

Predykcyjny system monitoringu i diagnostyki pomp wirowych średniociśnieniowych

Bogusław Hupa, Krzysztof Nieśpiałowski

Z prowadzonych analiz wynika, że w kraju eksploatuje się kilka tysięcy pomp wirowych średniociśnieniowych. Koszt remontu pompy średniociśnieniowej po awarii jest z reguły wysoki i stanowi nawet do 20–25% kosztu zakupu nowej pompy. Koszt eksploatacji pompy według zasady „praca do awarii” jest w przybliżeniu dwukrotnie większy w stosunku do kosztów wynikających z eksploatacji z remontami prewencyjnymi, uzasadnionymi skalkulowaną oceną stanu technicznego pompy [3]. Krótkie okresy między remontami prewencyjnymi, bazujące tylko na czasie pracy pompy, bez oparcia o bieżącą ocenę stanu technicznego, zwiększają z kolei koszty eksploatacji pompy o ok. 10–15% [3].

Prowadzone badania eksploatacyjne pomp wirowych średniociśnieniowych wykazują, że ponad 90% awarii lub niesprawności pomp stanowią przypadki typowe, pozwalające określić przyczyny ich powstawania oraz wskazać środki zaradcze. Zależności te można opisać formułami matematycznymi, w oparciu o zasady „sztucznej inteligencji”, i wprowadzić do algorytmów diagnostyki systemu Monitoringu i Diagnostyki Pomp (MDP).

System monitoringu i diagnostyki pomp MDP to predykcyjny system ekspercki, przetwarzający wyniki pomiarów wybranych parametrów pracy na informacje użyteczne dla służb utrzymania ruchu i komórek nadzoru pracy pomp.

Wykorzystując podstawowe zasady „sztucznej inteligencji”, system MDP na podstawie dynamicznych pomiarów wybranych parametrów pracy jest w stanie przeprowadzić diagnozę techniczną pompy i określić, z odpowiednim wyprzedzeniem czasowym, możliwość wystąpienia awarii pompy. Umożliwia on zdiagnozowanie prawdopodobnej przyczyny powstania awarii i wskazanie środków zaradczych, a także pozwoli określić optymalny, ze względów techniczno-ekonomicznych, czas przeprowadzenia remontu.

Diagnostyka stanu technicznego pompy, realizowana przez system MDP w oparciu o bazy danych i wielokanałową analizę wyników pomiarów, pozwoli z wysoką wiarygodnością wydłużyć okresy między remontowe.

Funkcje systemu MDP

Podstawowe funkcje systemu MDP, z zachowaniem trójstopniowego poziomu zagrożenia awarią pompy, są następujące:

- diagnostyka stanu technicznego i plan remontów;
- sygnalizacja konieczności wymiany oleju;
- sygnalizacja konieczności wymiany tulei ochronnej wału;

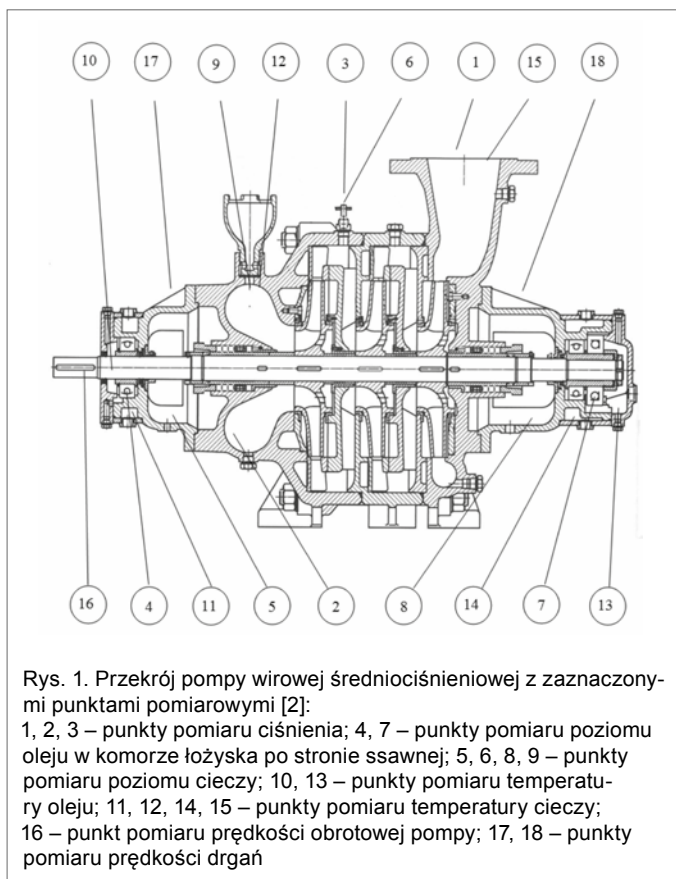
🇬🇧 PREDICTIVE SYSTEM FOR MONITORING AND DIAGNOSTICS OF MEDIUM-PRESSURE CENTRIFUGAL PUMPS

Abstract: Conducted analyses show that several thousands of medium-pressure centrifugal pumps are in operation in Poland. The cost of repair of medium-pressure pump after its failure is usually high and it is even up to 20–25% of the cost of a new pump. The cost of operation of pump according to the principle „operation until failure” is approximately twice as high as the costs resulting from the operation with preventive repairs, which are justified by a calculated assessment of technical condition of a pump [3]. Short periods between preventive repairs, which are based only on the time of pump operation, with no refer to current assessment of technical condition, increase the costs of pump operation by about 10–15% [3].

- informacja o konieczności regulacji dławnicy i wymiany szczeliwa;
- ostrzeżenie o przytarciach w pompie lub zaciśniętym szczeliwie w dławnicy;
- ostrzeżenie przed pracą przy zamkniętej zasuwie na króćcu tłocznym;
- sygnalizacja niewłaściwego kierunku obrotów;
- prognozowanie zużycia elementów części przepływowej;
- ostrzeżenie o wystąpieniu oblodzenia;
- wykrywanie zapowietrzenia;
- sprawdzanie warunków ssania;
- wykrywanie zagrożenia kawitacją zaczątkową lub rozwiniętą;
- reagowanie na obniżenie parametrów pracy, wynikające ze stopnia zużycia elementów;
- wykrywanie przepływów o charakterze tętniącym;
- kontrola pracy łożysk;
- diagnozowanie przyczyn drgań;
- sygnalizowanie stanu pracy, przy sprawności spoza zalecanego zakresu;
- diagnozowanie nadmiernego poboru mocy;
- wyświetlanie na bieżąco głównych parametrów pracy;
- wykorzystanie pakietu pomocy *Help* w celu interpretacji wyświetlanych komunikatów.

Opis systemu MDP

Zawarta w systemie funkcja diagnostyki stanu technicznego pompy realizowana jest na podstawie analizy wyników po-



Rys. 1. Przekrój pompy wirowej średniociśnieniowej z zaznaczonymi punktami pomiarowymi [2]:

1, 2, 3 – punkty pomiaru ciśnienia; 4, 7 – punkty pomiaru poziomu oleju w komorze łożyska po stronie ssawnej; 5, 6, 8, 9 – punkty pomiaru poziomu cieczy; 10, 13 – punkty pomiaru temperatury oleju; 11, 12, 14, 15 – punkty pomiaru temperatury cieczy; 16 – punkt pomiaru prędkości obrotowej pompy; 17, 18 – punkty pomiaru prędkości drgań

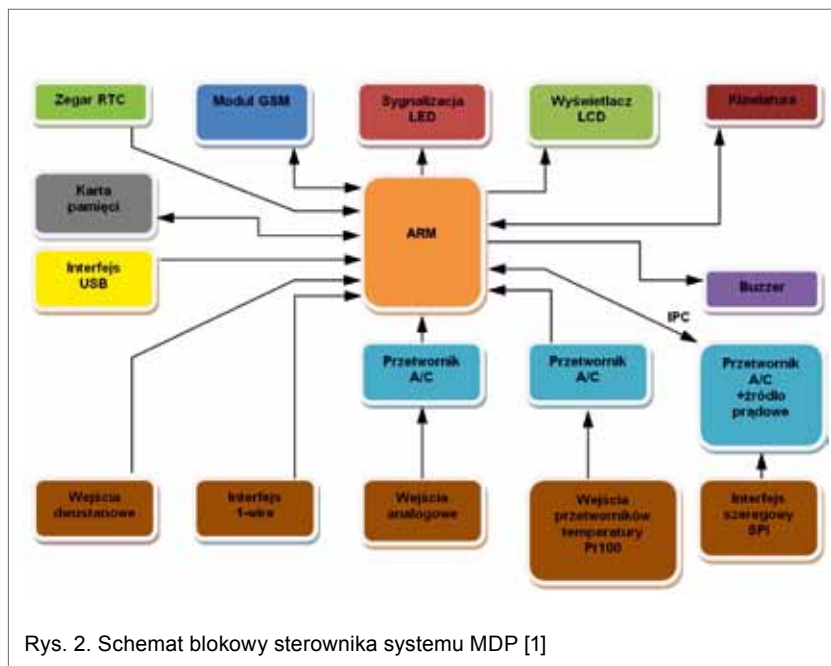
miarów i w oparciu o charakterystyczne wartości krytyczne mierzonych wielkości. Przekroczenie ustalonych wartości krytycznych lub zaistnienie niekorzystnej kombinacji tych wartości może wskazać możliwość wystąpienia awarii lub istotnego obniżenia parametrów pracy pompy. Wartości krytyczne wielkości mierzonych są ustalane dla danej grupy pomp na podstawie prób stanowiskowych oraz badań eksploatacyjnych. Zbiór tych wielkości tworzy układ odniesienia przy opracowywaniu algorytmów diagnostyki pompy.

Odpowiednio oprogramowany procesor systemu MDP prowadzi ciągłą analizę bieżących wyników pomiarów parametrów pracy pompy, porównując je z danymi nowej pompy oraz analizuje zmienność wybranych parametrów w całym okresie pracy pompy. Wyniki analizy i ocena stanu pompy są automatycznie przekazywane służbom utrzymania ruchu lub komórkom nadzoru w formie odpowiednich komunikatów.

Akwizycja danych ułatwia rozpoznanie i ocenę stanu technicznego pompy oraz pozwala zaproponować wybór właściwych działań, w celu uniknięcia awarii pompy.

Dla potrzeb diagnostyki pompy wykorzystywane są następujące zasady:

- system jest zawsze skonfigurowany dla określonej pompy;
- pomiary prowadzone są w całym okresie pracy pompy;
- archiwizowane wyniki pomiarów mogą być odczytywane częściej, w przypadku występowania stanów ocenianych przez system MDP jako „przedawaryjne”;
- wyniki analiz odnoszone są do parametrów nowej pompy;
- przyjęto trójpoziomowy podział istotności komunikatów.



Rys. 2. Schemat blokowy sterownika systemu MDP [1]

Mierzone wielkości

Pomiary niezbędnych parametrów pomp wirowych średniociśnieniowych wymagają rejestracji 20 wielkości za pomocą czujników umieszczonych w wybranych punktach pompy (rys. 1) i rurociągu. Sygnały analogowe z czujników przetwarzane są na sygnały cyfrowe, a następnie analizowane według algorytmu procesora systemu.

Na potrzeby systemu MDP rejestrowane są następujące wielkości pomiarowe:

- wydajność pompy;
- ciśnienia w króćcu ssawnym i tłocznym pompy oraz za pierwszym stopniem pompy;
- poziom oleju w komorach łożysk oraz poziomy cieczy pompowanej w czterech charakterystycznych punktach pompy;
- temperatura oleju w komorach łożyskowych, temperatura wody z chłodnicy łożysk, temperatura cieczy pompowanej, temperatura obudowy łożysk oraz temperatura otoczenia;
- czas charakterystycznych stanów pracy pompy;
- moc na wale pompy;
- prędkość obrotowa wału pompy;
- prędkość drgań obudów łożysk.

Bloki decyzyjne układu diagnostyki – komunikaty

W zależności od stopnia zużycia pompy system MDP nadaje jej „status” zagrożenia awarią:

- ZIELONY – nie występuje przekroczenie żadnej z wartości krytycznych – wyświetlany jest komunikat o aktualnych parametrach pracy pompy;
- ŻÓŁTY – występuje przekroczenie co najmniej jednej z wartości krytycznych – praca pompy jest możliwa – nie występuje realne zagrożenie wystąpienia awarii. Na ekranie wyświetlane są (z odpowiednim wyprzedzeniem czasowym) komunikaty informacyjno-ostrzegawcze, z podaniem czasu i prawdopodobnej przyczyny niesprawności wraz ze wskazaniem sposobu rozwiązania problemu;
- CZERWONY – wystąpiło znaczne przekroczenie co najmniej jednej z wartości krytycznych – występuje znaczne obniżenie

nie parametrów pracy pompy. Dalsza praca pompy grozi awarią. Na ekranie wyświetlane są komunikaty dotyczące awarii wraz z diagnozą prawdopodobnych przyczyn awarii oraz przedstawieniem sposobu jej usunięcia. W skrajnie niebezpiecznych sytuacjach system MDP może wyłączyć pompę i wyświetli na monitorze procedury dalszego postępowania.

Budowa sterownika

Sterownik mikroprocesorowy systemu MDP posiada modułową budowę wejść pozwalających na odczyt wielkości mierzonych, w dowolnej konfiguracji, i jest wspólny dla wszystkich grup pomp. Różnice w systemie pomiarowym dotyczą głównie liczby i rodzaju czujników pomiarowych oraz oprogramowania procesora.

Podsumowanie

Główne cechy systemu MDP są następujące:

- system MDP pozwala zminimalizować nakłady na utrzymanie pomp we właściwym stanie technicznym i upraszcza procedury utrzymania ruchu pompy;
- obsługa pompy, z zastosowanym eksperckim systemem MDP, w większości wypadków sprowadza się do wykonywania poleceń zgodnie z wyświetlanymi komunikatami;
- system poważnie ogranicza (lub pozwala wyeliminować) konieczność korzystania z ocen eksperckich w trakcie eksploatacji pompy, co zmniejsza koszty eksploatacji;
- czas opracowania diagnozy przez system MDP jest zdecydowanie krótszy niż czas wykonania diagnozy pompy przez wykwalifikowanego diagnostę;
- opracowanie dla celów diagnostyki zależności wiążących stopień zużycia elementów pompy z aktualnymi parametrami pracy pompy, łącznie z opracowaną bazą parametrów krytycznych, ma charakter nowatorski;
- system MDP może być adaptowany do pomp wporowych stosowanych w napędach i sterowaniach hydraulicznych.

Literatura

- [1] *System monitoringu i diagnostyki pomp*. KOMAG, Gliwice 2010 (praca niepublikowana).
- [2] *Monitoring i diagnostyka pomp średniociśnieniowych*. KOMAG, Gliwice 2011 (praca niepublikowana).
- [3] R. NOWICKI: *Zależności między strategią utrzymania ruchu, rodzajem systemu monitorowania i niezawodnością maszyn wirujących*. „Pompy – Pompownie” 1/2011.
- [4] B. HUPA, K. NIEŚPIAŁOWSKI.: *Ekspertski system monitoringu i diagnostyki pomp wirowych średniociśnieniowych*. Badanie, konstrukcja, wytwarzanie i eksploatacja układów hydraulicznych, XXI Konferencja CYLINDER 2011, Ryto 21–23 września 2011.

mgr inż. Bogusław Hupa, dr inż. Krzysztof Nieśpiałowski
– Instytut Techniki Górniczej KOMAG, Gliwice

artykuł recenzowany