużono się techniką *rapid prototyping*. Badania potwierdziły słuszność koncepcji i dostarczyły danych potrzebnych do ostatecznego projektu mechanizmu zmiany wydajności.

Dzięki bezpośredniemu sterowaniu wydajnością pompy przez silnik krokowy i eliminacji serwomechanizmu hydraulicznego niezbędnego w dotychczasowych pompach o zmiennej wydajności należy oczekiwać, że budowana pompa będzie konkurencyjna w stosunku do tych konstrukcji pod względem masy, gabarytów i kosztów wytwarzania. Przeprowadzona analiza konstrukcyjna pozwala stwierdzić, że wyposażenie pompy z rozrządem krzywkowym o stałej wydajności wynoszącej ok. 95 cm³/obr w opisany powyżej mechanizm sterowania jej wydajnością spowoduje przyrost jej masy i objętości o ok. 10%. Co więcej, zdecydowana większość elementów obu pomp będzie identyczna.



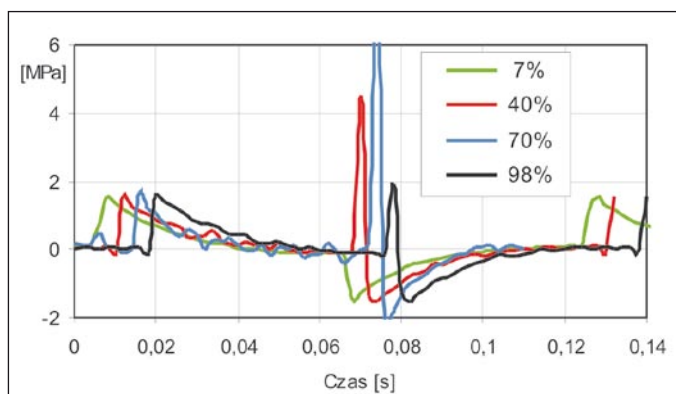
Rys. 5. Model pompy PWKZ-78 [1]

W oparciu o działającą przekładnię zbudowano model całej pompy, korzystając z elementów pompy PWK-78 o stałej wydajności i wielkości 78 cm³/obr (rys. 5). Model ten posłużył do przeprowadzenia szeregu badań wstępnych, których rezultaty będą pomocne przy projektowaniu ostatecznej wersji prototypu pompy. Jest to o tyle istotne, że mechanizm obrotu krzywki jest całkowicie nową konstrukcją, przy projektowaniu której nie

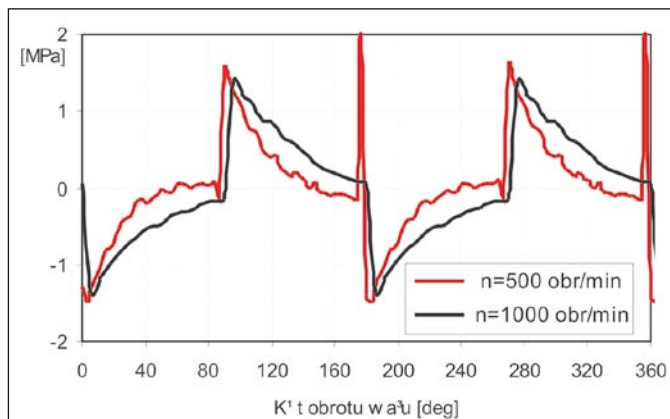
można się oprzeć na żadnych porównaniach z maszynami produkowanymi obecnie czy opisanych w literaturze.

Podczas badań modelu wyznaczono też przebiegi zmian ciśnienia w przesterowywanej komorze cylindrowej – rys. 6 i rys. 7 [4]. Badania prowadzono dla różnych prędkości obrotowych wału, uwzględniając zmieniające się nastawy wydajności (w obu kierunkach), zmienną lepkość oleju i ciśnienie w kanale tłocznym pompy. Wyniki potwierdziły konieczność konstrukcyjnej kompensacji zjawisk dynamicznych, ich poziom unieumożliwia bowiem prawidłową pracę pompy przy dużych prędkościach obrotowych. Sposobem rozwiązania tego problemu powinno być wyposażenie pompy w tzw. elastyczną komorę kompensacyjną. Obecnie prowadzone są prace zmierzające do wyposażenia modelu pompy w taką komorę i powtórzenia badań celem oceny jej wpływu na przebiegi zmian ciśnienia.

reklama



Rys. 6. Wpływ nastawy wydajności na przebieg zmian ciśnienia w komorze cylindrowej pompy PWKZ-78 bez kompensacji



Rys. 7. Wpływ prędkości obrotowej na przebieg zmian ciśnienia w komorze cylindrowej pompy PWKZ-78 bez kompensacji

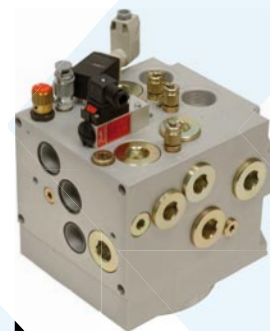


Rys. 8. Model MES korpusu pompy PWKZ-78

Hydraulika siłowa GRENE

Zastosowanie:

- urządzenia przemysłowe
- maszyny budowlane
- maszyny rolnicze



www.grene.pl

Szeroka oferta GRENE obejmuje:

Produkcję:

- bloków aluminiowych i stalowych
- agregatów zasilających
- przewodów hydraulicznych

Handel:

- węży oraz armatury do węży hydraulicznych
- silników, pomp, cylindrów
- rozdzielaczy i zaworów (liniowych, płytowych, warstwowych)
- elementów złącznych, obejm rurowych, rur precyzyjnych
- manometrów, filtrów oraz innych akcesoriów układów hydraulicznych

Zamów bezpłatny katalog - Hydraulika Siłowa GRENE dzwoniąc pod numer: (063) 240 91 49

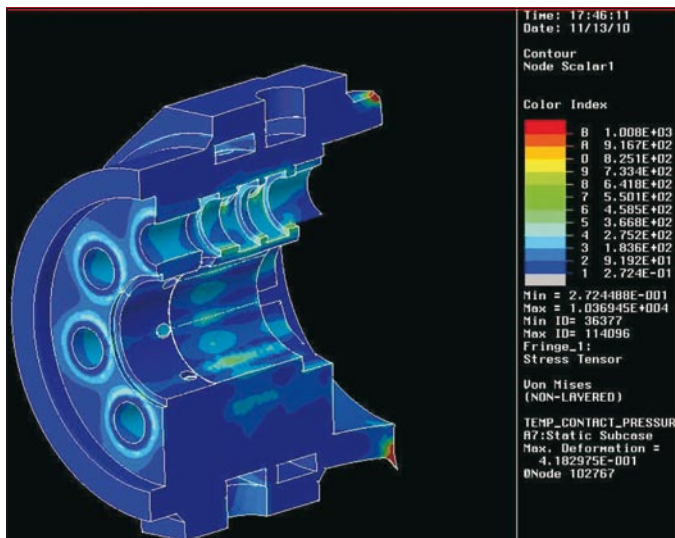
 **GRENE**

Magazyn Centralny Grene Sp. z o.o.

Modła Królewska k. Konina, ul. Skandynawska 1, 62-571 Stare Miasto
tel. 063 240 91 00, fax 063 240 91 01, e-mail: grene@grene.pl

Zamówienia: tel. 063 240 91 00, fax 063 240 91 25, e-mail: zamowienia@grene.pl

www.grene.pl



Rys. 9. Rozkład naprężeń w korpusie pompy PWKZ-78

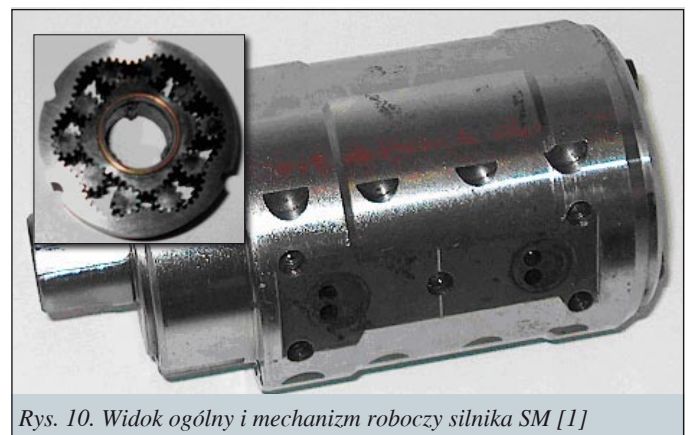
Równoległe z opisywanymi badaniami modelowymi podjęto kompleksową analizę zjawisk zachodzących w pracującej pompie przy wykorzystaniu metod numerycznych. W pierwszej kolejności zbudowano i zweryfikowano model korpusu pompy (będącego jej najważniejszą i najbardziej złożoną częścią) (rys. 8). Przy użyciu metody elementów skończonych przeprowadzono kompleksową analizę wytrzymałościową korpusu (rys. 9). Planuje się rozszerzenie modelu na całą pompę z uwzględnieniem kinematyki elementów ruchomych, zjawisk termicznych i przepływowych. Wyniki powinny pomóc przy opracowaniu ostatecznej dokumentacji konstrukcyjnej pompy.

Nowy typ silników satelitowych o małych objętościach roboczych

Na rynku krajowym występował dotąd brak silników hydraulicznych charakteryzujących się wysoką trwałością, małą ma-

są i wymiarami oraz zwiększoną odpornością na zanieczyszczenia przy zasilaniu cieczami o niskich lepkościach i słabych właściwościach smarnych (np. emulsją HFA-E i wodą). Z tego powodu hydrauliczne silniki przy zasilaniu emulsją szybko ulegają zniszczeniu. Osiągany czas eksploatacji tych silników jest zwykle bardzo krótki (w kopalniach nawet do około 2 tygodni) i wymagają one ciągłych remontów. Ponadto oferowane na rynku silniki, mogące pracować przy zasilaniu emulsją HFA-E, nie są przystosowane do wysokich ciśnień roboczych, jakie występują w kopalnianych magistralach zasilających, tj.: 25–30 MPa, gdyż ich dopuszczalne ciśnienia zasilania przy pracy na emulsji zwykle nie przekraczają 16 MPa.

Wychodząc naprzeciw potrzebom górnictwa i mając na uwadze warunki pracy urządzeń górniczych, firma STOSOWANIE MASZYN w Katowicach opracowała i zbudowała małogabarytowe silniki satelitowe typu SM, dostosowując je do pracy przy ciśnieniu do 30 MPa zarówno przy zasilaniu olejem, jak i ubogimi emulsjami HFA-E oraz wodą [15]. Obecnie w laboratorium Katedry są prowadzone badania rozwojowe tych silników. Widok ogólny silnika satelitowego typu SM i jego mechanizm roboczy pokazano na rys. 10. Natomiast cały typoszereg silników satelitowych SM podano w tabeli 1.



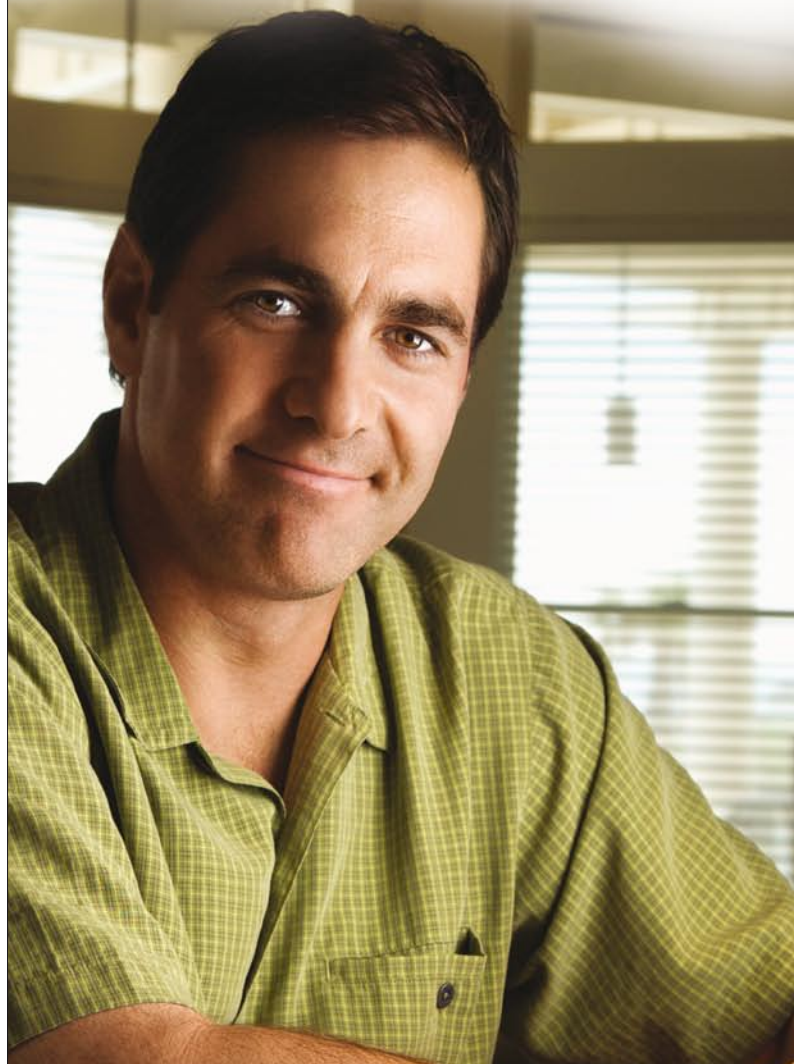
Rys. 10. Widok ogólny i mechanizm roboczy silnika SM [1]

Tabela 1. Ogólna charakterystyka techniczna silników SM [1]

Typo-wielkość	Geometr. objętość robocza [cm ³ /obr]	Teoretyczny moment obrotowy przy p = 25MPa [Nm]	Nominalna prędkość obrotowa [obr/min]	Wymiary korpusu (średnica x długość) D x L [mm]	Masa [kg]
SM-0.4/10	5	19,9	1800	45 x 82	1,02
SM-0.4/15	7,5	29,8		45 x 87	1,08
SM-0.4/20	9,6	38,2		45 x 92	1,14
SM-0.4/25	12	47,7		45 x 97	1,2
SM-0.5/20	12	47,7	1500	54 x 102	1,52
SM-0.5/25	15	59,7		54 x 107	1,6
SM-0.5/30	18	71,6		54 x 112	1,67
SM-0.6/20	17,6	70	1200	63 x 108	1,88
SM-0.6/25	22	87,5		63 x 113	1,96
SM-0.6/30	26	103,5		63 x 118	2,05
SM-0.75/20	27,5	109,4	1000	74 x 109	2,22
SM-0.75/25	34	135,3		74 x 114	2,32
SM-0.75/30	41	163,2		74 x 119	2,42
SM-1/20	49	195,1	850	93 x 106	2,71
SM-1/25	61	242,8		93 x 111	2,84
SM-1/30	73	290,6		93 x 116	2,97



„Jestem zadowolony z mojej nowej pracy. Znalazłem ją w ogłoszeniach na portalu AutomatykaOnLine”



www. **AutomatykaOnLine**.pl
WORTAL AUTOMATYKI PRZEMYSŁOWEJ

Wortal AutomatykaOnLine jest źródłem cennych informacji z zakresu automatyki. Codziennie aktualizowane wiadomości gospodarcze. Nowinki techniczne. Baza wiarygodnych podwykonawców. Informacje o produktach. Ogłoszenia pracodawców i poszukujących pracy. Forum wymiany doświadczeń. Rozwiązania techniczne. Twój partner w biznesie.

Wortal AutomatykaOnLine
ul. Puławska 303, 02-785 Warszawa, tel./fax: 046 857 73 72
e-mail: redakcja@automatykaonline.pl

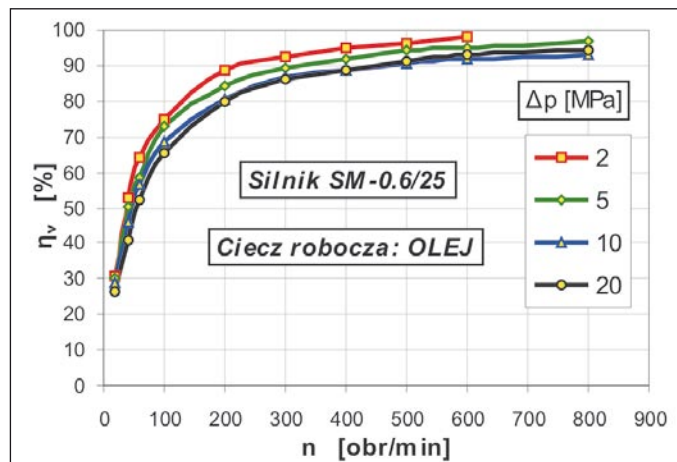
Małe gabaryty silników SM uzyskano dzięki zastosowaniu małych wartości modułu zębów mechanizmu roboczego, tj.: $m = 0,4 \text{ mm}$; $m = 0,5 \text{ mm}$; $m = 0,6 \text{ mm}$; $m = 0,75 \text{ mm}$ i $m = 1 \text{ mm}$. W zależności od modułu uzębienia otrzymuje się pole przekroju poprzecznego komór roboczych. Dobierając wysokość elementów roboczych, uzyskuje się żadaną geometryczną objętość roboczą przy jednym obrocie wału. Niewielkie wymiary gabarytowe powodują, że silniki satelitarne SM charakteryzują się dużym wskaźnikiem mocy, który określany jest jako stosunek mocy nominalnej silnika do jego masy. Dla silników tych wskaźnik mocy wynosi powyżej 4 kW/kg .

Z dotychczasowych doświadczeń firmy STOSOWANIE MASZYN wynika, że silniki SM użytkowane w kopalniach spełniają oczekiwania większej trwałości w porównaniu do innych znanych silników hydraulicznych, które często zawodzą w trudnych warunkach kopalnianych.

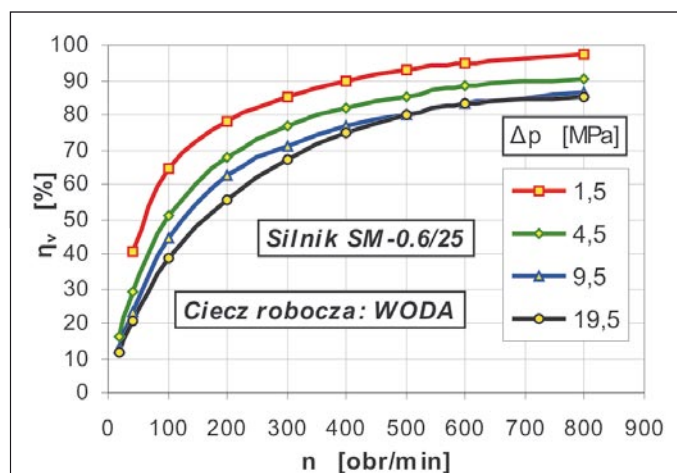
Wyniki wstępnych badań silników SM

Przeprowadzone dotąd w Katedrze Hydrauliki i Pneumatyki Politechniki Gdańskiej wstępne badania silników typu SM ukierunkowano na sprawdzenie poprawności ich działania oraz na określenie sprawności przetwarzania energii przy zasilaniu olejem mineralnym Total Azolla 46 i przy zasilaniu czystą wodą.

Zasilanie silnika wodą powoduje wzrost strat objętościowych w silniku w porównaniu do strat objętościowych w tym silni-



Rys. 11. Charakterystyka sprawności objętościowej silnika SM-0,6/25 zasilanego olejem [1]



Rys. 12. Charakterystyka sprawności objętościowej silnika SM-0,6/25 zasilanego wodą [1]



ku zasilanym olejem. Np. dla silników zasilanych wodą różnica sprawności objętościowych dla spadku ciśnienia $\Delta p = 20$ MPa i dla prędkości obrotowej $n = 800$ obr/min sięga wartości 15%. Przykładowe charakterystyki sprawności objętościowej silnika SM-0,6/25 przedstawiono na rys. 11 i na rys. 12.

Słabą stroną silników SM jest zbyt duży spadek ciśnienia w kanałach wewnętrznych, co z kolei wpływa na niską sprawność ciśnieniową i tym samym na sprawność całkowitą tych silników. Np. dla silnika SM-0,6/25 sprawność hydrauliczno-mechaniczna przy spadku ciśnienia $\Delta p = 20$ MPa i przy prędkości obrotowej $n = 800$ obr/min wynosi 89% przy zasilaniu olejem, a przy zasilaniu wodą sprawność ta wynosi 66%. Natomiast dla silnika SM-0,75/25 sprawność hydrauliczno-mechaniczna wynosi odpowiednio 70% i 57%. Duże spadki ciśnienia w kanałach wewnętrznych są spowodowane zbyt małymi przekrojami kanałów dopływu i odpływu w silnikach w stosunku do wymaganej prędkości obrotowej, a tym samym chłonności silnika.

Niemniej jednak, na podstawie wstępnych badań silników SM, można stwierdzić, że na obecnym etapie rozwoju konstrukcji tych silników charakteryzują się one zupełnie zadowalającymi parametrami.

Przykłady potencjalnych zastosowań silników typu SM

Ze względu na możliwość stosowania oleju, emulsji i wody obszar zastosowań silników hydraulicznych satelitowych typu SM może być bardzo szeroki, np.:

- w sektorze górniczym do małej mechanizacji robót, tj. do napędu przenośnych pił, zakrętałów, wiertarek kotwicznych, wiertarek obrotowo-udarowych itp. (rys. 13);
- w sektorze spożywczym, np. do napędu urządzeń i przenośnych narzędzi, takich jak piły do mięsa;
- zastosowania do ekologicznych prac pod wodą, np.: w hydraulicznych napędach wodnych robotów do czyszczenia burt statków (rys. 13) i innych urządzeniach.

Podsumowanie

Podjęte prace nad pompą z rozrzędem krzywkowym o wydajności sterowanej sygnałem elektrycznym powinny doprowadzić do powstania działającego prototypu tej pompy w ciągu dwóch lat. Zgodnie z teoretycznymi przewidywaniami pompa taka powinna wykazywać podobne cechy, jak istniejące pompy

o stałej wydajności typu PWK. Dodatkowo powinna ona osiągać wysoką sprawność podczas pracy ze zredukowaną wydajnością [4].

Zakończenie prac nad nowym typem pompy o zmiennej wydajności planowane jest w roku 2009. W chwili obecnej nie można jeszcze wnioskować o ostatecznym rezultacie tych prac, można jednak stwierdzić, że uzyskane dotychczas rezultaty są obiecujące.

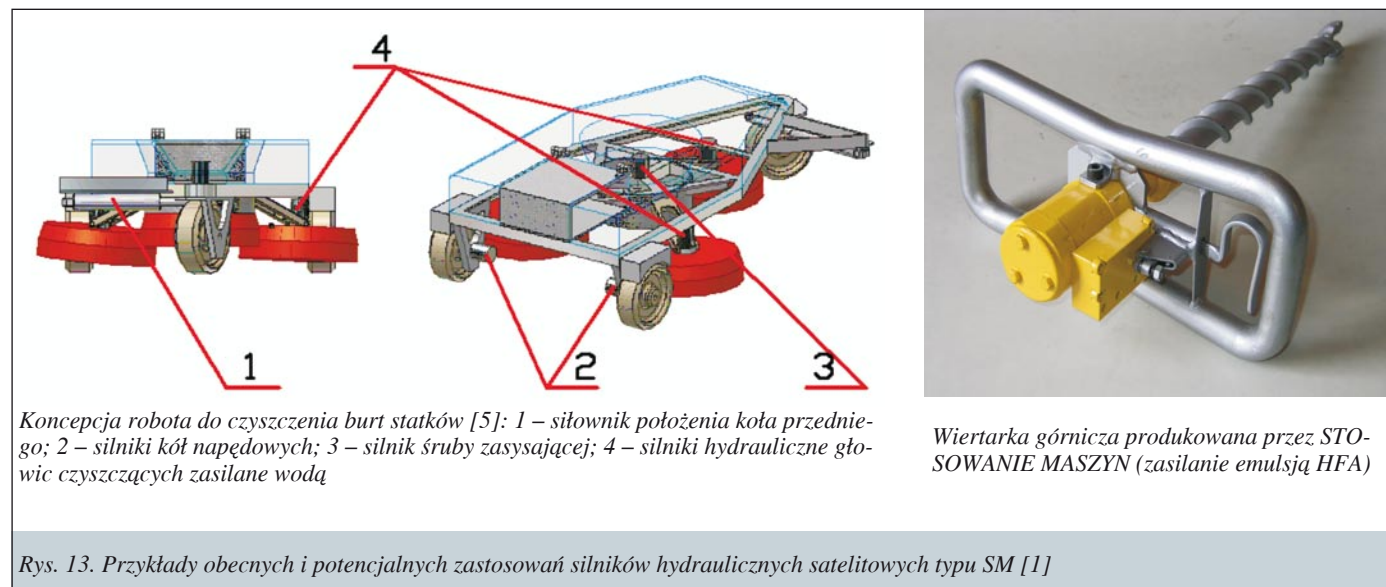
Natomiast badania rozwojowe silników satelitowych o bardzo małych objętościach roboczych są prowadzone w Katedrze po raz pierwszy. Również rozwój tych silników pod kątem zasilania wodą jako czynnikiem roboczym jest w Katedrze prowadzony po raz pierwszy i stanowi ambitne wyzwanie dla pracowników Katedry. Zakres prac nad silnikami SM obejmuje:

- a) analizę konstrukcji silników, a w szczególności analizę konstrukcji rozrzędu i kanałów dopływu i odpływu;
- b) przystosowanie silników do pracy pompowej;
- c) badania tribologiczne materiałów par ciernych mechanizmu roboczego pod kątem stosowania emulsji i wody jako czynników roboczych;
- d) badania trwałościowe;
- e) badania własności silników w zastosowanych urządzeniach górniczych.

Badania wstępne silników SM wykazały, że silniki te mogą pracować zarówno przy zasilaniu olejem, emulsją HFA-E, jak i wodą.

Literatura

- [1] BALAWENDER A., OSIECKI L., ŚLIWIŃSKI P.: *Nowe prace badawczo-rozwojowe pomp i silników hydraulicznych w Katedrze Hydrauliki i Pneumatyki*. „Napędy i Sterowania Hydrauliczne i Pneumatyczne 2007”: Krajowy sektor wobec wyzwań konkurencyjności: Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna HYDRAULICS AND PNEUMATICS 2007. Wrocław, 10–12 października 2007.
- [2] BALAWENDER A., ŚLIWIŃSKI P.: *Badania i opis zjawisk nowego typu szeregu silników hydraulicznych satelitowych z kompensacją luzów*. Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna „Napędy i sterowania hydrauliczne i pneumatyczne 2005. Problemy i tendencje rozwojowe w pierwszej dekadzie XXI wieku”. Wrocław, 17–19 maja



Firma Schmersal-Polska jest wyłącznym dystrybutorem produktów niemieckiej grupy Schmersal na terenie Polski. Oferta obejmuje ponad 18.000 produktów z zakresu **systemów bezpieczeństwa dla przemysłu oraz automatyki przemysłowej**:

- wyłączniki bezpieczeństwa z oddzielną zworą
- blokady elektromagnetyczne bezpieczeństwa
- czujniki bezpieczeństwa
- wyłączniki zawiasowe
- wyłączniki krańcowe z funkcją bezpieczeństwa
- wyłączniki linkowe stopu awaryjnego
- kurtyny i bariery świetlne oraz skanery laserowe
- listwy i maty naciskowe bezpieczeństwa
- przyciski stopu awaryjnego
- moduły przekaźnikowe bezpieczeństwa

oraz automatyka przemysłowa:

- przyciski i osprzęt tablicowy (również dla przemysłu spożywczego)
- czujniki indukcyjne, pojemnościowe, optyczne i magnetyczne
- wyłączniki nożne
- wyłączniki wrzecionowe
- osprzęt w wykonaniu przeciwwybuchowym (ATEX)



Prowadzimy doradztwo techniczne w zakresie doboru odpowiedniego systemu bezpieczeństwa do poszczególnych typów maszyn w zgodności z obowiązującymi przepisami. Pomagamy w przeprowadzeniu analizy ryzyka i określeniu wymaganej kategorii bezpieczeństwa.

www.schmersal.pl

Schmersal-Polska Sp.j.

ul. Kremowa 65A, 02-969 Warszawa

tel: (22) 816 85 78, faks: (22) 816 85 80, email: info@schmersal.pl

2005, Ośrodek Doskonalenia Kadr SIMP we Wrocławiu, 2005.

- [3] BALAWENDER A., ŚLIWIŃSKI P., STRYCZEK J. I INNI WSPÓŁ-REALIZATORZY PROJEKTU: *Badania nad rozwojem silników hydraulicznych satelitowych III generacji*. Sprawozdanie z prac projektu badawczego KBN nr 8 T07C 047 20. Politechnika Gdańska, luty 2004.
- [4] GUTKOWSKI P.: *Projekt układu pomiarowego i wstępne badania zjawisk dynamicznych zachodzących podczas pracy pompy typu PWK-78*. Praca dyplomowa, promotor: Osiecki L. Wydział Mechaniczny Politechniki Gdańskiej, Gdańsk 2007.
- [5] JASIŃSKI R., MELLOCH M.: *Projekt robota do czyszczenia burt statków*. „Napędy i Sterowanie” nr 5/2006.
- [6] MARCZAK A.: *Projekt mechanizmu zmiany wydajności pompy PWK z wykorzystaniem silnika krokowego*. Praca dyplomowa, promotor: Osiecki L. Wydział Mechaniczny Politechniki Gdańskiej, Gdańsk 2002.
- [7] OSIECKI L.: *Mechanizmy rozrządu hydraulicznych maszyn wielotłoczkowych osiowych*. Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, seria Monografie nr 72, Gdańsk 2006.
- [8] OSIECKI L.: *Impact of Commutation Unit's Design on Hydraulic Axial Pump's Performance*. Materiały Międzynarodowego Sympozjum „Research-Education-Technology”, Gdańsk 2005.
- [9] OSIECKI L.: *Volume Efficiency Loss in Axial Pumps caused by Working Fluid Compressibility*. „Hydraulika i Pneumatyka” 1/2002, str. 10–13, Żilina 2002.
- [10] ŚLIWIŃSKI P.: *Właściwości smarne cieczy roboczych układów hydraulicznych*. Olej Total Azolla 46, emulsja HFA-E oraz woda. „Hydraulika i Pneumatyka” nr 6/2007.
- [11] ŚLIWIŃSKI P.: *Wpływ oleju i emulsji HFA-E na charakterystyki przepływowe w szczelinach hydraulicznych silników satelitowych*. „Hydraulika i Pneumatyka” nr 5/2007.
- [12] ŚLIWIŃSKI P.: *Wpływ oleju i emulsji HFA-E na charakterystyki przepływowe w kanałach wewnętrznych hydraulicznych silników satelitowych*. „Hydraulika i Pneumatyka” nr 4/2007.
- [13] ŚLIWIŃSKI P.: *Porównanie zjawisk w hydraulicznych silnikach satelitowych zasilanych emulsją wodno-olejową lub olejem*. Praca doktorska, promotor: Balawender A. Wydział Mechaniczny Politechniki Gdańskiej, Gdańsk 2006.
- [14] ŚWIACKI B.: *Projekt mechanizmu obrotu krzywki sterującej w pompie wielotłoczkowej PWK-78 z wykorzystaniem silnika krokowego*. Praca dyplomowa, promotor: Osiecki L. Wydział Mechaniczny Politechniki Gdańskiej. Gdańsk 2007.
- [15] Zgłoszenie patentowe, nr PT 366267 Silnik hydrauliczny obiegowy. Autor zgłoszenia: Szwajca T., dn. 15.03.2004 r.

Dr inż. Paweł Śliwiński, prof. nadzw. dr hab. inż.
Andrzej Balawender, dr hab. inż. Leszek Osiecki –
Wydział Mechaniczny Politechniki Gdańskiej.

artykuł recenzowany