

Maciej ZARZYCKI

Institut Maszyn i Urządzeń Energetycznych
Politechniki Śląskiej

Eugeniusz KANIA

Gwarectwo Automatykacji Górnictwa w Katowicach

WPLYW UKŁADÓW STEROWANIA I ZABEZPIECZENIA NA TRWAŁOŚĆ GÓRNICZYCH ZATAPIALNYCH POMP PRZODKOWYCH

Streszczenie: W oparciu o wyniki przeprowadzonej analizy przyczyn uszkodzeń górniczych pomp zatapialnych, usprawniono układy sterowania i zabezpieczenia tych pomp. W wyniku kilkuletnich badań laboratoryjnych i eksploatacyjnych, opracowano nowe konstrukcje pomp zatapialnych. W pracy przedstawiono wyniki badań wpływu nowych rozwiązań układów sterowania i zabezpieczenia na trwałość eksploatacyjną pomp zatapialnych transportujących wodę zanieczyszczoną bezpośrednio z podziemnych przodków górniczych.

1. Wprowadzenie

Prace naukowo-badawcze (podstawowe i stosowane), projektowo-konstrukcyjne oraz technologiczne nad pompami dla górnictwa węgla kamiennego są stale prowadzone i dotyczą pomp stosowanych w dole i na powierzchni kopalń. Wiele uwagi koncentruje się również na pompach do odwadniania przodków w kopalniach oraz do odwadniania pomocniczego. Pompy te ze względu na swoje zalety i parametry są stosowane również i w innych dziedzinach gospodarki. Wykorzystując nagromadzone na przestrzeni lat doświadczenie w konstrukcji, budowie i eksploatacji tych pomp [1,2,3,4] aktualnie opracowano pompy wirowe typu P-B, które są produkowane w Zabrzeńskiej Fabryce Maszyn Górniczych. Pompy tego typu są nadal sukcesywnie doskonalone pod względem zmniejszenia energochłonności, podwyższenia trwałości i własności ruchowo-eksploatacyjnych oraz uzupełniane są nowymi wielkościami. Ze względu na ich charakter pracy, często bez obsługi pompy typu P-B są automatyzowane, aby zapobiegać działaniu pomp "na sucho" po odpompowaniu wody. Uzupełnieniem pomp typu P-B jest pompa PK-80 przeznaczona do cieczy o dużym zanieczyszczeniu mechanicznym.

Prace nad zmniejszeniem energochłonności pomp przodkowych i pomocniczego odwadniania typów P-B i PK-80 dotyczą ulepszenia konstrukcji części przepływowej oraz automatyzacji pracy. Natomiast działania zmierzające do zwiększenia trwałości wiążą się z badaniami dotyczącymi przede wszystkim wprowadzeniem coraz bardziej odpornych materiałów konstrukcyjnych na działanie wód mechanicznie i chemicznie zanieczyszczonych (działających erozyjnie, zasolonych, zakwaszonych). Prace te wiążą się również z wprowadzeniem coraz spraw-

niejszych uszczelnień pomiędzy częścią przepływową pompy i częścią napędową oraz na wprowadzeniu kabla zasilającego silnik elektryczny do skrzynki zaciskowej.

Pompy zatapialne typów P-B i PK-80 są przenośnymi maszynami wirowymi, odśrodkowymi w układzie pionowym, o napędzie elektrycznym, przystosowanymi do pracy przy częściowym bądź całkowitym zanurzeniu w pompowanej cieczy. Ognioszczelne silniki napędowe, umożliwiają pracę pomp w kopalniach gazowych.

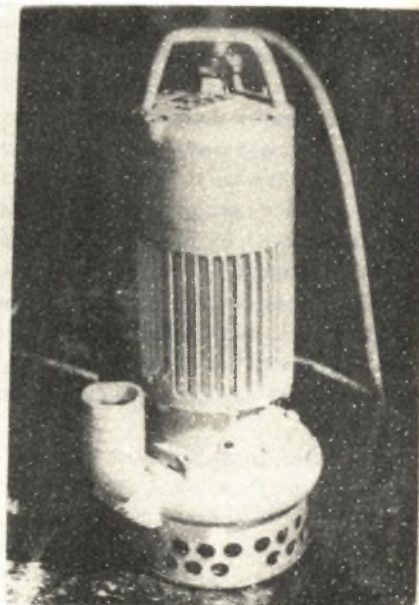
Obecnie do odwadniania przodków górniczych oraz odwadniania pomocniczego stosowane są dwie zasadnicze odmiany konstrukcyjne pomp zatapialnych, oznaczone następującymi symbolami:

- pompy typów P-1B (rys. 1) i P-2B z elektrycznym silnikiem napędowym o synchronicznej prędkości obrotowej $n = 3000 \text{ min}^{-1}$, chłodzonym pompowaną cieczą; pompy mają wirniki łopatkowe jednostrumieniowe otwarte i są przeznaczone do transportu cieczy z zawiesinami mechanicznymi o średnicy ziaren do $d_{s \text{ max}} = 10 \text{ mm}$,
- pompy typu PK-80 (rys. 2) i PK-80S z elektrycznym silnikiem napędowym o synchronicznej prędkości obrotowej $n = 1500 \text{ min}^{-1}$, chłodzonym otaczającym powietrzem, pompy typu PK-80 posiadają wirniki łopatkowe jednostrumieniowe zamknięte i przeznaczone są do transportu cieczy silnie zanieczyszczonej zawiesinami mechanicznymi o średnicy ziaren do $d_{s \text{ max}} = 25 \text{ mm}$, natomiast pompy typu PK-80S z wirnikiem o swobodnym przepływie umożliwiają transport cieczy o dopuszczalnej wielkości ziaren $d_{s \text{ max}} = 35 \text{ mm}$.

Dopuszczalna gęstość pompowanego czynnika przez pompy typów P-B oraz PK-80



Rys. 1. Pompa zatapialna typu P-1B



Rys. 2. Pompa zatapialna typu PK-80B

może wynosić do $g_{\max} = 1200 \text{ kg/m}^3$.

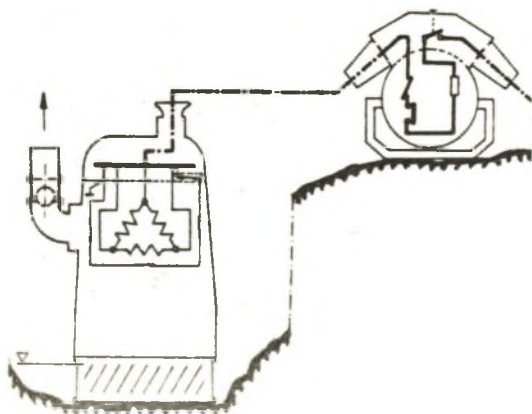
Warunki pracy górniczych pomp zatapialnych są bardzo trudne i dlatego w zasadniczy sposób wpływają na czas bezawaryjnej pracy tych maszyn. Długotrwałość eksploatacyjna produkowanych dotychczas pomp zatapialnych jest stosunkowo mała (średnio wynosi 2 do 3 miesięcy) i zależy w dużym stopniu od właściwej obsługi pomp [5,6,7].

Badania laboratoryjne i eksploatacyjne prowadzone w Politechnice Śląskiej, Zabrzeńskiej Fabryce Maszyn Górniczych POWEN, Gwarectwie Automatyzacji Górnictwa EMAG w Katowicach i w podziemiach kopalń węgla kamiennego wykazały, że istnieje możliwość znacznego wydłużenia okresów międzynaaprawczych pomp zatapialnych w przypadku:

- dostosowania instalowanych pomp do lokalnych warunków hydrogeologicznych oraz stanu zanieczyszczenia i temperatury pompowanej cieczy,
- stosowania właściwego napięcia zasilającego,
- zagwarantowania wodoszczelnego wykonania elektrycznego silnika napędowego,
- zabezpieczenia uszczelnień ślizgowych przed przegrzaniem, utrzymując właściwy poziom oleju w komorze uszczelnień,
- niespowodowania zawilgocenia uzwojeń silnika,
- niedopuszczenia do przegrzania uzwojeń silnika elektrycznego, które może wystąpić podczas:
 - braku jednej fazy w sieci zasilającej,
 - przeciwnego kierunku wirowania silnika napędowego,
 - pracy pompy bez wody (na sucho),
 - nadmiernej częstotliwości łączeń silnika,
 - zakleszczenia wirnika pompy.

2. Pompy zatapialne typu P-BA

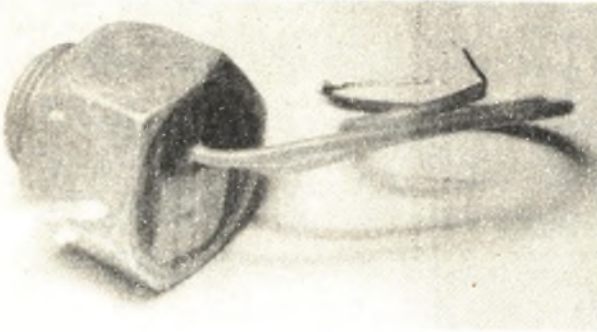
Spełniając postulaty użytkowników pomp zatapialnych ZFMG POWEN przy współpracy GAG EMAG wprowadziła w uruchomionej w bieżącym roku produkcji seryjnej ognioszczelnych pomp typu P-1BA i P-2BA następujące usprawnienia w wypo-



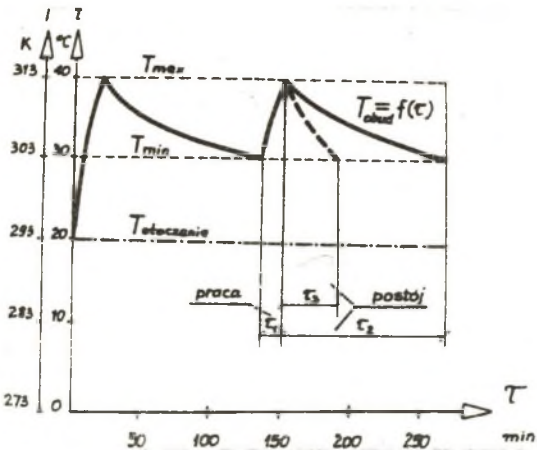
Rys. 3. Układ zasilania pomp P-1BA i P-2BA

sazeniu elektrycznym, zmierzające do poprawy jakości pomp zatapialnych.

Zgodnie z przedstawionym na rysunku 3 schemacie połączeń pomp typu P-1BA oraz P-2BA, w układzie zasilania zastosowano typowy seryjnie produkowany kopalniany wyłącznik stycznikowy KWSOI-40-24 oraz silnik napędowy pompy z zabudowanymi w



Rys. 4. Sterownik termiczny typu WT-20P



Rys.5. Harmonogram samoczynnej pracy pompy P-1BA przy zastosowaniu sterownika termicznego WT-20P; T_{min} - temperatura załączenia pompy, T_{max} - temperatura wyłączenia pompy

tego systemu sterowania pomp sprawdzono w kopalniach węgla kamiennego: "Pokój", "Kazimierz-Juliusz" oraz "Piast".

3. Pompy zatapialne typu P-C

Realizując program umowocześniania i rozwijania typoszeregu przenośnych pomp zatapialnych Zabrzańska Fabryka Maszyn Górniczych POWEN przy współudziale Politechniki Łódzkiej i Gwarectwa Automatykacji Górnictwa EMAG uruchamia od bieżącego roku produkcję nowej generacji pomp zatapialnych typu P-C o mocach silników napędowych: 1,0; 4,5; 22; 45 i 90 kW oraz PK-80B o mocy silnika 5,5 kW (pozostałe parametry podano w tablicy 1).

komorze przyłączonej - sterownikiem termicznym typu WT-20P (rys.4) oraz zainstalowanymi w połączeniach czołowych uzwojeń - trzema bimetalicznymi ogranicznikami temperatury R-511, które zabezpieczają silnik przed przegrzaniem w przypadku: pracy silnika na dwóch fazach, zakleszczeniu wirnika lub przy przeciwnym kierunku obrotów wirnika pompy.

W zależności od potrzeb użytkownika sterowanie pompy może odbywać się ręcznie lub samoczynnie. W tym rozwiązaniu ochronę przed zawilgoceniem uzwojeń i długotrwałą pracą pompy na sucho oraz samoczynne załączenie i wyłączenie silnika napędowego pompy umożliwia specjalny sterownik termiczny, działający w zależności od temperatury nagrzania się kadłuba pompy, według charakterystyki przedstawionej na rysunku 5 [8,9].

Skuteczność działania

Tablica 1

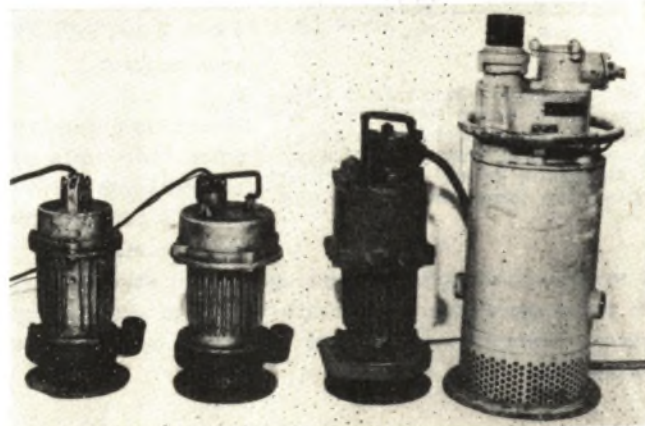
Optymalne parametry pracy i masy pomp zatapialnych

typ pompy	parametry pracy				G kg
	Q m ³ , min ⁻¹	H m	P _S kW	n min ⁻¹	
P-1BA ^{*)}	0,60	15	2,7	2860	42
P-2BA ^{*)}	1,0	12	4,5	2900	68
P-1C ^{*)}	0,25	12	1,1	2880	22
P-2C ^{*)}	0,65	18	4,5	2900	50
P-3C ^{*)}	2,60	32	22,0	2920	180
P-4C ^{*)}	2,50	80	45,0	2960	400
P-5C ^{*)}	6,20	80	90,0	2970	1000
PK-80B ^{*)}	0,75	13	5,5	1450	95

- *) w produkcji,
^{*)} w badaniach,
^{*)} w opracowaniu.

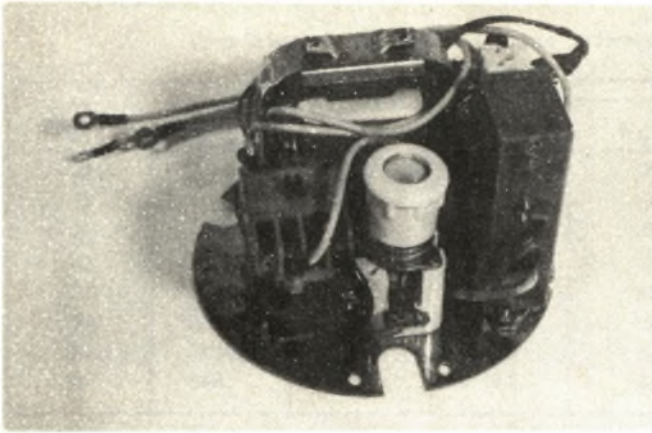
Budowę pomp typu P-C przedstawiono na rysunku 6 [10,11]. W specjalnej ognioszczelnej komorze aparaturowej usytuowanej w górnej części silnika napędowego pompy, zainstalowano wymienny zespół aparaturowy (rys. 7) wyposażony w stycznik i aparaturę sterowniczo-zabezpieczającą, gwarantującą trwałe połączenie zabezpieczenia termicznego uzwojeń silnika z obwodem samoczynnego sterowania pompy. Takie rozwiązanie umożliwia wyeliminowanie z układu zasilania pompy drogiego i gabarytowo dużego ognioszczelnego wyłącznika stycznikowego typu KWSOI-40-24.

Do samoczynnego sterowania i zabezpieczenia przed długotrwałą pracą na sucho pomp typu P-1C wykorzystano sterownik termiczny typu WT-20P o syste-

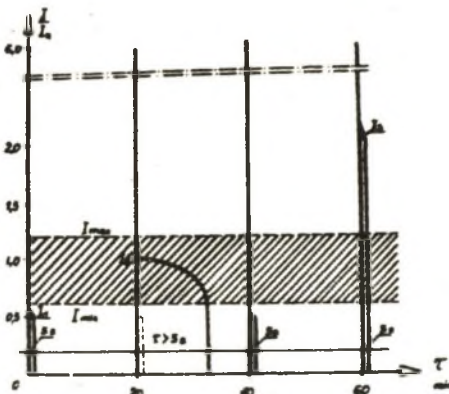


Rys. 6. Typoszereg pomp zatapialnych P-C (od lewej: P-1CA, P-1CB, P-1CC i P-2CC)

mie działania podobnym jak w pompach typu P-1BA i P-2BA. Natomiast w pompach typu P-2C, P-3C i P-4C samoczynne sterowanie silnika napędowego odbywa się za pomocą specjalnego elektronicznego sterownika czasowo-prądowego typu SCP-2 zainstalowanego w zespole aparaturowym pompy (dotyczy P-2C) lub typu SCP do zabezpieczenia w komorze aparaturowej wyłącznika



Rys. 7. Zespół aparaturowy typu ZA-2CC



Rys. 8. Charakterystyka cyklicznego załączania i wyłączenia silnika napędowego pompy P-2CC przy zastosowaniu sterownika czasowo-prądowego typu SCP-2; I_1 - natężenie prądu przy pracy pompy "na sucho"; I_2 - natężenie prądu podczas pracy w wodzie; I_3 - natężenie prądu przy przeciążeniu pompy

"Piast" i "Jaworzno". W wyniku zastosowania powyższego układu sterowania i zabezpieczenia, uzyskano ponad dwukrotne zwiększenie trwałości eksploatacyjnej pomp. Stan zaawansowania przemysłowych wdrożeń omówionych pomp zasilanych przedstawiono w tabelicy 1.

Literatura

- [1] Zarzycki M.: Wyniki prac naukowo-badawczych i konstrukcyjnych nad pompami do odwadniania pokładów głęboko zalegających, Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, Górnictwo 125, Gliwice 1983.

typu KWSOI (dotyczy pomp typu P-3C bądź P-4C). Zasada działania elektronicznego sterownika typu SCP (lub SCP-2) polega na samoczynnym okresowym załączaniu pompy i podtrzymywaniu jej pracy w zależności od wielkości prądu pobieranego przez silnik napędowy pompy (rys. 8).

W przypadku przeciążenia silnika pompy, które występuje przy przeciwnym kierunku obrotów, zablokowaniu wirnika pompy oraz pracy silnika na dwóch fazach, następuje wzrost wielkości prądu I ponad wartość znamionową I_n . Analiza wielkości tego prądu realizowana jest w układzie progowym o dwu nastawianych progach I_{min} i I_{max} .

Przydatność tego rodzaju sterowania pomp zasilanych sprawdzono w kopalniach węgla kamiennego:

- [2] Zarzycki M., Kania E.: Stan i perspektywy rozwoju automatyzacji odwadniania kopalń w krajowym przemyśle węglowym, Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, Energetyka 61, Gliwice 1978.
- [3] Zarzycki M., Kania E.: Automatyzacja górniczych pomp odwadniających, Mechanizacja i Automatyzacja Górnictwa nr 5, 1983.
- [4] Zarzycki M., Kania E.: Rozwój konstrukcji pomp przodkowych dla górnictwa krajowego, Mechanizacja i Automatyzacja Górnictwa nr 11, 1986.
- [5] Kania E., Pawlik R., Wróblewski A.: Ocena typoszeregu pomp przenośnych zatapialnych w wykonaniu przeciwybuchowym i propozycje zmian, Mechanizacja i Automatyzacja Górnictwa nr 5, 1983.
- [6] Zarzycki M., Kania E.: The state and perspectives of research on practical application of automatically controlled mine face pumps, ICAMC-80, Katowice 1980.
- [7] Zarzycki M., Kania E.: Problemy awtomitizacji gornych nasosov zabojnogo vodootliva, VSB, Ostrava 1980.
- [8] Zarzycki M., Kania E.: Kierunki rozwoju automatyzacji górniczych pomp odwadniania przodkowego, Mechanizacja i Automatyzacja Górnictwa nr 3, 1984.
- [9] Zarzycki M., Kania E., Wróblewski A.: Automatized submerget draining impeller pumps of the type P, SIMMEX-85, Katowice 1985.
- [10] Zarzycki M., Kania E., Wróblewski A.: Rozwój konstrukcji zatapialnych przodkowych pomp wirowych typu P, Mechanizacja i Automatyzacja Górnictwa nr 2, 1986.
- [11] Zarzycki M., Kania E.: Some problems concerning the design and exploitation of automated drainage pumps applied in polish coal mines, ICAMC-84, Budapest 1984.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Adam KLICH

Wpłynęło do Redakcji 1987.05.20

ВЛИЯНИЕ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И ПРЕДОХРАНЕНИЯ
НА ПРОЧНОСТЬ ГОРНЫХ ЗАТОПЛЯЕМЫХ ЗАБОЙНЫХ НАСОСОВ

Резюме

Опираясь на результаты проведенного анализа причин повреждений горных затопляемых насосов, усовершенствовано систему управления и предохранения этих насосов.

В результате многолетних лабораторных и эксплуатационных исследований разработана новая конструкция затопляемых насосов.

В работе представлены результаты исследований влияния новых решений систем управления и предохранения на эксплуатационную прочность затопляемых насосов транспортирующих загрязненную воду непосредственно из подземных горных забоев.

INFLUENCE OF CONTROL AND PROTECTION SYSTEMS ON DURABILITY
OF MINING FACE FLOODABLE PUMPS

Summary

On the basis of the results of carried out analysis of causes of mining floodable pumps' damages, the control and protection systems of the pumps have been improved.

In the result of several years' laboratory and exploitation tests new constructions of floodable pumps have been worked out. The paper presents the results of testing the influence of new solutions of control and protection systems on exploitation durability of floodable pumps which transport the water polluted directly from underground mine faces.