

Nowoczesne metody sterowania i badań diagnostycznych kopalnianych pomp głównego odwadniania

Zygmunt Szymański

1. Wstęp

Jednym z elementów restrukturyzacji polskiego przemysłu wydobywczego jest łączenie kopalń lub ich likwidacja. Wiąże się to ze zmianami struktury systemu odwadniania, zmianami parametrów odwadniania (wydajność i wysokość podnoszenia wody) oraz pojawianiem się zależnych „prądów” wodnych, które komplikują sterowanie sieciami wodnymi w podziemiach kopalń. Parametry odwadniania można zmieniać przez: zmianę prędkości obrotowej pompy, dławienie na zaworach w rurociągach wylewowych. W napędach pomp głównego odwadniania stosowane są silniki indukcyjne pierścieniowe lub klatkowe o mocach znamionowych od 100 kW do 1600 kW [4]. Wymaga się od nich prawie 100% niezawodności w każdych warunkach eksploatacyjnych. Dlatego w stacjach pomp głównego odwadniania stosowane są przeważnie napędy wielostopniowe oraz napędy rezerwowe, gwarantujące ciągłość procesu odwadniania kopalni [2, 3]. W artykule przedstawiono modele badań diagnostycznych oraz algorytmy sterowania automatycznego kopalnianych pomp głównego odwadniania instalowanych na różnych poziomach wydobywczych, oparte na sterownikach mikroprocesorowych. W artykule zamieszczono wyniki badań przemysłowych oraz przykładowe ekrany wizualizacyjne, zapewniające bieżącą kontrolę parametrów stacji oraz sygnalizację stanów awaryjnych. Proponowane algorytmy sterowania zostały zweryfikowane w warunkach przemysłowych.

2. Kopalniane stacje pomp głównego odwadniania

Stacje pomp głównego odwadniania muszą zapewniać ciągłe odwadnianie kopalni, pomimo zatrzymania wydoby-

cia lub wystąpienia stanów awaryjnych. Dlatego każda stacja pomp głównego odwadniania musi być wyposażona w dwa niezależne źródła zasilania, zasilające zespoły pomp głównego odwadniania [1, 2, 3]. Układy sterowania stacjami pomp głównego odwadniania muszą zapewniać bezzwłoczne przełączanie urządzeń rezerwowych w sposób ręczny lub automatyczny. Uproszczony schemat stacji pomp głównego odwadniania przedstawiono na rys.1.

Każda stacja pomp głównego odwadniania jest wyposażona w aparaturę kontrolno-pomiarową, która przez zespół czujników i przetworników pomiarowych umożliwia przeprowadzanie *online* pomiarów eksploatacyjnych, ich rejestrację oraz transmisję sygnałów do jednostki centralnej.

W stacji pomp głównego odwadniania przeprowadza się pomiary m.in.: wydajności, wysokości podnoszenia, temperatury wody oraz stanu jej zanieczyszczenia, temperatury łożysk pompy oraz silnika napędowego, ciśnienia oleju w obiegu smarowniczym, napięcia zasilania, prądu zasilania silnika [3, 4]. W zależności od wskazań urządzeń kontrolno-pomiarowych przeprowadza się regulację odpowiednich parametrów pompy oraz diagnozuje ewentualne stany awaryjne. Stacja pomp głównego odwadniania umożliwia także sekwencyjną pracę zespołu pomp, czyli zmiany ilości pomp aktualnie eksploatowanych. Stacja może także pracować w układzie automatycznym. Wszystkie informacje o pracy pomp głównego odwadniania oraz sygnalizacja stanów pracy awaryjnej powinny być przekazywane do dyspozytora kopalni. Jako pompy głównego odwadniania wykorzystuje się przeważnie pompy typu: OW lub OWH napędzane silnikami indukcyjnymi o mocach znamiono-

Streszczenie: W artykule przedstawiono wybrane metody badań diagnostycznych układu napędowego pomp głównego odwadniania ze szczególnym uwzględnieniem diagnostyki układów: zasilania, sterowania oraz części napędowej pompy. W artykule zamieszczono przykładowy układ sterowania automatycznego pomp głównego odwadniania z wykorzystaniem sterowników przemysłowych. Zamieszczone wyniki badań przemysłowych oraz wybrane ekrany wizualizacyjne zapewniają bieżącą kontrolę parametrów stacji oraz sygnalizację stanów awaryjnych. Proponowane algorytmy sterowania zostały zweryfikowane w warunkach przemysłowych.

MODERN CONTROL METHOD AND DIAGNOSTICS RESEARCH OF THE MINE MAIN PUMPS

Abstract: In the paper presents a selected method of diagnostics research of main pump drive system with particular acceptance of diagnostics: supply system, control system and drive part of pumps. In the paper presented a selected automatic control of pump with application of PLC controller. Presented in the paper results of investigation and selected visualization screens enable on line monitoring of parameters and information of failure work states. Control algorithms prepared by Authors were verified in industrial plants with goods effect.

wych dochodzących do 1800 kW, o wydajności dochodzącej do 700m³/h oraz wysokościach podnoszenia 600–1000 m [2]. Na rys. 2 przedstawiono wymiary geometryczne pompy głównego odwadniania typu OWH, natomiast w tabeli 1

Nazwa	Wydajność Qn [m³h]	Wysokość podnoszenia Hn [m]	Moc PN [kW]	Obroty [Obr/min]
OWH-200/3g	315	240	295	1450
OWH-200/4g	315	320	393	1450
OWH-200/6g	315	480	589	1450
OWH-200/9g	315	720	883	1450
OWH-200/10g	315	800	981	1450
OWH-200/11g	315	880	1080	1450
OWH-250S/7g	500	700	1272	1450
OWH-250S/8g	500	800	1453	1450
OWH-250S/9g	500	900	1635	1450
OWH-250/3g	500	300	544	1450
OWH-250/4g	500	400	726	1450
OWH-250/5g	500	500	908	1450
OWH-250/7g	500	700	1272	1450
OWH-250/8g	500	800	1453	1450
OWH-250/10g	500	1000	1817	1450

Tabela 1.
Zestawienia parametrów eksploatacyjnych pomp typu OWH

zestawienia parametrów eksploatacyjnych pomp typu OWH produkcji Kopex Powen [1, 4].

3. Metodyka badań diagnostycznych zespołu pomp głównego odwadniania

Niezawodność pracy górniczych maszyn przepływowych zależy w znacznym stopniu od prawidłowej oceny stanu technicznego obwodów: elektrycznych, elektromechanicznych oraz mechanicznych. Ocenę można zrealizować w sposób globalny lub w ograniczonym zakresie – wykorzystując elementy diagnostyczne zainstalowane w maszynie. Diagnostykę globalną powinno się przeprowadzać w sposób okresowy [1, 2, 4]. Ocena lokalna powinna być realizowana przed każdym uruchomieniem maszyny. W ramach diagnostyki lokalnej sprawdza się stan techniczny: silnika napędowego, układu zasilania, obwodów sterowania i zabezpieczeń, parametry i stan techniczny elementów wirujących: wirnik, kosz ssawny, zawory zwrotne i wylewowe. Dla uzyskania możliwie pełnej automatyki badań diagnostycznych maszyny przepływowej muszą być wprowadzone odpowiednie zmiany w wyposażeniu i w budowie zespołu napędowego: wydzielenie obwodów pomiarowych z obwodów zasilania, wydzielenie obwodów sterowniczych oraz obwodów zabezpieczeń; wyprowadzenie obwodów kontrolno-pomiarowych do złącza diagnostycznego. Wszystkie wyniki pomiarów są archiwizowane w pamięci komputera nadrzędnego. Oryginalny program komputerowy Diagnostopomp (opracowany przez Autora), oraz odpowiednie czujniki i przetworniki pomiarowe umożliwiają realizację pomiarów w sposób auto-

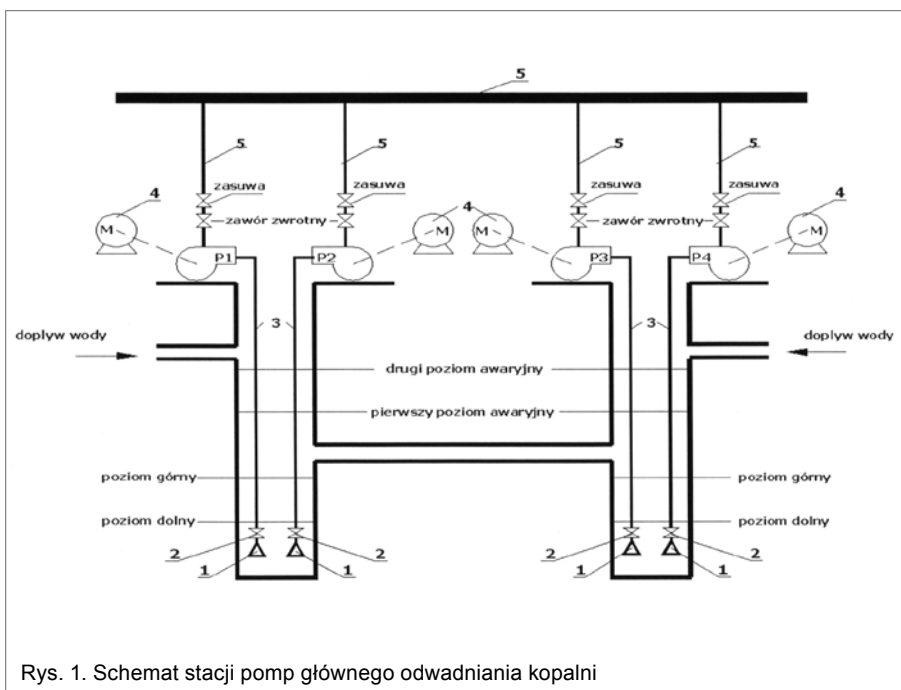
matyczny. Wyniki obliczeń uzyskane na podstawie modeli matematycznych i fizycznych systemu hydraulicznego mogą być prezentowane w sposób tabelaryczny i graficzny na ekranie monitora oraz drukowane w postaci protokołu badań diagnostycznych. Ocenę stanu technicznego silnika napędowego można przeprowadzić przy wykorzystaniu: wyników analizy harmonicznych prądu stojana przy zasilaniu trójfazowym i dwufazowym [4, 5], analizy sygnału napięciowego indukowanego w dodatkowym uzwojeniu umieszczonym w żłobkach stojana [4] lub stosując metody wibromechaniczne albo akustyczne [5]. Metody te gwarantują dokładną diagnostykę silnika, ale ich zastosowanie wymaga jednak złożonych układów pomiarowych, dlatego stosowane są przede wszystkim przy diagnostyce globalnej [4, 5].

Przy bieżącej kontroli stanu technicznego silnika napędowego można ograniczyć zakres pomiarów do rezystancji uzwojeń stojana, rezystancji izolacji uzwojenia stojana, wizualnej kontroli stanu technicznego klatki wirnika oraz łożysk silnika [3, 5]. Ocenę stanu technicznego układu zasilania przeprowadza się, sprawdzając stacje zasilające (stacje transformatorowe), elementy wykonawcze (zasilacze przekształtnikowe: falownik lub układ softstart), zabezpieczenia zwarcio- oraz realizując programy testujące umieszczone w pamięci sterownika przemysłowego (nastawy zabezpieczeń przeciążeniowych, zwarcio- wch, kontrola ciągłości napięć zasilających oraz obwodów sprzężeń zwrotnych). Ocenę stanu technicznego zasilaczy przekształtnikowych (tranzystorowy lub tyrystorowy falownik napięcia) przeprowadza się, sprawdzając elementy wyko-

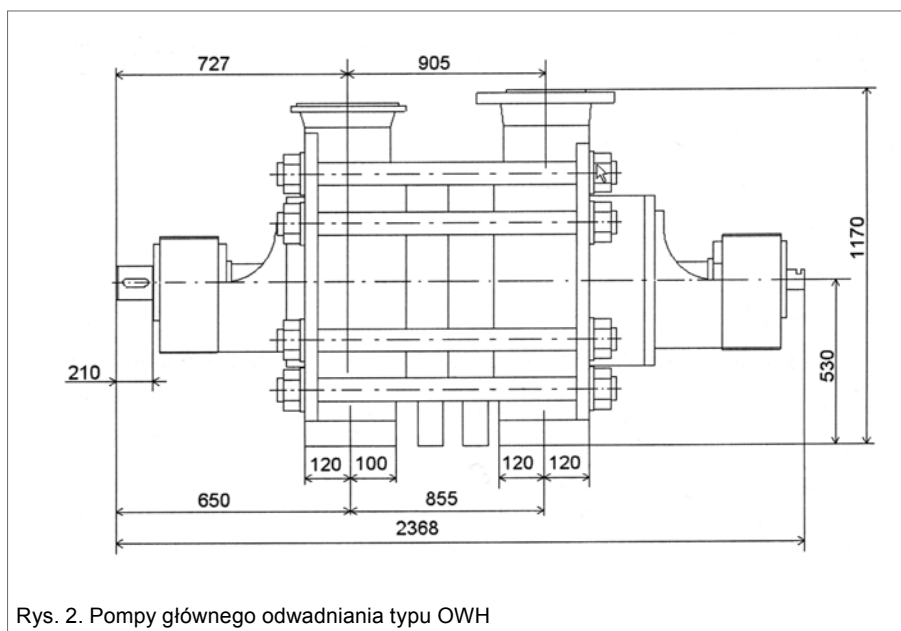
nawcze, zabezpieczenia zwarciove oraz realizując programy testujące umieszczone w pamięci sterownika lokalnego zasilacza przekształtnikowego (nastawy zabezpieczeń przeciążeniowych, zwarciowych, kontrola ciągłości napięć zasilających oraz obwodów sprzężeń zwrotnych). Do diagnostyki układu mechanicznego i kinematycznego górniczych pomp głównego odwadniania wykorzystuje się sygnały z czujników umieszczonych w elementach wirujących. Są to m.in.: czujniki temperatury, czujniki drgań oraz wibracji, czujniki ciśnienia oleju oraz czujniki kontroli stanu technicznego przekładni mechanicznej. Sygnały z czujników są przesyłane magistralą komunikacyjną do komputera nadrzędnego, gdzie są wykorzystywane zarówno do optymalnego sterowania pracą pomp głównego odwadniania, jak i do celów diagnostycznych. Jedną z przyczyn awarii pomp głównego odwadniania może być uszkodzenie wężła łożyskowego lub zatarcie wirnika pompy. Uszkodzeniu wężła łożyskowego towarzyszy: wzrost drgań, głośna praca łożyska, szum, wzrost temperatury uzwojeń silnika i obudowy. Do diagnostyki wężła łożyskowego wykorzystuje się m.in. metody: SPM (*Shock Pulse Metod*), SE (*Spike Energy*), SEE (*Spectral Emitted Energy*), metodę analizy częstotliwościowej, analizy akustycznej oraz metodę detekcji obwiedni [3]. Metoda detekcji obwiedni polega na analizie drgań rezonansowych maszyny. Krótkotrwałe udary widoczne w przebiegach czasowych mierzonego sygnału maszyny mogą być spowodowane uszkodzeniem wężła łożyskowego. Znając geometrię łożyska, ilość elementów tocznych oraz prędkość obrotową bieżni, można obliczyć częstotliwości rezonansowe układu. Czujnik drgań jest umieszczany na badanym elemencie. Sygnał pomiarowy po filtracji w filtrach pasmowo przepustowych i dopasowaniu jest analizowany w pobliżu obliczonych częstotliwości rezonansowych. Na rys. 3 przedstawiono widmo częstotliwościowe przyspieszenia dla silnika typu 2SGS-400S-12/4 napędzającego pompy głównego odwadniania.

4. Model dynamiczny pompy głównego odwadniania

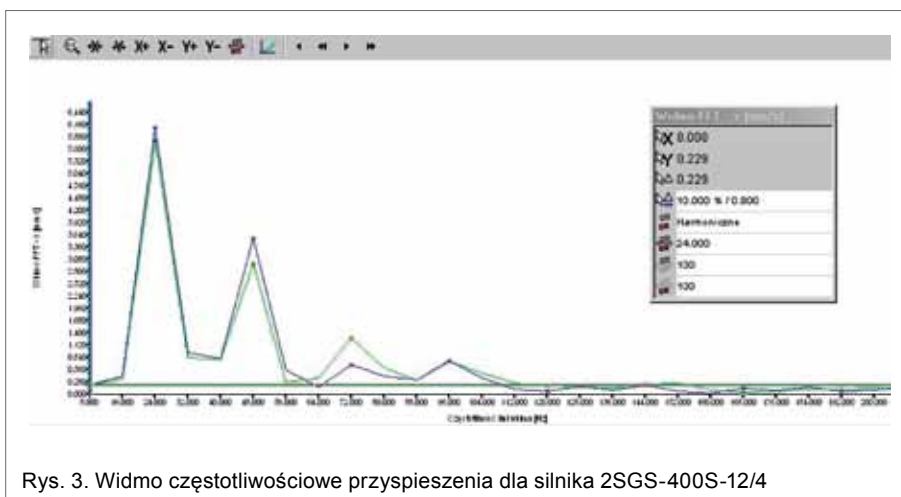
Pompy głównego odwadniania kopalni są napędzane silnikami indukcyjnymi z wirnikami klatkowymi lub pierścienioowymi [4]. W stacjach pomp głównego od-



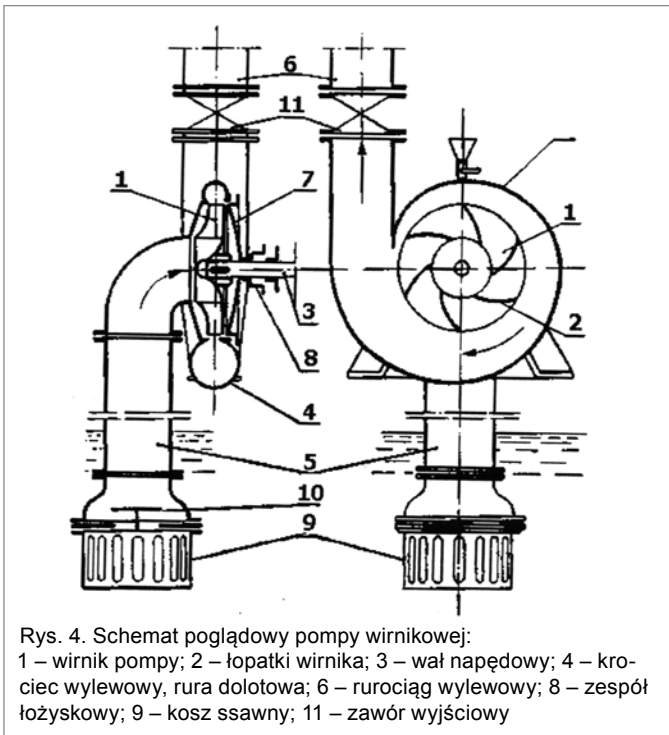
Rys. 1. Schemat stacji pomp głównego odwadniania kopalni



Rys. 2. Pompy głównego odwadniania typu OWH



Rys. 3. Widmo częstotliwościowe przyspieszenia dla silnika 2SGS-400S-12/4



Rys. 4. Schemat poglądowy pompy wirnikowej:
1 – wirnik pompy; 2 – łopatki wirnika; 3 – wał napędowy; 4 – krociec wylelowy, rura dolotowa; 6 – rurociąg wylelowy; 8 – zespół łożyskowy; 9 – kosz ssawny; 11 – zawór wyjściowy

wadniania z regulacją wydajności przez zmianę prędkości obrotowej stosowane są głównie silniki indukcyjne pierścieniowe z rozrusznikiem rezystorowym lub z modulowaną rezystancją rozruchową [4] lub silniki klatkowe zasilane z pośrednich przezienników częstotliwości [5]. W pozostałych typach pompowni regulacja wydajności jest realizowana przez zmianę przekroju rurociągu wylelowego. Analiza stanów dynamicznych stacji pomp głównego odwadniania powinna zawierać hydrauliczne stany dynamiczne zachodzące w sieci wodnej kopalni oraz elektromagnetyczne i elektromechaniczne stany dynamiczne zachodzące w układzie napędowym: pompa – silnik napędowy. W artykule ograniczono się do analizy stanów dynamicznych układu napędowego pomp głównego odwadniania, zakładając stan quasi-ustalony w sieci wodnej [3, 4]. Przepływ medium w sieci wodnej wymuszony przez pompę opisuje równanie Bernoulliego [1, 2, 3, 4].

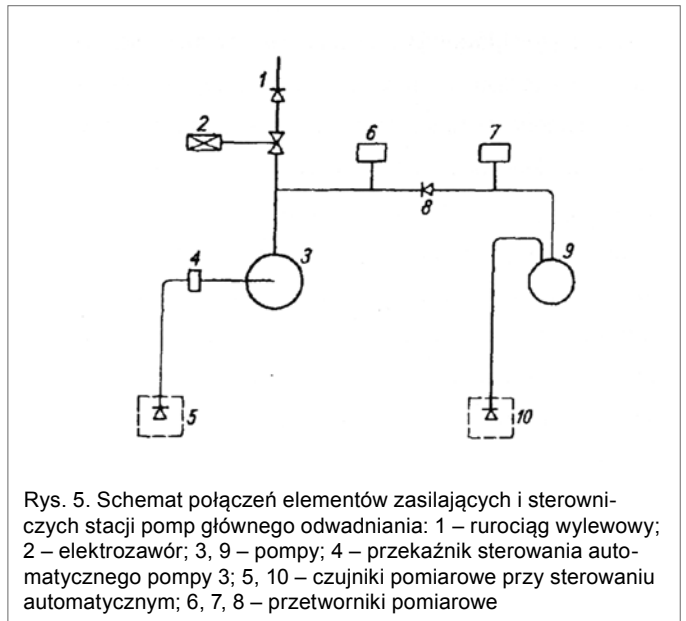
Dla pomp kopalnianych operuje się pojęciem kompresji (wysokości podnoszenia cieczy): całkowitej ΔH_c i statycznej ΔH_{st} oraz dynamicznej ΔH_d . Wielkości te zależą od parametrów: wirnika, części roboczej pompy (R_w – promień kosza ssawnego, S_{zast} – powierzchnia zastępcza) oraz od prędkości wirowania wirnika pompy ω_w . Całkowitą wysokość podnoszenia wody opisuje w sposób uproszczony wyrażenie (1):

$$H_c = \frac{P_g - P_d}{x} + \frac{16Q^2 + \pi^2 v_d^2 d_1^3}{2g\pi^2 d_1^3} \quad (1)$$

Wydajność pompy można określić z relacji (2):

$$Q_p = \frac{32\pi d_1^3 + \pi^3 d_1^2}{64x} \quad (2)$$

Wypadkowy moment obciążenia sprowadzony na wał silnika napędzającego pompę przez przekładnię o przełożeniu i_p można wyrazić wzorem (3):

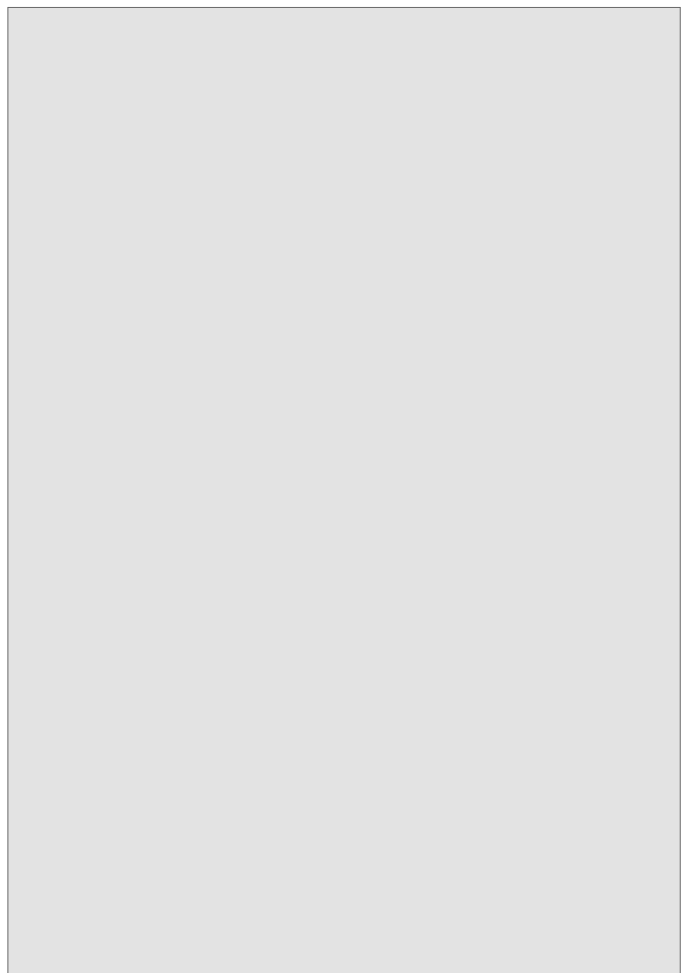


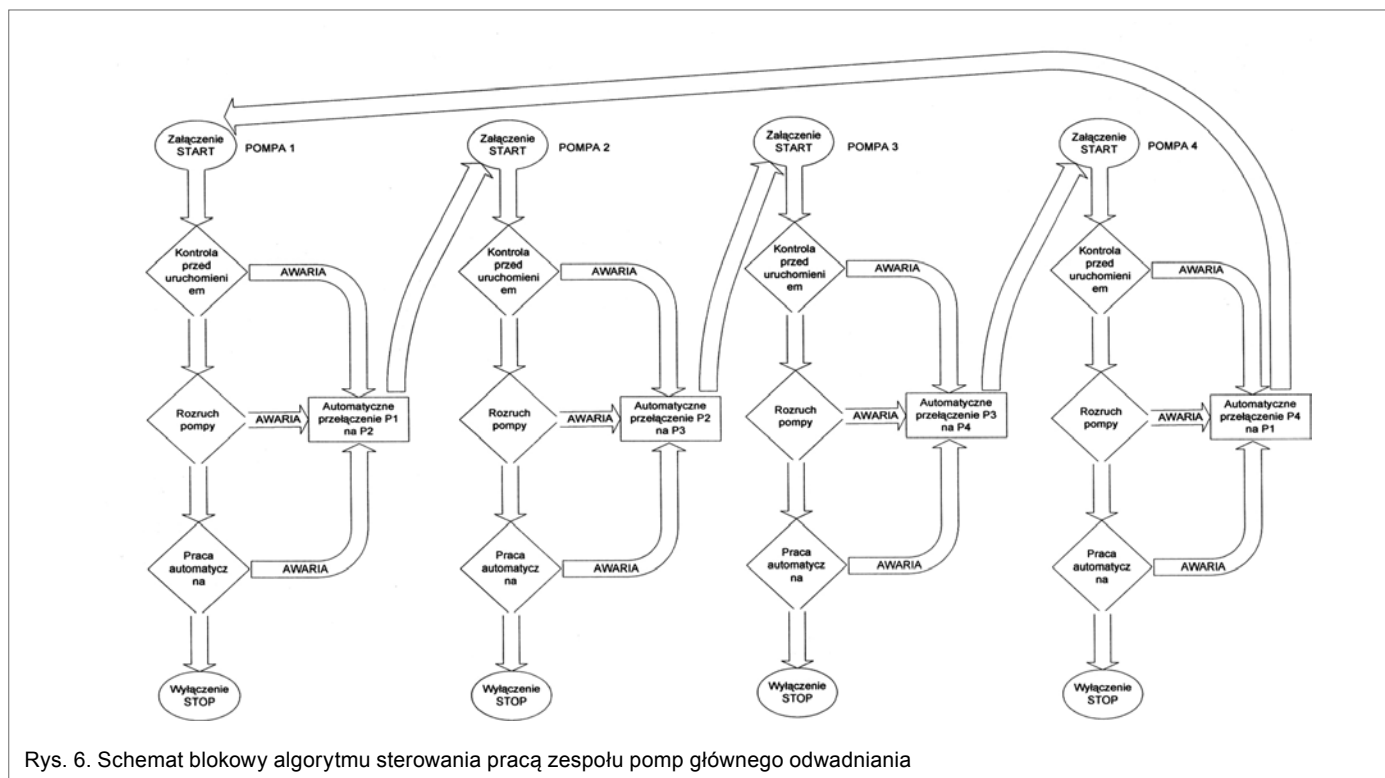
Rys. 5. Schemat połączeń elementów zasilających i sterowniczych stacji pomp głównego odwadniania: 1 – rurociąg wylelowy; 2 – elektrozawór; 3, 9 – pompy; 4 – przekaźnik sterowania automatycznego pompy 3; 5, 10 – czujniki pomiarowe przy sterowaniu automatycznym; 6, 7, 8 – przetworniki pomiarowe

$$M_p = \pi d_1^3 \frac{2gH_{st} + \omega_p^2 + v_d^2}{8g\eta_p\eta_z} \quad (3)$$

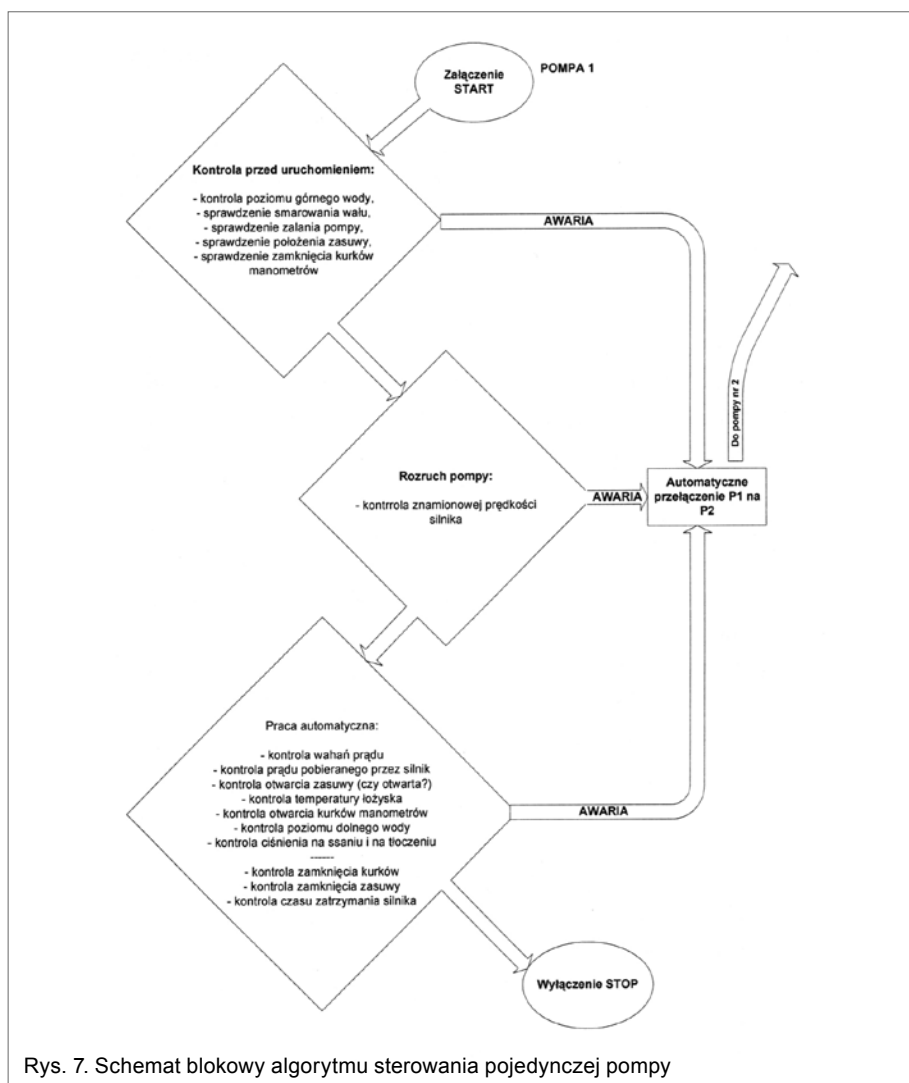
Równania (1–3) umożliwiają zbudowanie modelu symulacyjnego pompy głównego odwadniania napędzanej silnikiem indukcyjnym. Do budowy schematu blokowego wykorzystano

reklama



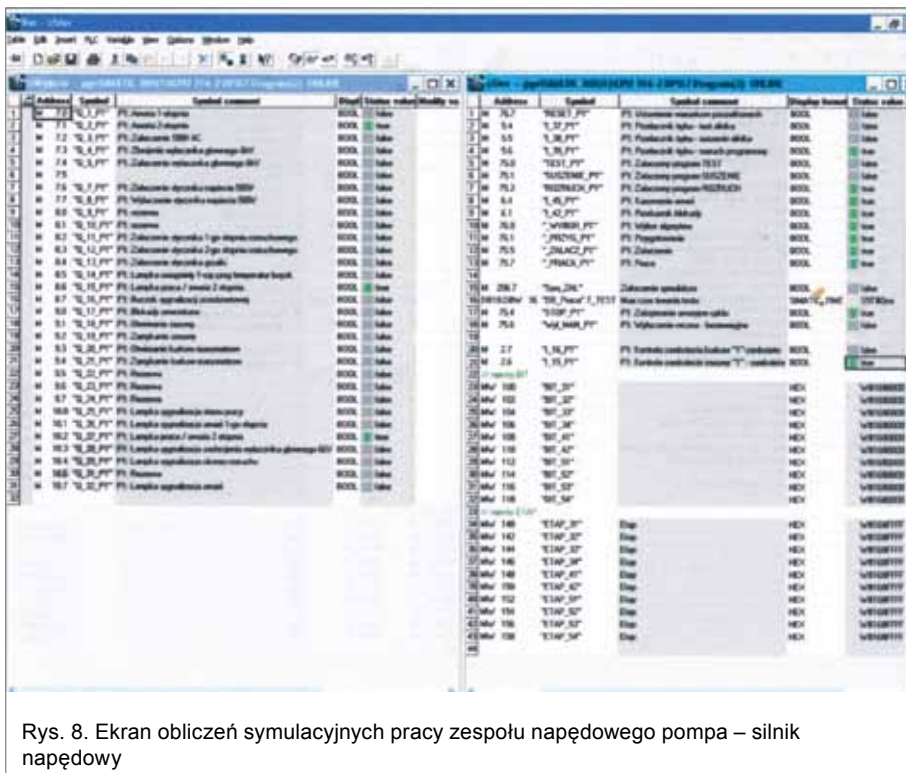


Rys. 6. Schemat blokowy algorytmu sterowania pracą zespołu pomp głównego odwadniania



Rys. 7. Schemat blokowy algorytmu sterowania pojedynczej pompy

no procedury programu Matlab-Simulink 6,5. [4]. Przy analizie kopalnianej sieci wodnej można zastosować metody obliczeń: naturalnego rozplywu wody, wymuszonego rozplywu wody oraz metody obliczeń wymuszonego rozplywu z zaleznymi pradami wodnymi [1, 2, 3, 4]. Modele matematyczne kopalnianych sieci wodnych wymagaja znajomosci parametrów rozkladu przestrzennego wyrobisk kopalnianych, układu tam wodnych i rzek podziemnych. Algorytmy obliczeń symulacyjnych modeli sieci wodnych umożliwiają obliczenie rozplywu wody w dowolnych punktach sieci oraz określenie parametrów zapotrzebowanych przez system odwadniania od układu stacji pomp głównego odwadniania Schemat blokowy układu sterowania pomp głównego odwadniania przedstawiono na rys. 3. Układ sterowania umożliwia zmianę parametrów zasilania silnika napędowego: napięcie zasilania stojana, częstotliwość zasilania oraz parametrów pompy: przekrój powierzchni otworu na wlocie oraz rurociągu wylawowego. Analizę procesów symulacyjnych przeprowadzono dla dwóch wariantów systemu odwadniania: przy pominięciu dynamiki sieci wodnej, wprowadzając tylko wypadkową charakterystykę obciążenia pompy, oraz przy przybliżonym uwzględnieniu struktury sieci wodnej [3, 4]. Założenia upraszczające



Rys. 8. Ekran obliczeń symulacyjnych pracy zespołu napędowego pompa – silnik napędowy

systemu odwadniania mogą wypaczać uzyskane wyniki symulacji komputerowych. Wyniki obliczeń są korygowane przez odpowiednie funkcje dopasowujące, określane w sposób indywidualny na podstawie pomiarów kontrolnych na rzeczywistych obiektach. Analizę przeprowadzono dla układu odwadniania stacji złożonego z silnika indukcyjnego napędzającego pompę głównego odwadniania z regulacją wydajności przy pomocy zmiany średnicy króćca wylewowego lub przez zmianę prędkości wirowania pompy.

5. Nowoczesny układ sterowania automatycznego pompy głównego odwadniania kopalni

W każdej stacji pomp głównego odwadniania zainstalowano komputer przemysłowy złożony ze sterownika głównego, modułów wejść/wyjść, dyskretnych oraz analogowych, czujników i przetworników pomiarowych umieszczonych w pompie oraz w zbiorniku wodnym, zasilaczy 24 V DC, źródeł napięć gwarantowanych UPS, wyłączników i styczników dla napędów pomocniczych, rozdzielnic 6 kV. W przypadku stacji pomp głównego odwadniania zainstalowanych na poziomie 550 m będzie to układ dwóch szaf sterowniczych SW1 i SW2 wraz z osprzętem towarzyszącym,

dla 650 m będą to odpowiednio szafy SW3, SW4 i SW5 – również z osprzętem towarzyszącym. Pomiedzy szafami sterowniczymi zrealizowano sieć transmisyjną Ethernet. Bazując na sieci Ethernet, można przesyłać sygnały do Dyspozytorni Głównej kopalni. Poszczególne sterowniki są połączone do sieci Ethernet. Sygnały przesyłane do sterowników PLC można podzielić na dwie grupy: sygnały analogowe – sygnały z przekładników prądowych, sygnały z rezystancyjnych czujników poziomu, temperatury, przepływu oraz sygnały cyfrowe – (rozdzielone na wejściowe i wyjściowe) do kontroli poziomu wody, intensywności dopływu wody oraz stopnia otwarcia zaworu wylewowego, do sterowania stycznikami napędów pompy. Każda szafa jest zasilana z własnego źródła napięcia niewyłączalnego. Czujniki poziomu wody mogą być zasilane z oddzielnej RNG bądź przyłączone do jednego z 2/3 źródeł przypisanych do konkretnej pompy. Układ sterowania stacjami pomp głównego odwadniania jest zrealizowany na bazie komputera przemysłowego typu Simatic S7 oraz Simatic M7.

Komputer umożliwia realizację następujących funkcji sterowniczych i kontrolnych: automatyczny rozruch silnika głównego, kontrola smarowania, kontrola blokad na załączenie silnika, uruchomienie silnika, sterowanie zaworami

Adres	Symbol	Symbol komentarz	Status
Q1	Q1.1	PS Wykres pomiaru	0000
Q2	Q1.2	PS Wykres pomiaru	0000
Q3	Q1.3	PS Wykres pomiaru	0000
Q4	Q1.4	PS Wykres pomiaru	0000
Q5	Q1.5	PS Wykres pomiaru	0000
Q6	Q1.6	PS Wykres pomiaru	0000
Q7	Q1.7	PS Wykres pomiaru	0000
Q8	Q1.8	PS Wykres pomiaru	0000
Q9	Q1.9	PS Wykres pomiaru	0000
Q10	Q1.10	PS Wykres pomiaru	0000
Q11	Q1.11	PS Wykres pomiaru	0000
Q12	Q1.12	PS Wykres pomiaru	0000
Q13	Q1.13	PS Wykres pomiaru	0000
Q14	Q1.14	PS Wykres pomiaru	0000
Q15	Q1.15	PS Wykres pomiaru	0000
Q16	Q1.16	PS Wykres pomiaru	0000
Q17	Q1.17	PS Wykres pomiaru	0000
Q18	Q1.18	PS Wykres pomiaru	0000
Q19	Q1.19	PS Wykres pomiaru	0000
Q20	Q1.20	PS Wykres pomiaru	0000
Q21	Q1.21	PS Wykres pomiaru	0000
Q22	Q1.22	PS Wykres pomiaru	0000
Q23	Q1.23	PS Wykres pomiaru	0000
Q24	Q1.24	PS Wykres pomiaru	0000
Q25	Q1.25	PS Wykres pomiaru	0000
Q26	Q1.26	PS Wykres pomiaru	0000
Q27	Q1.27	PS Wykres pomiaru	0000

Rys. 9. Zestawienie sygnałów wyjściowych sterownika Simatic S7

Adres	Symbol	Symbol komentarz	Status
I1	I1.1	PS Wykres pomiaru	0000
I2	I1.2	PS Wykres pomiaru	0000
I3	I1.3	PS Wykres pomiaru	0000
I4	I1.4	PS Wykres pomiaru	0000
I5	I1.5	PS Wykres pomiaru	0000
I6	I1.6	PS Wykres pomiaru	0000
I7	I1.7	PS Wykres pomiaru	0000
I8	I1.8	PS Wykres pomiaru	0000
I9	I1.9	PS Wykres pomiaru	0000
I10	I1.10	PS Wykres pomiaru	0000
I11	I1.11	PS Wykres pomiaru	0000
I12	I1.12	PS Wykres pomiaru	0000
I13	I1.13	PS Wykres pomiaru	0000
I14	I1.14	PS Wykres pomiaru	0000
I15	I1.15	PS Wykres pomiaru	0000
I16	I1.16	PS Wykres pomiaru	0000
I17	I1.17	PS Wykres pomiaru	0000
I18	I1.18	PS Wykres pomiaru	0000
I19	I1.19	PS Wykres pomiaru	0000
I20	I1.20	PS Wykres pomiaru	0000
I21	I1.21	PS Wykres pomiaru	0000
I22	I1.22	PS Wykres pomiaru	0000
I23	I1.23	PS Wykres pomiaru	0000
I24	I1.24	PS Wykres pomiaru	0000
I25	I1.25	PS Wykres pomiaru	0000
I26	I1.26	PS Wykres pomiaru	0000
I27	I1.27	PS Wykres pomiaru	0000

Rys. 10. Zestawienie sygnałów wejściowych sterownika Simatic S7

Object name	Symbolic name	Created in language	Type	Size in the work mem.	Author	Name (Block)
System data			SDS			
CP 343-1			CP			
FB1	COMPLETE_RESTART	LAD	Operation Block	132		
FB100	RESTART	LAD	Operation Block	44		
FB101	COLD_RESTART	LAD	Operation Block	44		
FB102		LAD	Operation Block	44		
FB14	Start_P	LAD	Function Block	86		
FB15	Wykres	LAD	Function Block	112		
FB16	Programowanie	LAD	Function Block	2080		
FB17	Zalaczenie	LAD	Function Block	1274		
FB18	Praca	LAD	Function Block	2232		
FB21	Wykres	LAD	Function Block	102		
FB22	Skonwertuj	LAD	Function Block	2776		
FB24	Laszki	LAD	Function Block	172		
FB29	Soczki	LAD	Function Block	70		
FB90	Symulacja_PI	LAD	Function Block	1520		
FB1	FB	LAD	Function	58		
FB1	Praca_P	LAD	Function	462		
DB13	DB_akt	DB	Data Block	36		
DB14	DB_startP	DB	Data Block	36		
DB15	DB_wybr	DB	Data Block	36		
DB16	DB_Projz	DB	Data Block	54		
DB17	DB_Zal	DB	Data Block	46		
DB18	DB_Praca	DB	Data Block	36		
DB19	DB_wybr	DB	Data Block	36		
DB20	DB_Sier	DB	Data Block	40		
DB24	DB_Laszki	DB	Data Block	36		
DB29	DB_Soczki	DB	Data Block	36		
DB30	DB_Symulacja_PI	DB	Data Block	36		
Etagp	Etagp		Variable Table			
Wjzci_1	Wjzci_1		Variable Table			
Wjzci2	Wjzci2		Variable Table			
Wjzci3	Wjzci3		Variable Table			

Rys. 11. Struktura organizacyjna programu sterującego pracą pomp

(przed i po rozruchu), kontrola pracy pompy (monitorowanie: stanów zabezpieczeń przez MegaMUZ, poziomu oleju w punktach smarownych; kontrola temperatury łożysk silnika i pompy), kontrola układu zasilania napięciem gwarantowanym, współpraca z aparaturą do pomiaru parametrów wylewowych (w skrócie APW), wizualizacja na monitorze komputera przemysłowego parametrów pracy pompy, rejestracja parametrów i przedstawianie ich w formie wykresów, wyświetlanie informacji o położeniu zaworów, pływaków, łączników w układzie zasilania stojana silnika, wyświetlanie informacji o stanie układu SZR (z poziomu rozdzielnic), wyświetlanie na ekranie komputera przemysłowego komunikatów ostrzegawczych i ewentualnych przyczyn wyłączenia silnika głównego pompy, sterowanie sygnalizacją alarmową i ostrzegawczą. Schemat poglądowy pompy przenośnej przedstawiono na rys. 4, natomiast na rys. 5 przedstawiono schemat układu hydraulicznego stacji pomp głównego odwadniania w KWK.

6. Układ sterowania pracą stacji pomp głównego odwadniania z komputerem przemysłowym

Stworzenie pracy pompy głównego odwadniania oraz regulacja położenia stopnia otwarcia zaworu odbywa się w sposób automatyczny. Rurociągi wylewowe posiadają układy zaworów, których zamykanie bądź otwieranie zadawane jest przez sterownik PLC według wcześniej zaprogramowanej sekwencji. Podczas rozruchu zawór wylewowy jest zamykany w celu zmniejszenia momentu obciążenia. Sygnalizacja położenia zaworów widoczna na panelu operatorskim jest sterowana bezpośrednio z przekaźników powielających styki wyłączników krańcowych. Schemat blokowy układu sterowania pracą zespołu pomp głównego odwadniania przedstawiono na rys. 6, natomiast schemat algorytmu sterowania pracą pojedynczej pompy przedstawiono na rys. 7.

Czas zmiany położenia zaworów z jednego skrajnego położenia w drugie jest kontrolowany przez sterownik. Jeżeli w założonym czasie nie zadziała wyłącznik krańcowy sygnalizujący przestawienie zaworu, sterownik sygnalizuje awarię i włącza kolejną pompę. Program sterowania stacji pomp głównego odwadniania napisany jest w języku Step 7, z wykorzystaniem bloków funkcyjnych FBI [4, 5]. Program główny składa się z bloków programowych podzielonych pod względem wykonywanych funkcji, bloki te zawierają moduły zaprogramowane przez producenta, tabele deklaracji zmiennych oraz poszczególne podprogramy. System nadzoru pracy pomp głównego odwadniania zaprojektowano w taki sposób,

aby operator posiadał pełny zestaw informacji o stanie rzeczywistym wszystkich urządzeń pompowni. Jako terminal graficzny zastosowano monitor z komputerem PC połączonym przez sieć przemysłową Ethernet ze sterownikiem PLC. Zastosowanie sieci przemysłowej pozwala na zamontowanie panelu operatorskiego w oddalonej od dyspozytora stacji pomp. Do wizualizacji wykorzystano program WIN CC v 6.0 [4] który umożliwia sterowanie, nadzór oraz monitorowanie cyklu pracy urządzeń stacji pomp głównego odwadniania. Wizualizacja polega na prezentacji przebiegu i stanu procesu za pomocą struktury plansz przedstawiających różne obszary technologiczne jako grafikę bitmapową.

Pojedyncza plansza to ekran z naniezionymi obiektami animowanymi na podstawie wartości mierzonej lub zdefiniowanej w algorytmie sterowania. Każda plansza przedstawiona na ekranie modułu graficznego uzupełniona jest o stałe pola, na których wyświetlany jest czas, data, nazwa planszy oraz komunikat słowny o zaistniałej awarii. Do wizualizacji prezentowanego na terminalu stanu pracy stacji głównego przewietrzania zaprojektowano zestaw plansz.

Przykład wizualizacji pracy zespołu pomp głównego odwadniania przedstawiono na rys. 8, 9, 10, 11. Na rys. 8 przedstawiono przykładowy ekran obliczeń symulacyjnych sterowania pracą zespołu pompownego, natomiast na rys. 9, 10 ekrany wizualizacyjne modułów wejść oraz wyjść dyskretnych sterownika Simatic S7 300. Na rys. 11 przedstawiono strukturę organizacyjną programu sterującego w języku STEP 7, sterującego pracą pomp głównego odwadniania.

Proponowane rozwiązanie układu sterowania kopalnianych pomp głównego odwadniania jest rozwiązaniem oryginalnym, częściowo sprawdzonym w warunkach przemysłowych, ale wymaga dalszych prac badawczych. Należy opracować uogólnione algorytmy sterowania pracą zespołu napędowego oraz układem sterowania parametrów pomp głównego odwadniania z uwzględnieniem specyfiki indywidualnych sieci wodnych, oraz całego systemu cieków wodnych.

Zagadnienia te będą rozwiązywane przy ścisłej współpracy ze specjalistami z dziedziny odwadniania kopalń. Nowoczesny, inteligentny układ sterowania i diagnostyki pracy stacji pomp głównego odwadniania, opracowany przez Autora, został sprawdzony w warunkach

przemysłowych i uzyskał pozytywne opinie

Układ ten po uzyskaniu dopuszczenia może być w ograniczonym zakresie wykorzystany w kopalnianych stacjach pomp głównego odwadniania, przynosząc korzyści eksploatacyjne i diagnostyczne.

7. Zakończenie

Postęp w dziedzinie elektroniki, informatyki oraz telekomunikacji umożliwia wprowadzenie do układów sterowania, diagnostyki i monitorowania pracy górniczych maszyn przepływowych sterowników mikroprocesorowych oraz cyfrowej transmisji sygnałów. Do sterowania systemami odwadniającymi w sposób ciągły i niezawodny niezbędne są nowoczesne czujniki i przetworniki pomiarowe, sterowniki mikroprocesorowe do przetwarzania wielkości pomiarowych. Dla zwiększenia niezawodności oraz trwałości pracy pomp głównego odwadniania muszą być przeprowadzane pomiary diagnostyczne, które zapewniają właściwą kontrolę poszczególnych zespołów stacji pomp głównego odwadniania oraz zapobiegają w znacznym stopniu awariom. Zastosowanie sterowników PLC lub komputerów przemysłowych w układach sterowania górniczych maszyn przepływowych zapewni lepszą kontrolę pracy tych maszyn z możliwością sterowania półautomatycznego lub automatycznego.

Literatura

- [1] GUZIEL A.: *Wybrane działy górnictwa*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 1997.
- [2] MATYSIK A.: *Odwadnianie kopalń podziemnych*. Uczelniane Wydawnictwo Naukowo-Dydaktyczne AGH, Kraków 2002.
- [3] OSOWSKI S.: *Modelowanie układów dynamicznych z zastosowaniem języka Simulink*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 999.
- [4] SZYMAŃSKI Z.: *Nowoczesne metody sterowania i automatyzacji pracy kopalnianych stacji wentylatorowych*. „Mechanizacja i Automatyzacja Górnictwa” Katowice, nr 12/2004.
- [5] SZYMAŃSKI Z.: *Diagnostyka i monitoring górniczych maszyn przepływowych*. Materiały Międzynarodowej Konferencji TEMAG'05. Ustroń, listopad 2005.
- [6] WILK S.: *Górnictwo pompy wirowe*. Śląskie Wydawnictwo Techniczne, Katowice 1994.
- [7] Simatic S7 300 Dokumentacja techniczna firmy Siemens, Erlangen 1997.

Zygmunt Szymański –
Politechnika Śląska Gliwice

artykuł recenzowany

reklama

