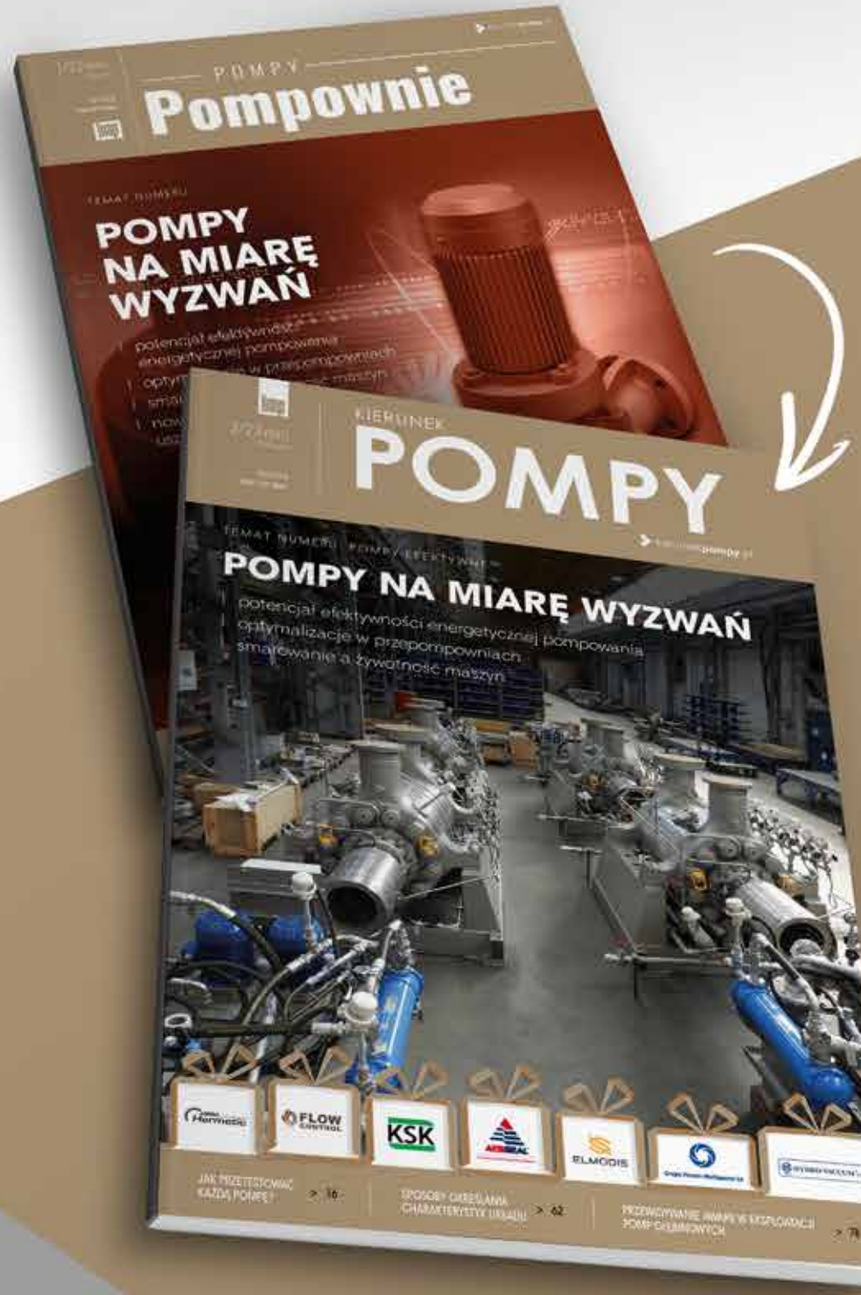
30 LAT bmp budujemy możliwości porozumienia



NOWY KIERUNEK POMP

Popularne czasopismo Pompy Pompownie zmienia nazwę na KIERUNEK POMPY.

W bieżącym roku firma BMP, obchodząc 30-lecie istnienia, wdraża nową strategię marketingową. Wiąże się z nią zmiana dotychczasowych tytułów naszych czasopism, co ma na celu ich ujednolicenie i mocniejsze powiązanie z wydawanymi portalami. W ten sposób, wraz z dodatkową zmianą layoutu magazynów, chcemy w jeszcze lepszy, przystępniejszy sposób prezentować Państwu najciekawsze i najważniejsze dla branży treści oraz wzmacniać rozpoznawalność i markę czasopisma.

Znane i cenione w branży czasopismo Pompy Pompownie będzie ukazywało się zatem pod tytułem **Kierunek Pompy**.

POMPY Pompownie → KIERUNEK POMPY

Wyrusz z nami w nowym kierunku
– z nowym KIERUNKIEM

bmp
2/23 (847)
Półrocznik
58.14.12.0
ISSN 1231-5842

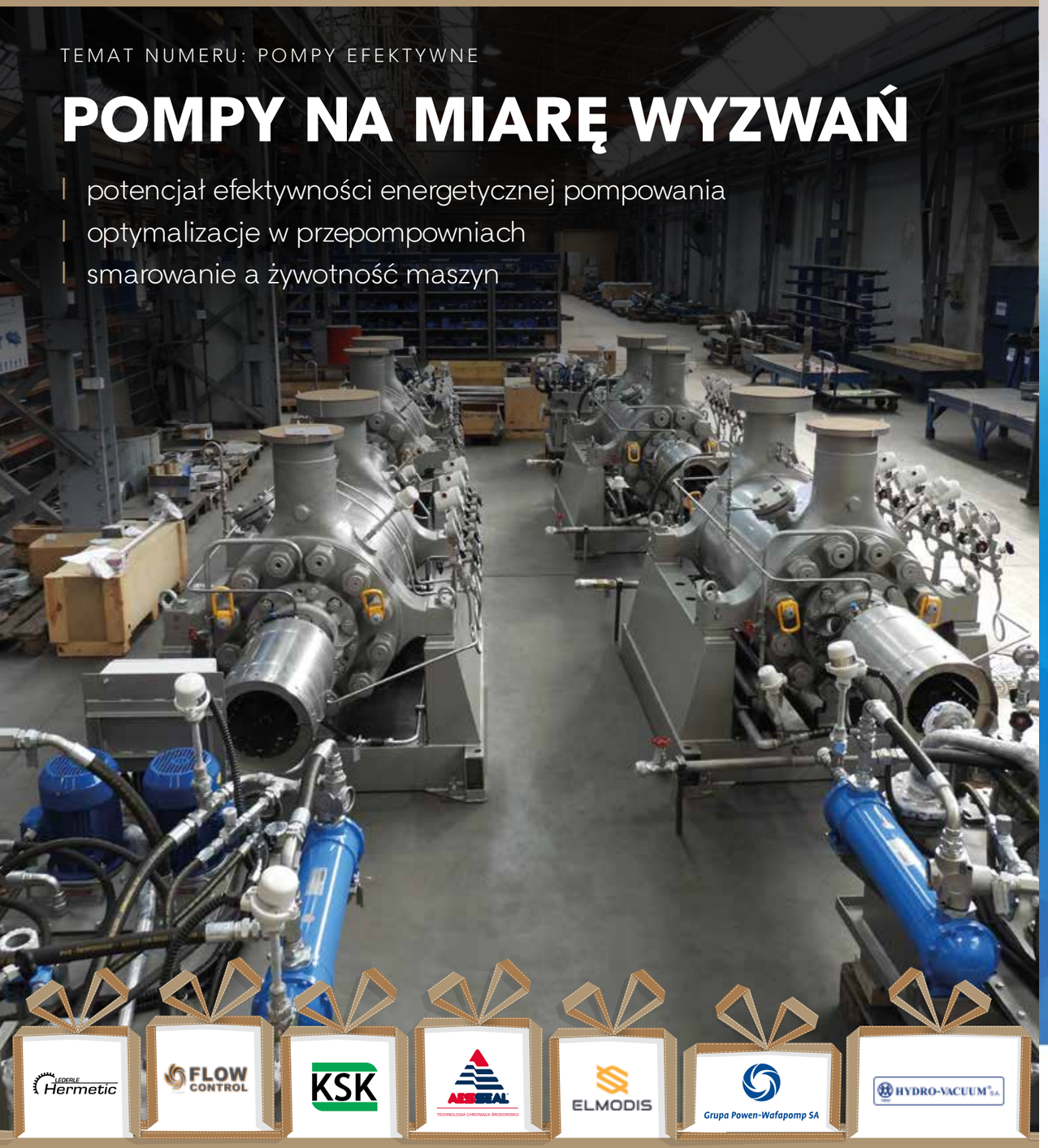
KIERUNEK
POMPY

kierunekpompy.pl

TEMAT NUMERU: POMPY EFEKTYWNE

POMPY NA MIARĘ WYZWAŃ

- potencjał efektywności energetycznej pompowania
- optymalizacje w przepompowniach
- smarowanie a żywotność maszyn



JAK PRZETESTOWAĆ KAŻDĄ POMPĘ? > 16
SPOSOBY OKREŚLANIA CHARAKTERYSTYK UKŁADU > 62
PRZEWIDYWANIE AWARII W EKSPLOATACJI POMP GŁĘBINOWYCH > 78

II Konferencja Naukowo-Techniczna
Technologie Retencji Wody w Przemyśle
22-23 lutego 2024 r.
WARSZAWA
bmp budujemy możliwości porozumienia
ZATRZYMAĆ każdą kroplę
W programie m.in.:
- retencja a interpretacja przepisów prawnych
- instalacje przemysłowe do wykorzystania wód deszczowych
- ochrona zasobów wodnych i sposoby zagospodarowania wód opadowych
Więcej na
ORGANIZATOR
bmp budujemy możliwości porozumienia
HONOROWY PATRONAT
Państwowe Gospodarstwo Wodne Wody Polskie
PATRONAT MEDIALNY
WOD-KAN
kierunekwodkan.pl

KIERUNEK POMPY

TEMAT NUMERU: **POMPY EFEKTYWNE**

8 | **Konstrukcje miniturbin THV i ich przewagi nad pompami w ruchu turbinowym PAT**
Witold Lorenz, Marcin Janczak

16 | **Jak przetestować każdą pompę?**
Sebastian Podsędek

24 | **Wyzwania w branży pompowej i zielone inwestycje**
Rozmowa z Piotrem Berą, prezesem zarządu firmy InterApp

26 | **Pompa jako źródło energii**
Arkadiusz Krawiec

30 | **Zastosowanie turbin wodnych w sieciach ciepłowniczych. Mała elektrownia sieciowa MPEC Kraków**
Mariusz Piękoś, Paweł Jastrzębski

36 | **Innowacje w optymalizacji i diagnostyce pomp ściekowych**
Artur Hanc, Piotr Zaitz

Z ŻYCIA BRANŻY

40 | **Podział wydajności dwóch pomp regulowanych prędkością obrotową**
Marek Skowroński, Artur Machalski, Przemysław Szulc, Kalina Kowalska

46 | **Krajowa certyfikacja pomp i zespołów pomp pożarowych**
Michał Chmiel

52 | **Nowoczesne rozwiązania przy produkcji pomp**
Rozmowa z Jakubem Grabowskim, dyrektorem produkcji firmy Hydro-Vacuum

54 | **Pompy do mediów trudnych**
Rozmowa z Krzysztofem Rudnikiem, członkiem zarządu Przedstawicielstwa w Polsce PwP Sp. z o.o. oraz Michałem Wojdą, dyrektorem ds. sprzedaży

57 | **Kluczem jest rozmowa z użytkownikiem**
Rozmowa z Pawłem Ziółkowskim, inżynierem wsparcia technicznego z PVG

EKSPLOATACJA

60 | **Zabudowa zanurzeniowych, pionowych pomp hermetycznych w zbiornikach**
HERMETIC Pumpen GmbH

62 | **Sposoby określania charakterystyk układu**
Krzysztof Karaśkiewicz

66 | **Oczyszczalnie wód kopalnianych w PGE GiEK S.A. Oddział KWB TURÓW**
Marta Kukuć

70 | **Przyczyny, skutki i zapobieganie nadmiernym drganiom pomp**
Waldemar Jędral

78 | **Przewidywanie awarii w eksploatacji pomp głębinowych**
Marian Strączyński

ARMATURA, USZCZELNIENIA, NAPĘDY

82 | **Zapobieganie awariom uszczelnień mechanicznych. Przykłady nowych rozwiązań w literaturze naukowo-technicznej**
Jerzy Bochnia

FELIETON

86 | **Kierunek POMPY, czyli TECHNIKA POMPOWA**
Piotr Świtalski

TEMAT NUMERU: **POMPY EFEKTYWNE**

ZASTOSOWANIE TURBIN WODNYCH W SIECIACH CIEPŁOWNICZYCH. MAŁA ELEKTROWNIA SIECIOWA MPEC KRAKÓW

Mariusz Piękoś, Paweł Jastrzębski

Z ŻYCIA BRANŻY

KRAJOWA CERTYFIKACJA POMP I ZESPOŁÓW POMP POŻAROWYCH

Michał Chmiel

EKSPLOATACJA

PRZYCZYNY, SKUTKI I ZAPOBIEGANIE NADMIERNYM DRGANIOM POMP

70

Waldemar Jędral

Sebastian Podsędek
redaktor wydania
tel. 32 415 97 74 wew. 18
e-mail: sebastian.podsedek@e-bmp.pl

Nowy Kierunek – cele bez zmian

Tytuł magazynu – jeszcze ten stary – na czynniki pierwsze rozłożył w swoim felietonie dr inż. Piotr Świtalski (str. 86). A nowa nazwa, którą „wita" czytelników nasza okładka, to rezultat wdrożonej niedawno polityki marketingowej naszego wydawnictwa, dążącego do mocniejszego ujednolicenia tytułów i wzmocnienia marki. Jedno się nie zmieni – nadal chcemy pozostawać profesjonalnym magazynem dla wszystkich użytkowników, jak i producentów pomp.

To właśnie oni są niejednokrotnie także autorami artykułów publikowanych na naszych łamach. Osobami, które służą innym swoim doświadczeniem i wiedzą. Na organizowanym przez firmę BMP Kongresie Użytkowników Pomp przeprowadziłem z takimi specjalistami wiele rozmów – zarówno z dostawcami, jak i użytkownikami pomp. Kilka z nich zostało spisanych w formie wywiadów i opublikowanych w tym numerze. Co z nich wynika? Firmy z branży pomp mocny akcent kładą dziś na inwestycje we własne źródła energii, chcąc uzyskać jak największą niezależność energetyczną. Jak mówi Piotr Bera, prezes InterApp (str. 24), energia z odnawialnych źródeł to kierunek wyznaczony w całej grupie AVK, do której należy InterApp. W podobną stronę zmierza również Hydro-Vacuum, starając się obniżyć ślad węglowy i osiągnąć samowystarczalność energetyczną – co zaznacza dyrektor produkcji Jakub Grabowski (s. 52), który dodaje, że ciekawym rozwiązaniem w ich fabrykach jest wykorzystanie kobotów, zastępujących operatorów maszyn.

Kolejnym istotnym wyzwaniem, na jakie wskazują dziś producenci pomp, jest pozyskanie nowych pracowników, zwłaszcza takich, którzy cenią sobie rozmowy z klientami. Paweł Ziółkowski, inżynier wsparcia technicznego z PVG (str. 57) oraz Krzysztof Rudnik, członek zarządu Przedstawicielstwa w Polsce PwP Sp. z o.o. i Michał Wojda, dyrektor ds. sprzedaży (str. 54) podkreślają, jak ważny jest kontakt z użytkownikiem, by we właściwy sposób zaprojektować i następnie eksploatować układy pompowe.

Na brak „młodych" – poza firmami producenckimi – skarży się także przemysł, jak i uczelnie. Czy grozi nam w przyszłości brak kadry technicznej? Czy zabraknie specjalistów do projektowania, wytwarzania, serwisu i obsługi pomp? Do rozwiązywania trudności z ich eksploatacją, remontami, energochłonnością? O niektórych z owych problemów pisze np. profesor Waldemar Jędral (na temat drgań; str. 70) czy dr hab. inż. Krzysztof Karaśkiewicz (o kawitacji; str. 62).

Drugi numer magazynu tradycyjnie ukazuje się tuż przed świętami i myślę, że to bardzo dobra okazja do przekazania najserdeczniejszych życzeń – wesołych, zdrowych i spokojnych Świąt oraz wszystkiego najlepszego na nadchodzący 2024 rok.

Sebastian Podsędek

KIERUNEK POMPY
kierunekpompy.pl

Wydawca:
BMP spółka z ograniczoną odpowiedzialnością spółka komandytowa

KRS: 0000406244, REGON: 242 812 437
NIP: 639-20-03-478
ul. Morcinka 35
47-400 Racibórz
tel./fax 32 415 97 74
tel.: 32 415 29 21, 32 415 97 93
e-mail: pompy@e-bmp.pl
www.kierunekpompy.pl

BMP to firma od ponad 30 lat integrująca środowiska branżowe, proponująca nowe formy budowania porozumienia, integrator i moderator kontaktów biznesowych, wymiany wiedzy i doświadczeń. To organizator branżowych spotkań i wydarzeń – znanych i cenionych ogólnopolskich konferencji branżowych, wydawca profesjonalnych magazynów i portali.

Rada Programowa:

prof. dr hab. inż. Andrzej Błaszczyk,
prezes zarządu HYDRO-POMP

prof. dr hab. inż. Waldemar Jędral,
Politechnika Warszawska

dr inż. Ryszard Nowicki,
niezależny ekspert w obszarze systemów zabezpieczenia maszyn i urządzeń, diagnostyki stanu technicznego oraz systemów wspomagania UR na poziomie przedsiębiorstwa i koncernu

dr inż. Grzegorz Pakuła,
Stowarzyszenie Producentów Pomp

prof. zw. dr inż. Janusz Plutecki,
Politechnika Wrocławska

dr inż. Marek Skowroński, Politechnika Wrocławska

Tomasz Słupik,
Zakłady Pomiarowo-Badawcze Energetyki „ENERGOPOMIAR"

dr inż. Przemysław Szulc,
Politechnika Wrocławska

dr inż. Piotr Świtalski,
Akademia Techniki Pompowej

dr inż. Yuliia Tarasevych,
Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie

Piotr Wiśniewski,
specjalista ds. techniki pompowej, niezależny ekspert

Prezes zarządu BMP Spółka z ograniczoną odpowiedzialnością sp. k.
Mateusz Grzeszczuk

Redaktor Naczelny:
Przemysław Płonka

Redaktor wydania:
Sebastian Podsędek

Redakcja techniczna:
Marcelina Gąsior

Dział handlowy:
Magda Widrińska, Monika Majewska, Jolanta Mikołajec-Piela, Ewa Dombek, Marta Mika

Kolportaż:
Rafał Ruczaj

Wykorzystywanie materiałów i publikowanie reklam opracowanych przez wydawcę wyłącznie za zgodą redakcji. Redakcja zastrzega sobie prawo do opracowywania nadesłanych tekstów oraz dokonywania ich skrótów, możliwości zmiany tytułów, wyróżnień i podkreśleń w tekstach. Artykułów niezamówionych redakcja nie zwraca.

Redakcja nie odpowiada za treść reklam.
Niniejsze wydanie jest wersją pierwotną czasopisma
Fot. na okładce: **Grupa Powen-Wafapomp**

Druk: Fischer sp. z o.o.

STACJA PRÓB NA GORĄCĄ WODĘ FIRMY SIGMA

Zaprojektowana do testowania pomp o temperaturze pompowanej wody do 200 stopni Celsjusza oraz ciśnieniu na tłoczeniu 520 barów. Fotoreportaż z fabryki pomp grupy Sigma – na stronie 16

Fot. BMP

PGE PLANUJE ROZBUDOWĘ ELEKTROWNI SZCZYTOWO-POMPOWEJ W ŻARNOWCU

Działający od 40 lat obiekt zyska największy w Europie bateryjny magazyn energii.

Elektrownia szczytowo-pompowa Żarnowiec na Pomorzu o mocy ponad 700 MW, uruchomiona dokładnie 40 lat temu, do tej pory pozostaje największym w Polsce obiektem tego typu. W jej sąsiedztwie powstanie niedługo największy w Europie, wielkoskalowy magazyn energii, który pomoże w bilansowaniu Krajowego Systemu Elektroenergetycznego i ułatwi integrację budowanych na Bałtyku morskich farm wiatrowych. Górny zbiornik elektrowni jest budowlą sztuczną o powierzchni 135 ha i może pomieścić 13,8 mln m^3 wody. Kiedy zaczyna brakować energii, np. w godzinach szczytu, następuje zrzut wody z górnego zbiornika do dolnego, co napędza turbiny, które przekształcają ruch w energię kinetyczną. Z kolei w momentach nadwyżki energii pompuje się wodę z dolnego zbiornika do górnego, gdzie jest przechowywana jako energia potencjalna.

Źródło newseria.pl

PIONIERSKIE ROZWIĄZANIE W BOŻYCH DARACH. WYKORZYSTANIE WÓD KOPALNIANYCH DO PRODUKCJI ENERGII

W pompowni Boże Dary wchodzącej w struktury Centralnego Zakładu Odwadniania Kopalń (CZOK) – Oddziału SRK S.A. ma rozpocząć pracę hydrogenerator. Będzie to pierwsze na świecie tego typu rozwiązanie wykorzystujące podziemną pokopalnianą infrastrukturę.

Źródło i fot.: SRK

SYMPOZJUM „POLSKIE POMPY I ARMATURA DLA ENERGETYKI JĄDROWEJ"

4-5 października 2023 roku w podwarszawskiej Jachrance odbyło się sympozjum „Polskie pompy dla energetyki jądrowej", zorganizowane pod patronatem Ministerstwa Klimatu i Środowiska, które od lat prowadzi działania zmierzające do zwiększenia udziału polskich firm w łańcuchu dostaw do elektrowni jądrowych planowanych do wybudowania w naszym kraju.

Sympozjum zostało zorganizowane przez Stowarzyszenie Producentów Pomp oraz Stowarzyszenie Polska Armatura Przemysłowa. Firmy wchodzące w skład stowarzyszeń mają potencjał techniczny pozwalający na realizację dostaw dla energetyki jądrowej. Celem sympozjum było przedyskutowanie, jak umożliwić wykorzystanie tego potencjału poprzez usuwanie barier formalnych i właściwą organizację procesu tworzenia łańcucha dostaw.

W spotkaniu brali udział między innymi reprezentanci zagranicznych firm oferujących budowę bloków jądrowych: Westinghouse, EDF, Bechtel oraz polskich spółek, które będą pełnić rolę inwestorów i operatorów bloków jądrowych: Polskie Elektrownie Jądrowe, Orlen Synthos Green Energy, Industria.

Przedstawiciel Ministerstwa wygłosił referat omawiający aktualny status polskiego projektu jądrowego. Istotną kwestią jest tu uzgodnienie standardów technicznych, jakie będą obowiązywać w polskiej energetyce jądrowej oraz budowa systemu bezpieczeństwa nuklearnego. Przedstawiciele Państwowej Agencji Atomistyki oraz Urzędu Dozoru Technicznego omówili rolę swoich instytucji w tym procesie. Przedstawiony został także referat omawiający fińskie doświadczenia na powyższym polu. Polskie firmy wchodzące w skład stowarzyszeń organizujących sympozjum: Grupa POWEN-WAFAPOMP SA, Anga Uszczelnienia Mechaniczne, Fabryka Armatury Przemysłowej Wakmet, Zetkama, Zamkon, Zakład Automatyki Polna SA, Auma Polska Sp. z o.o. przedstawiły swoje możliwości techniczne oraz dotychczasowe dokonania w branży jądrowej. Agencja Rozwoju Przemysłu zaprezentowała ofertę finansowania rozwoju technologii

wymaganych w zastosowaniach jądrowych, Politechnika Wrocławska przybliżyła własne możliwości w zakresie kształcenia inżynierów dla energetyki jądrowej, a przedstawiciel Instytutu Spawalnictwa wygłosił przeglądowy referat na temat wymagań technicznych, jakościowych i organizacyjnych obowiązujących w tym obszarze.

Specyfika energetyki jądrowej polega na tym, że poszczególne projekty wymagają długiego okresu przygotowawczego. W szczególności proces doboru oraz kwalifikowania poddostawców komponentów bloków jądrowych jest wieloetapowy i długotrwały. Sympozjum „Polskie pompy i armatura dla energetyki jądrowej" spełniło swoją rolę, którą było ułatwienie polskim producentom włączenia się w ten proces w odpowiednim czasie.

Opracowanie: Grzegorz Pakuła, Stowarzyszenie Producentów Pomp

INSTALACJE FOTOWOLTAICZNE NA STACJACH POMPOWNI WODY I PRZEPOMPOWNI ŚCIEKÓW

Trwa realizacja zadania pn.: „Budowa instalacji fotowoltaicznych zasilających pompownie wody i przepompownie ścieków oraz budynki użyteczności publicznej w mieście Limanowa”.

Realizacja wszystkich zadań związanych z budową instalacji fotowoltaicznych zasilających pompownie wody i przepompownie ścieków oraz budynki użyteczności publicznej kosztować będzie 1.321,108,56 zł, a kwota ta w 97,8% pokryta zostanie ze środków pozyskanych przez Miasto Limanowa z Funduszu „Polski Ład”.

Źródło i fot.: Miasto Limanowa

PERN ZWIĘKSZYŁ PRZEPUSTOWOŚĆ ROPOCIĄGU POMORSKIEGO

Nawet 7 mln ton ropy naftowej rocznie więcej, dostarczonej do klientów PERN za pośrednictwem rurociągu pomorskiego – to efekt możliwości dodawania do surowca specjalnej substancji, tzw. DRA, która zmniejsza opory przy tłoczeniu i jednocześnie obniża energochłonność procesu.

DRA (ang. *Drag Reducing Agents*) redukuje opory ropy naftowej powstające w dużym stopniu przy burzliwym przepływie za każdą pompownią, dzięki czemu powoduje zmniejszenie strat powstałych wskutek tarcia i w konsekwencji nawet do 30% wzrost natężenia przepływu.

Źródło i fot.: PERN

7

MLN ZŁ

Prawie tyle pochłonie inwestycja związana z budową sieci wodociągowej Bałupiany – Niedrzwica – Łobody – Wiłkajcie – Somaniny – Mażucie – Pietraszki wraz z przepompownią wody w Gołdapi. Zadanie o wartości 6 919 991,97 zł dofinansowane zostało z Rządowego Programu Polski Ład kwotą 6 573 992,37 zł. Zakończenie inwestycji i oddanie do użytkowania wybudowanej sieci nastąpi do sierpnia 2024 roku

Źródło: Urząd Miejski w Gołdapi

”

Systemowo zorganizowana eksploatacja pomp głębinowych wymaga usprawnienia pracy systemu informacyjnego. Powinien być on poszerzony o elementy diagnostyki, która wyraźnie poprawia jakość decyzji eksploatacyjnych

– dr Marian Strączyński,

niezależny ekspert.

Więcej na str. 78

PROMESA NA BUDOWĘ I MODERNIZACJĘ GMINNEJ INFRASTRUKTURY WODNO-KANALIZACYJNEJ

Gmina Boguchwała otrzymała promesę z Rządowego Funduszu Polski Ład: Program Inwestycji Strategicznych na realizację projektu „Budowa i modernizacja infrastruktury wodno-kanalizacyjnej”.

W projekcie uwzględniono m.in. inwestycje w zakresie infrastruktury kanalizacyjnej polegające na modernizacji istniejących pompowni ścieków – przebudowa i uszczelnienie zbiorników pompowni, wymiana pomp zatapialnych wraz z rurociągami technologicznymi i armaturą, wykonaniu nowych szaf zasilająco-sterowniczych, doposażeniu pompowni w przepływomierze elektromagnetyczne na rurociągach tłocznych.

Źródło i fot.: Urząd Miejski w Boguchwale

ŁASK OPTYMALIZUJE KOSZTY ENERGII

Pracownicy SUW w Ostrowie dokonali wymiany pompy jednej ze studni głębinowych, z której czerpana jest łaska źródlana kranówka.

Nowa pompa charakteryzuje się przede wszystkim mniejszym zużyciem energii elektrycznej przy porównywalnych parametrach pracy w odniesieniu do dotychczas pracującej pompy głębinowej. Jak pokazują wyliczenia kierownika SUW, inwestycja winna zwrócić się już po roku w oszczędnościach na energii elektrycznej, której koszt dla przedsiębiorstwa w porównaniu do 2022 roku wzrósł o ponad 100% z tytułu zakupu energii i ponad 62% z powodu dystrybucji.

Źródło i fot.: MPWiK w Łasku

KONSTRUKCJE MINITURBIN THV I ICH PRZEWAGI NAD POMPAMI W RUCHU TURBINOWYM PAT

dr inż. Witold Lorenz, dr inż. Marcin Janczak
Dział Badawczo-Rozwojowy Hydro-Vacuum S.A.

Miniturbiny THV mogą pracować jako regulatory na sieciach wodociągowych i w układach pompowych, w których ze względów technologicznych występuje konieczność obniżenia ciśnienia [6].

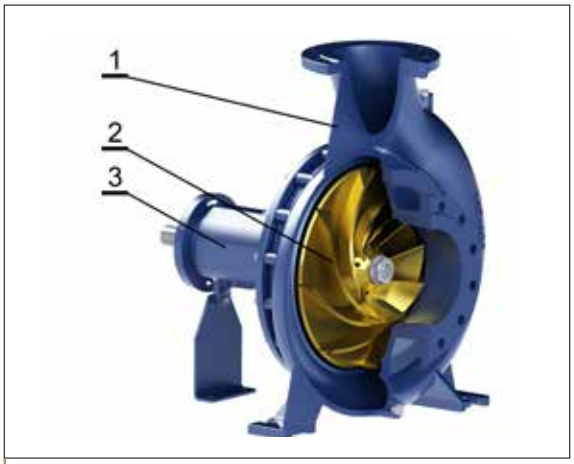
Rosnące ceny energii elektrycznej i konieczność osiągnięcia nałożonych celów klimatycznych wymusza wykonanie pogłębionych analiz układów transportu cieczy i oceny, czy nie dochodzi w nich do strat energii na skutek dławienia ciśnienia lub jałowych zrzutów cieczy [1, 2]. Doskonałym przykładem takich systemów są układy technologiczne chłodzenia wody w zakładach przemysłowych z centralną pompownią, zasilającą odbiorniki o różnym oporze hydraulicznym. Mogą to również być sieci wodociągowe lub ciepłownicze, w których ze względu na ukształtowanie terenu czy bliskość centralnej pompowni od odbiorcy wymagane jest stosowanie regulatorów w celu obniżenia ciśnienia do wymaganej wartości [8]. Wartość traconej energii w ilości od kilku do kilkunastu (czasami kilkudziesięciu) kilowatów sprawia, że zagospodarowanie takich „źródeł" jest ekonomicznie uzasadnione wyłącznie w przypadku niskich kosztów inwestycji. Dobrym sposobem na zagospodarowanie powyższych „źródeł" jest wykorzystanie pomp do pracy w ruchu turbinowym – PAT [3, 4, 5, 7, 9, 11, 12].

RYS. 1
Miniturbina THVf.150-250 – układ przepływowy turbiny typu Francisa fabrycznie zabudowany w korpusie seryjnie produkowanej pompy NHVf.150-250

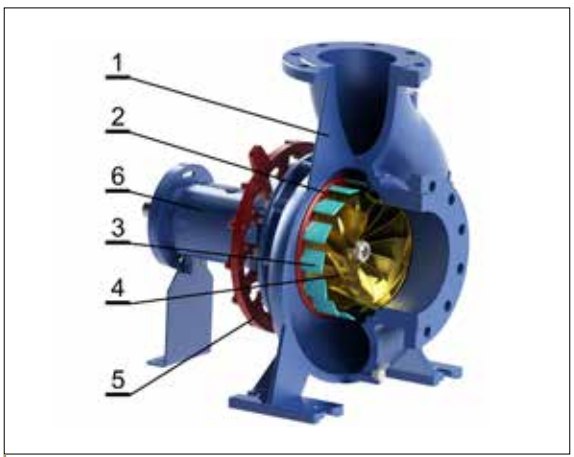
Pewnym problemem w ich zastosowaniu są niedoskonałe modele matematyczne [10], służące do obliczenia potwierdzanych później na Stacji Prób Pomp parametrów pracy, w tym sprawności, i w większości brak szeroko dostępnych, uzyskiwanych na drodze badań doświadczalnych charakterystyk energetycznych pracy pomp jako PAT. Problem stanowi również wąski, możliwy do uzyskania zakres regulacji przepływu w układzie z wykorzystaniem PAT.

W związku z powyższym, w 2021 r. w Hydro-Vacuum S.A. rozpoczęto prace nad budową typoszeregu miniturbin o przełyku od 100 do 1000 m^3/h, do których produkcji wykorzystane są elementy konstrukcyjne nowo projektowanych pomp. Działania te wykonywane są w ramach projektu pt. „Prace badawcze nad opracowaniem zintegrowanej innowacyjnej konstrukcji miniturbin i pomp normowych". Projekt współfinansowany jest z Funduszy Europejskich w ramach Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój – konkurs: Szybka Ścieżka. Głównym jego celem jest opracowanie mini-

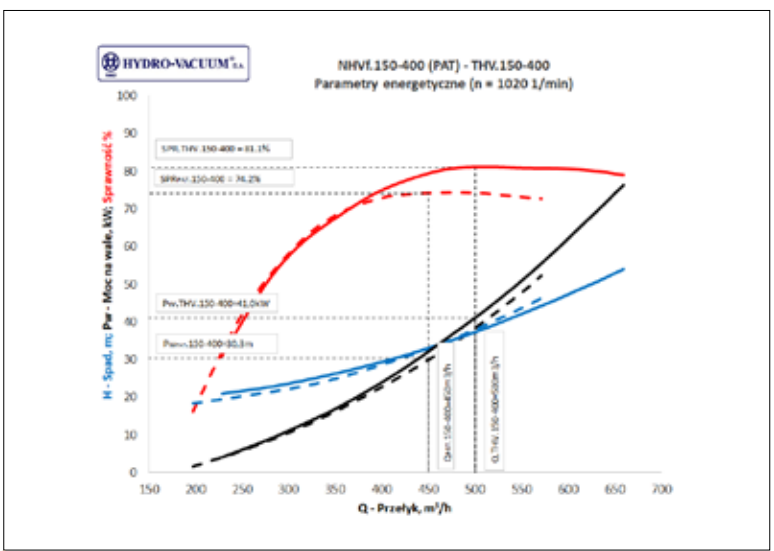
Projekt jest współfinansowany ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój 2014-2020



RYS. 2
Miniturbina THV (1 – korpus pompy wg PN-EN 733, 2 – wirnik miniturbiny, 3 – układ łożyskowy)



RYS. 3
Miniturbina THVf
(1 – korpus pompy wg PN-EN 733, 2 – pierścień boczny kierownicy, 3 – łopatki kierownicy, 4 - wirnik typu Francisa, 5 – aparat kierowniczy, 6 – układ łożyskowy)



RYS. 4
Porównanie parametrów energetycznych miniturbiny THV.150-400 (linie ciągłe) i pompy NHVf.150-400 w ruchu turbinowym (linie przerywane) dla n = 1020 1/min

turbin o wyższej sprawności niż PAT, umożliwiających szeroki zakres regulacji, przy zachowaniu ceny zbliżonej do ceny pomp. Wyniki pomiarów doświadczalnych w postaci charakterystyk pracy miniturbin będą zamieszczone w ogólnodostępnej bazie danych (PDP) znajdującej się na stronie: www.pdp.hv.pl, tak aby każdy mógł samodzielnie dokonać wstępnego doboru maszyny i wykonać rachunek ekonomiczny przedsięwzięcia.

Rodzaje konstrukcji miniturbin THV i zalecane zastosowania

Projekt miniturbin realizowany jest wspólnie z Katedrą Inżynierii Konwersji Energii Wydziału Mechaniczno-Energetycznego Politechniki Wrocławskiej. W ramach przeprowadzonych prac badawczych wykonano trzy rozwiązania konstrukcyjne miniturbin:

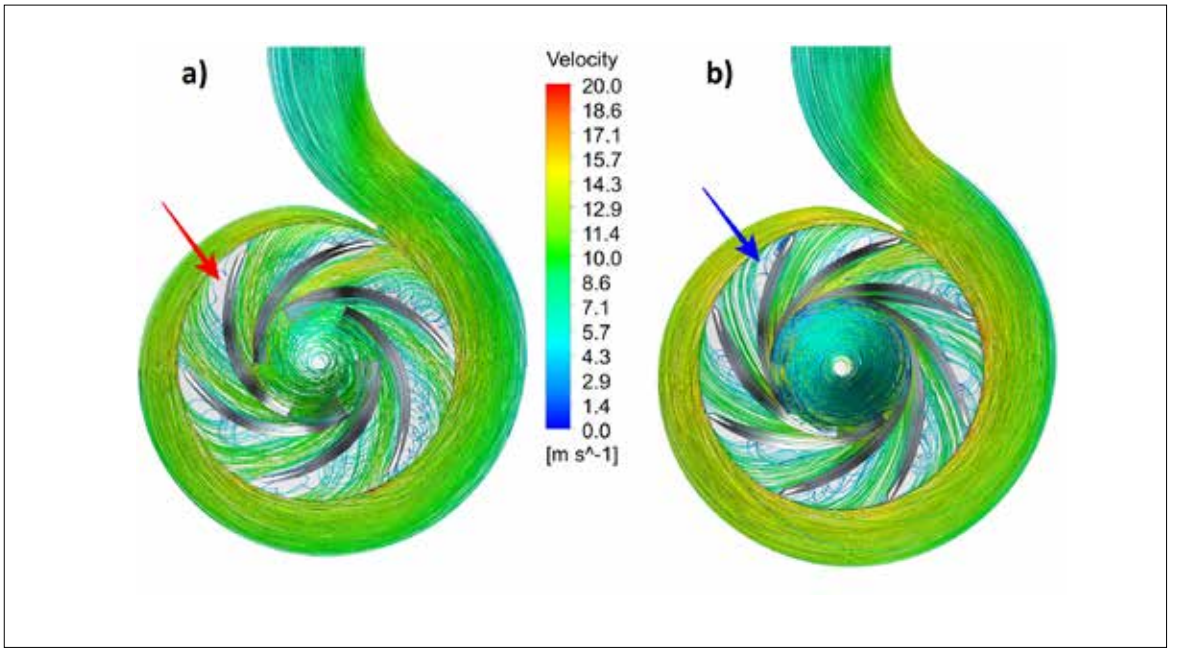
- THV – miniturbina bez łopatkowej kierownicy wlotowej ze specjalnie ukształtowanym wirnikiem wielołopatowym (rys. 2) – konstrukcja zalecana do stosowania w układach o wysokiej temperaturze czynnika (do 140°C), jego dużej agresywności chemicznej i właściwościach abrazyjnych.
- THVf – miniturbina z kierownicą wlotową o regulowanym z zewnątrz kącie ustawienia łopatek i wirnikiem o konstrukcji wzorowanej na turbinie wodnej typu Francisa (rys. 3) – konstrukcja zalecana dla układów wody zimnej (do 60°C) bez substancji abrazyjnych.
- THVfc – miniturbina z kierownicą wlotową o stałym kącie ustawienia łopatek i wirnikiem o konstrukcji wzorowanej na turbinie wodnej typu Francisa – konstrukcja zalecana do pracy w układach o wysokiej temperaturze czynnika (do 140°C) i jego dużej agresywności chemicznej.

Parametry energetyczne miniturbin

Na skutek zastosowania specjalnej konstrukcji układu przepływowego, opracowane miniturbiny charakteryzują się wysoką sprawnością energetyczną o wartościach nominalnych od 80 do 84%.

W przykładzie pokazanym na rys. 4 umieszczono charakterystyki energetyczne pompy NHVf.150-400 (linie przerywane) w ruchu turbinowym (PAT) oraz zbudowanej na jej bazie miniturbiny THV.150-400 (linie ciągłe). Poprzez zastosowanie nowego rozwiązania konstrukcyjnego wirnika wielołopatowego uzyskano znaczny (ponad 6%) wzrost sprawności miniturbiny w odniesieniu do pompy (PAT). Wzrósł również optymalny przełyk maszyny, co umożliwia zastosowanie miniturbiny na wyższe parametry, przy zachowaniu wyższej sprawności niż dla PAT, przy tym samym koszcie produkcji. Kształt charakterystyk sprawności η(Q), spadu H(Q) i mocy Pw(Q) obu maszyn jest mocno zbliżony. Dla H(Q) obserwuje się korzystne spłaszczanie charakterystyki, co rozszerza zakres regulacji poprzez zmianę szybkości obrotowej w trakcie pracy na stały spad.

Przedstawione wyżej różnice pracy PAT i miniturbiny THV wynikają głównie z charakteru



RYS. 5 Trajektorie cząstek cieczy dla: a) pompy NHVf.150-400 - PAT; b) miniturbiny THV.150-400

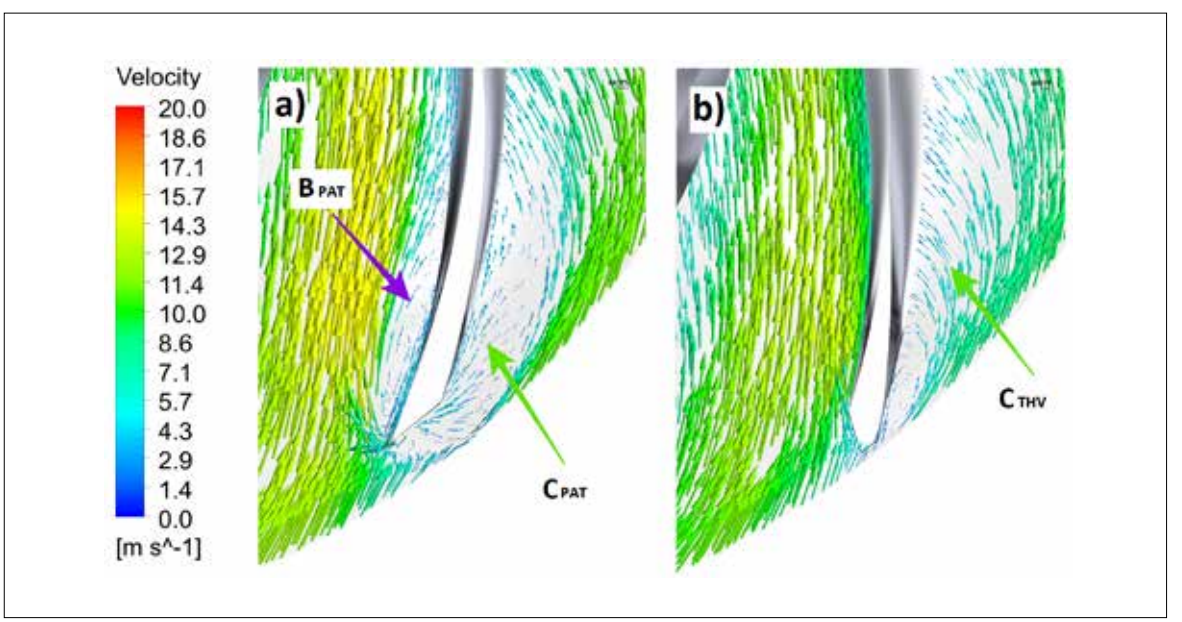
przepływu czynnika, charakteru zmian energii i strat hydraulicznych w rozpatrywanej maszynie energetycznej.

W związku z powyższym, jednym z kryteriów badania poprawności pracy obu maszyn jest ocena porównawcza wizualizacji wyników jakościowych, które zestawiono dla odpowiadających sobie optymalnych punktów pracy.

Na rysunku 5, w rzucie przednim, przedstawiono wyniki symulacji numerycznych pompy NHVf.150-400 pracującej jako PAT (a) i miniturbiny THV.150-400 (b). Badania CFD obu maszyn realizowano dla tej samej szybkości obrotowej zespołu wirującego wynoszącej n = 1020 1/min i dla optymalnych wydajności, czyli odpowiednio $Q_{opt\,PAT} = 450\ m^3/h$ oraz $Q_{opt\,THV} = 500\ m^3/h$.

W obu analizowanych przypadkach zauważa się dość wyraźne miejsca oznaczone strzałkami (PAT – strzałka czerwona, THV – strzałka niebieska), gdzie ciecz, po wpłynięciu do palisady łopatkowej wirnika, tworzy przestrzenie najniższych prędkości przepływu, które określa się jako strefy recyrkulacji. Charakter ukształtowania przedstawionych przestrzeni wskazuje na niedopasowanie kątów napływu cieczy i geometrii łopatki w przestrzeni krawędzi natarcia[1]. Zilustrowane różnice pokazano na widokach przednich w postaci wektorów prędkości umieszczonych na płaszczyźnie ulokowanej w połowie wysokości krawędzi natarcia[1] łopatki (rys. 6).

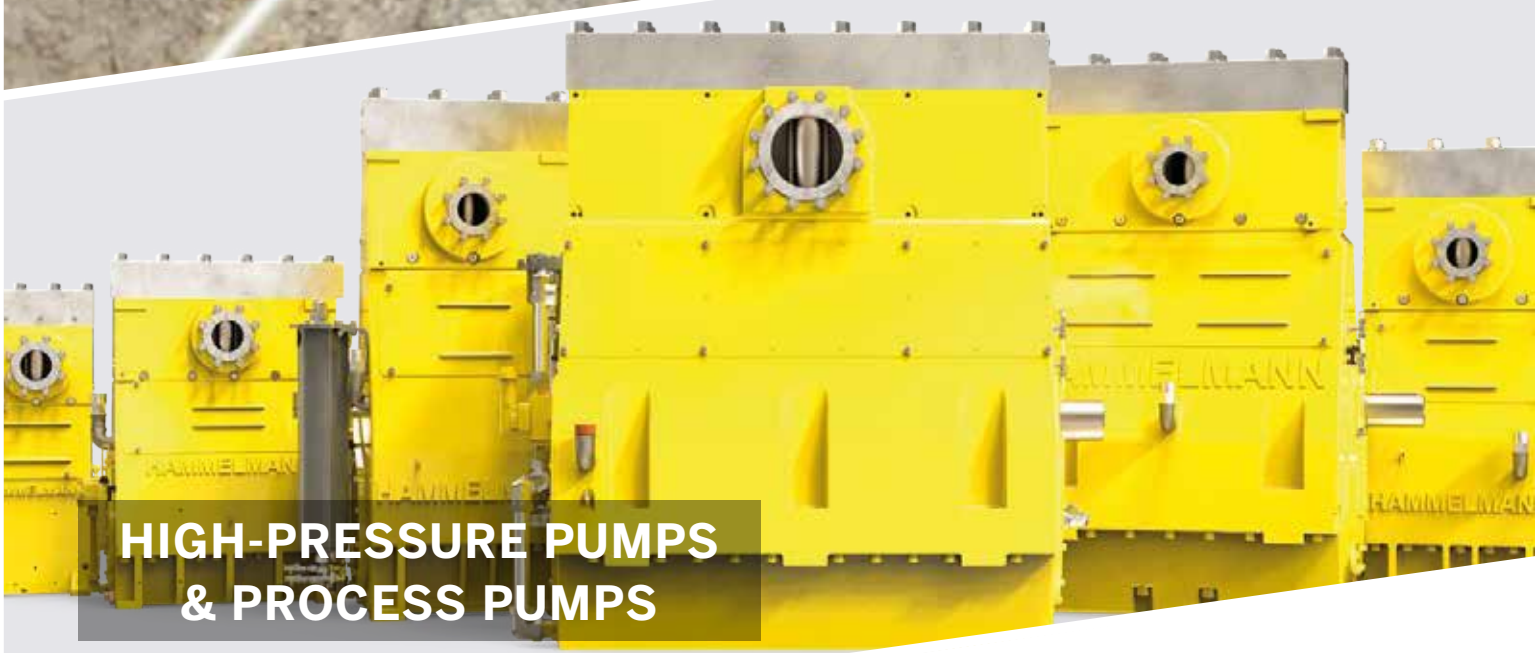
Wyznaczone, niewłaściwie pracujące strefy, w przypadku pracy PAT są po czynnej (C_{PAT} – rys. 6a



RYS. 6 Wektory prędkości ulokowane w połowie wysokości krawędzi wlotowej[1] łopatki

WATERJETTING SOLUTIONS

TANK CLEANING



HIGH-PRESSURE PUMPS & PROCESS PUMPS

Hammelmann GmbH
Carl-Zeiss-Straße 6-8
D-59302 Oelde

(0) 25 22 / 76 - 0
mail@hammelmann.de
www.hammelmann.de

HAMMELMANN®

ZWICK

ARMATUREN GMBH

H2-Ready!

TRI-SHARK

METAL SEATED CONTROL VALVE

100 % TIGHT*

*acc. to DIN EN 12266-1

HIGH STANDARD VALVES

FOR NON-STANDARD CONDITIONS.

WWW.ZWICK-ARMATUREN.DE

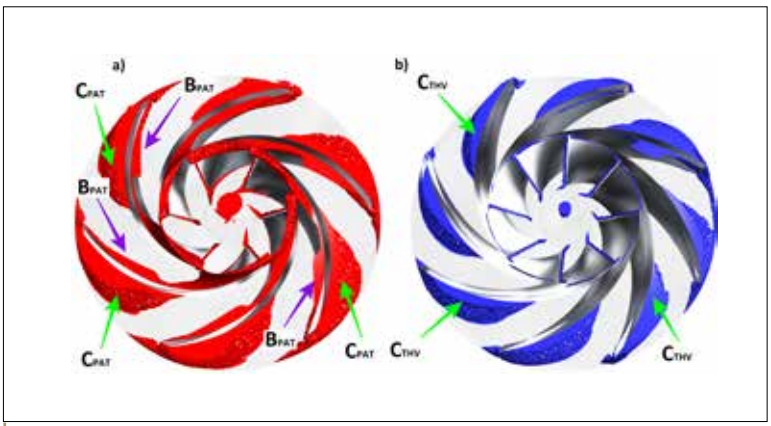
oraz C_{PAT} rys. 7a) i biernej (B_{PAT} – rys. 6a oraz B_{PAT} rys. 7a) stronie łopatki, natomiast dla miniturbiny THV występują tylko po stronie czynnej (C_{THV} – rys. 6b oraz C_{THV} – rys. 7b). Wyraźnie zauważa się, że wielkości stref recyrkulacji po stronie czynnej są większe niż po biernej. Ponadto wielkość wynaczonych przestrzeni (C_{PAT}, B_{PAT} i C_{THV}) nie jest jednakowa dla każdej łopatki wirnika dla odpowiadajacych sobie maszyn (rys. 7).

Przyjęto, że wielkość stref recyrkulacji, które niekorzystnie wpływają na pracę turbinową, wyznacza obszar, gdzie prędkości względne przepływu czynnika są mniejsze niż 5 m/s. Przestrzenie te, oznaczone czerwonym kolorem w wirniku, w przypadku PAT stanowią ~15,3% całkowitej objętości cieczy jego wnętrza. W przypadku miniturbiny THV analogiczne strefy, oznaczone kolorem niebieskim, są mniejsze i stanowią ~14,2% całej objętości wirnika.

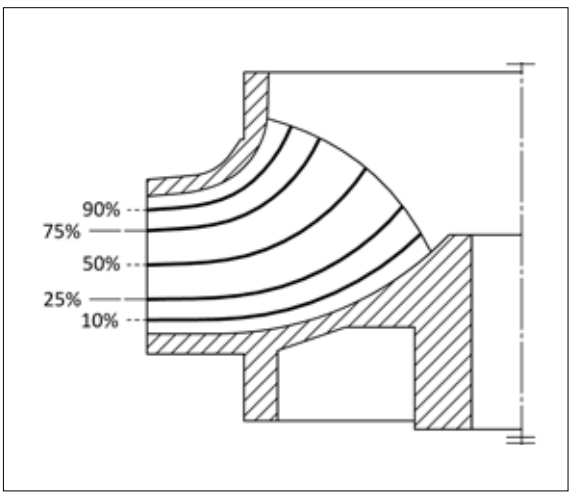
Występowanie stref recyrkulacji wpływa niekorzystnie na charakter przepływu cieczy w wirniku. Na rysunkach (rys. 9-13) przedstawiono trajektorie cząstek cieczy na powierzchniach rozwinięcia palisady łopatkowej wirnika: pompy dla pracy PAT i miniturbiny THV. Aby je utworzyć, zrzutowano na odpowiednich wysokościach konstrukcyjne linie prądu w przestrzeni międzytarczowej (międzywieńcowej) rzutu południowego wirnika. Położenia analizowanych powierzchni wynoszą odpowiednio 10, 25, 50, 75 i 90% całkowitej wysokości łopatki względem jej podstawy i pokazano je na rys. 8.

Na rys. 9 ukazano powierzchnię rozwinięcia (rozwinięcie palisady łopatkowej wirnika) wykonaną na 10% wysokości łopatki. Różnice w przepływie między pracą pompy jako PAT a miniturbiną THV, patrząc na przestrzenie z recyrkulacjami po stronie czynnej łopatki C_{PAT} i C_{THV}, są nieznaczne. Wyraźnie odnotowuje się różnice w odchyleniu strumienia przepływu, gdzie dla pracy PAT (O_{PAT}) jest bardziej skośnie ukierunkowane względem łopatki aniżeli dla pracy THV (O_{THV}).

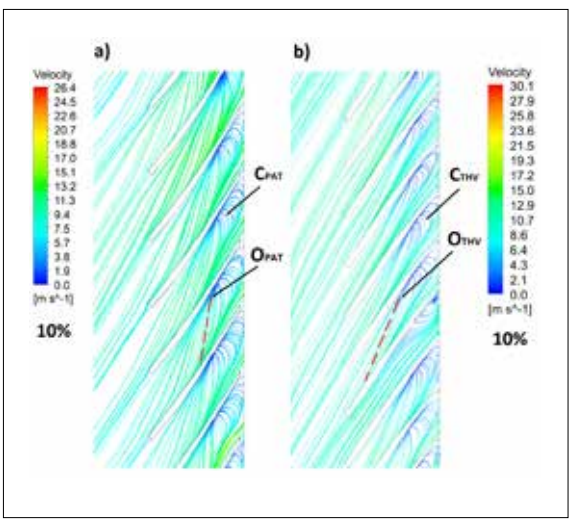
Dla powierzchni ulokowanej na 25% wysokości łopatki (rys. 10) recyrkulacja (C_{PAT} i C_{THV}) jest podobnie odnotowywalna jak dla powierzchni utworzonej na 10% wysokości łopatki. Odchylenie przepływu dla pracy PAT (O_{PAT}) jest, mimo zmniejszenia skośności



RYS. 7
Strefy najmniejszych prędkości przepływającej cieczy

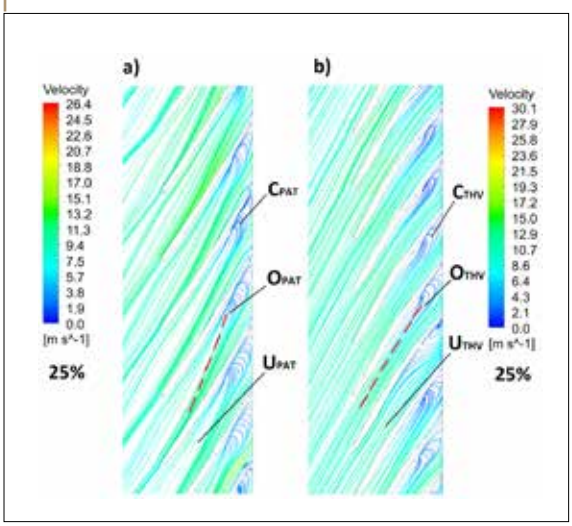


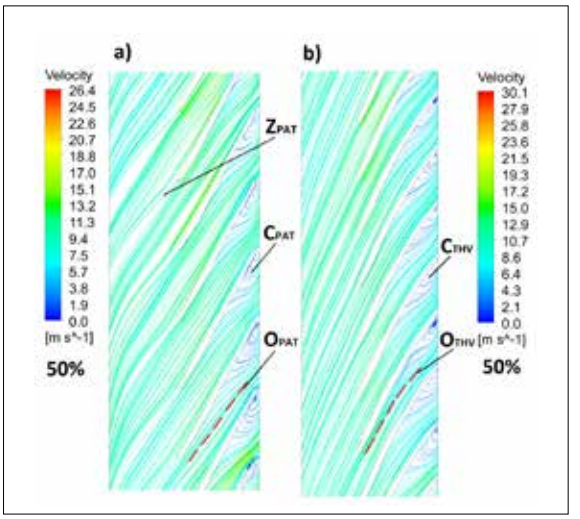
RYS. 8
Lokalizacje powierzchni utworzone w wyniku zrzutowania konstrukcyjnych linii prądu umieszczonych w przestrzeni międzywieńcowej przekroju południkowego wirnika



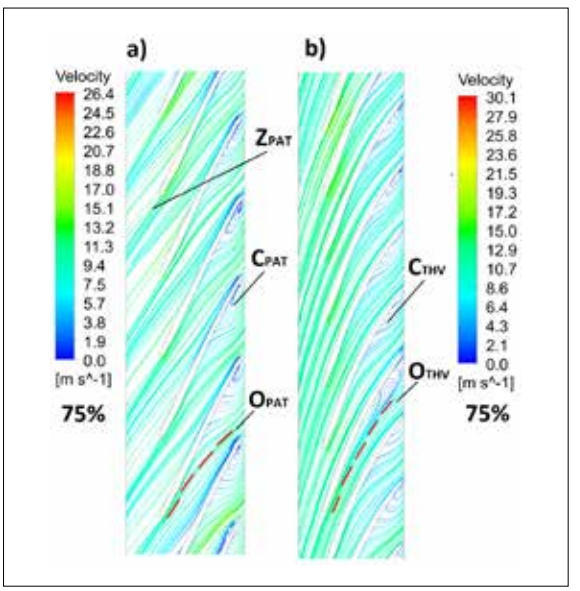
RYS. 9
Rozwinięcia palisady łopatkowej wirnika dla pracy PAT (a) i miniturbiny THV (b), 10% wysokości łopatki

RYS. 10
Rozwinięcia palisady łopatkowej wirnika dla pracy PAT (a) i miniturbiny THV (b), 25% wysokości łopatki

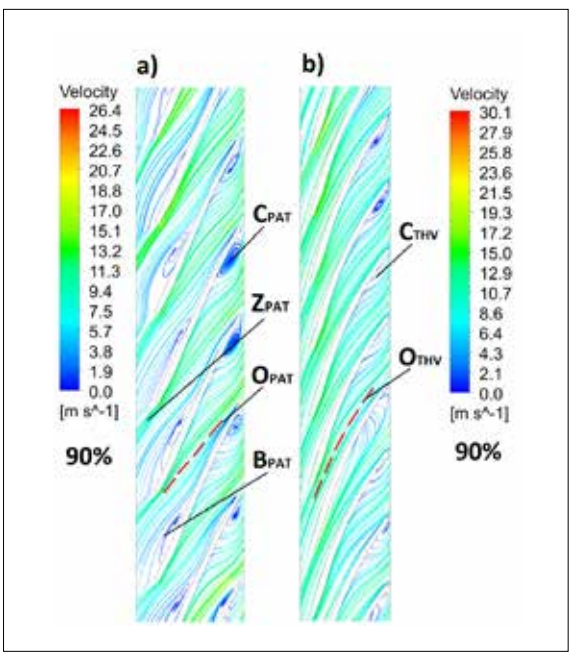




RYS. 11 Rozwinięcia palisady łopatkowej wirnika dla pracy PAT (a) i miniturbiny THV (b), 50% wysokości łopatki



RYS. 12 Rozwinięcia palisady łopatkowej wirnika dla pracy PAT (a) i miniturbiny THV (b), 75% wysokości łopatki



RYS. 13 Rozwinięcia palisady łopatkowej wirnika dla pracy PAT (a) i miniturbiny THV (b), 90% wysokości łopatki

(porównując do 10%) względem łopatki, nadal gorsze niż dla pracy THV (O_{THV}), gdzie dla turbiny pozostaje znacznie bliższe równoległemu. Dość wyraźnie zauważa się różnice w uwarstwieniu przepływu, gdzie dla THV (U_{THV}) przepływ charakteryzuje się bardziej równomierną „gęstością" w kanałach międzyłopatkowych niż dla pracy PAT (U_{PAT}).

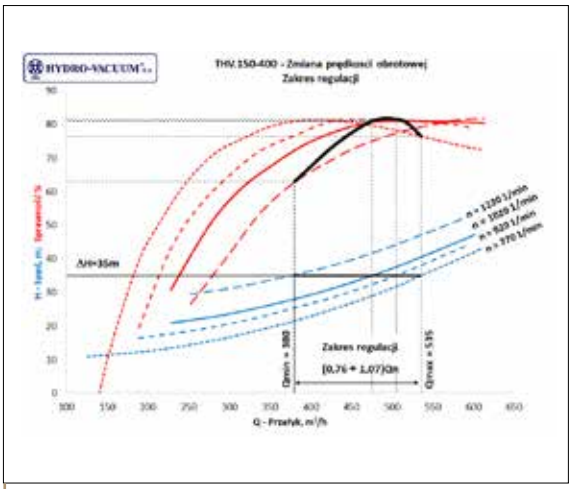
Dla powierzchni utworzonej na 50% wysokości łopatki (rys. 11) przestrzenie C_{PAT} cą nieco większe niż C_{THV}. Przepływ w palisadzie wirnika pompy (praca PAT), mimo że zmienia kąt nachylenia, jest nadal skośny (O_{PAT}). Odchylenie toru przepływu dla miniturbiny THV (O_{THV}) jest względnie równoległe do łopatek. Ponadto, ciecz wypływając z kanałów międzyłopatkowych wirnika pracującego jako PAT zmienia kierunek (Z_{PAT}), czego nie odnotowuje się dla pracy minturbiny THV.

Dla powierzchni utworzonej na 75% wysokości łopatki (rys. 12) przestrzenie recyrkulacji dla PAT (C_{PAT}), przeciwnie niż dla pracy miniturbiny (strefy C_{THV}), odznaczają się przepływem z wyraźnie nakreślonymi torami w kształcie owalno-kołowym. Zwiększyło się również odchylenie skośne przepływu w wirniku dla pracy PAT (O_{PAT}) względem przepływu dla miniturbiny THV (O_{THV}). Zmiana kierunku przepływu cieczy, która wypływa z palisady łopatkowej wirnika PAT (Z_{PAT}), jest jeszcze większa i wyraźniej zauważalna.

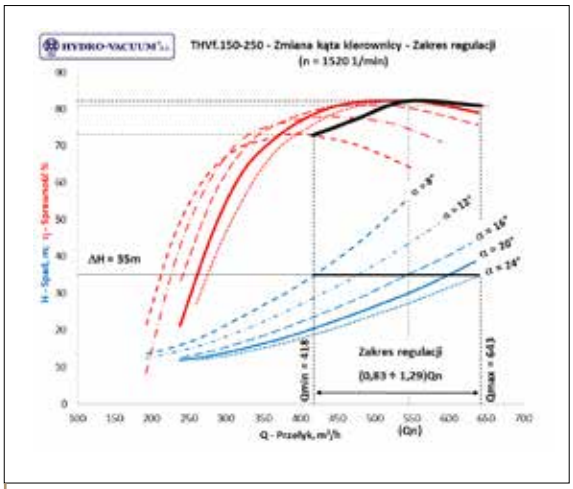
Największe różnice w przepływie odnotowuje się w obszarze blisko tarczy przedniej wirnika, czyli w 90% wysokości łopatki (rys. 13). Przy pracy PAT, przestrzeń C_{PAT} dla przeważającej liczby łopatek ma owalno-kołowe zakreślenia charakteryzujące przepływ cieczy w strefach recyrkulacji. Natomiast dla miniturbiny nie jest tak silnie rozwinięta (C_{THV}). Jej obraz jest podobny jak dla powierzchni ulokowanych na 75% i 50% wysokości łopatki. Przepływ dla PAT – mocno skośny (O_{PAT}) i wspólnie z jeszcze większą zmianą kierunku przepływu cieczy wypływajacej z palisady wirnika (Z_{PAT}) przyczynia się do powstawania kolejnych przestrzeni zaburzeń po stronie biernej łopatki, w pobliżu jej krawędzi wylotowej (B_{PAT}). Dla pracy miniturbiny THV, mimo wzrostu odchylenia torów przepływu (O_{THV}) względem przepływu, jak dla powierzchni położonej w 75% wysokości łopatki, nie odnotowuje się dodatkowej strefy zwolnionego przepływu cieczy na wylocie z wirnika.

Zakres regulacji pracy miniturbin

Miniturbiny THV i THVfc zaprojektowano z myślą o pracy na parametry stałe. Zakres regulacji można rozszerzyć, wyposażając układ w przekształtnik częstotliwości umożliwiający pracę ze zmienną szybkością obrotową. W przykładzie pokazanym na rys. 14 zilustrowano pracę miniturbiny THV.150-400 w układzie, w którym wymagane jest dławienie o wartości 35 m. Poprzez zmianę szybkości obrotowej od 770 do 1220 1/min uzyskano zakres pracy od 380 do 535 m^3/h, co odpowiada wartości 31% nominalnego przełyku (Qn) miniturbiny. Sprawność w tym zakresie zaczyna się od 63% dla najmniejszego przełyku, poprzez 81,1% dla



RYS. 14
Porównanie parametrów energetycznych miniturbiny THV.150-400 w trakcie regulacji szybkości obrotowej podczas pracy na stały spad



RYS. 15
Porównanie parametrów energetycznych miniturbiny THVf.150-250 w trakcie regulacji kąta ustawienia łopat (n = 1520 1/min) podczas pracy na stały spad

parametrów nominalnych i 76,5% dla maksymalnego przełyku. Graficzny rozkład wypadkowej sprawności w trakcie regulacji szybkości obrotowej zilustrowano czarną krzywą na rys. 14. Odnotowuje się dość niekorzystne zjawisko obniżenia sprawności dla przełyku odbiegającego od nominalnego.

Zastosowanie w turbinach THVf płynnej zmiany kąta ustawienia łopat umożliwia osiągnięcie znacznie szerszego zakresu regulowanej pracy niż w THV i THVfc. Dla analogicznego przypadku jak powyżej dobrano miniturbinę THVf.150-250 o mniejszym gabarycie niż THV.150-400, ale pracującą z wyższą nominalną szybkością obrotową (n = 1520 1/min). Dla spadu 35 m zakres regulacji wynosi od 418 do 643 m³/h, co odpowiada wartości 46% Qn. Dodatkowo uzyskiwane są znacznie wyższe sprawności zaczynające się od 73% dla najmniejszego przełyku, poprzez 82,3 dla parametrów nominalnych i 81% dla przełyku maksymalnego. Stromość wypadkowej charakterystyki sprawności zilustrowanej czarną linią na rys. 15 jest znacznie mniejsza niż dla THV.150-400, co w połączeniu z szerszym zakresem regulacji daje możliwość większej produkcji energii.

***

Miniturbiny budowane z wykorzystaniem elementów seryjnie produkowanych pomp stanowią dobrą alternatywę kosztową w porównaniu do indywidulanie projektowanych i wytwarzanych turbin wodnych. Mogą one być wykorzystywane do odzysku energii traconej w układach pompowych oraz zagospodarowania cieków wodnych o niskim potencjale. Zastosowanie specjalnie opracowanych układów turbinowych zapewnia wysoką sprawność produkcji energii oraz umożliwia pracę w szerokim zakresie przełyku. Dostępność maszyn w szerokiej gamie materiałów i na wysokie temperatury spracowywanego czynnika umożliwia ich stosowanie również w układach technologicznych instalacji przemysłowych.

Literatura

[1] A. Łojek, Z. Stankiewicz. Zapotrzebowanie na odzysk energii traconej wskutek dławienia przepływu w różnych procesach technologicznych. Sprawozdanie IMP nr 151/93, Gdańsk 1993.
[2] H. M. Ramos, A. Borga, M. Simão. New design solutions for low-power energy production in water pipe systems, Water Science and Engineering, 2009.
[3] H. Nautiyal, Varum, A. Kumar, S. Yadav, Experimental Investigation of Centrifugal Pump Working as Turbine for Small Hydropower Sys.
[4] J. Steller, A. Adamkowski, Z. Stankiewicz, A. Łojek, J. Rduch, M. Zarzycki, Pumps as Turbines for hydraulic energy recovery and small hydropower purposes in Poland, IMP PAN, TREN/07/FP6EN/S07.74894/038539, 2008
[5] K. Steller. Pompy wirowe jako turbiny wodne. IMP PAN, nr 297(1262), Gdańsk 1990.
[6] K. Steller, A. Łojek. Przegląd procesów technologicznych, w których do odzysku energii traconej wskutek dławienia cieczy przepływu lub zrzutów cieczy, przewiduje się stosowanie pomp wirowych w ruchu turbinowym lub klasycznych turbin wodnych. Sprawozdanie IMP nr 172 /92, Gdańsk 1992.
[7] M. Stefanizzi, M. Torresi, B. Fortunato, S. M. Camporeale, Experimental Investigation and performance prediction modeling of a single stage centrifugal pump operating as turbine, Elsevier, Energy Procedia 126, 2017.
[8] M. Zarzycki, J. Rduch. Odzysk energii hydraulicznej w układach technologicznych, Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, seria Energetyka, zeszyt 127, Gliwice 1996.
[9] Si Huang, Q. Guangqi, S. Xianghui, J. Chen, W. Zou, Performance prediction of a centrifugal pump as turbine using rotor-volute matching principle, Renevable Energy, RENE 8552, 2017.
[10] V. Sanjay, Jain, Rajesh N. Patel. Investigations on pump running in turbine mode: A review of the state-of-the--art., Renewable and Sustainable Energy Reviews 30 (2014) 841–868.
[11] W. Lorenz, M. Janczak, Analiza pracy pompy w ruchu turbinowym, Pompy Pompownie 2/2022.
[12] W. Lorenz, M. Janczak, P. Szulc, analiza pracy pompy normowej w ruchu pompowym (PAP) i turbinowym (PAT), Pompy Pompownie 1/2023.

Przypis

[1] Patrząc zgodnie z przepływem dla pracy turbinowej. ■

JAK PRZETESTOWAĆ KAŻDĄ POMPĘ?

Sebastian Podsędek
redaktor czasopisma „Kierunek Pompy”

Sigma Group to czeski producent pomp, którego historia sięga 1868 roku. Na zaproszenie Tomáša Pozdíška z Sigma Polska odwiedziliśmy należącą do grupy fabrykę zlokalizowaną w małej miejscowości Lutin. To właśnie tutaj znajduje się m.in. innowacyjna stacja prób, na której można pompy poddawać różnego rodzaju testom.

Bieżący rok to wyjątkowy czas dla firmy – w 2023 r. obchodzi 155-lecie powstania, z kolei w roku ubiegłym przypadało 100-lecie zarejestrowania marki Sigma wraz z charakterystycznym logo, na którym znajdziemy trójząb Neptuna połączony z armaturą pompową. Nazwa spółki wzięła się od założyciela Ludvika Sigmunta, który zajmował się produkcją drewnianych pomp i rurociągów.

Dziś w fabryce, znajdującej się w sporym okręgu przemysłowym, zatrudnionych jest około 650 pra-

cowników. Nie wszyscy są z miasteczka – niektórzy dojeżdżają nawet 50 kilometrów. I z pewnością nie wytwarzają już pomp z drewna...

Pompy dostępne na całym świecie

Na ścianie w biurowcu Sigmy wisi mapa świata – zaznaczono na niej państwa, do których firma dostarczyła swoje pompy. Jest ich ponad 70, rozłożonych na każdym kontynencie, może z wyjątkiem Antarktydy. Zresztą ok. 60% każdorocznej sprzedaży trafia na eksport. Niektóre z tych rynków można aktualnie potraktować jako martwe dla Sigmy, np. ze względów politycznych, jak Rosja czy Białoruś; zdarzają się jednak i państwa, które po kilku latach przerwy znowu zaczynają współpracować z Sigmą – takim przykładem jest choćby Egipt. Trafiamy akurat na moment testów i wysyłki kilkunastu pomp do tego afrykańskiego kraju. – Będą wykorzystywane w rolnictwie. To pompy o dużej wydajności 10 m^3/s, ale niskiej wysokości podnoszenia. Przy pomocy czeskiej Spółki Eksportowej gwarancyjnej i ubezpieczeniowej (EGAP), która jest państwową agencją ubezpieczeniową wspierającą projekty eksportowe, udało się nam podpisać kontrakt bezpośrednio z Ministry of Water Resources, zajmującym się gospodarką wodną w Egipcie – wyjaśnia Tomáš Pozdíšek.

Dzięki dużej dywersyfikacji rynków, na których firma jest obecna, sytuacja związana z wojną w Ukrainie nie wprowadziła Sigmy w kłopoty finansowe, a wręcz stworzyła okazję do przejęcia klientów korzystających z pomp rosyjskich. To właśnie w ich serwisie lub wymianie na nowe urządzenia czeska spółka widzi swoją szansę, ponieważ dysponuje infrastrukturą pozwalającą na remonty i obsługę pomp innych producentów.

Energetyka i nie tylko...

W swoim portfolio Sigma posiada pompy głównie do energetyki, ale może pochwalić się także szerokim asortymentem rozwiązań do pompowania różnych cieczy w rafineriach, kopalniach, hutach, rolnictwie, przemyśle chemicznym, oczyszczalniach ścieków. W zakresie produkcji oferuje ponad 90 typoszeregów, z których każdy ma po kilka, kilkanaście, a nawet kilkadziesiąt typów wielkości.

Sigma zajmuje się również projektami „pod klucz" – ma w swojej strukturze spółki zajmujące się projektowaniem, produkowaniem, instalowaniem, uruchamianiem i serwisem pomp. Na polskim rynku również działa kompleksowo, biorąc odpowiedzialność za wszystkie etapy tworzenia układu pompowego.

Odkąd w Czechosłowacji w latach 70. powstały pierwsze bloki jądrowe, Sigma zaczęła działalność i w tej branży, tworząc pierwsze typoszeregi wykorzystywane w elektrowniach atomowych. I działa tam, bez przerwy, cały czas – zajmuje się dostawami i serwisem pomp. Jak opowiada Tomáš Pozdíšek, w Czechach i na Słowacji do dzisiaj funkcjonują elektrownie jądrowe, gdzie wykorzystywane są urządzenia powstałe jeszcze w czasach ZSRR, do których

FOT. 1
Pompy przygotowane do wysyłki do Egiptu

FOT. 2
Sigma ma rozbudowane portfolio swoich pomp

FOT. 3
Sigma w swoim bogatym portfolio oferuje m.in. układy do odpompowywania wody w czasie powodzi czy do gaszenia pożarów

FOT. 4 Specjalne zworniki głównej pompy cyrkulacyjnej reaktora elektrowni jądrowej

trudno dziś zdobyć części. – Sigma jest jednak w stanie wyprodukować zamienniki do podzespołów tych elektrowni lub całe układy zastępujące te aktualnie używane. Stosujemy tu technologię reverse engineering – niezbyt lubianą w przemyśle ze względu na możliwość kopiowania rozwiązań technicznych, natomiast konieczną w przypadku chęci korzystania z obecnych reaktorów jądrowych – tłumaczy T. Pozdíšek.

Części do wykorzystywania w przemyśle jądrowym muszą być certyfikowane i rygorystycznie sprawdzone pod kątem niezawodności. Od pięciu lat obowiązuje w Europie nowa norma ISO 19443 (poszerzenie normy ISO 9001) związana z energetyką jądrową, która określa regulaminy i systemy zarządzania w całym łańcuchu dostaw towarów i usług w tym sektorze. Sigma Group jest pierwszą spółką w Czechach, która już dwa lata wstecz uzyskała taki certyfikat i zamierza kontynuować swoje działania w energetyce jądrowej, którą uważa za przyszłość bezpieczeństwa energetycznego w Europie.

Przez 50 lat działalności w energetyce jądrowej czeska firma dostarczyła tu ponad 1000 układów pompowych i stara się być alternatywą dla największych producentów na świecie – mówią z dumą przedstawiciele firmy.

Jak powstają prototypy?

Istotną pomocą przy tworzeniu prototypów pomp, jak i części zamiennych, jest specjalny skaner, dzięki któremu specjaliści z Sigmy mogą zobrazować dany element i umieścić go w formie cyfrowej w komputerze. Dział techniczny odpowiada za analizę danych i obliczenia wytrzymałościowe, a następnie przygotowanie dokumentacji technicznej i technologicznej w celu stworzenia np. części zamiennej. Dobór materiałów i wpasowanie do istniejącej instalacji to również istotne elementy tej technologii.

Sigma jest aktualnie w trakcie opracowywania metody wykonywania wirników do głównych pomp cyrkulacyjnych reaktora z jednego kawałka materiału wraz z obróbką 100% powierzchni. Jest to wirnik zamknięty; do tej pory odlew dzielony był na pół, poszczególne części obrabiano osobno, a następnie łączono w całość przy pomocy spawu. Prototypowo wykorzystuje się też druk 3D oraz metodę reverse engineering z użyciem skanera 3D.

FOT. 5 Skaner pozwalający na stworzenie cyfrowego obiektu na podstawie rzeczywistego elementu oraz model wirnika, zamkniętego wykonany z jednego kawałka materiału

FOT. 6
Stacja prób, której uroczyste otwarcie nastąpiło w czerwcu 2022 roku

Badania i rozwój

Ważnym punktem działalności jest ta badawczo-rozwojowa – projektowanie układów przepływowych pomp, próby i analizy układów. Sigma w swojej strukturze ma instytut badawczy, w którym zatrudnionych jest około 50 wykwalifikowanych naukowców, projektujących oprócz układów hydraulicznych pomp Sigma również całe układy pompowe z wykorzystaniem najnowocześniejszych dostępnych na rynku software, w tym również projektowanie całych instalacji w elektrowniach jądrowych. – W sposób ciągły inwestujemy w ludzi, w naszych pracowników. To jest gwarancją utrzymania kwalifikacji i kompetencji zespołu w kontekście zadowolenia naszych klientów, jak i akcjonariuszów. Czujemy się też odpowiedzialni za poprawienie środowiska naturalnego dla następnych generacji. Inwestycja w zieloną energię – dwa parki fotowoltaiczne 263 oraz 78 kWp, optymalizacja układów grzewczych w naszych budynkach, zewnętrzne oświetlenie LED w całej strefie przemysłowej, którą zarządzamy – wylicza Tomáš Pozdíšek.

Firma posiada trzy stacje prób, które służą nie tylko do testowania własnych pomp, ale również przeprowadzania testów rozwiązań innych producentów. Warto tutaj wspomnieć, że próbie poddawana jest każda wyprodukowana pompa, która trafia do klienta, a nie tylko kilka sztuk z danej serii. Testy mogą odbywać się przy pomocy wody zimnej lub, co jest tutaj innowacją, gorącej.

– Posiadamy zainstalowany silnik o mocy 12 MW do pomp zasilających wraz ze sprzęgłem hydrodynamicznym, dzięki czemu Sigma nie musi ściągać silników dedykowanych dla danego projektu. Przepływ, który jesteśmy w stanie zmierzyć, to 11 000 litrów na sekundę, czyli 11 m^3/s – mówi o aspektach technicznych stacji prób Tomáš Pozdíšek. – Pod stacją znajduje się zbiornik o pojemności 4500 m^3 wody, którego maksymalna głębokość wynosi 8 metrów. Dzięki temu można badać również pompy pionowe, na przykład do chłodzenia wody w elektrowniach o mocach nawet 1600 MW – dodaje. Na stacji prób na gorącą wodę można osiągnąć 520 barów ciśnienia na tłoczeniu, a wodę ogrzać nawet do 200 stopni Celsjusza. – Tutaj taka ciekawostka: posiadamy układ rekuperacji energii, dzięki czemu podczas prób jesteśmy w stanie odzyskać ciepło wytworzone przy testach i ogrzać budynki. Podobnie wykorzystujemy wodę ze zbiornika w układzie z pompą ciepła. Nowa stacja prób umożliwia wykonanie pełnego szeregu testów wymaganych zwłaszcza przez klientów sektora jądrowego, jak szoki termiczne, zimne starty, bieg na sucho, eksploatację z kawitacją, a nawet badania niszczące pomp, jeśli chcemy sprawdzić ich faktyczne granice wytrzymałości. Do tego właśnie celu została zbudowana stacja prób – aby umożliwić testy

FOT. 7
Sigma jest w stanie badać również pompy zatapialne i zanurzeniowe do długości 8 metrów

FOT. 8
W zakładzie produkcyjnym Sigma stawia na cyfryzację i eliminację papierowej dokumentacji technicznej

FOT. 9
Nowoczesne obrabiarki, na których można obrabiać wielkogabarytowe elementy, to charakterystyczna cecha hali produkcyjnej Sigmy. Na zdjęciu karuzela CNC do obróbki elementów ciężaru do 50 ton, wysokości 2,5 metra i średnicy do 6,3 metra

w warunkach rzeczywistych – podsumowuje specjalista z Sigma Polska. Firma kontynuuje również modernizację parku maszynowego. Zakup nowych obrabiarek usprawnia procesy produkcyjne oraz obniża zużycie energii. Z najnowszych inwestycji można wymienić zakup tokarki CNC do obróbki wałów o długości do 6 metrów czy karuzeli CNC do obróbki elementów o masie do 50 ton, wysokości 2,5 metra i średnicy do 6,3 metra.

Lata pracy

Terminy realizacji projektów, w których czeska firma się specjalizuje, są względnie długie. Nie tygodnie czy miesiące, a wręcz lata. Produkcja dużej pompy zasilającej lub do wody chłodzącej to praca na 9, 10, a nawet i 12 miesięcy. I mowa tu jedynie o samym procesie wytwarzania. Przedsięwzięcia, które Sigma realizuje, trwają całościowo 3 do 5 lat od podpisania

FOT. 10
Konserwacja i malowanie elementów to również istotna część produkcji

FOT. 11
Dzięki nowoczesnym maszynom Sigma jest w stanie obrabiać bardzo długie wały. Na zdjęciu tokarka CNC do obróbki wałów długości do 6 metrów

kontraktu poprzez projektowanie, etap realizacji na zakładzie, dostawę, montaż i uruchomienie instalacji. Na budowie trzeba zoptymalizować wszelkie procesy, zweryfikować parametry pracy, zakonserwować pompy i armaturę. Dzięki swojemu doświadczeniu eksperci z Sigmy wiedzą, w jaki sposób przeprowadzić te operacje w odpowiednim czasie, jak zaplanować przeglądy, prace remontowe i konserwacyjne. Istotne jest tu również stworzenie odpowiedniej dokumentacji technicznej, która musi być przejrzysta dla użytkownika.

Na stanie magazynowym trzymane są jedyne poszczególne części, krytyczne, jeżeli chodzi o pompy: wirniki czy łożyska. Dzięki temu czas reakcji firmy w przypadku niespodziewanych usterek jest krótki i klient może liczyć na szybką pomoc. Dobrą praktyką jest również zamówienie przez samego użytkownika zestawu części zamiennych, przez co okres przestoju może skrócić się jeszcze bardziej. Trzeba jednak do tego podchodzić racjonalnie i omówić szczegółowo przy sporządzaniu umowy – przewidzieć już na etapie realizacji projektu, by razem z pompą mieć zestaw zapasowy lub wykonać projekt układu w taki sposób, aby możliwy był przestój jednej z pomp – tłumaczą specjaliści z Sigmy. Warto też zwrócić uwagę, aby na maszynowniach i pompowniach znajdowały się suwnice o określonych parametrach technicznych, tak aby serwis urządzeń odbywał się sprawnie.

Każda pompa jest przygotowywana pod konkretny projekt – indywidualnie. Sigma dysponuje portfolio oferowanych układów z konkretnymi parametrami, natomiast może je zmodyfikować w taki sposób, aby optymalnie odpowiadały wymogom klienta.

– Nasze pompy nie trafiają na półkę magazynową, wszystkie są tworzone pod zamówienie, pod dany projekt, dostarczane bezpośrednio do klientów – mówi Tomáš Pozdíšek.

Największa pompa pod względem ciężaru, jaką wyprodukowała Sigma, była pompą wody chłodzącej z metalowym korpusem spiralnym, przeznaczonym do zabetonowania. Ważące 60 ton urządzenie stanowiło część budynku pompowni i zostało zesprzęgłone z silnikiem o masie 50 ton. Niewiele lżejsze były największe pompy dostarczone do Polski – służą do pompowania wody chłodzącej na 1075 MW bloku w elektrowni Kozienice, a ciężar całego agregatu dochodzi do 100 ton.

Jak odbywa się transport z fabryki? Głównie przy wykorzystaniu ciężarówek, ale można wykorzystać również transport kolejowy, gdyż tory są doprowadzone pod samą bramę głównej hali zakładu produkcyjnego. Największe gabarytowo pompy są montowane w całości w zakładzie Sigmy, następnie testowane na stacji prób. Do transportu rozkłada się je na mniejsze elementy i składa ponownie w docelowej lokalizacji.

FOT. 12
Oprócz maszyn CNC na hali znajduje się kilka stanowisk ze starszymi, ale dalej sprawnymi maszynami

FOT. 13 Ze względu na spore gabaryty pomp, do ich transportu używa się suwnic. Na zdjęciu pompa z korpusem z materiału Superduplex

Sigma Group spore środki inwestuje w badania rozwojowe nowych produktów. Każdego roku zbierane są pomysły na modernizacje, nowe ulepszenia. Informacje te pochodzą od klientów – bada się ich oczekiwania, analizuje rynek, również konkurencję. Następnie zarząd decyduje o wybraniu kilku lub kilkunastu kluczowych projektów, które mają być rozwijane. Na prace te firma przeznacza corocznie około 20 milionów koron czeskich, a dotyczą one głównie zwiększania sprawności, poprawy niezawodności, zmniejszania hałasu czy masy konstrukcji. Przy projektach rozwojowych Sigma współpracuje z czeskimi uczelniami technicznymi w Ostrawie, Brnie czy Pradze. Korzysta także z programu dofinansowania badań przez agencje państwowe, z czeskiego ministerstwa przemysłu i handlu.

Wiedza, doświadczenie, jakość wykonania, nowoczesne urządzenia – pracownicy Sigmy wymieniają wiele mocnych punktów firmy, dzięki którym może ona w dalszym ciągu się rozwijać, a jubileusz 155-lecia z pewnością nie jest ostatnim w jej historii.

Fot. BMP ■

FOT. 14 Wirnik ze zmienną geometrią łopatek, pozwalającą na dostosowanie punktu pracy w zmiennych warunkach

DZIAŁALNOŚĆ SIGMA GROUP ZWIĄZANA Z POMPAMI:

- badania i rozwój,
- produkcja,
- testy,
- realizacja dostaw/formuła pod klucz,
- serwis.

1868

Rzemieślnik Ludvík Sigmund założył w morawskim Lutinie firmę pompiarską.

SIGMA GROUP a.s.

Tradycyjna produkcja pomp dla energetyki, przemysłu, gospodarki wodnej i dalszych branż

1922

Rejestracja znaków towarowych "SIGMA" i "trójząb Neptuna".

1933

Lata 30. XX wieku wprowadzają do programu produkcji szereg nowych produktów. NAUTILA, DARLING, REVOLT i RAKETA.

1948

Powstaje państwowy zakład SIGMA PUMPY, który specjalizuje się w produkcji pomp przemysłowych.

1975

SIGMA zaczyna się koncentrować na kompleksowych dostawach w formie pod klucz w dziedzinie techniki pompowej.

1997

Powstaję spółka akcyjna SIGMA GROUP a.s. z siedzibą w Lutinie.

2022

Uroczyste otwarcie nowej stacji prób na gorącą wodę.

REALIZACJE PROJEKTÓW W FORMULE POD KLUCZ

- przygotowanie ofert i projektów
- dostawy pomp wraz z akcesoriami
- realizacja kompletnych pompowni
- montaż i nadzór
- uruchamianie, próby, badania
- remonty, serwis
- szkolenie obsługi

Dziękujemy wszystkim naszym klientom i zapraszamy do dalszej współpracy!

SIGMA POLSKA SP. Z O.O. ● ul. Karola Miarki 12 ● 44-100 Gliwice
polska@sigma.cz ● (+48) 32 234 54 30
www.sigmapompy.com.pl

WYZWANIA W BRANŻY POMPOWEJ I ZIELONE INWESTYCJE

– Mocno inwestujemy we własne źródła energii; mamy fabryki za granicą, między innymi w Hiszpanii, w tej chwili w 70% niezależne energetycznie. Energia z odnawialnych źródeł to kierunek wyznaczony w całej grupie AVK, do jakiej należy InterApp. Bardzo mocno pilnowany i na bieżąco raportowany – mówi prezes zarządu InterApp **Piotr Bera**.

Sebastian Podsędek: **Jakie projekty była zaangażowana ostatnio wasza firma?**
Piotr Bera: Realizujemy bardzo dużo projektów, m.in. dla KGHM na Zakładzie Hydrotechnicznym, ale również w Orlenie czy innych dużych polskich firmach. Ponadto dostarczamy urządzenia za granicę, obsługując państwa jak Izrael, Grecja, Turcja.

Jeśli chodzi o branże, to sporo działamy w kopalniach, w przemyśle chemicznym. Nasze produkty cechuje duża efektywność, dobra cena i doskonała jakość, co uzyskujemy m.in. dzięki bardzo dobrej kadrze inżynierskiej. W naszej firmie ponad 70% pracowników to inżynierowie – kobiety i mężczyźni – dzięki którym możemy z powodzeniem brać udział w dużych projektach.

A jak wyglądają inwestycje w samej firmie?

Mocno inwestujemy we własne źródła energii; mamy fabryki za granicą, między innymi w Hiszpanii, w tej chwili w 70% niezależne energetycznie. Energia z odnawialnych źródeł to kierunek wyznaczony w całej grupie AVK, do jakiej należy InterApp. Bardzo mocno pilnowany i na bieżąco raportowany.

Mówiliśmy o inwestycjach, rozwoju. Z jakimi wyzwaniami, problemami musicie się z kolei zmierzyć?

Przede wszystkim z przekazaniem naszej szczegółowej wiedzy branżowej klientom, którzy na dłuższe rozmowy po prostu nie mają czasu. A szkoda, bo przez odpowiednie projektowanie instalacji można uzyskać lepszą efektywność i sprawność pomp i znacznie zredukować straty przy pompowaniu.

Mamy świadomość tego, jak łatwo można poprawić jakość pracy czy efektywność procesów, czasem zmieniając detale, drobiazgi.

Może pan podać przykład?

Pamiętam pewien projekt i sytuację, gdy rura wpadała w drgania pod wpływem uruchamianych pomp. Przyjechaliśmy na obiekt jako „ostatnia instancja", poproszona o pomoc. Powiedziano nam, że zleceniodawca zapłacił znaczne pieniądze za wzmocnienie rurociągów. Zaproponowaliśmy, że przed modernizacją i owym wzmacnianiem warto zamontować jedno urządzenie, stosunkowo niedrogie – kosztowało jakieś 4 tysiące złotych. Po jego zainstalowaniu rura przestała drżeć – nie było żadnego efektu negatywnego uderzenia hydraulicznego. A koszt tego rozwiązania był 10-krotnie niższy niż sam tylko projekt wzmocnienia rurociągu.

PIOTR BERA
prezes zarządu InterApp

Dlatego zachęcamy do tego, żeby rozmawiać z ludźmi, którzy mają wiedzę i doświadczenie. Nie skupiajmy się tylko na urządzeniach, gdyż tam możemy poprawić jedynie 2-3% sprawności, natomiast zmieniając instalację – zwiększymy efektywność o kilkanaście procent.

Czy pracujecie nad jakimiś nowymi, może przełomowymi technologiami?

W dobie narastającego problemu z wodą bardzo mocno angażujemy się w projekty za granicą dotyczące instalacji odsalania wody morskiej. W tej chwili zaczynamy i w Polsce rozmawiać na ten temat. Chcemy być, jako InterApp, prekursorem we wdrażaniu technologii służących do odsalania wody słonej. A mamy z nią spore problemy np. w górnictwie – musimy się z nimi zmierzyć.

Rozmawiał Sebastian Podsędek,
redaktor czasopisma „Kierunek Pompy"
oraz portalu kierunekPOMPY.pl

USZCZELNIENIA MECHANICZNE

- ROZWIĄZANIA SPECJALNE I NIETYPOWE
- REGENERACJE USZCZELNIEŃ ANGA I INNYCH PRODUCENTÓW
- PONAD 40 LAT DOŚWIADCZENIA
- PRODUKCJA W POLSCE

ZAPRASZAMY
NA NASZE STOISKO

PODCZAS XXIX KONGRESU
UŻYTKOWNIKÓW POMP BMP

Legnica
13-14.06.2023

ANGA Uszczelnienia Mechaniczne Sp. z o.o.

ul. Wyzwolenia 550, 43-340 Kozy
T. 33 827 80 00, F. 33 827 80 11
E. anga@anga.com.pl

www.anga.com.pl

Zarządzanie Jakością ISO 9001 DEKRA certyfikat
Zarządzanie Środowiskowe ISO 14001 DEKRA certyfikat
Zarządzanie Bezpieczeństwem i Higieną Pracy ISO 45001 DEKRA certyfikat

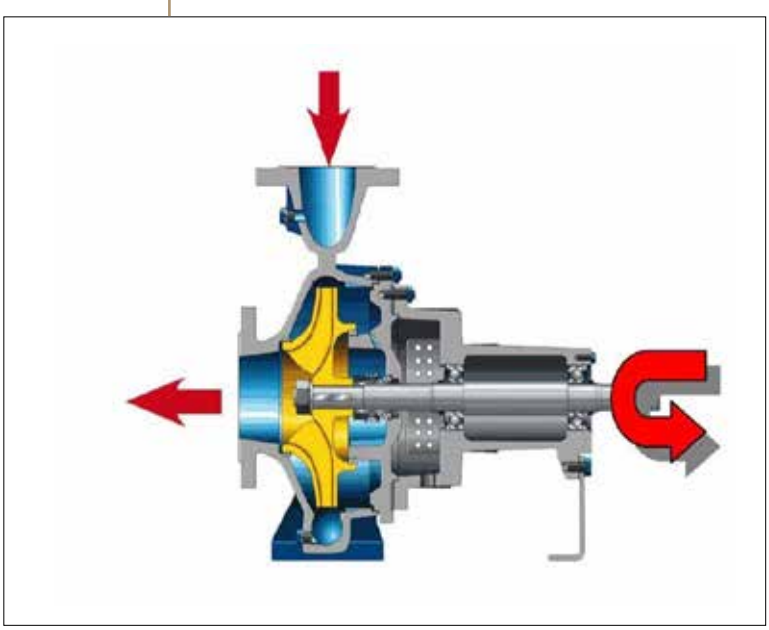
POMPA JAKO ŹRÓDŁO ENERGII

Arkadiusz Krawiec
KSB Polska Sp. z o.o.

Pompa jest maszyną przepływową, która głównie kojarzy się z wykorzystaniem energii elektrycznej. Firma KSB już od 45 lat zajmuje się tematyką dotyczącą pomp pracujących jako turbiny, które nie zużywają energii elektrycznej, ale ją produkują.

Firma KSB już od 45 lat zajmuje się tematyką dotyczącą pomp pracujących jako turbiny. Aspekty środowiskowo-klimatyczne, a także niestabilna sytuacja geopolityczna, mająca bezpośredni wpływ na bardzo duże wahania cen energii pozyskiwanej z konwencjonalnych źródeł sprawiają, że występuje dziś zwiększony popyt na alternatywne i odnawialne źródła energii we wszystkich segmentach rynku. Zakłada się, że tylko w samych Niemczech istnieją możliwości w zakresie wykorzystania pomp jako turbin (PAT) rzędu około 100-250 MW zainstalowanej mocy elektrycznej. Większość tego potencjału tracona jest obecnie na przykład w systemach transportu wody lub instalacjach przemysłowych na armaturze dławiącej, chociaż jego zastosowanie za pomocą PAT jest bardzo proste pod względem technicznym i niezwykle ekonomiczne. Przez zmianę kierunku przepływu wody przez pompę zmienia się kierunek wirowania wirnika i powstaje z niej turbina (rys. 1). Jest to prosty i niedrogi sposób na produkcję lub odzysk energii.

RYS. 1
Praca turbinowa pompy (PAT)

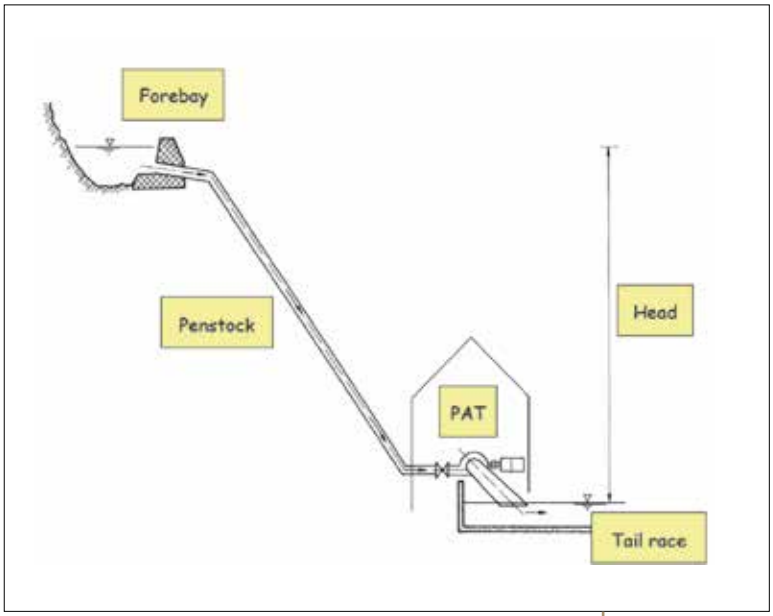


Zastosowania

Pompy pracujące jako turbiny (PAT) są przydatne wszędzie tam, gdzie występują różnice ciśnienia (np. wysokość spadu cieczy) i przepływ. Dzięki naszym pompom, generowanie i odzyskiwanie energii jest łatwe i bardzo tanie. W rezultacie pompy jako turbiny mogą być użyte wszędzie tam, gdzie wysokie koszty inwestycji sprawiają, że generowanie energii przy użyciu konwencjonalnej turbiny jest nieopłacalne.

Dzięki szerokiej gamie pomp dostępnych w programie produkcji KSB, systemy PAT można zastosować w bardzo wielu aplikacjach.

- zakłady przemysłowe (w których używane są urządzenia dławiące praktycznie każdego typu),
- systemy transportu wody (odpływ ze zbiorników wodnych),
- małe systemy hydroenergetyczne,
- zapory rzeczne,
- procesy chemiczne i petrochemiczne (np. systemy oczyszczania gazu),



RYS. 2 Przykładowy schemat instalacji PAT

- spusty denne zbiorników retencyjnych,
- systemy dostarczające olej,
- odwrócona osmoza.

Uzyskana energia może zostać oddana do publicznej sieci elektrycznej (praca sieciowa) i/lub dostarczona odbiorcom wewnętrznym (praca wyspowa). Możliwe jest także bezpośrednie sprzężenie pompy jako turbiny z urządzeniem napędowym w celu zmniejszenia obciążenia napędu bądź całkowitego zastąpienia go.

Planowanie

Przed przystąpieniem do montażu systemu PAT należy przeprowadzić analizę pod kątem czasowego rozkładu przepływu i wysokości spadu cieczy. Mając te dane można zaprojektować najefektywniejszy i najbardziej ekonomiczny pod względem wielkości system PAT.

Podczas planowania systemu PAT trzeba postępować według następujących zasad:

- wspólnie z doradcą reprezentującym KSB przygotować rozplanowanie systemu PAT,
- omówić koncepcję instalacji (systemy elektryczne/elektroniczne i mechaniczne),
- określić elektroniczną i mechaniczną integrację PAT z otoczeniem.

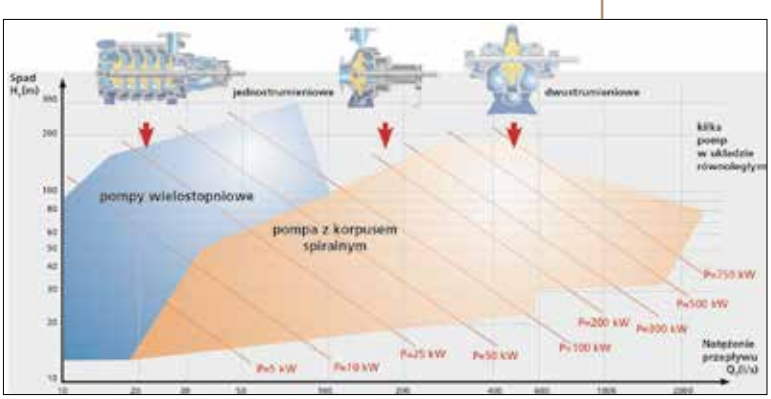
Produkty

Firma KSB posiada bardzo szerokie portfolio produkowanych pomp. Niemniej do pracy w trybie turbinowym zdecydowaliśmy się wybrać tylko te, które naszym zdaniem najlepiej sprawdzą się w powyższych warunkach. Wybór typoszeregów podyktowany był również chęcią zapewnienia odzysku energii w instalacjach o różnych parametrach hydraulicznych i warunkach zabudowy. Pompy z typoszeregów Multitec, Etanorm, Omega pojedynczo umożliwiają uzyskanie energii od 0,5 kW do 750 kW. Zakres obsługiwanych przez nie parametrów hydraulicznych przedstawia nomogram na rysunku 3.

Bezpieczeństwo

Należy dbać, by system PAT zawsze znajdował się w bezpiecznym zakresie pracy. Aby mieć pewność, że tak jest, wybrany typ pompy musi wytrzymać podwyższony poziom obciążenia, a wszystkie obracające się części – być wykonane w wersji niezależnej od kierunku wirowania.

> Przed przystąpieniem do montażu systemu PAT należy przeprowadzić analizę pod kątem czasowego rozkładu przepływu i wysokości spadu cieczy



RYS. 3 Parametry hydrauliczne PAT KSB

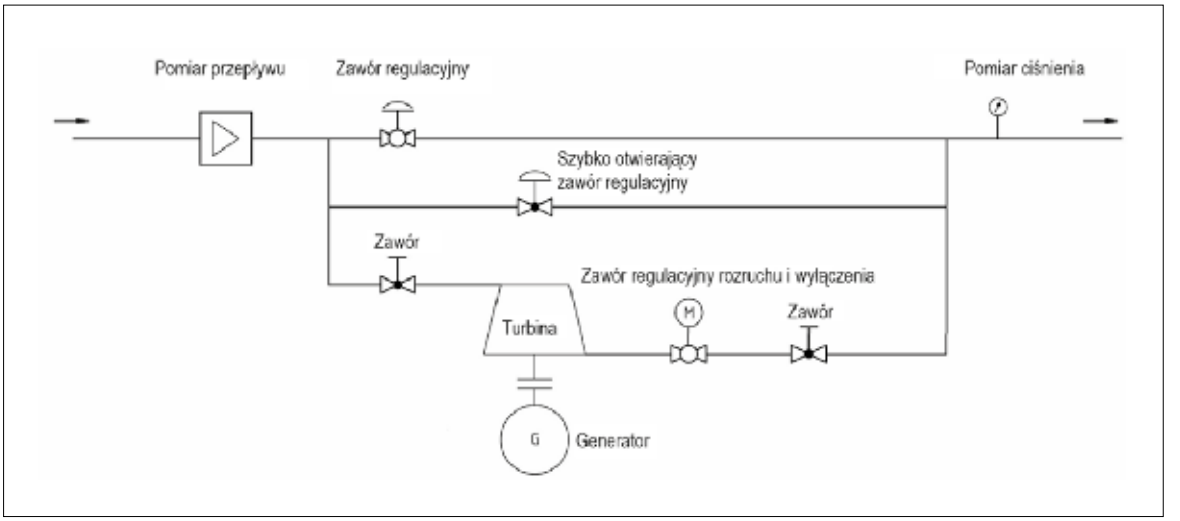
W przypadku awaryjnego zrzutu obciążenia (np. awaria sieci elektrycznej w pracy sieciowej) „turbina" przyspieszy do prędkości rozbiegowej. Dlatego ważne jest, aby odpowiednio zabezpieczyć system przed nadmierną prędkością, np. poprzez hamulec bezpieczeństwa.

Innym groźnym zjawiskiem, które może wystąpić w tego typu instalacjach, jest uderzenie hydrauliczne. Może ono powstać wskutek nagłego zamknięcia zaworu lub wzrostu prędkości obrotowej turbiny. Projektując taką instalację należy wykonać stosowane obliczenia i przewidzieć odpowiednie elementy na instalacji, które wyeliminują to zjawisko.

Regulacja systemu PAT

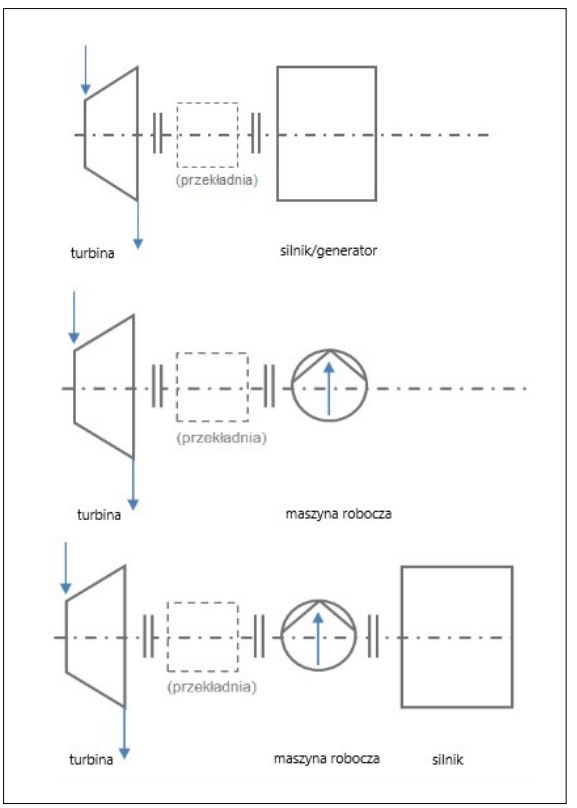
Istnieją trzy sposoby regulacji systemów z turbiną pompową, które umożliwiają najbardziej efektywne wykorzystanie zmieniających się parametrów hydraulicznych układu. Przed wyborem odpowiedniego sposobu trzeba jednak ustalić, czy system PAT będzie

RYS. 4
Schemat hydrauliczny PAT



FOT. 1
Turbiny pompowe w układzie równoległym

RYS. 5
Warianty montażu

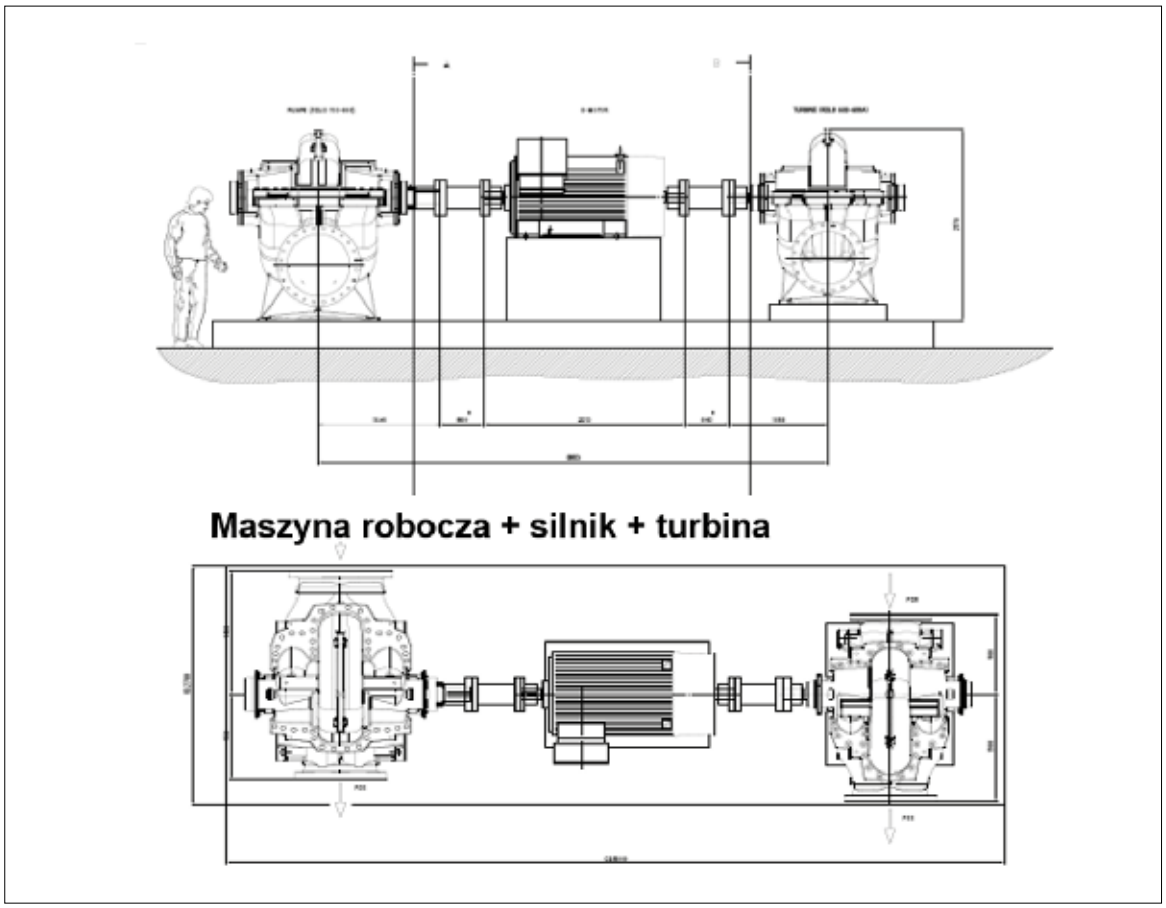


podpięty do zewnętrznej sieci energetycznej, czy też produkował energię na własne potrzeby (praca wyspowa). W przypadku tego pierwszego sposobu powstała moc jest przekazywana do zewnętrznej sieci elektrycznej i częściowo zużywana na własne potrzeby. W pracy wyspowej wygenerowany prąd musi być w całości zużyty przez podłączone do tej sieci urządzenia, bądź zmagazynowany.

> Możliwe jest bezpośrednie sprzężenie pompy jako turbiny z urządzeniem napędowym w celu zmniejszenia obciążenia napędu bądź całkowitego zastąpienia go

Najprostszym i najtańszym sposobem regulacji systemu z turbiną pompową jest jej układ dławieniowo-upustowy. W tym wypadku system musi być zaprojektowany tylko dla jednego konkretnego natężenia przepływu oraz jednej wysokości spadu. W razie zmiany tych parametrów ważna jest możliwość ich zmiany poprzez zastosowanie armatury dławiącej i/lub obejść by-pass. To oczywiście oznacza, że część potencjału energetycznego zostanie utracona. Z drugiej jednak strony takie systemy są nieskomplikowane technicznie, łatwe w kontrolowaniu i przede wszystkim bardzo tanie. Stała prędkość obrotowa jest utrzymywana poprzez istniejącą sieć elektroenergetyczną. Rysunek 4 przedstawia schemat hydrauliczny takiego systemu.

Innym sposobem regulacji systemów PAT jest wykorzystanie elementów umożliwiających zmianę prędkości obrotowej turbiny i dopasowanie jej charakterystyki do zmieniających się warunków hydrau-



RYS. 6
Turbina pompowa wspomagająca pracę agregatu pompowego

licznych. W tym przypadku eliminowane są straty powodowane dławieniem układu. Zmianę prędkości obrotowej turbiny można uzyskać między innymi za pomocą przetwornicy częstotliwości. W połączeniu ze standardowymi silnikami trójfazowymi stanowi opłacalne rozwiązanie umożliwiające zwiększenie elastyczności systemu. Należy jednak pamiętać, że przetwornice częstotliwości nie mogą być używane do zasilania sieci w pracy wyspowej.

Innym sposobem zmiany prędkości obrotowej turbiny może być przekładnia z możliwością regulacji przełożenia. W tym przypadku należałoby jednak sprawdzić efektywność systemu ze względu na gorsze sprawności tego typu urządzeń.

Dużą elastyczność systemu można osiągnąć stosując układ równoległy kilku turbin pompowych. Ten sposób regulacji jest szczególnie zalecany przy dużych wahaniach przepływu. Przykład tego typu systemu został przedstawiony na fot. 1.

Warianty montażu

Turbina pompowa może być połączona z generatorem/silnikiem bądź innymi elementami napędowymi w różny sposób. Warianty montażu pokazuje rysunek 5.

Turbina pompowa nie musi być połączona z silnikiem/generatorem za pomocą sprzęgła. Można też zastosować napęd poprzez przekładnię ze stałym bądź zmiennym przełożeniem. Turbina ta może być również wykorzystywana do bezpośredniego napędu jakieś innej maszyny, np. innej pompy. Bardzo ciekawym rozwiązaniem jest ponadto zastosowanie turbiny pompowej do wspomagania pracy silnika napędzającego inną maszynę. Przykład takiego rozwiązania ilustruje rysunek 6.

***

Wykorzystanie pomp jako turbin jest opłacalne ze względu na szybki zwrot nakładów inwestycyjnych. Pompy KSB oferowane jako turbiny to seryjne produkty, których cena i dostępność są znacznie korzystniejsze niż tradycyjne turbiny. Zdecydowanie krótszy czas dostawy pomp sprawia, że inwestycja może być zrealizowana szybciej, a relatywnie wysoka sprawność tych maszyn zapewni efektywne pozyskanie energii. Ważnym aspektem są również niższe koszty konserwacji i utrzymania, gdyż serwisowanie pomp jest znacznie tańsze niż tradycyjnych turbin. Pompa pracująca jako turbina nie jest obecnie powszechnym rozwiązaniem, ale zalety tego typu systemów powinny sprawić, że w przyszłości turbiny pompowe będziemy spotykać coraz częściej.

Literatura

1. Materiały szkoleniowe i promocyjne firmy KSB AG. ■

fot. MPEC Kraków

ZASTOSOWANIE TURBIN WODNYCH W SIECIACH CIEPŁOWNICZYCH

Mała elektrownia sieciowa MPEC Kraków

Mariusz Piękoś
MPEC Kraków

Paweł Jastrzębski
MPEC Kraków/AGH Kraków

Układy odzysku energii mechanicznej przepływającej wody sieciowej i zamiany jej w energię elektryczną są nowym kierunkiem rozwoju przedsiębiorstw ciepłowniczych. Należy go wspierać, ponieważ każda odzyskana kWh sprawia, że zmniejszamy ślad węglowy, przyczyniamy się do prowadzenia zrównoważonego rozwoju techniki i wprowadzamy recykling energetyczny, a nasze działania są coraz bardziej przyjazne środowisku.

Zastosowanie pomp w ruchu turbinowym znane jest w technice od wielu lat – koło wodne może być turbiną napędzającą młyn, a w odwrotnym układzie pompą wody do nawadniania pól rolnych. Odwrócenie pracy układu pompowego ma swoje zalety, ale i wady. Tematyką wspomnianych układów MPEC Kraków zajmuje się od kilkunastu lat, zbierając informacje i doświadczenia, budując mikroukłady produkcji energii elektrycznej. Takie małe elektrownie mogą stać się niezwykle przydatne i pomocne w pro-

cesie „zazielenienia" sieci ciepłowniczych wodnych i gazowych. MPEC Kraków jako przedsiębiorstwo ciepłownicze skupiło się na procesie odzyskiwania energii z sieci ciepłowniczej, ponieważ takie rozwiązanie techniczne chronione jest patentem (nr 223602) pod tytułem „System Dystrybucji Cieczy lub Gazu". MPEC Kraków zawarł umowę licencyjną na wykorzystanie patentu i zastosowanie takich urządzeń w praktyce.

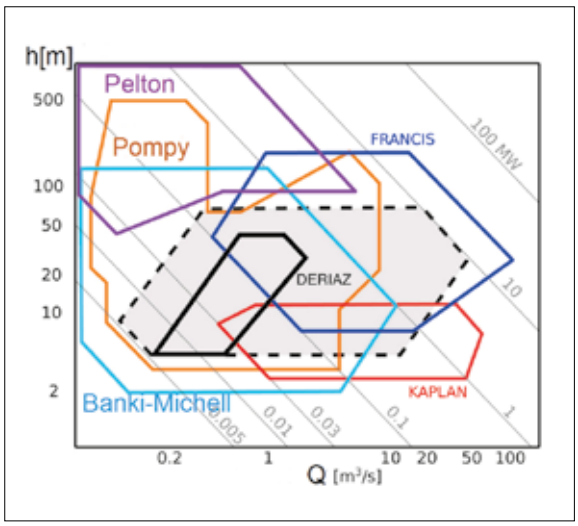
Przygotowanie projektu

Tradycyjny zawór regulacyjny zmienia parametry ciśnieniowe przepływającej wody w zależności od parametrów, jakie zostały mu zadane w sterowniku. Zawór realizuje swoje funkcje i działa poprawnie, ale energia przepływającej wody zostaje wydławiana, a tym samym zmarnowana. A nie musimy jej marnować, możemy ją odzyskać i wykorzystać dla naszych celów. Mając na uwadze, że miasto Kraków ma około 10 000 węzłów ciepłowniczych i kilkaset komór, gdzie występują technologiczne redukcje ciśnienia, potencjał zastosowania takiego rozwiązania jest ogromny.

Po przeanalizowaniu rynku turbin wodnych doszliśmy do wniosku, że opracowanie projektu i wdrożenie do realizacji może okazać się kosztowne i bardzo długotrwałe, dlatego w pierwszym etapie swoje prace skupiliśmy na wykorzystaniu istniejących konstrukcji pomp w pracy turbinowej. Po przeprowadzeniu serii doświadczeń z różnymi rozwiązaniami wytypowaliśmy określone konstrukcje techniczne, które spełniają nasze oczekiwania. Pompy zastosowane w ruchu turbinowym dla potrzeb naszego badania nazwaliśmy Turbinowymi Regulatorami Ciśnienia (TRC), gdyż podstawową funkcją takich układów będzie redukcja ciśnienia, a uzyskana energia elektryczna jest tylko wartością dodaną.

Wnioski z przeprowadzonych prac są następujące:

1. Turbinowe Regulatory Ciśnienia (TRC) to urządzenia regulujące ciśnienie przy pomocy wirnika, odzyskana energia może być powtórnie wykorzystana np. do produkcji energii elektrycznej. Istniejące konstrukcje turbin wodnych projektowane i wykonane zostały dla potrzeb elektrowni wodnych, które charakteryzują się dużymi przepływami. Niestety, nie ma gotowych konstrukcji tego typu dla małych przepływów. Istnieje konieczność sprawdzenia i przebadania wirników turbin o bardzo małych prześwitach kanałów, gdzie lepkość cieczy ma znaczący wpływ na sprawność badanych wirników.
2. Dla znanych rodzajów turbin wodnych Peltona, Kaplana, Francisa obszary zastosowań przedstawiono na rysunku 1.
3. Zauważono, że obszary stosowalności poszczególnych rodzajów turbin nie pokrywają się z zakresem przepływów nominalnych wody w węzłach ciepłowniczych. Najmniejszy zaznaczony przepływ wody 0,2 m³/s jest około 360 razy większy niż przepływ wody sieciowej w budynku mieszkalnym 0,00055 m³/s.



RYS. 1 Obszary stosowania poszczególnych rodzajów turbin wodnych

4. Dodatkową trudnością jest występująca zmienność przepływu i ciśnień w sieci ciepłowniczej wynikająca ze zmiany zapotrzebowania na energię cieplną węzłów ciepłowniczych. Ta zależność będzie wymuszać opracowanie takiej konstrukcji urządzenia, aby pracowała poprawnie przy zmiennym przepływie i zmiennym spadku ciśnienia.

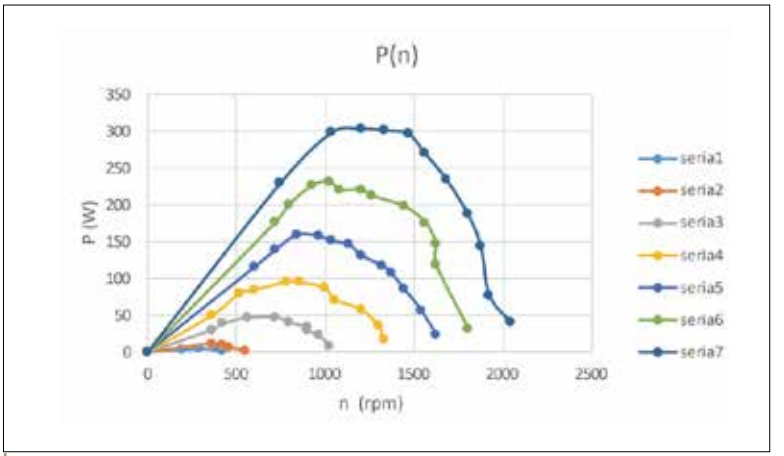
> Tradycyjny zawór regulacyjny zmienia parametry ciśnieniowe przepływającej wody w zależności od parametrów, jakie zostały mu zadane w sterowniku

Prace badawcze

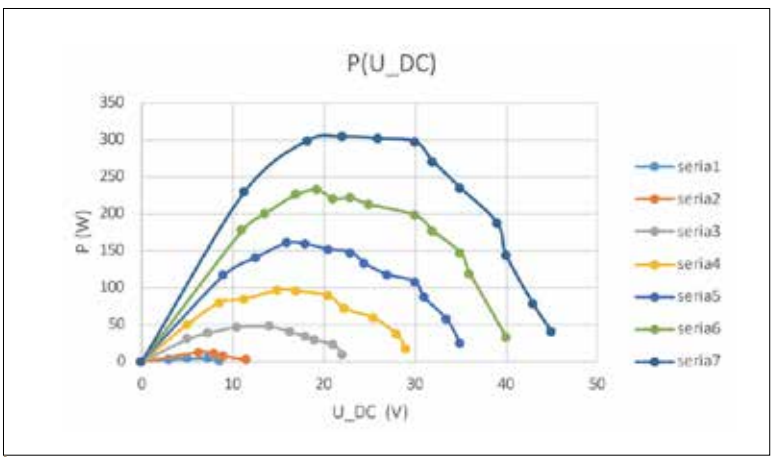
Prace badawcze prowadzone były dla dwóch grup turbin TRC:

- TRC małej mocy – te urządzenia zastosowano w komorach ciepłowniczych tam, gdzie nie ma doprowadzonej energii elektrycznej; wytwarzać będą napięcie 24 V DC do zasilania siłowników zaworów i automatyki,
- TRC dużej mocy – te urządzenia wytwarzać mają napięcie 400 V i poprzez falowniki odprowadzać energię do sieci energetycznej.

W obiekcie badawczym MPEC wybudowano dwa stanowiska do pomiarów turbin małej mocy o poziomym i pionowym wale napędowym w celu przebadania różnych typów turbin. W latach 2021-2022 rozpoczęto badanie różnych typów pomp w pracy turbinowej w celu znalezienia optymalnego rozwiązania technicznego umożliwiającego wdrożenie układów TRC do pracy w węzłach i komorach ciepłowniczych. Jednocześnie rozpo-



RYS. 2
Charakterystyka TRC



RYS. 3
Charakterystyka TRC

częto prace nad doborem odpowiedniego generatora małej mocy, mogącego współpracować z turbiną TRC.

Prace prowadzono w celu skonstruowania urządzenia funkcjonującego na sieci ciepłowniczej dla następujących parametrów:

- przepływ wody do 10 t/h,
- zakres spadków ciśnienia na łopatkach turbiny; zakres pierwszy 2-3,5 bara; zakres drugi 3,5-5 barów,
- minimalna moc generowana przez TRC 100 W.

Przebadano następujące pompy w ruchu turbinowym

- Movetic VCF002/04-B1U23C0071D5kW,
- Movitec VF006/05-B1D20C0080D5KW,
- ETB 040-025-200-GGSBV06WS2AV4AHB,
- ETL 032-032-200-GGSCV06WS2BA4AFB.

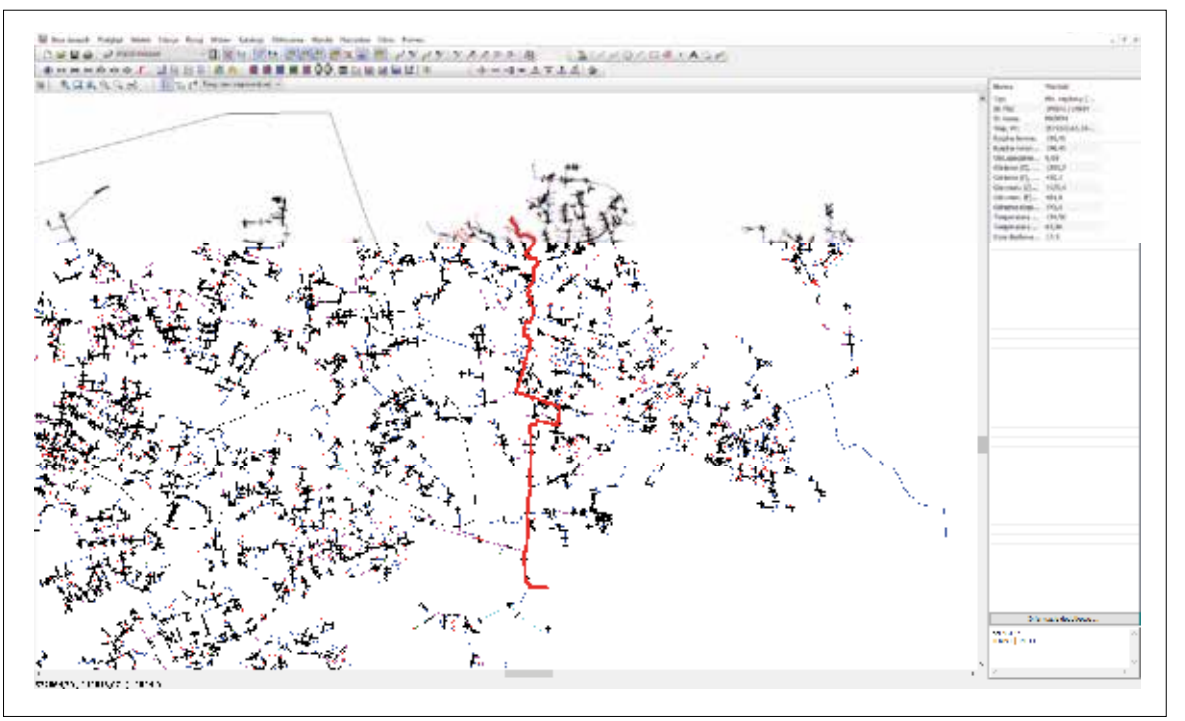
Dla przykładu, na rysunkach 2 i 3 przedstawiono wykresy zależności mocy generowanej przez TRC w zależności od obrotów i napięcia generatora dla pompy w ruchu turbinowym.

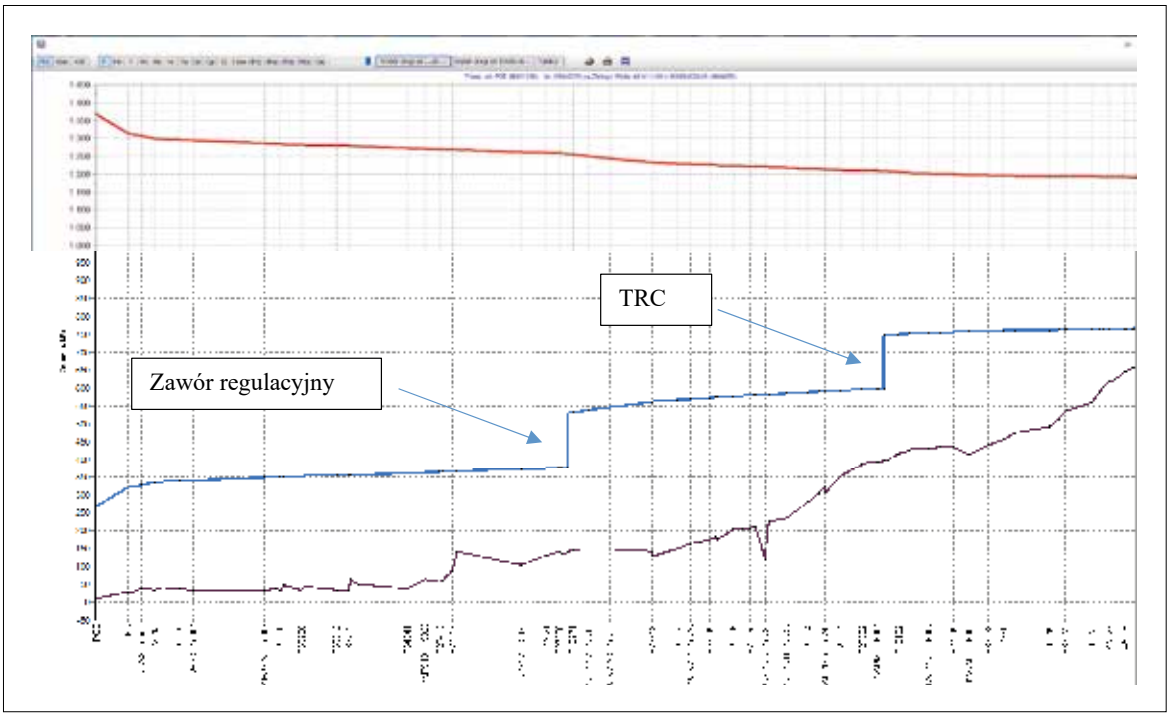
Przeprowadzone badania pomp w ruchu turbinowym wykazały, że nie wszystkie konstrukcje pomp nadają się do zastosowania jako generatory prądu dla układów TRC. Pompy niespełniające założeń obliczeniowych będą przedmiotem badań w kolejnym etapie.

Odzysk energii

MPEC Kraków, na mocy posiadanej licencji, od 12 lat zbiera doświadczenia, realizując instalacje bazujące na Turbinowych Regulatorach Ciśnienia (TRC), wykorzystujących wspomnianą wcześniej opatentowaną metodę odzysku energii. Odzyskaną na skutek spadku ciśnienia energię mechaniczną

RYS. 4
Schemat sieci ciepłowniczej





RYS. 5
Wykres piezometryczny magistrali ciepłowniczej

zamienia się w turbinie na energię elektryczną, którą można zasilić pompy obiegowe w wymiennikowni lub odprowadzić do sieci energetycznej. Możliwe jest zastosowanie turbiny w miejsce zaworu pogodowego, co pozwoli zastąpić zawory redukcyjne ciśnienia jednym urządzeniem.

Pomysł na zbudowanie dużego obiektu odzysku energii mechanicznej powstał kilka lat temu. Po wybudowaniu obiektów pilotażowych mających zainstalowane generatory kilkukilowatowe i przetestowaniu ich pracy podjęto decyzję o budowie małej elektrowni sieciowej o mocy 40 kW w oparciu o TRC na magistralnej sieci ciepłowniczej DN 500. Instalacja badawcza małej elektrowni wodnej wykorzystującej TRC została zlokalizowana w na os. Kombatantów 18.

W celu spełnienia warunków hydraulicznych prowadzenia sieci ciepłowniczej (rys. 4) zastosowano podparcia hydrauliczne (regulowane dławienie sieci

FOT. 1
Układ z dwoma pompami
(*źródło: MPEC Kraków*)

FOT. 2
Stopień zaawansowania prac
(*źródło: MPEC Kraków*)

podwyższające ciśnienie powrotu) w komorze sieciowej 1WKVI1A; na obiekcie Kombatantów 18 podparcia hydrauliczne wymuszone zostały ukształtowaniem terenu.

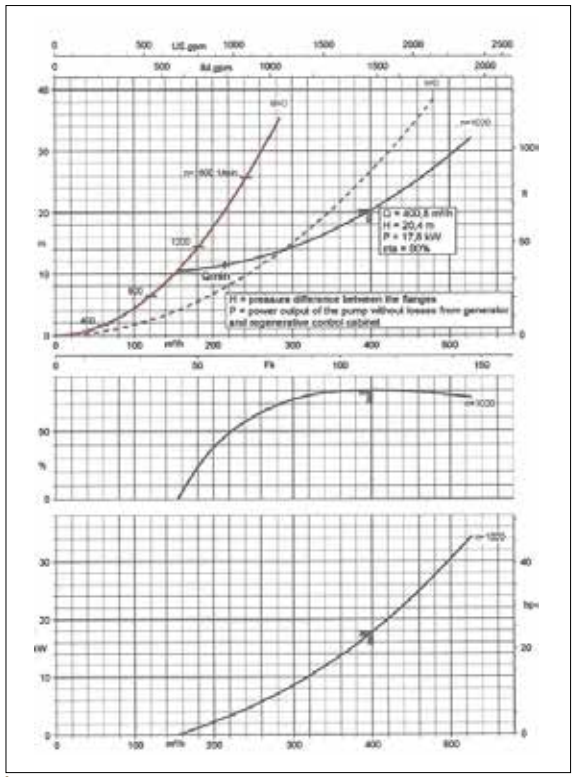
Przebieg ciśnień pokazuje wykres piezometryczny (rys. 5) dla pokazanego przebiegu trasy (rys. 4).

Na zdjęciach 1 i 2 pokazano stopień zaawansowania prac. Wykonano część technologiczną, pozostała do dokończenia część elektryczna i AKP.

Układ z dwoma turbinami

Ponieważ przepływ przez układ sieciowy na przestrzeni roku bardzo się waha: od 250 t/h do 850 t/h, zastosowano układ z dwoma turbinami o przepływie 200 t/h i 400 t/h. Jeżeli nastąpi konieczność przepływu większego niż 600 t/h, użyte będzie dodatkowe obejście układu.

Wykonana przez producenta analiza charakterystyki pracy urządzeń wskazuje, że sprawność urządzenia powyżej 50% uzyskujemy już przy przepływie 55% przepływu nominalnego. Sprawność ta stopniowo rośnie do wielkości 80% i utrzymuje się do wielkości 115% przepływu nominalnego. Współpraca dwóch turbin sterowana ma być sterownikiem swobodnie programowalnym, algorytm będzie sterował płynną regulacją wytwarzanej energii elektrycznej w całym



RYS. 6
Charakterystyka zbiorcza pompy w ruchu turbinowym (PAT)

Reklama

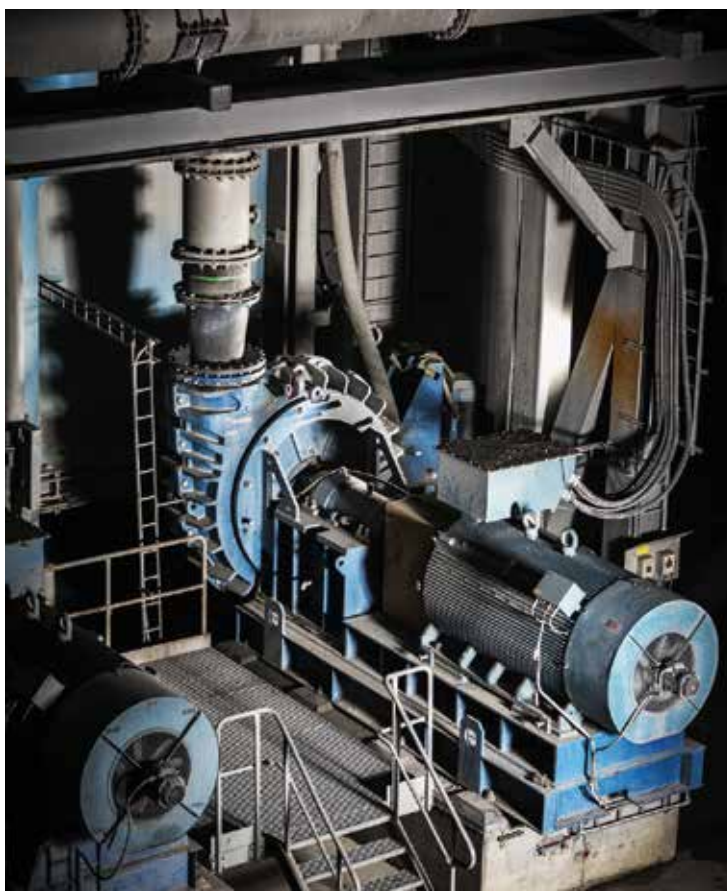
BOLDER Serwis

Partnerstwo na rzecz innowacyjnych rozwiązań w hydrotransporcie szlamu z Metso!

Wybór odpowiednich pomp to klucz do efektywnego hydrotransportu szlamu. Pomożemy dopasować rozwiązania, które zwiększą wydajność, obniżą koszty eksploatacji, i zapewnią niezawodność w różnych gałęziach przemysłu!

Bolder, jako autoryzowany przedstawiciel pomp Metso, umożliwia dobór najlepszego rozwiązania dla Twojego biznesu.

Zaufaj nam - wybierz współpracę, która przełoży się na oszczędności, wydajność i trwałość!

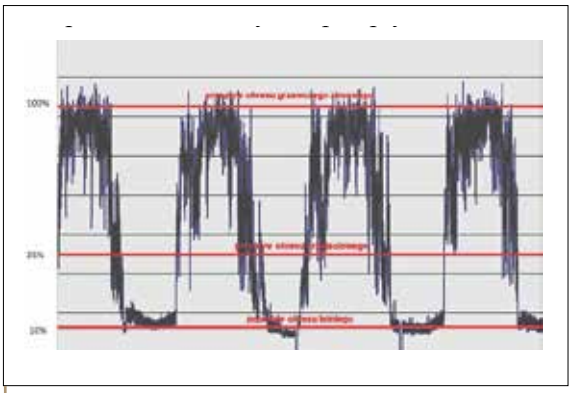


BOLDER Sp. z o.o.
Ul. Kamienna 21
31-403 Kraków
tel. +48 784 382 750

BOLDER Serwis Sp. z o.o.
ul. Mogielnicka 103
05-600 Grójec
tel. +48 782 252 764

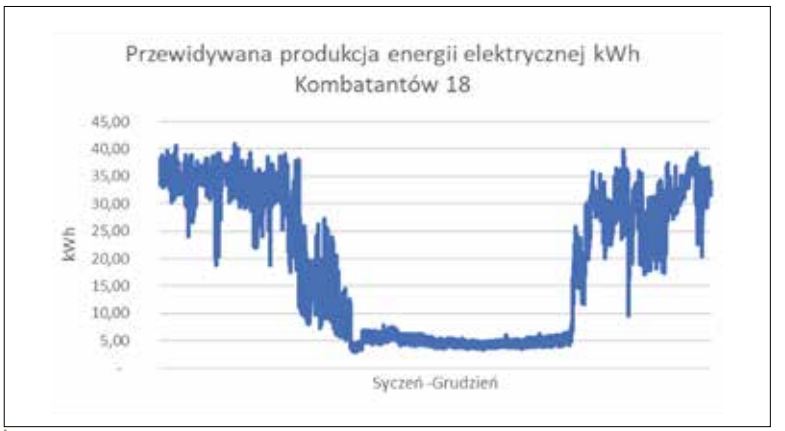
Autoryzowany dystrybutor pomp | Metso

www.bolder.com.pl



RYS. 7
Natężenie przepływu przez obiekt Kombatantów 18 w ciągu 4 lat

RYS. 8
Uporządkowany wykres energii mechanicznej wody sieciowej



RYS. 9
Odzysk energii w okresie roku

zakresie przepływów. Na rysunku 6 przedstawiono charakterystykę turbiny o przepływie nominalnym 400 m³/h, spadku 20,4 m i sprawności 80%.

Zmienność przepływu zależna od pogody

Regulacja ilościowo-jakościowa źródła ciepła i sieci ciepłowniczej charakteryzuje się zmiennością przepływu dla sezonu zimowego przejściowego i letniego. Sieci ciepłownicze zaprojektowane są dla wielkości maksymalnego przepływu, który zmienia się wraz warunkami pogodowymi. Można to najlepiej zaobserwować w okresie przejściowym jesienią i wiosną. Pogoda wówczas wykazuje dużą dynamikę zmian, co skutkuje zmiennością przepływu sieci magistralnej. Na rysunku 7 przedstawiono wykres przepływu w okresie 4 lat.

> Obszary stosowalności poszczególnych rodzajów turbin nie pokrywają się z zakresem przepływów nominalnych wody w węzłach ciepłowniczych

Mając na uwadze zmienność przepływu spowodowaną zmianą temperatury i pracą układów pogodowych w wymiennikowniach ciepła oraz uwzględniając minimalne ciśnienie dyspozycyjne, jakie musimy pozostawić dla prawidłowej pracy sieci ciepłowniczej (przyjęto 3 bary na odgałęzieniu), można wyznaczyć uporządkowany wykres energii mechanicznej, który zobrazuje przepływy minimalne w okresie letnim, średnie w okresie przejściowym oraz maksymalne zimą. Należy również uwzględnić zmianę ciśnienia dyspozycyjnego w źródle wynikającą z zapewnienia właściwej dyspozycji na sieci ciepłowniczej. Każde źródło dostosowuje swoje parametry pracy do wymogów hydraulicznych pracy sieci. Uwzględniając powyższe założenia, uporządkowany wykres energii mechanicznej wody sieciowej przedstawiono na rysunku 8.

Na wykresie (rys. 8) widać energię mechaniczną okresu letniego, przejściowego i zimowego – zaznaczono pionowymi linami.

Przewidywany odzysk energii w okresie roku przedstawiono na rysunku 9.

Przewidywana ilość energii elektrycznej wyprodukowana w ciągu roku ma wynosić 165 400 kWh.

***

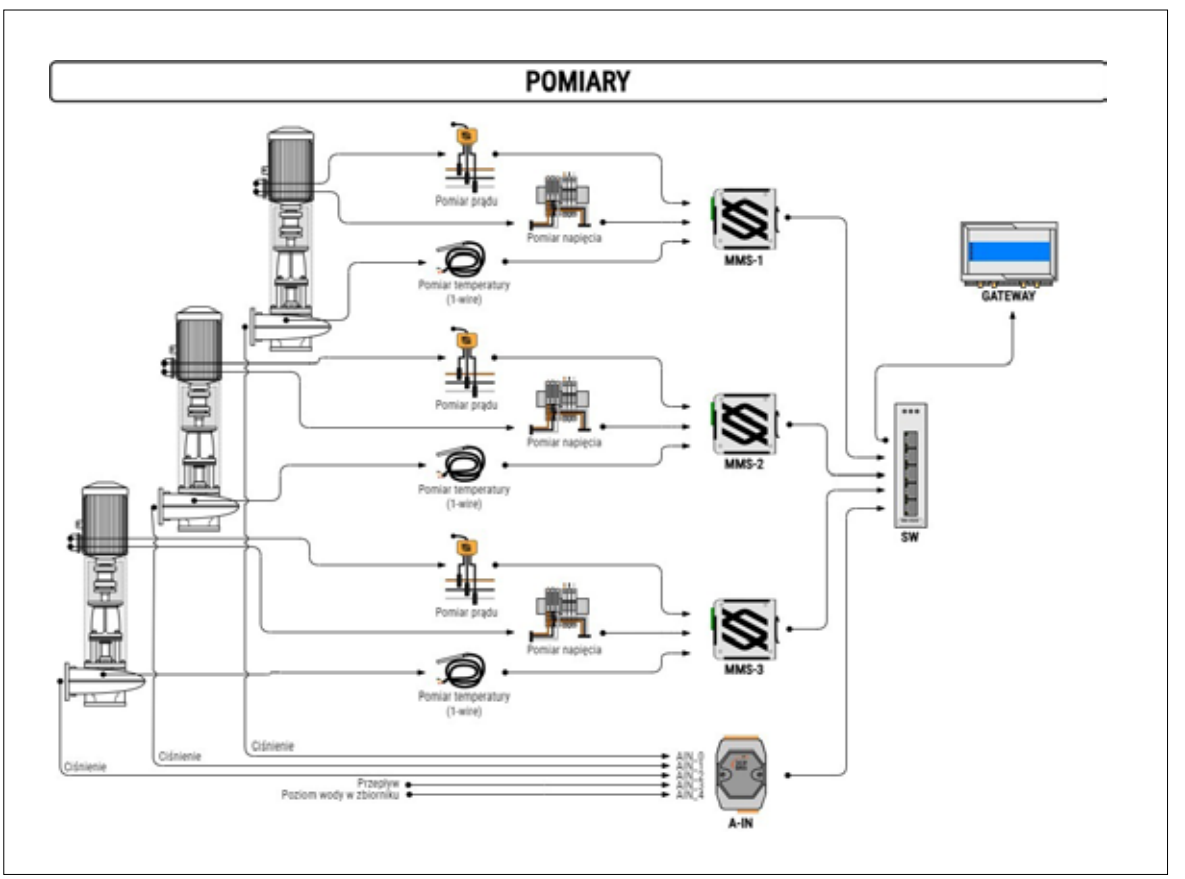
Układy odzysku energii mechanicznej przepływającej wody sieciowej i zamiany jej w energię elektryczną są zdaniem autorów nowym kierunkiem rozwoju. Jak zostało to zaznaczone na początku, należy go wspierać, ponieważ każda odzyskana kWh sprawia, że zmniejszamy ślad węglowy, przyczyniamy się do prowadzenia zrównoważonego rozwoju techniki i wprowadzamy recykling energetyczny. Jednym słowem – nasze działania są coraz bardziej przyjazne środowisku. ■

INNOWACJE
W OPTYMALIZACJI I DIAGNOSTYCE POMP ŚCIEKOWYCH

dr inż. Artur Hanc, mgr inż. Piotr Zaitz
Elmodis Smart Pumps

Cyfryzacja jest kluczowym elementem przyszłości m.in. branży wodociągowej. Implementacja Systemu Smart Pumps Elmodis pozwala na wdrażanie innowacyjnych rozwiązań cyfrowych, które mogą być adaptowane w różnych warunkach i na różnych skalach: od pojedynczych oczyszczalni po całe systemy miejskie.

W Europie funkcjonuje 18000 oczyszczalni ścieków i 40000 zakładów produkcji wody, borykających się z problemami starzejącej się infrastruktury, co powoduje wysokie koszty kapitałowe i operacyjne oraz zwiększa ryzyko środowiskowe. Niezawodność tych systemów jest kluczowa, szczególnie w kontekście zapewnienia ciągłości dostaw wody oraz ochrony środowiska.

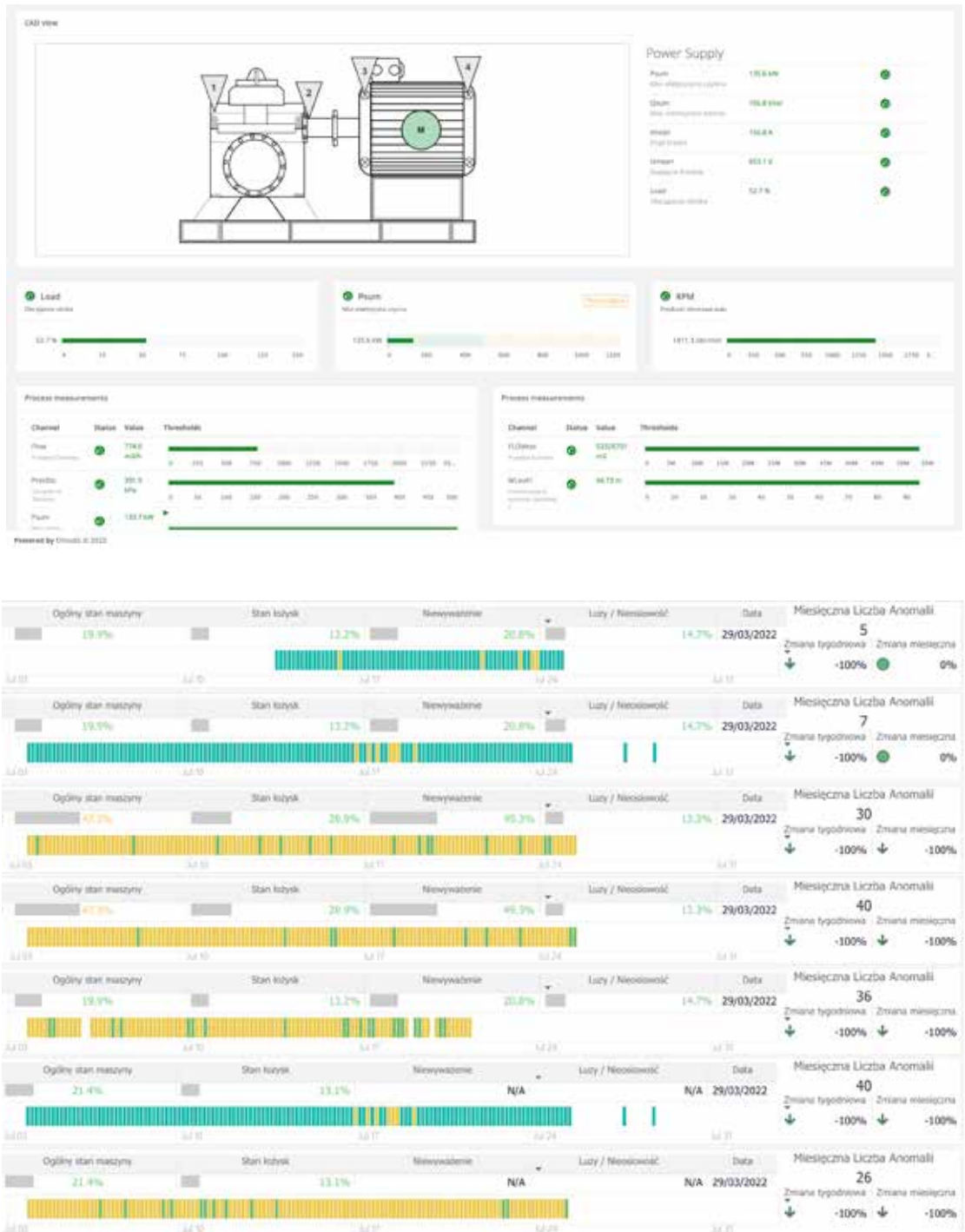


RYS. 1 Przykładowe zastosowanie Systemu Elmodis Smart Pumps w monitorowaniu stacji pomp ścieków

Technologia Analizy Sygnatury Elektrycznej (ESA) w Elmodis

System Elmodis Smart Pumps wykorzystuje technologię ESA (analiza sygnatur elektrycznych) w połączeniu z zaawansowaną techniką uczenia maszynowego ML do monitorowania stanu pomp i innych urządzeń elektrycznych występujących w oczyszczalniach ścieków i systemach ściekowych.

Za pomocą złożonych metod ESA (Electric Signature Analysis), MCSA (*Motor Current Signature Analysis*) oraz EESA (*Elmodis Energy Signature Analysis*) system analizuje fluktuacje pola wewnątrz silników, umożliwiając wykrywanie anomalii zarówno w samych silnikach, jak i w połączonych układach mechanicznych. Wykorzystanie algorytmów AI i uczenia maszynowego pozwala na prognozowanie awarii i planowanie działań



RYS. 2
Przykładowy widok oceny stanu technicznego

preskryptywnych, co jest kluczowe dla zapewnienia ciągłości działania systemów i obniżenia kosztów oraz różnego rodzaju ryzyka.

Integracja z SCADA i zaawansowana analityka brzegowa

Integracja danych z i do systemów SCADA oraz wykorzystanie analityki brzegowej pozwala na szybką i efektywną reakcję w przypadku wykrycia anomalii. Wpływa to na redukcję czasu reakcji z dni do minut, co jest kluczowe w przypadku krytycznych zdarzeń, takich jak kawitacja, suchobieg czy blokady. Partnerstwo ze światowymi liderami w zakresie pomp i silników (jak np. firmą Meiden i Xylem) umożliwia zaawansowaną weryfikację implementowanych, bezpiecznych rozwiązań brzegowych z dużą skutecznością.

Strategie optymalizacji energetycznej w systemach pompowych

Budowane w ramach wdrożenia systemu Elmodis Smart Pumps modele mają na celu identyfikację potencjalnych problemów oraz ich predykcję, szacowanie ryzyka oraz związanych z tym kosztów w celu planowania inwestycji w oparciu o wyniki modeli i symulacji.

> W Europie funkcjonuje 18 000 oczyszczalni ścieków i 40 000 zakładów produkcji wody, borykających się z problemami starzejącej się infrastruktury

Główne elementy analizy:

- Analiza ryzyka związana ze stanem technicznym (łożyska, uszczelnienia, zasilanie, uzwojenia).
- Anomalie operacyjne (clogging, kawitacja, blockage, zbyt częste rozruchy).

W zakresie efektywności energetycznej budowane modele pozwalają na identyfikację obecnego stanu maszyn pod kątem efektywności pracy zarówno od strony degradacji pompy, jak i sposobu sterowania w układzie rozumianym kompleksowo (napływy, zbiorniki, rurociągi, pompownie, zawory). Na podstawie takich modeli możliwe jest:

- określenie potencjału dotyczącego możliwej poprawy efektywności poprzez remont, wymianę pomp,
- określenie potencjału poprawy związanego ze zmianą sposobu sterowania pompami (praca pojedyncza, równoległa, współpraca na krzywej instalacji),
- docelowo możliwe jest wsparcie AI dla sterowania pompami z uwzględnieniem mechanizmów predykcyjnych dotyczących wymaganego przepływu.

Elmodis Smart Pumps umożliwiają tworzenie krzywych wydajności pomp na podstawie danych rzeczywistych, co jest kluczowe dla budowy modeli wysokiej jakości i optymalizacji zarówno stanu technicznego, jak i zużycia energii. System Elmodis pozwala na monitoring wydajności pomp w stosunku do ich optymalnego punktu pracy (BEP) oraz obszarów AOR i POR, co umożliwia rekomendacje zmian w schemacie sterowania. Dzięki temu następuje redukcja zużycia energii nawet o 30% w odniesieniu do kompletnych przepompowni, co przekłada się na znaczące oszczędności kosztów operacyjnych.

Rzeczywiste zastosowania i wyniki

System Elmodis znajduje zastosowanie w monitorowaniu i optymalizacji:

- systemów pompowych wody pitnej,
- systemach oczyszczalni ścieków i przepompowniach ścieków,
- lokalnych stacjach podnoszenia ciśnienia,
- systemach ogrzewania i chłodzenia miejskiego,
- stacjach pomp dystrybucji sieciowej,
- monitorowaniu pompy wody morskiej,
- pomp wody zasilającej w elektrowniach i elektrociepłowniach,
- zatapialnych pomp wód gruntowych.

Przykładowe studia przypadków pokazują, jak wdrożenie systemu Elmodis przyczyniło się do redukcji zdarzeń degradujących urządzenia oraz umożliwiło osiągnięcie wysokiej oszczędności energii. Takie wyniki podkreślają wartość systemu w realnych warunkach eksploatacyjnych i jego wpływ na wydłużenie żywotności infrastruktury.

Cyfryzacja i skalowalność: przyszłość sektora wodnego

Cyfryzacja jest kluczowym elementem przyszłości branży wodociągowej. Implementacja Systemu Smart Pumps Elmodis pozwala na skalowalne wdrażanie innowacyjnych rozwiązań cyfrowych, które mogą być adaptowane w różnych warunkach i na różnych skalach, od pojedynczych oczyszczalni po całe systemy miejskie.

Elmodis Smart Pumps są przykładem, jak nowoczesne technologie mogą pomóc w przekształcaniu wyzwań infrastrukturalnych w oszczędności operacyjne i przyczyniać się do zrównoważonego rozwoju. Poprzez zwiększenie efektywności energetycznej i operacyjnej systemy te wspierają globalne cele środowiskowe, jednocześnie zapewniając niezawodność i bezpieczeństwo w dostawach wody i oczyszczaniu ścieków.

Wdrożone prace zostały współfinansowane w ramach projektu Zintegrowane Środowisko typu Digital Twin do modelowania i symulacji algorytmów ML i Al dla potrzeb optymalizacji systemów przemysłowych POIR.01.01.01-00-0351/22. ■

PUMPS & VALVES GROUP
pompy i armatura przemysłowa

Autoryzowany partner firmy Sulzer w Polsce

www.pvg.pl

SULZER

Authorized
Partner

fot. 123rf

PODZIAŁ WYDAJNOŚCI DWÓCH POMP
regulowanych prędkością obrotową

Marek Skowroński, Artur Machalski, Przemysław Szulc, Kalina Kowalska
Politechnika Wrocławska

W jaki sposób określić prawidłowe nastawy regulatorów prędkości obrotowej, gwarantujące minimalizację poboru mocy dla zadanych warunków przepływowych?

Eksploatacja pomp wirowych o różnych charakterystykach energetycznych, współpracujących równolegle i sterowanych zmiennoobrotowo, spotyka się z problemem optymalizacji ich współpracy pod kątem minimalizacji energochłonności. Kluczowym parametrem poddawanym rozważaniom jest jednostkowe zużycie energii $e = P/Q$ (gdzie: P to moc pobierana, a Q stanowi wydajność pomp). Dla niezmiennego wymagania układu pompowego pod względem wydajności Q_w, zmniejszenie parametru e możliwe jest poprzez redukcję mocy pobranej przez pompownię.

Kryterium optymalnej pracy równoległej dwóch pomp

Jako kryterium optymalnej pracy równoległej dwóch pomp regulowanych prędkością obrotową wybierano minimum mocy elektrycznej pobieranej przez układ:

$$P = P_1 + P_2 = \min. \quad (1)$$

Jako zmienną niezależną wybierano prędkość obrotową pompy pierwszej n_1. Moc układu osiąga minimum wówczas, gdy pochodna funkcji mocy wynosi zero:

$$\frac{dP}{dn_1} = \frac{dP}{dn_1} = \frac{dP_1}{dn_1} + \frac{dP_2}{dn_1} = 0. \quad (2)$$

Układ będzie zużywał najmniej energii, gdy suma pochodnych funkcji mocy będzie równa zero. Wyznaczanie optymalnych prędkości obrotowych pomp zostaje pokazane na przykładzie współpracy z układem dwóch różnych pomp regulowanych prędkością obrotową.

Założone parametry

Założono, że charakterystyki pomp są określone przez trzy wartości współrzędnych w pobliżu punktu optymalnego. W tab. 1 przedstawiono punkty charakterystyk pomp: 1 i 2 dla n_1 = 3000 obr/min.

Przebieg charakterystyki układu określają parametry:

- Q_w = 300 m³/h – wymagana wydajność.
- H_w = 40 m – wymagana wysokość podnoszenia.
- H_0 = 20 m – geometryczna wysokość podnoszenia.

Interpolacja charakterystyk

Na podstawie trzech punktów przebieg charakterystyk przepływu i mocy pomp opisano wielomianami 2. stopnia:

$$H = A_0 + A_1 \cdot Q + A_2 \cdot Q^2, \quad (3)$$

$$P = B_0 + B_1 \cdot Q + B_2 \cdot Q^2. \quad (4)$$

Dokonując interpolacji, określono współczynniki równań 3 i 4, co przedstawiono w tabelach 2 i 3.

Przebieg charakterystyk pomp pokazano na rys. 1 i 2.

Sprawność pompy obliczono ze wzoru 5:

$$\eta = \frac{HQ\rho g}{P}. \quad (5)$$

Równanie charakterystyki układu określa wzór 6:

$$H_u = H_0 + RQ^2 = H_0 + \frac{H_w - H_0}{Q_w^2} Q^2, \quad (6)$$

gdzie: R to rezystancja rurociągu.

Współpraca równoległa pomp

Jak wynika z rys. 3 wydajność sumy równoległej dwóch pomp jest większa od zapotrzebowania układu, co oznacza, że jedna lub obie pompy powinny być regulowane prędkością obrotową.

Z analizy współpracy pomp można wysnuć zależności: 7 i 8. Wymagana wydajność układu Q_w jest sumą wydajności pompy 1 i 2:

Q_1	H_1	P_1	Q_2	H_2	P_2
m³/h	m	kW	m³/h	m	kW
80	78	34	80	68	23
150	64	40	120	57	26
220	40	44	160	40	28

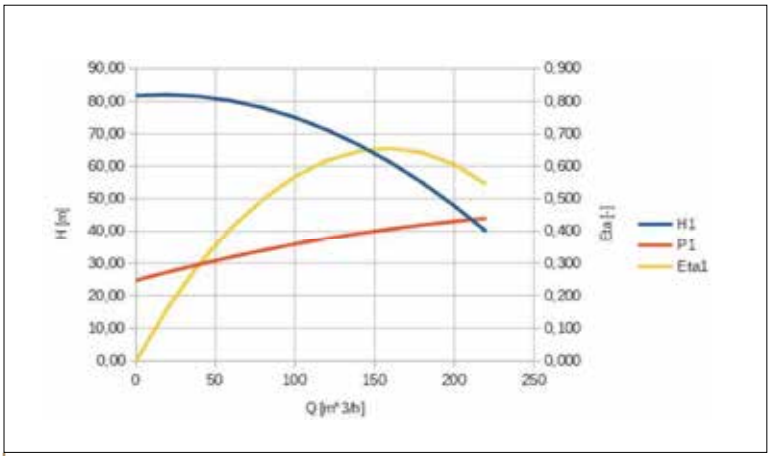
TAB. 1
Punkty charakterystyk pomp: 1 i 2 dla n_1 = 3000 obr/min

A2	-0,001	B2	-0,0002
A1	0,035	B1	0,13
A0	81,76	B0	24,69

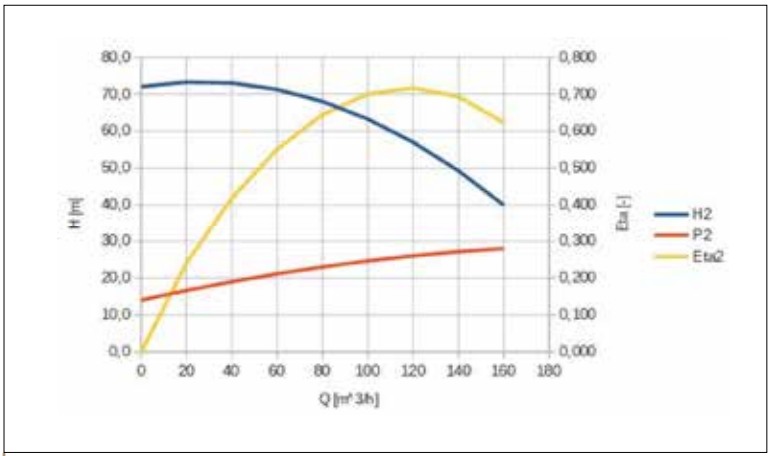
TAB. 2
Współczynniki równań charakterystyk pompy 1

A2	-0,0019	B2	-0,00031
A1	0,1	B1	0,14
A0	72	B0	14

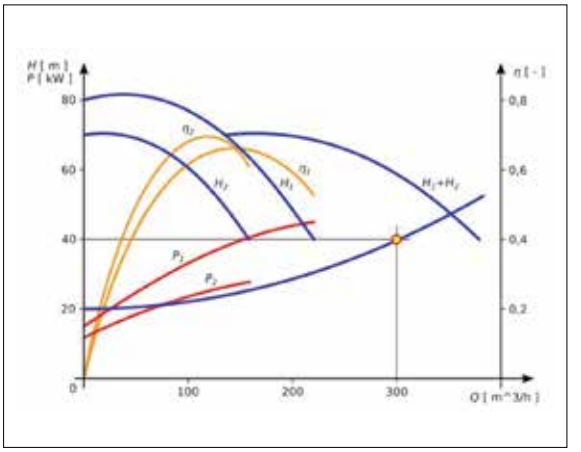
TAB. 3
Współczynniki równań charakterystyk pompy 2



RYS. 1
Charakterystyki pompy 1 dla n_1 = 3000 obr/min



RYS. 2
Charakterystyki pompy 2 dla n_2 = 3000 obr/min



RYS. 3 Suma równoległa charakterystyk pomp 1 i 2 dla n = 3000 obr/min

$$Q_w = Q_1 + Q_2. \quad (7)$$

Wysokość podnoszenia obu pomp jest taka sama:

$$H_w = H_1 = H_2. \quad (8)$$

Kwestią nierozwiązaną pozostają wartości prędkości obrotowej poszczególnych pomp, minimalizujące pobieraną moc.

Charakterystyki pomp dla dowolnej prędkości obrotowej

Względna prędkość obrotowa r określona jest wzorem 9:

$$r = \frac{n}{n_0}. \quad (9)$$

Zgodnie z teorią podobieństwa maszyn wirowych charakterystyki energetyczne ze zmianą prędkości obrotowej opisane są wzorami 10 i 11:

$$H = A_0 \cdot r^2 + A_1 \cdot r \cdot Q + A_2 \cdot Q^2, \quad (10)$$

$$P = B_0 \cdot r^3 + B_1 \cdot r^2 \cdot Q + B_2 \cdot r \cdot Q^2, \quad (11)$$

gdzie:
n – prędkość obrotowa,
n_0 – nominalna prędkość obrotowa,
r – względna prędkość obrotowa.

Optymalizacja współpracy pomp

W kilku krokach zostanie zaprezentowana procedura optymalizacji współpracy rozważanych pomp.

Krok 1. Wyznaczenie funkcji wydajności pompy Q_1 w zależności od stosunku prędkości r_1 przy stałej wysokości podnoszenia H = const:

$$Q_1 = f(r_1,\ H = const). \quad (12)$$

Przekształcamy równanie 10 do postaci równania kwadratowego względem Q_1:

> Kluczowym parametrem poddawanym rozważaniom jest jednostkowe zużycie energii

$$A_{2.1} \cdot Q_1^2 + A_{1.1} \cdot r_1 \cdot Q_1 + A_{0.1} \cdot r_1^2 - H = 0. \quad (13)$$

Rozwiązaniem tego równania jest zależność 14:

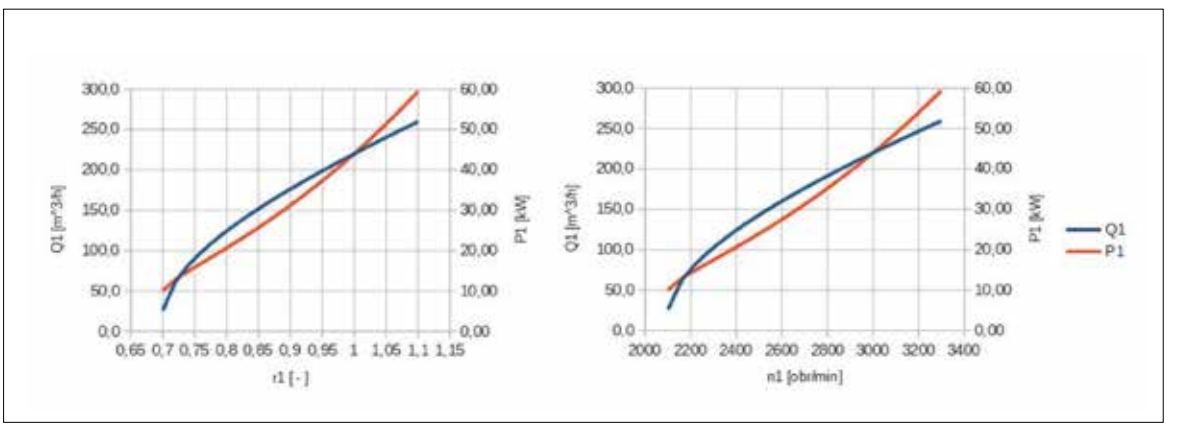
$$Q_1 = \frac{-A_{1.1} \cdot r_1 - \sqrt{A_{1.1}^2 \cdot r_1^2 - 4 \cdot A_{2.1} \cdot (A_{0.1} r_1^2 - H)}}{2 \cdot A_{2.1}}. \quad (14)$$

Krok 2. Wyznaczenie funkcji mocy pompy P_1 w zależności od prędkości r_1 i wydajności Q_1:

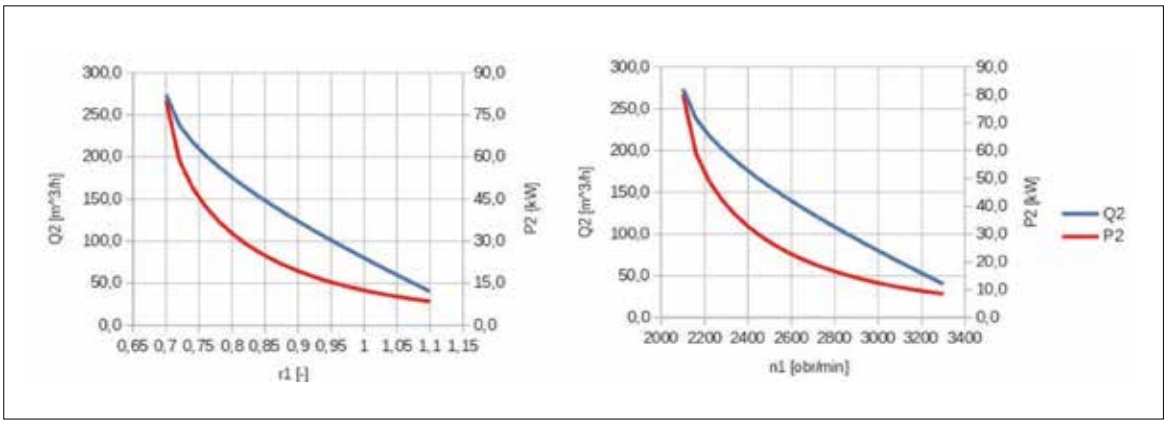
$$Q_1 = f(r_1, Q_1,\ H = const). \quad (15)$$

Funkcję mocy pompy uzyskano przez podstawie do równania 11 wartości z zależności 14:

$$P_1 = B_{0.1} \cdot r_1^3 + B_{1.1} \cdot r_1^2 \cdot Q_1 + B_{2.1} \cdot r_1 \cdot Q_1^2. \quad (16)$$



RYS. 4 Funkcja wydajności i mocy pompy P_1 w zależności od prędkości obrotowej



RYS. 5
Funkcja wydajności i mocy pompy 1 w zależności od prędkości obrotowej

Dla współczynników charakterystyk pompy 1 z tab. 2 przebieg wydajności Q_1 i mocy P_1 w zależności od prędkości względnej r_1 i prędkości obrotowej n_1 pokazano na rys. 4.

Krok 3. Wyznaczenie funkcji wydajności pompy 2 w zależności od prędkości obrotowej pompy 1 przy stałej wysokości podnoszenia na podstawie równania 17:

$$Q_2 = Q_w - Q_1. \tag{17}$$

Krok 4. Wyznaczenie funkcji prędkości obrotowej r_2 w zależności od wydajności pompy 2, a w konsekwencji od r_1, przy stałej wysokości podnoszenia:

$$r_2 = f(Q_2,\ H = const). \tag{18}$$

Do wzoru 10 podstawiamy zależności ze wzorów 17 i 14. Po uporządkowaniu uzyskamy zależność w postaci równania kwadratowego 19:

$$A_{0.2} \cdot r_2^2 + A_{1.2} \cdot r_2 \cdot Q_2 + A_{2.2} \cdot Q_2^2 - H = 0. \tag{19}$$

Ostateczne wartość względnej prędkości obrotowej określa równanie 20:

$$r_2 = \frac{-A_{1.2} \cdot Q_2 - \sqrt{A_{1.2}^2 \cdot rQ_2^2 - 4 \cdot A_{0.2} \cdot (A_{2.2} Q_2^2 - H)}}{2 \cdot A_{0.2}}. \tag{20}$$

Krok 5. Wyznaczenie funkcji mocy pompy P_2 w zależności od prędkości r_1 dla określonej wartości Q_2:

$$P_2 = f(r_2, Q_2,\ H = const). \tag{21}$$

Funkcję mocy pompy 2 uzyskamy przez podstawienie do równania 11 wartości z zależności 17 i 20:

$$P_2 = B_{0.2} \cdot r_2^3 + B_{1.2} \cdot r_2^2 \cdot Q_2 + B_{2.2} \cdot r_2 \cdot Q_2^2. \tag{22}$$

Dla współczynników charakterystyk pompy 2 z tab. 3 przebieg wydajności Q_2 i mocy P_2 w zależności od prędkości względnej r_1 i prędkości obrotowej n_1 pokazano na rys. 5.

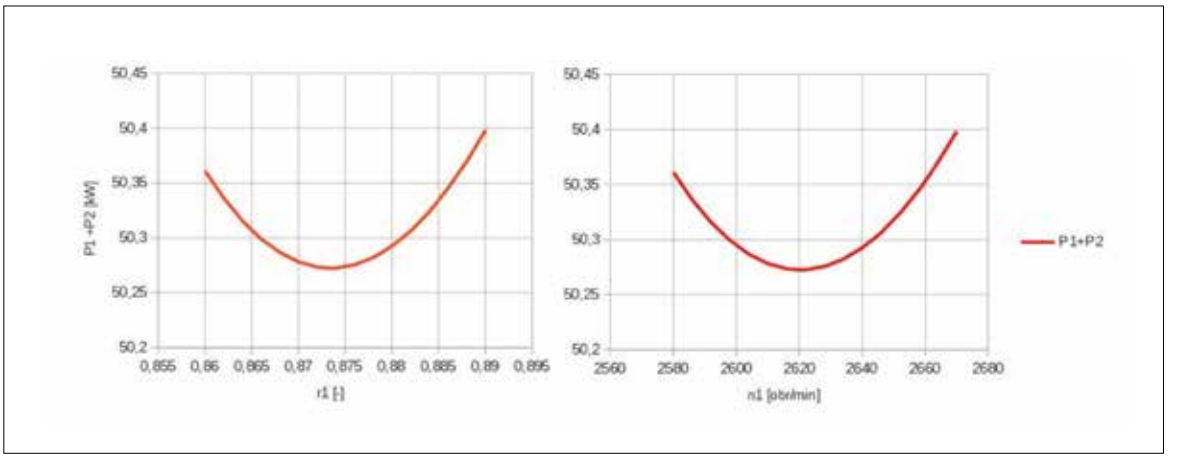
Krok 6. Wyznaczenie optymalnej wartości prędkości obrotowej n_1.

Analityczne wyznaczenie minimum sumy mocy pomp na podstawie równania 2 jest uciążliwe. Znacznie prostszym sposobem jest wykorzystanie metody przeszukiwania przedziału zmienności n_1 w arkuszu

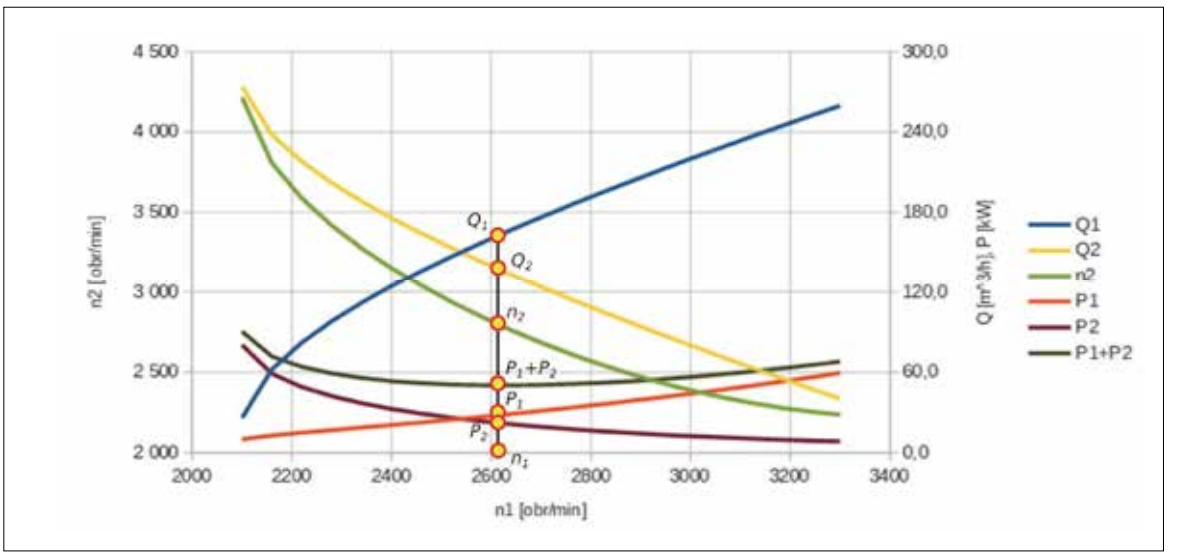
TAB. 4
Przeszukiwanie przedziału zmienności r_1

r_1	N_1	Q_1	P_1	Q_2	r_2	n_2	P_2	P1+P2
-	obr/min	m³/h	kW	m³/h	-	obr/min	kW	kW
0,880	2640	166,84	28,97	133,16	0,920	2 761	21,32	50,292
0,878	2634	165,88	28,75	134,12	0,923	2 769	21,54	50,282
0,876	2628	164,91	28,53	135,09	0,926	2 777	21,75	50,275
0,874	2622	163,93	28,30	136,07	0,929	2 786	21,97	50,272
0,873	2620	163,61	28,23	136,39	0,930	2 788	22,04	50,272
0,872	2616	162,95	28,08	137,05	0,931	2 794	22,19	50,273
0,870	2610	161,97	27,87	138,03	0,934	2 802	22,41	50,278
0,868	2604	160,98	27,65	139,02	0,937	2 811	22,64	50,287
0,866	2598	159,99	27,43	140,01	0,940	2 819	22,87	50,299

RYS. 6
Minimum funkcji sumy mocy pomp $P_1 + P_2$



RYS. 7
Optymalne parametry pracy układu



kalkulacyjnym w celu znalezienia minimum funkcji $P_1 + P_2$. Wyniki przeszukiwania przedziału przedstawiono w tab. 4 i pokazano na rys. 6.

> Układ będzie zużywał najmniej energii, gdy suma pochodnych funkcji mocy będzie równa zero

W pokazanym przykładzie optymalna wartość prędkości obrotowej pompy 1 wynosi n_1 = 2620 obr/min.

Krok 7. Wyznaczenie parametrów pracy układu.

Na podstawie znanej wartości n_1 możliwe jest wyznaczenie pozostałych parametrów pracy układu, jak to pokazano na rys. 7.

Parametry optymalne wynoszą zatem:

- n_1 = 2620 obr/min,
- n_2 = 2788 obr/min,
- Q_1 = 163,61 m³/h,
- Q_2 = 136,39 m³/h,
- P_1 = 28,23 kW,
- P_2 = 22,04 kW.

***

Zaprezentowana w artykule procedura obliczeniowa stanowi podsumowanie rozważań optymalnej pracy dwóch różnych pomp połączonych równolegle, sterowanych prędkością obrotową. Minimalizacja poboru mocy przez pompownię umożliwia jej efektywniejszą energetycznie eksploatację, minimalizuje koszty i pozytywnie oddziałuje na środowisko.

Literatura

[1] Gulich J. F., Centrifugal Pumps, Sprinher–Verlag, Berlin, 2008.
[2] Jędral W., Pompy wirowe, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa, 2014.
[3] Łazarkiewicz S., Troskolański A., Pompy wirowe, Wydawnictwo Naukowo–Techniczne, Warszawa, 1973.
[4] Skowroński M., Pompy i układy pompowe, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2009.
[5] Skowroński M., iPumps.EU/.
[6] Świtalski P., Skowroński M., Pompy wirowe. Sprawność i niezawodność, Wydawnictwo CEDOS, Wrocław 2019. ■

MILTOM

Sprzedaż i serwis pomp ppoż. SPP Pumps

Co oferujemy:

- Pompy SPP Unistream i Thrustream z silnikiami diesla lub elektrycznymi.
- Serwis i przegląd wszystkich typów pomp przeciwpożarowych.

Pompy firmy SPP Pumps zostały zaprojektowane na potrzeby ochrony przeciwpożarowej.

Posiadają krajowy certyfikat stałości właściwości użytkowych **CNBOP.**

Ponadto spełniają normy brytyjskie LPCB, amerykańskie NFPA 20, a także mają aprobatę FM Approvals.

ul. Mazura 18A,
02-830 Warszawa
+48 22 844 59 39
firm@miltom.com.pl

www.miltom.com.pl

KRAJOWA CERTYFIKACJA

pomp i zespołów pomp pożarowych

dr inż. Michał Chmiel
kierownik Jednostki Certyfikującej CNBOP-PIB

fot. 123rf

Ze względu na brak w zbiorze Polskich Norm właściwej normy dla pomp pożarowych, na potrzeby procesu krajowej oceny i weryfikacji stałości właściwości użytkowych (OiW SWU) niezbędne jest opracowanie Krajowej Oceny Technicznej (KOT) przez uprawnioną w przedmiocie zapytania Jednostkę Oceny Technicznej.

Bez względu na to, czy mamy do czynienia z blokiem mieszkalnym, czy z ogromnym obiektem przemysłowym, fundamentalnym i niezaprzeczalnym celem ochrony przeciwpożarowej jest dla nich zapewnienie odpowiednich środków do ochrony życia i zdrowia użytkowników, mienia lub środowiska przed skutkami pożaru, klęsk żywiołowych albo innych zagrożeń. Należy tutaj zaznaczyć, że poprzez „zapewnienie odpowiednich środków" należy rozumieć działania zmierzające do:

- zapobiegania powstawania i rozprzestrzeniania się zdarzenia,
- zapewnienia stosownych sił i środków do zwalczania zdarzenia,
- umożliwienia przeprowadzenia akcji ratowniczo-gaśniczej.

Jednym z tych środków jest stosowanie ocenionych, sprawdzonych, niezawodnych, a przede wszystkim bezpiecznych zarówno dla użytkownika i ratownika wyrobów budowlanych z zakresu ochrony przeciwpożarowej. Prezentowany materiał przybliży proces wprowadzania do obrotu jednej z grup tych wyrobów, tj. pomp i zespołów pomp pożarowych.

Istota i znaczenie

Ocena zgodności (obecnie definiowana jako ocena stałości właściwości użytkowych) jest procesem zło-

żonym i wymaga poświecenia określonej ilości czasu. Duże znaczenie odgrywa tu współpraca pomiędzy wnioskodawcą (producentem lub dostawcą wyrobu) a jednostką certyfikującą. Bez tej oceny wyrobów budowlanych trudno wyobrazić sobie poprawne funkcjonowanie systemów w wielu obszarach, w tym w zakresie systemów bezpieczeństwa pożarowego. Jest ona ważnym i podstawowym narzędziem służącym do realizacji celów ochrony zdrowia, życia, mienia i środowiska, a także – coraz częściej – zapewnienia niezawodności działania wyrobów. Stanowi również pewną umowną „granicę" oddzielającą wyroby z formalnie potwierdzonymi charakterystykami od wyrobów niewiadomego pochodzenia oraz takich, których właściwości pozostają jedynie w zakresie deklaracji producenta. Dzięki ocenie zgodności użytkownik końcowy zyskuje pewność (poprzez potwierdzenie strony trzeciej) co do deklarowanych przez producenta cech wyrobu.

Obowiązujące w Polsce regulacje prawne określają zasady i tryb wprowadzania do obrotu i stosowania w budownictwie oraz dopuszczania do użytkowania służących ochronie przeciwpożarowej urządzeń przeciwpożarowych, będących jednocześnie wyrobami budowlanymi. Rozpatrując zagadnienia certyfikacji oraz dopuszczenia do użytkowania wyrobów pod kątem bezpieczeństwa pożarowego można stwierdzić, że podlegają one zarówno przepisom dotyczącym wprowadzania do obrotu wyrobów budowlanych, jak i przepisom określającym wymagania dla wyrobów służących zapewnieniu bezpieczeństwa publicznego lub ochronie zdrowia i życia oraz mienia, wprowadzanych do użytkowania w jednostkach ochrony przeciwpożarowej i wykorzystywanych przez te jednostki.

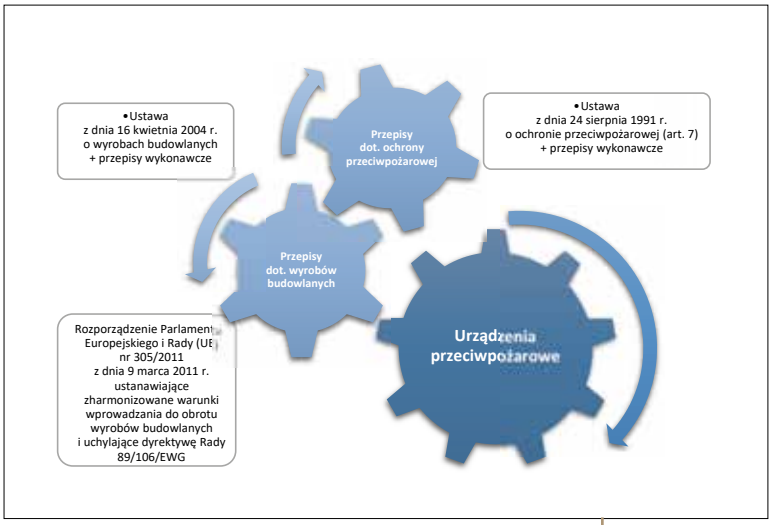
Definicje

Na wstępie rozpatrywanego zagadnienia warto zatrzymać się przy definicjach tych wyrobów. I tak przez pompę pożarową rozumiemy pompę, która służy do podnoszenia ciśnienia wody w stałych urządzeniach gaśniczych i instalacjach wodociągowych przeciwpożarowych. Z kolei zespół pompowy to zestaw wyrobów, który w składzie, poza samą pompą (pompą pożarową, pompą do instalacji wodociągowych przeciwpożarowych), zawiera inne komponenty niezbędne do poprawnego działania całego zestawu. Przykładowy zestaw podzespołów wchodzących w skład omawianych zespołów pomp przedstawiono na rys. 2.

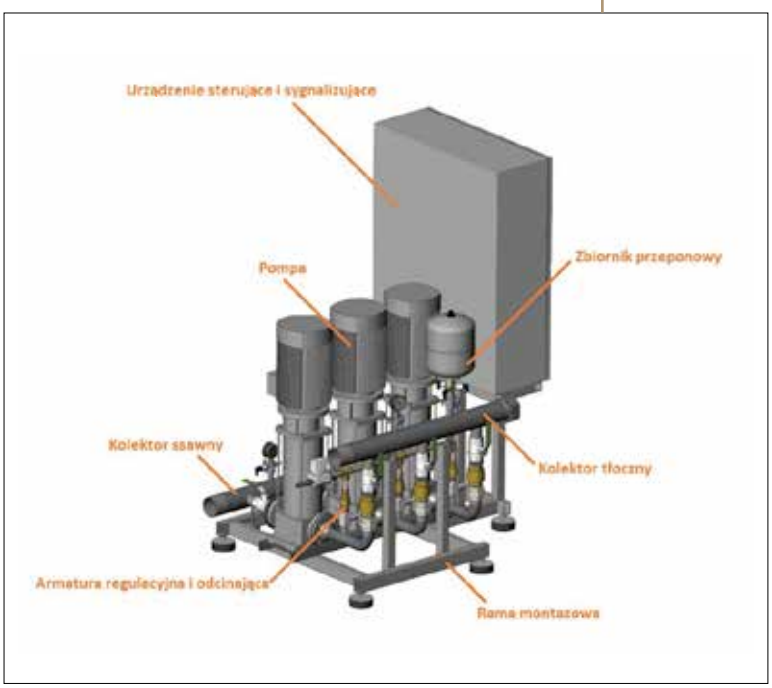
Pompy jako wyroby budowlane

Na potrzeby wyjaśnienia kluczowych terminów związanych z dopuszczeniem do obrotu i stosowania pomp oraz zespołów pomp istotne jest przedstawienie podstawowych i ogólnych definicji będących w zakresie wyrobów budowanych. Nadrzędnym dokumentem opisującym omawianą tematykę jest Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 305/2011 z dnia 9 marca 2011 r. ustanawiające zharmonizowane warunki wprowadzania do obrotu wyrobów budowlanych i uchylające dyrektywę Rady 89/106/EWG, które to w swojej treści podaje, że jako wyrób budowlany należy traktować:

- każdy wyrób lub zestaw wyprodukowany i wprowadzony do obrotu w celu trwałego wbudowania w obiektach budowlanych lub ich częściach, którego właściwości wpływają na właściwości użytkowe obiektów budowlanych w stosunku do podstawowych wymagań dotyczących obiektów budowlanych;
- ponadto w rozporządzeniu wskazano także, że „zestaw" oznacza wyrób budowlany wprowadzony do obrotu przez jednego producenta jako zestaw co najmniej dwóch odrębnych elementów, które muszą zostać połączone, aby mogły zostać włączone w obiektach budowlanych.



RYS. 1
Przepisy z zakresu oceny i weryfikacji wyrobów *(źródło: Standard [8])*



RYS. 2
Podstawowe elementy zespołu pompowego (źródło: www.Instalcompact.pl)

Obecnie przepisy ustawy o wyrobach budowlanych [1] regulują obszar wprowadzania do obrotu wyrobów budowlanych na polski rynek. Na tej podstawie istnieją przedstawione poniżej możliwości legalnego wprowadzenia do obrotu lub udostępnienia wyrobów budowlanych na rynku krajowym, przy udziale niezależnej strony trzeciej (jednostki certyfikującej):

- **Art. 4** Wyrób budowlany może być wprowadzony do obrotu lub udostępniany na rynku krajowym, jeżeli nadaje się do stosowania przy wykonywaniu robót budowlanych, w zakresie odpowiadającym jego właściwościom użytkowym i zamierzonemu zastosowaniu co oznacza, że jego właściwości użytkowe umożliwiają prawidłowo zaprojektowanym i wykonanym obiektom budowlanym, w których ma on być zastosowany w sposób trwały, spełnienie podstawowych wymagań, o których mowa w art. 5 ust. 1 pkt 1 ustawy z dnia 7 lipca 1994 r. – Prawo budowlane.

> Dzięki ocenie zgodności użytkownik końcowy zyskuje pewność co do deklarowanych przez producenta cech wyrobu

- **Art. 5** ust. 1 Wyrób budowlany objęty normą zharmonizowaną lub zgodny z wydaną dla niego europejską oceną techniczną może być wprowadzony do obrotu lub udostępniany na rynku krajowym wyłącznie zgodnie z rozporządzeniem Nr 305/2011. Wzór oznakowania CE określa załącznik do rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) Nr 765/2008 z dnia 9 lipca 2008 r. ustanawiającego wymagania w zakresie akredytacji i nadzoru rynku odnoszące się do warunków wprowadzania produktów do obrotu i uchylającego rozporządzenie (EWG) nr 339/93 (Dz. Urz. UE L 218 z 13.08.2008, str. 30).
- **Art. 5** ust. 2 Wyrób budowlany nieobjęty normą zharmonizowaną, dla której zakończył się okres koegzystencji, o którym mowa w art. 17 ust. 5 rozporządzenia Nr 305/2011 i dla którego nie została wydana europejska ocena techniczna, może być wprowadzony do obrotu lub udostępniany na rynku krajowym, jeżeli został oznakowany znakiem budowlanym, którego wzór określa załącznik nr 1 do ustawy.

Natomiast kwestie wykonawcze do przedstawionej ścieżki postępowania reguluje Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Budownictwa z dnia 17 listopada 2016 r. w sprawie sposobu deklarowania właściwości użytkowych wyrobów budowlanych oraz sposobu znakowania ich znakiem budowlanym [2].

Ze względu na brak w zbiorze Polskich Norm właściwej normy dla rozpatrywanych pomp, na potrzeby procesu krajowej oceny i weryfikacji stałości właściwości użytkowych (OiW SWU) niezbędne jest w tym przypadku opracowanie dla nich Krajowej Oceny Technicznej (KOT) przez uprawnioną w przedmiocie zapytania Jednostkę Oceny Technicznej. Należy pamiętać, że samo opracowanie i wydanie KOT nie wystarcza do legalnego wprowadzenia wyrobu do obrotu i stosowania w budownictwie. KOT jest jedynie technicznym dokumentem odniesienia w procesie OiW SWU dla wyrobu budowlanego.

Proces OiW SWU

Przytoczone powyżej akty prawne określają, jakie czynności powinny zostać zrealizowane oraz jakie dokumenty należy uzyskać dla pomp i zespołów pomp przeciwpożarowych w celu ich legalnego wprowadzenia do obrotu i oznakowania wyrobu znakiem budowalnym „B". Zanim to jednak nastąpi producent wyrobu musi wykonać czynności określone w dedykowanym systemie oceny zgodności. Czynnościami tymi określa się działania producenta, czynności realizowane przez jednostkę certyfikującą.

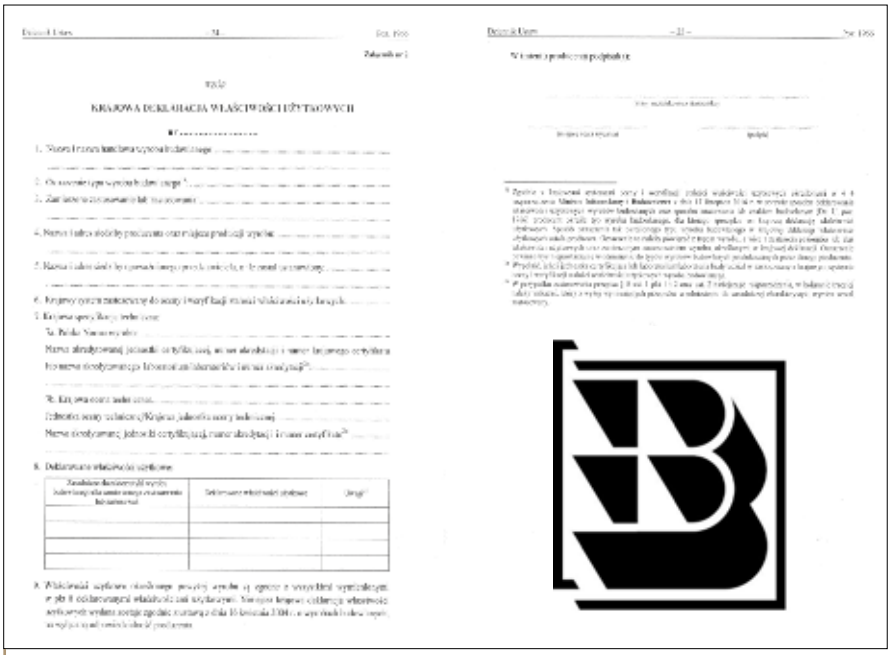
Celem przeprowadzenia krajowej OiW SWU, producent powinien na początku całego procesu dokładnie określić zamierzone zastosowanie wyrobu oraz wskazać na zgodność, z jakim technicznym dokumentem odniesienia ma być prowadzony proces wspomnianej oceny (certyfikacji). Biorąc pod uwagę obowiązujące przepisy, dokumentem odniesienia w procesie krajowej certyfikacji dla rozpatrywanych wyrobów jest Krajowa Ocena Techniczna. Analizując opracowane i wydane KOT przez CNBOP-PIB dla grupy – zespoły pomp pożarowych, można wyróżnić podstawowe właściwości użytkowe i wymagania stawiane dla nich w ramach wydawanych KOT, tj.:

- kompatybilność funkcyjna i techniczna zastosowanych podzespołów,
- zgodność wykorzystanych pomp z wymaganiami pr EN12259-12:2019 [7], w zakresie:
  - materiałów i budowy,
  - wytrzymałości na ciśnienie wewnętrzne,
  - szczelności,
  - charakterystyk wydajności,
  - charakterystyk sprawności,
- sposób uruchamiania zespołu pomp,
- minimalny przepływ,
- zdolność do przenoszenia przez ramę obciążań i ochrona przed wibracjami,
- odporność na korozję zespołu pomp,
- trwałość urządzenia sterującego i sygnalizującego (USIS),
- weryfikacja sygnalizacji USIS sygnalizacji i komunikatów.

Wymagany krajowy certyfikat (KC SWU) uzyskiwany jest przez producenta po pozytywnym zakoń-

KRAJOWY CERTYFIKAT
STAŁOŚCI WŁAŚCIWOŚCI UŻYTKOWYCH
Nr 063-UWB

RYS. 3
Wzór KC SWU *(źródło: standard [9])*



KRAJOWA DEKLARACJA WŁAŚCIWOŚCI UŻYTKOWYCH

RYS. 4
Wzór Krajowej deklaracji właściwości oraz wzór znaku budowlanego „B”
(źródło: rozporządzenie [2])

czeniu procesu krajowej oceny i weryfikacji stałości właściwości użytkowych. Proces ten obejmuje trzy etapy: ocenę dokumentacji, badania próbki wyrobu w laboratorium akredytowanym z określonym programem badań oraz inspekcje zakładowej kontroli produkcji (ZKP) u producenta wyrobu, której celem jest potwierdzenie powtarzalności i jakości produkcji w odniesieniu do przebadanej próbki.

Po otrzymaniu wspomnianego certyfikatu producent powinien wystawić krajową deklarację właściwości użytkowych, która upoważnia go do oznakowania rozpatrywanych wyrobów znakiem budowlanym „B”. Wzór takiej deklaracji, wraz z niezbędnymi informacjami, które muszą być tam zawarte, przedstawiono na rys. 4.

Zgodnie z powyższymi zapisami, celem oznakowania wyrobów znakiem budowlanym „B”, producent musi wystawić stosowną deklarację, po wcześniejszym uzyskaniu krajowego certyfikatu stałości właściwości użytkowych. Podkreślenia wymaga fakt, że zgodnie z obowiązującymi przepisami prawa budowlanego to właśnie deklaracja właściwości użytkowych (dawniej określana jako deklaracja zgodności) a nie certyfikat stanowi dokument upoważniający wprowadzenie wyrobu budowlanego do obrotu. Inne wyroby z zakresu ochrony przeciwpożarowej (i nie tylko) objęte obowiązkiem przeprowadzenia oceny (certyfikacji) zostały wskazane w załączniku do rozporządzenia [2].

Okres przejściowy

Istotnym elementem w zakresie wprowadzania do obrotu pomp i zespołów pomp pożarowych w oparciu o art. 5 ust. 2 ustawy o wyrobach budowlanych [1]

Reklama

RYS. 5
Okresy przejściowe [2]

był okres przejściowy przedstawiony w § 14 rozporządzenia [2], który dawał producentom „nowych" grup wyrobów czas na dostosowanie własnych wyrobów i przeprowadzanie procesu krajowej OiW SWU. Pompy pożarowe i zespoły pomp pożarowych zakresowo stanowią integralną grupę wyrobów dla „pomp przeciwpożarowych i zespołów pomp przeciwpożarowych", wskazanych w załączniku 1 do wcześniej obowiązującego rozporządzenia Ministra Infrastruktury z 2004 r. w sprawie sposobu deklarowania właściwości użytkowych; nie zostały one objęte omawianym okresem przejściowym. Z kolei od 1 stycznia 2021 r. obowiązkiem zostały objęte pompy do instalacji wodociągowych przeciwpożarowych, a od 1 lipca 2022 r. również zespoły pomp do instalacji wodociągowych przeciwpożarowych.

> Na potrzeby procesu krajowej oceny i weryfikacji stałości właściwości użytkowych niezbędne jest opracowanie Krajowej Oceny Technicznej przez uprawnioną w przedmiocie zapytania Jednostkę Oceny Technicznej

***

Zaprezentowane wyroby odgrywają bardzo dużą rolę w procesie zapewnienia bezpieczeństwa w obiektach budowlanych zarówno mieszkalnych, jak i przemysłowych. W związku z tym wymagania w zakresie potwierdzania odpowiedniego poziomu bezpieczeństwa i funkcjonalności tych urządzeń są niezwykle istotne zarówno dla użytkowników tychże obiektów, jak ich producentów. Bez wątpienia, z uwagi na złożoność zagadnień związanych z certyfikacją wspomnianych wyrobów, kwestie poruszane w niniejszej publikacji z pewnością nie wyczerpują tematu, ale mogą stanowić podstawowy elementarz wiedzy w tym zakresie.

Dokonane zestawienie przepisów i ich porównanie wskazuje, że pompy i zestawy pomp pożarowych objęte są obowiązkiem przeprowadzenia krajowej oceny i weryfikacji stałości właściwości użytkowych oraz objęte obowiązkiem sporządzenia krajowej deklaracji właściwości użytkowych i oznakowania ich znakiem budowlanym „B".

Literatura

1. Ustawa z dnia 16 kwietnia 2004 roku o wyrobach budowlanych.
2. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Budownictwa z dnia 17 listopada 2016 r. w sprawie sposobu deklarowania właściwości użytkowych wyrobów budowlanych oraz sposobu znakowania ich znakiem budowlanym.
3. Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 7 czerwca 2010 r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów.
4. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 11 sierpnia 2004 r. w sprawie sposobów deklarowania zgodności wyrobów budowlanych oraz sposobu znakowania ich znakiem budowlanym.
5. M. Pietrzak, M. Chmiel, Ochrona i bezpieczeństwo nr 1/2023.
6. M. Szostak, M. Chmiel, Ochrona przeciwpożarowa nr 2/2023.
7. prEN 12259-12: 2019 Fixed firefighting systems — Components for sprinkler and water spray systems — Part 12: Pumps.
8. Standard CNBOP-PIB – 0001:2022 wyd. 7, CNBOP-PIB, Józefów.
9. Standard CNBOP-PIB – 0016:2018 wyd. 5, CNBOP-PIB, Józefów.
10. www. Instalcompact.pl ■

wilo

Obowiązkowa certyfikacja od 1 lipca 2022

Zapewnij spokój i bezpieczeństwo odbiorów z certyfikowanymi pompami oraz zestawami pomp pożarowych Wilo.

CNBOP-PIB

Zestaw pompowy do zaopatrzenia w wodę bytową oraz instalacji ochrony pożarowej Wilo-COR-1-4 Helix VF /SC-FFS

Co zyskujesz dzięki zespołom pomp pożarowych Wilo?

- → **Bezpieczeństwo i najwyższą jakość potwierdzoną Krajową Oceną Techniczną oraz Certyfikatem Stałości Właściwości Użytkowych CNBOP-PIB.**
- → **Gwarancję nieprzerwanej pracy dzięki sterownikom i falownikom z funkcją Fire-Mode oraz systemowi 3 czujników ciśnienia.**
- → **Spokój przy uzgodnieniach projektów i pewność odbiorów zgodnie z przepisami prawa, obowiązującymi od 1 lipca 2022.**

Dbając o bezpieczeństwo naszych Klientów przypominamy, że zestawy pompowe na potrzeby ppoż. zgodnie z rozporządzeniem Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 7 czerwca 2010 r. (Dz.U. Nr 109 poz. 719) muszą być przeglądane raz w roku!

Wilo – systemowy dostawca spokoju.

NOWOCZESNE ROZWIĄZANIA
przy produkcji pomp

W każdej firmie są działania monotonne, powtarzalne i niewymagające bardzo doświadczonego operatora, a równocześnie niezbędne do wykonania. I tam właśnie zaczynamy stosować koboty, które obsługują maszyny. Nasi pracownicy się śmieją, że to ich dodatkowi koledzy i praktycznie każdy kobot w fabryce ma swoje własne imię – opowiada **Jakub Grabowski,** dyrektor produkcji Hydro-Vacuum.

Sebastian Podsędek: **Czy firma Hydro-Vacuum prowadziła ostatnio jakieś inwestycje, którymi warto się pochwalić?**

Jakub Grabowski: Tak, dość istotnie obniżamy nasz ślad węglowy i doprowadzamy do tego, aby nasza firma była samowystarczalna energetycznie. W tym celu wybudowaliśmy już pierwszy megawat fotowoltaiki na terenie spółki. Kończymy budowę drugiego megawata i przygotowujemy dokumentację techniczną, wszystkie niezbędne pozwolenia, aby uruchomić trzeci.

W tym roku powinniśmy mieć zatem już dwa funkcjonalne megawaty, jeśli chodzi o naszą własną energię wytwarzaną na terenie firmy. To oznacza, że *de facto* nawet w przypadku ciężkiego kryzysu energetycznego będziemy w stanie podtrzymać produkcję. Nie byłaby ona wprawdzie na pełną moc, postępowałaby sukcesywnie – by najpierw odlewać, potem obrabiać, a następnie testować. W ten sposób bylibyśmy w stanie utrzymać produkcję nawet w przypadku dłuższego braku zasilania. To bardzo ważne, ponieważ Hydro-Vacuum jest wpisane na listę RCB jako dostawca niezbędny do utrzymania krytycznej infrastruktury kraju.

JAKUB GRABOWSKI
dyrektor produkcji
Hydro-Vacuum
fot. Hydro-Vacuum

A macie w planach uzyskanie całkowitej samowystarczalności energetycznej, żeby całą produkcję utrzymywać tylko z OZE?

Przy samej fotowoltaice jest to niemożliwe, ponieważ na niektórych stanowiskach mamy pełną 4-brygadówkę. Cały czas jednak rozważamy inne opcje, gdyż docelowo chcemy zasilać produkcję w całości z zielonej energii. Tymczasem, do końca roku obniżymy zapotrzebowanie na energię o jakieś 22%. W całości będzie to pokryte przez nasze instalacje fotowoltaiczne, więc można powiedzieć, że nasze pompy będą realnie zielone.

Z jakimi wyzwaniami się dziś mierzycie? Czy problemem bywa np. łańcuch dostaw?

Jeżeli chodzi o łańcuchy dostaw, to w tym aspekcie nie mamy problemu, ponieważ jesteśmy bardzo mocno wertykalnie zintegrowani. Wszystkie elementy kluczowe wytwarzamy we własnym zakresie, kupujemy jedynie części typu łożyska, uszczelnienia, silniki, kable. Dodatkowo mamy tak zbudowaną strukturę zaopatrzeniową, że jeżeli jeden z moich podstawowych dostawców będzie miał problem z dostarczeniem jakichś komponentów, zawsze mamy alternatywy.

Czyli macie magazyny części?

Mamy magazyny części głównie własnych, a z drugiej strony rozbudowaną sieć dostawców. Ze względu

na wzrosty produkcyjne, wzrosty sprzedażowe musimy się jednak mierzyć z problematyką wykwalifikowanych pracowników. W związku z tym uruchomiliśmy – wraz z lokalnymi szkołami w Grudziądzu – pełny cykl szkolenia, praktycznie na wszystkie kluczowe zawody, które są potrzebne w naszej firmie. Na przykład szkolenie na operatorów maszyn CNC i nie jest to kurs trwający tydzień, tylko 3-4 miesiące, z setkami godzin wykładów prowadzonych przez naszych technologów odnośnie techniki skrawania. Po nich następuje kilkaset godzin pracy bezpośrednio na maszynie docelowej, pod nadzorem doświadczonego pracownika.

Drugą istotną zmianą w naszych strukturach pracowniczych jest to, że zwiększamy udział kobiet bezpośrednio przy produkcji. W tym celu przy wszystkich dużych maszynach postawiliśmy suwnice, dźwigi, żurawiki, w związku z czym nie trzeba już dziś dużej siły, żeby na maszynę założyć detale. W związku z tym sukcesywnie zaczynamy wdrażać kobiety do zawodu operatora – sprawdzają się doskonale.

Zaczynacie też wykorzystywać koboty.

W każdej firmie są działania monotonne, powtarzalne i niewymagające bardzo doświadczonego operatora, a równocześnie niezbędne do wykonania. I tam właśnie zaczynamy stosować koboty, które obsługują maszyny. Nasi pracownicy się śmieją, że to ich dodatkowi koledzy i praktycznie każdy kobot w fabryce ma swoje własne imię.

Z pewnością – mówiąc o charakterze naszej pracy – wyzwaniem jest to, że większość naszych najbardziej skomplikowanych produktów jest wysyłana w świat, często do bardzo odległych krajów. W związku z tym zaczynamy wdrażać różne metody, żeby pomagać naszym inżynierom nadzorować prace zdalnie. Pojawiają się również wyzwania związane z obsługą posprzedażną produktów wyeksportowanych do egzotycznych lokalizacji. Na przykład mamy pompy zainstalowane dosłownie w środku dżungli, gdzie sam dojazd jakimkolwiek pojazdem jest już problemem. Gdy jechaliśmy na budowę, żeby zrobić ostateczne uruchomienie, to nawet kierowca taksówki powiedział, że się zgubił i nie jest pewny, czy to dobra trasa, gdyż droga się skończyła... W związku z takimi sytuacjami konieczne jest budowanie zgranego, sprawdzonego zespołu. Połączenie starannego planowania z elastycznością pozwala nam na eliminację trudności, zanim jakaś sytuacja osiągnie rangę dużego problemu.

Wspomniał pan o infrastrukturze krytycznej. Czy i tu widzicie państwo zagrożenia?

Rok lub dwa lata temu głośno było o sytuacji, kiedy na jeden z zachodnich koncernów został przeprowadzony atak hakerski, który tak naprawdę wyłączył produkcję globalnie na dzień lub dwa, co w skali takiego przedsiębiorstwa jest potężnym problemem. My większość systemów, które dziś posiadamy, ustawiliśmy na serwerach wewnątrz firmy, które nie mają kontaktu z siecią zewnętrzną. Maszyny monitorujemy bezpośrednio, sczytujemy dane wprost ze sterowników, jak również bezpośrednio wysyłamy programy obróbcze na maszyny. Przesył danych na zewnątrz zakładu odbywa się bez możliwości informacji zwrotnej, bardziej jako raportowanie stanu. W związku z tym o naszą własną infrastrukturę krytyczną się nie obawiam. Większym zagrożeniem byłyby np. ograniczenia w dostawie prądu, dlatego też inwestujemy w fotowoltaikę.

fot. Hydro-Vacuum

KOBOTY W FABRYCE
Hydro-Vacuum stawia mocno na robotyzację – stosowane są koboty, które zastępują operatora i obsługują maszyny

Mówił pan o kobotach. Coraz więcej w waszej fabryce automatyki i robotyki?

Tak, teraz chcemy wykonać w pełni zrobotyzowaną instalację odlewniczą. Mamy trzy maszyny do druku w plastiku na zakładzie i wykorzystujemy je do różnych prac. Aktualnie kupujemy wydruki z piasku, które wykorzystuje odlewnia, ale przygotowujemy się do zakupu maszyny do drukowania w piasku. Jesteśmy po pierwszych testach drukowania 3D w metalu i będziemy wdrażać technologie addytywnej produkcji oraz hybrydową produkcję. Praktycznie co miesiąc dostawiamy jedną bądź dwie nowe maszyny – plazmy, piły czy systemy fotowoltaiczne.

A B+R skupia się na efektywności, sprawności czy na jakichś przełomowych technologiach?

Jesteśmy stosunkowo niestandardową firmą, zatrudniamy 250 osób w pionie produkcyjnym, a w pionie B+R – ponad 50. Praktycznie na jednego inżyniera przypada jedynie czterech pracowników stricte produkcyjnych.

Działamy wielokierunkowo. Dodajemy nowe typoszeregi, całość procesów mamy zdigitalizowaną – nie tylko poprzez samo projektowanie, ale również badanie w środowisku cyfrowym prototypów. Zdarza się, że by zweryfikować pierwsze kształty wirników drukujemy je w plastiku i testujemy, żeby zobaczyć, czy jest odpowiednio duża zbieżność między modelem numerycznym a empirycznym. W latach 90. robiliśmy jedną pompę co trzy lata, obecnie nowy typoszereg pomp wypuszczamy praktycznie co 3 miesiące.

Rozmawiał Sebastian Podsędek, redaktor czasopisma „Kierunek Pompy” oraz portalu kierunekPOMPY.pl

POMPY DO MEDIÓW TRUDNYCH

– W Polsce zaczynaliśmy od klientów z sektora energetycznego, dostarczając pompy, które podawały paliwo alternatywne – muły węglowe. Ostatnią tego typu inwestycję skończyliśmy w 2020 roku, by skoncentrować się na oczyszczalniach ścieków i spalarniach osadów – opowiadają **Krzysztof Rudnik,** członek zarządu Przedstawicielstwa w Polsce PwP Sp. z o.o. oraz **Michał Wojda,** dyrektor ds. sprzedaży.

Sebastian Podsędek: **Co wyróżnia państwa firmę wśród innych producentów pomp?**

Krzysztof Rudnik: Nasze pompy odbiegają od tych, które są pokazywane na Kongresie Użytkowników Pomp (rozmowa była prowadzona podczas tej konferencji – red.), gdyż w większości to pompy wirowe. My natomiast proponujemy pompy tłokowe, dedykowane do mediów trudnych, czyli gęstych, gdzie zawartość suchej masy dochodzi nawet do 85%. Tego typu materiały są dla pomp wirowych w zasadzie niemożliwe do przepompowania, ponieważ przypominają one pastę. W związku z tą specyfiką mamy inny rynek odbiorców, zdecydowanie mniejszy.

Gdzie głównie trafiają więc wasze pompy?

Michał Wojda: Na przykład teraz „na czasie" jest energetyka i nowe piece posiadające systemy współspalania wszelkiego rodzaju paliw, biomasy, odpadów, osadów.

KR: Przy czym biomasa to nie zrębki, ale na przykład osad ściekowy. W Niemczech jest on uznawany za biomasę i od kilkudziesięciu lat spalany w dużych elektrowniach węglowych. W Polsce przez lata osad ściekowy był traktowany jako odpad niebezpieczny – nie wiadomo dlaczego.

Generalnie w Polsce zaczynaliśmy od klientów z sektora energetycznego, dostarczając pompy, które

KRZYSZTOF RUDNIK
członek zarządu Przedstawicielstwa w Polsce PwP Sp. z o.o.

fot. PwP

MICHAŁ WOJDA
dyrektor ds. sprzedaży

fot. PwP

podawały paliwo alternatywne – muły węglowe. Ostatnią tego typu inwestycję skończyliśmy w 2020 roku, by skoncentrować się na oczyszczalniach ścieków i spalarniach osadów.

Jaki projekt realizowaliście ostatnio?

KR: Pracowaliśmy m.in. na oczyszczalni ścieków w Warszawie, gdzie w pierwszym etapie została wykonana pompownia osadów, następnie pompy na spalarni, a potem moduł z dodatkowymi silosami i pompami. Cały czas rozważane jest dalsze rozszerzenie tej instalacji. Także w Gdańsku zamontowaliśmy dwie pompy tłokowe.

Warto podkreślić, że gdy zaczynaliśmy pracę z Putzmeisterem średni czas projektu od rozpoczęcia i pierwszych zapytań do realizacji inwestycji wynosił kilkanaście lat, a teraz doszliśmy do 2-3 lat.

MW: Obecnie uczestniczymy w pracach przy budowie kilku spalarni. Często naszym zadaniem jest tu umożliwienie współspalania osadów czy podawanie paliw alternatywnych, transport biomasy.

Czy instalacja nowych pomp to jedyna wasza działalność?

KR: Oprócz dostaw pomp, dużą częścią naszej działalności jest również serwis – zarówno gwarancyjny, jak i pogwarancyjny. We wszystkich przypadkach nasze instalacje są kluczowym elementem systemu, ponieważ gdyby pompy przestały działać, cała instalacja byłaby unieruchomiona.

MW: Niestety, ale w wielu instalacjach, z uwagi na oszczędności, jest tylko jedna nitka. Zatem na przykład na spalarni, w momencie kiedy jakaś pompa zostanie wyłączona z pracy, cała instalacja jest nieczynna i miasto nie ma co zrobić z osadem.

Winne temu jest błędne zaprojektowanie instalacji?

KR: Zdarzają się takie przypadki, gdy – mimo że istnieją dwie niezależne linie – wykonawca wykorzystuje tylko jeden napęd do dwóch pomp, w celu oszczędności. Wtedy, ze względów bezpieczeństwa, nie możemy wykonać serwisu pompy, bez wyłączenia obu linii.

MW: Są zatem niby dwie niezależne linie, ale podpięte do jednego agregatu. Tak, takie sytuacje faktycznie się zdarzają, głównie ze względów oszczędnościowych. Wszyscy zdają sobie z tego sprawę już na etapie projektowania, ale cóż – tak wybierają ze szkodą dla użytkownika.

Z drugiej strony np. Wodociągi Warszawskie – z uwagi na kwestie bezpieczeństwa – mają w tej chwili nawet trzy niezależne linie, ponieważ instalacje są cały czas rozbudowywane.

Serwis waszych pomp odbywa się na miejscu, u klienta, czy w siedzibie firmy?

MW: Serwisujemy je na miejscu, z racji wielkości pomp. Nasza najmniejsza ma wydajność kilkunastu m^3/h, trzy metry długości, dwa metry wysokości i kilka ton masy. Oczywiście, istnieje możliwość regeneracji niektórych elementów, ale głównie działamy u klientów, z którymi podpisujemy umowę pełnej opieki serwisowej. Minimalizuje ona ryzyko awarii w ciągu roku.

NA KONGRESIE UŻYTKOWNIKÓW POMP
Krzysztof Rudnik i Michał Wojda byli obecni na Kongresie Użytkowników Pomp, który odbył się 13-14 czerwca 2023 w Legnicy

KR: Ustalamy również z klientem listę części, które muszą być wymienione w określonym czasie. Wiemy, jaka jest ich żywotność w danych warunkach, u danego odbiorcy, przy określonym medium. Staramy się również dokonywać przeglądu całej instalacji i dzielić uwagami z klientami odnośnie szybko zużywających się elementów.

Czy przy tych serwisach wykorzystujecie jakieś nowoczesne technologie i urządzenia?

MW: Do diagnostyki używamy specjalnych, nazwijmy to „gadżetów", które pomagają w rozwiązywaniu problemów. Często również zalecamy, szczególnie przy instalacjach starszego typu, ich usprawnianie i montaż różnego rodzaju czujników.

KR: Mamy również ciekawą usługę serwisu online. Polega ona na tym, że dane są wysyłane do specjalistów w Niemczech i poddawane analizie. Przy obecnie rozbudowanych układach musimy rozwiązywać swoiste zagadki – czy problem jest z automatyką, czy mechaniką. I zdarza się, że pomagają nam zdalnie serwisanci z Niemiec.

Wspomnieliście panowie, że w ofercie posiadacie głównie dużych rozmiarów pompy. Czy dążycie do zmniejszenia ich rozmiarów i większej kompaktowości?

MW: Raczej nie ma takich możliwości. Putzmeister jest firmą bardzo tradycyjną, jeżeli chodzi o podstawową konstrukcję pomp. Konkurencja często traktuje to jako zarzut, natomiast dla naszych klientów to zaleta. Te konstrukcje są niezawodne i jedynie następuje ich usprawnianie, głównie w zakresie automatyki. Rozwijamy też technologie uszczelnień czy materiałów, ale trzymamy się dobrze znanej konstrukcji. Skupiamy się głównie na polepszeniu ich wytrzymałości.

Rozmawiał Sebastian Podsędek,
redaktor czasopisma „Kierunek Pompy"
oraz portalu kierunekPOMPY.pl

POZOSTAŃMY
w kontakcie

30 LAT
bmp
budujemy możliwości porozumienia

KLUCZEM JEST ROZMOWA Z UŻYTKOWNIKIEM

– Jeżeli ktoś nie chce rozmawiać z użytkownikiem, poznać go lepiej, to nie usłyszy od niego, że pojawił się nieopisywalny numerycznie problem – mówi **Paweł Ziółkowski,** inżynier wsparcia technicznego z PVG.

Sebastian Podsędek: **W jakiej dużej inwestycji uczestniczyliście ostatnio?**

Paweł Ziółkowski: Pracowaliśmy m.in. w Hucie Miedzi Legnica, dostarczając przepustnice na gazociągi. Było to kluczowe wyzwanie 2022 roku – ciężkiego, ponieważ bardzo dużo inwestycji zostało wówczas wstrzymanych lub całkowicie odwołanych.

Uczestniczyliśmy również w projektach w Polimerach Police, gdzie pojawiliśmy się, gdy lokalne firmy odpowiedzialne za rozruch miały problem z dostarczonymi urządzeniami. Przeprowadzamy też sporo remontów instalacji starszych, które wymagają znacznej uwagi z naszej strony.

Inwestowaliście ponadto w rozwój waszej firmy.

Tak. Przeprowadziliśmy się do nowego biura, zaprojektowanego przez prezesa w najdrobniejszych szczegółach, gdzie duży nacisk położono m.in. na ergonomię. Staramy się też cały czas rozszerzać nasz zespół – wykonujemy dużo skomplikowanej i czasochłonnej pracy, a cierpimy niestety na brak ludzi. Ich poszukiwanie to dziś nasza najdłużej trwająca inwestycja. Chcemy pozyskać zarówno przedstawicieli terenowych, jak i osoby do wsparcia biura. Niestety, potencjał kandydatów jest niezadowalający.

Pod względem wiedzy handlowej, technicznej, kompetencji?

Od kandydata oczekujemy jedynie podstawowej wiedzy technicznej oraz znajomości języka obcego. Kluczowe jest tu też odpowiednie podejście, gdyż nasze zadanie to rozwiązywanie problemów. A niestety nie da się z programu, „z automatu" wybrać gotowego rozwiązania. Należy wybadać stan faktyczny i poszukać odpowiedzi. Ważna jest również odpowiedzialność – nie można uciekać, wycofywać się, gdy coś się nie udaje, gdy napotykamy dalsze utrudnienia. Niestety, osób z takimi predyspozycjami jest na rynku bardzo mało.

PAWEŁ ZIÓŁKOWSKI
inżynier wsparcia technicznego z PVG

Fot. PVG

PVG wraz z PERSTA Stahl-Armaturen i HORA Regelarmaturen

Fot. PVG

Ważna jest też umiejętność komunikacji.

Zgadzam się. Jeżeli ktoś nie chce rozmawiać z użytkownikiem, poznać go lepiej, to nie usłyszy od niego, że pojawił się nieopisywalny numerycznie problem. Pamiętam taką sytuację, kiedy na jednej z instalacji otrzymaliśmy informację, że zawiera medium o określonym wzorze chemicznym i według tego wzoru wszystko było wspaniale. Łatwo było dobrać coś, co zadziała i sprawdzi się w tych warunkach. Użytkownik natomiast poinformował nas też, że zdarza się tu jednak zanieczyszczony surowiec z grudkami wielkości przepiórczego jajka. Tego, patrząc tylko na wzór chemiczny, nikt by nie zauważył. Technologia została przecież opracowana na surowiec czysty... Takie wskazówki trzeba zatem usłyszeć, porozmawiać na ich temat, przeanalizować z użytkownikiem różne opcje i znaleźć rozwiązanie.

Skoro już mowa o użytkownikach. Jakie błędy popełniają dziś najczęściej?

Czasem szukają oszczędności w niewłaściwych miejscach, co zawsze sygnalizujemy, zwracając uwagę na infrastrukturę krytyczną, niezawodność i dostęp do części w kluczowych nitkach. Gdy pojawia się dyskusja – wszystko jest w porządku. Ale gdy do sprawy włączają się na przykład prawnicy, którzy nie mają wiedzy o instalacji – zaczyna się niepotrzebny konflikt interesów.

Naszym zadaniem, jako dostawców, jest dostarczenie rozwiązania, które ma działać skutecznie i długo – nawet po okresie gwarancyjnym.

Jakich usprawnień dokonujecie, aby to osiągnąć?

Ciągle poszukujemy nowych technologii, ponieważ zajmujemy się projektami, które są „ciężkie". Zadaniem moim i innych osób w naszej firmie jest to, żeby ciągle szukać czegoś nowego, czegoś, co pomoże w wyeliminowaniu trudności, zagwozdek, z jakimi musimy się podczas naszej pracy zmierzyć. Na całym świecie można znaleźć dziś wiele nowoczesnych rozwiązań, technologii i naszym obowiązkiem jest poszukiwanie i zaimplementowanie ich do firmy.

Mierzycie się bardziej z problemami analitycznymi, obliczeniowymi?

Głównie z problemami z empirycznym używaniem instalacji. Analiza jest stosunkowo prosta – liczby wskażą wartość 0 lub 1. Zdarza się, że jednak nie otrzymujemy pełnej informacji od użytkownika, który na pytanie o medium podaje je, ale jednocześnie „mruga okiem". Niestety, czasem firmy starają się coś ukrywać, podczas gdy my musimy mieć dokładne dane. Zdarza się, że klienci zasłaniają się tajemnicą handlową, co przesłania nam prawdziwy obraz tego, co dzieje się w instalacji. Wiem, że wciąż w mediach pojawia się temat szpiegostwa przemysłowego, trzeba jednak zrozumieć, że naszym celem – powtarzam – jest rozwiązanie problemu, a to możliwe i bardziej skuteczne tylko wtedy, kiedy mamy jak najwięcej prawdziwych informacji od użytkownika. Chodzi tutaj o zaufanie, ponieważ nas nie interesuje, z czego składa się dany produkt, tylko skuteczne działanie instalacji. Ważne są tu informacje o istniejących błędach, zmianach w składzie medium itd. Ich brak może powodować w następstwie niepotrzebne konflikty i obwinianie nas o niesprawne działanie. Dokonując późniejszej analizy jesteśmy w stanie stwierdzić, czy np. zawiniła rzecz, którą nasz klient wiedział, ale zataił przed nami. Tutaj wkraczamy w zero-jedynkową logikę – albo coś jest, działa i będzie działać długo, albo po prostu nie funkcjonuje. Jeżeli mamy wszystkie dane, to patrzymy na całość jak na jeden organizm i wówczas jesteśmy w stanie skutecznie pomóc.

Rozmawiał Sebastian Podsędek,
redaktor czasopisma „Kierunek Pompy"
oraz portalu kierunekPOMPY.pl

Specjalistyczne pompy przemysłowe

LEDERLE
Hermetic

Sealless Technology **Unlimited**

HERMETIC-Pumps Polska sp. z o. o.

ul. Barona 20A/8

43-100 TYCHY

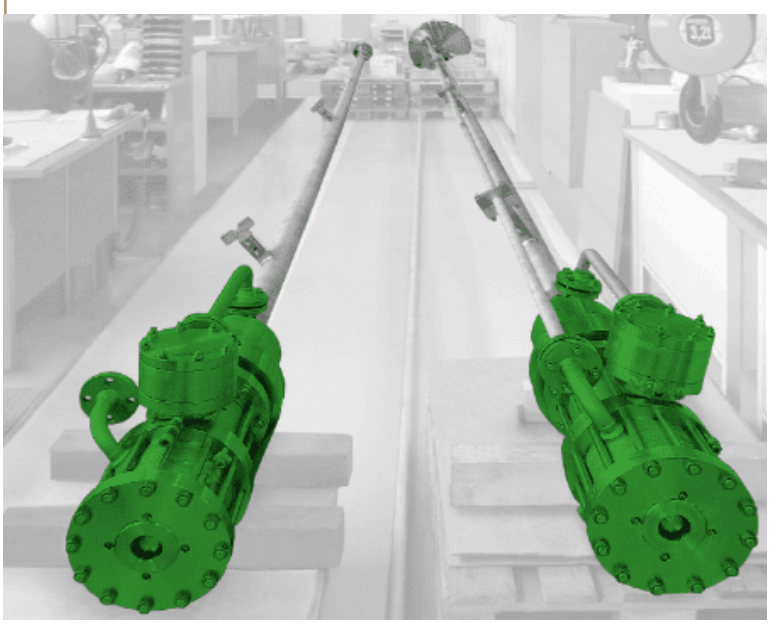
+48 32 3264765

ZABUDOWA ZANURZENIOWYCH, PIONOWYCH POMP HERMETYCZNYCH W ZBIORNIKACH

HERMETIC Pumpen GmbH

Zastosowanie zanurzeniowych pomp hermetycznych z silnikiem mokrym ma wiele zalet. Niezależnie od głębokości zabudowy pompy te mają zawsze krótki wał i tylko dwa łożyska ślizgowe. Taka konstrukcja oraz dostępność szeregu urządzeń monitorujących zapewniają wysoką niezawodność, ale także korzyści ekonomiczne dla użytkownika. Dzięki kompaktowej budowie ułatwiony jest również ich serwis.

Przepisy dotyczące ochrony środowiska i bezpieczeństwa pracy w zakresie obchodzenia się z toksycznymi i wybuchowymi cieczami coraz częściej wymagają instalacji pomp, które są zamontowane w zbiornikach. Pompowanie cieczy poprzez króćce umiejscowione w dnie lub na bokach zbiornika jest często niedopuszczalne. Ponieważ dostęp do pomp zanurzeniowych jest trudniejszy, pojawiają się bardzo wysokie wymagania dotyczące ich trwałości, dostępności, łatwości serwisowania i wysokiego współczynnika MTBF (średni czas między awariami). Ponadto użytkownicy oczekują, aby pompa była monitorowana w jak najszerszym zakresie, zapewniając wczesne wykrycie stanów awaryjnych i podjęcie środków zapobiegawczych.



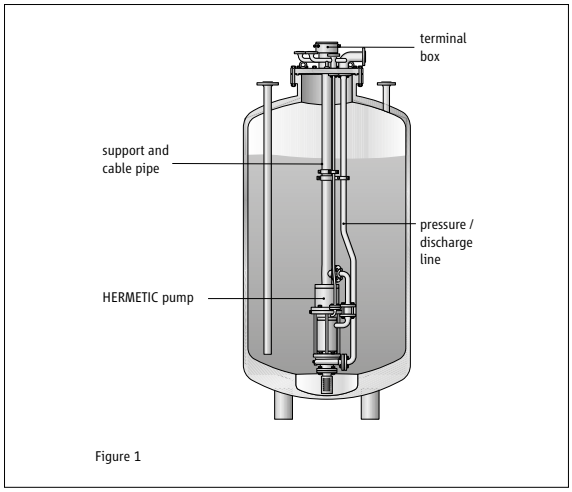
RYS. 1 Głębokość zanurzenia 8 m, długość wału 1 m, dwa łożyska ślizgowe

Technologia hermetycznych pomp z silnikiem mokrym zapewnia wiele korzyści i często stanowi atrakcyjną ekonomicznie alternatywę dla pomp z silnikiem zewnętrznym, z konwencjonalnym uszczelnieniem mechanicznym lub sprzęgłem magnetycznym, ponieważ eliminuje potrzebę zastosowania długich wałów z łożyskami pośrednimi czy skomplikowanych systemów chłodzenia i smarowania uszczelnień mechanicznych.

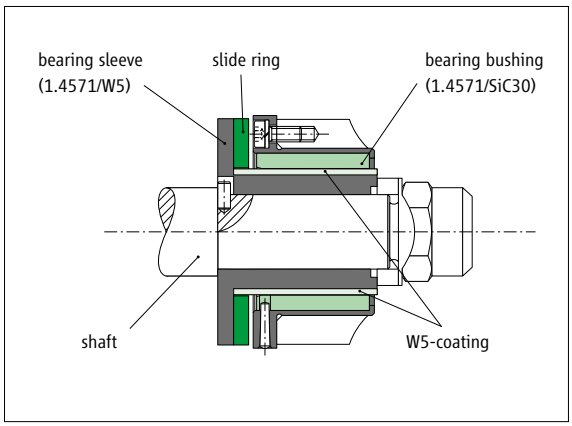
W pompach zatapialnych z typowym uszczelnieniem wału w postaci uszczelnienia mechanicznego, a także w pompach zbiornikowych ze sprzęgłem magnetycznym, silnik jest zainstalowany na zewnątrz zbiornika. Długość wału pompy łączącego układ hydrauliczny z silnikiem zależy przez to od głębokości zanurzenia. Wał taki często wymaga użycia łożysk ślizgowych smarowanych pompowaną cieczą. Z reguły łożyska te są instalowane w odległościach od około 1,2 do 1,6 metra i statystycznie rzecz biorąc, prawdopodobieństwo awarii wzrasta z każdym kolejnym metrem zanurzenia.

Krótki wał z tylko dwoma łożyskami ślizgowymi

W pompach hermetycznych z silnikiem mokrym wał jest wspólny dla silnika i części hydraulicznej, z reguły wsparty na dwóch łożyskach ślizgowych smarowanych pompowaną cieczą, a jego długość jest niewielka i niezależna od głębokości zanurzenia pompy. Rura statora oddziela pompowane medium od suchej, zamkniętej hermetycznie części elektrycznej silnika pompy. Łożyska ślizgowe działają w sposób



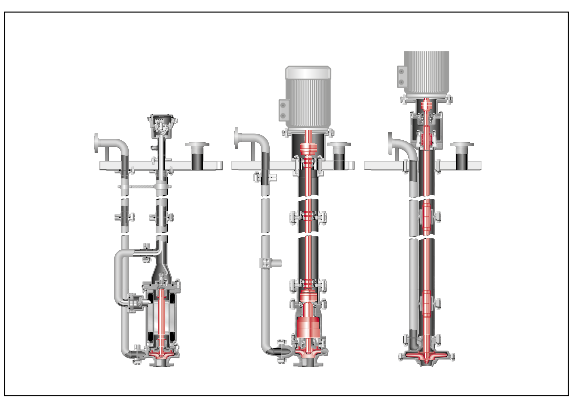
RYS. 2 Jednostopniowa pompa hermetyczna z silnikiem mokrym w pionowej zabudowie zbiornikowej



RYS. 3 Łożysko ślizgowe smarowane filmem z pompowanej cieczy. Wykonane z pary twardych materiałów, węglików krzemu i wolframu

bezkontaktowy, dzięki wytworzeniu trwałego filmu smarującego i nie wymagają konserwacji. Tego typu pompy działają wiele lat bez żadnych czynności serwisowych. Badania użytkowników pokazują, że czasy MTBF są wielokrotnie dłuższe niż w przypadku konstrukcji konwencjonalnych.

Silniki wolno- i szybkoobrotowe mogą być instalowane niezależnie od głębokości zanurzenia. Silniki dwubiegunowe zapewniają wysoką moc i kompaktową konstrukcję. Używając silników czterobiegunowych – niskoobrotowych można osiągnąć bardzo niskie wartości NPSH.



RYS. 4 Długość wału w pompach: hermetycznej z silnikiem mokrym, z typowym uszczelnieniem wału i ze sprzęgłem magnetycznym

Monitorowanie stanu pompy

W zależności od wymagań użytkownika możemy zastosować odpowiednio skonfigurowany system urządzeń monitorujących. Monitorowanie stanu pomp w zbiorniku jest znacznie trudniejsze niż monitorowanie stanu jednostek w zabudowie zewnętrznej. Koncepcja sprawdzania parametrów pomp z silnikiem mokrym HERMETIC jest realizowana przez szereg czujników zamkniętych w obudowie hermetycznej pompy. Oprócz czujników temperatury, poziomu cieczy i obciążenia silnika można zastosować specjalnie opracowany system MAP. W sposób ciągły bada on położenie osiowe wału pompy, dzięki czemu jest niezawodnym wskaźnikiem pracy pompy i zużycia łożysk.

Brak uszczelnień wału często skutkuje tańszą i mniej skomplikowaną instalacją. Nie ma potrzeby stosowania systemu cieczy zaporowej z układami chłodzenia i monitorowania.

Zastosowania kriogeniczne

Pompy z silnikiem mokrym doskonale sprawdzają się w zastosowaniach kriogenicznych. Wydajność silników elektrycznych pomp hermetycznych rośnie ze spadkiem temperatury pompowanej cieczy dzięki lepszemu chłodzeniu. Ponieważ nie wykorzystuje się uszczelnień dynamicznych ani konwencjonalnych łożysk, pompy hermetyczne zapewniają większą niezawodność i trwałość w tego typu aplikacjach.

Wyjątkowo płynna praca i prosta instalacja

Silnik pompy z silnikiem mokrym jest zanurzony w zbiorniku, a nie zainstalowany na zewnątrz. W połączeniu ze smarowanymi hydrodynamicznie łożyskami ślizgowymi zapewnia to wyjątkowo cichą pracę i niski poziom wibracji.

Instalacja zatapialnych pomp HERMETIC jest prosta, a ewentualny demontaż łatwy do wykonania i nie wymaga skomplikowanego demontażu wału lub sprzęgła. Pompy z silnikiem mokrym HERMETIC mogą być zaprojektowane jako pompy w studni na klapie zwrotnej. Zaletą tego rozwiązania jest to, że pompowane medium może być wypchnięte z powrotem do zbiornika przez gaz obojętny, a pompa łatwo wyjęta, bez wycieku pompowanego medium.

W ciągu ostatnich dziesięcioleci silnik mokry udowodnił swoją wartość jako niewymagający konserwacji i niezawodny napęd pomp zanurzalnych w przemyśle chemicznym i petrochemicznym. Dzięki swojej kompaktowej konstrukcji i wachlarzowi dostępnych urządzeń monitorujących konstrukcja ta często stanowi prostą, opłacalną i bardzo bezpieczną w eksploatacji alternatywę dla pomp z konwencjonalnym uszczelnieniem wału czy ze sprzęgłem magnetycznym.

Tłumaczył Damian Matusik
Fot., rys.: HERMETIC Pumpen GmbH ■

fot. 123rf

SPOSOBY OKREŚLANIA CHARAKTERYSTYK UKŁADU

Krzysztof Karaśkiewicz
Politechnika Warszawska

Znajomość charakterystyki układu i jego nadwyżki antykawitacyjnej NPSHA pozwala ocenić poprawność doboru pompy i zakres jej bezpiecznej pracy. Charakterystyki zmierzone mogą też posłużyć do kalibracji programów komputerowych symulujących przepływ w układzie. Wtedy obliczenia przy innych jego parametrach są bardziej wiarygodne.

Pompy nie pracują same, a zawsze w układzie. Niewłaściwa praca pompy często wiąże się z przyczynami po stronie samej pompy, np. z uszkodzeniem łożysk, uszczelnienia mechanicznego, erozją uszczelnień bezstykowych itp. Czasem jednak wynika z niewłaściwego doboru do układu, który w trakcie swojego życia może się też zmieniać. Tak na przykład się stanie, gdy zawory, filtry czy inne elementy układu zostają zmienione na nowe, o innych oporach. W takich sytuacjach znajomość charakterystyki układu może dużo podpowiedzieć.

Tę charakterystykę w uproszczeniu opisuje zależność paraboliczna:

$$H_{uk} = H_{st} + aQ^2 \quad (1)$$

gdzie:
statyczna wysokość podnoszenia układu

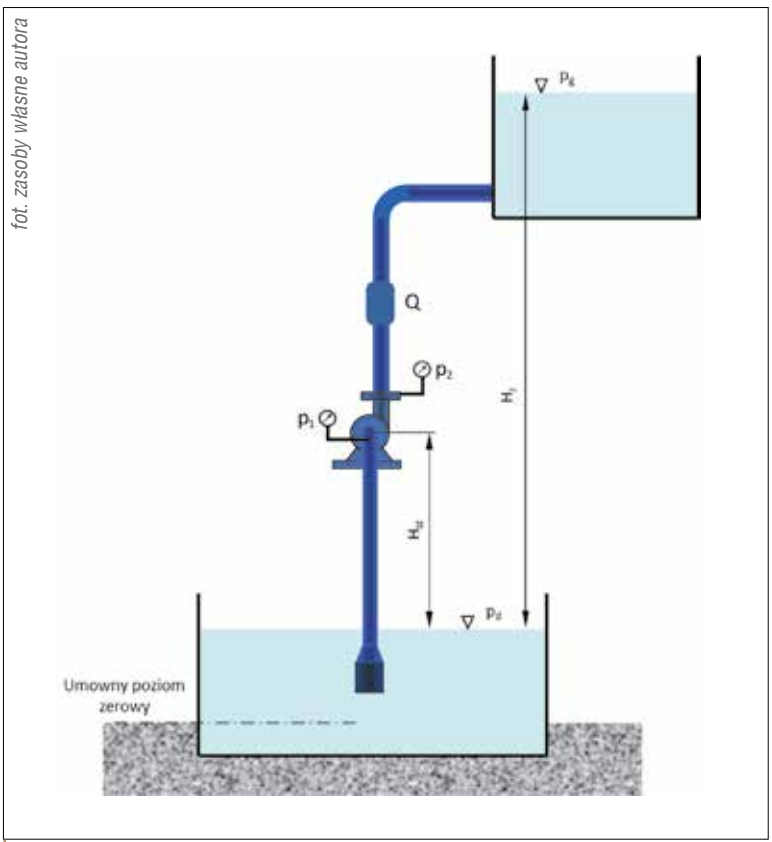
$$H_{st} = H_z + \frac{p_g - p_d}{\rho g} \quad (2)$$

współczynnik strat w układzie

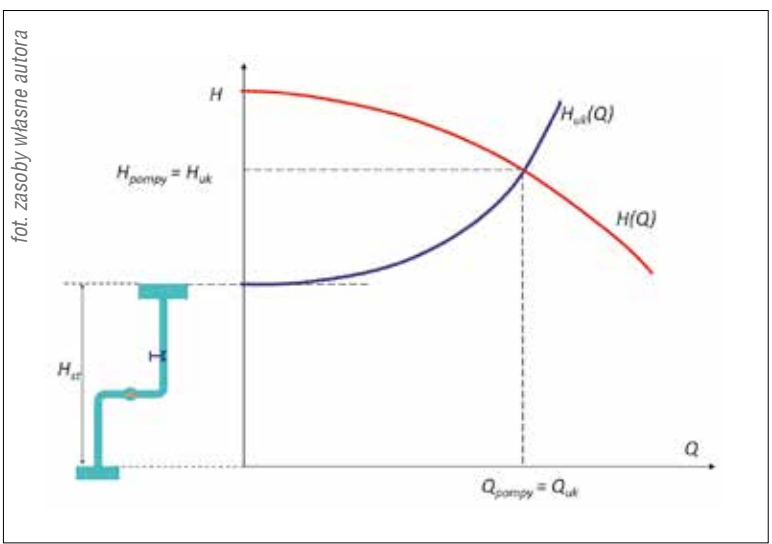
$$a = \sum_{i=1}^{n} \frac{\lambda_i l_i}{d_i} \frac{1}{2gA_i^2} + \sum_{i=1}^{n} \xi_i \frac{1}{2gA_i^2} \quad (3)$$

Inwentaryzacja i ocena elementów układu

Pierwszy sposób na określenie charakterystyki układu wymaga inwentaryzacji i oceny wszystkich elementów układu (λ_i, ζ_i, l_i, d_i). Jest to metoda czasochłonna, nawet przy dostępności dokumentacji technicznej. W przypadku jej niekompletności wymaga przeprowadzenia uzupełniających pomiarów, czasem dotarcia do brakujących charakterystyk poszczególnych elementów. Stan rurociągów i pozostałych części jest często nieznany. Co więcej, brakuje międzynarodowej normy, która określałaby straty w elementach przepływowych. Jedyną normą polską, niestety nieuaktualnianą, wycofaną w 1978, pozostaje [1] i na niej można się doraźnie oprzeć. Straty ciśnienia określane wg tej normy mogą być obarczone jednak dużą niepewnością, przekraczającą 20%.



RYS. 1
Schemat układu pompowego



RYS. 2
Punkt pracy pompy w układzie

> Punkt pracy pompy w układzie jest punktem wspólnym charakterystyki pompy i układu

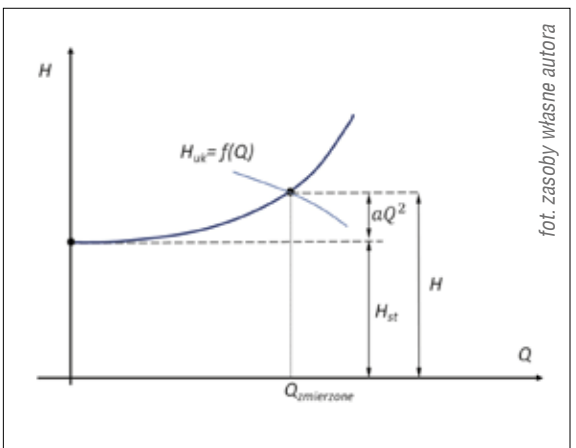
Zmierzenie charakterystyki układu

Drugi sposób określenia charakterystyki układu polega na jej zmierzeniu.

Na rysunku 1 pokazany jest bardzo schematycznie układ pompowy.

Cała energia, jaką wirnik przekazuje w pompie cieczy, jest zamieniana na pracę przeciwko siłom: ciężaru słupa wody, tarcia i różnicy parcia na końcach układu, a przy braku przecieków przepływ przez pompę jest taki sam jak przez układ. Oznacza to, że punkt pracy pompy w układzie to punkt wspólny charakterystyki pompy i układu, tak jak na rys. 2.

Statyczną wysokość podnoszenia układu stosunkowo łatwo jest zmierzyć. Ciśnienia w zbiornikach górnym i dolnym są zwykle znane lub dostępne do pomiaru, a geometryczną wysokość podnoszenia można określić mierząc np. laserowym dalmierzem. Skoro charakterystyka układu jest parabolą, do określenia współczynnika strat w układzie poza punktem $H_{st}(0)$ potrzebny jest jeden dodatkowy



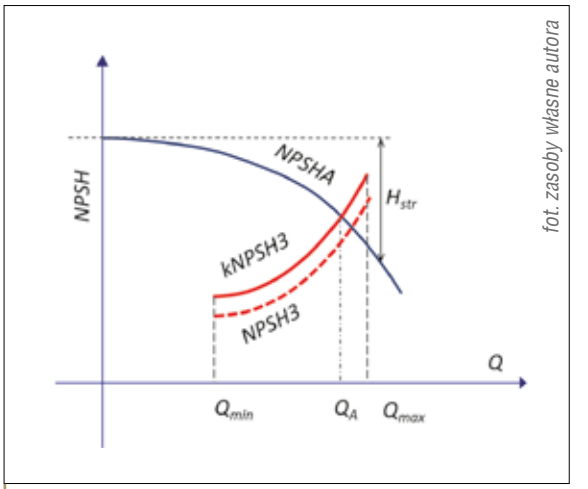
RYS. 3
Schemat określania współczynnika strat w układzie

punkt. Najwygodniej wykorzystać punkt pracy pompy w układzie, gdyż parametry pompy (p_1, p_2, Q) są zwykle monitorowane. W przypadku, gdy przepływ Q przez pompę nie jest mierzony wbudowanym w układ czujnikiem, można zastosować przenośne przepływomierze akustyczne, których dokładność współcześnie osiąga 1%.

Na rysunku 3 pokazane jest, jak wykorzystać punkt pracy pompy do oceny współczynnika strat w układzie.

$$a = \frac{H - H_{st}}{Q^2} \tag{4}$$

Zmierzona charakterystyka układu może posłużyć do kalibracji modelu układu w jakimś programie obliczeniowym i pozwolić na dokładniejsze analizy przy zmianach elementów układu.



RYS. 5
Charakterystyki antykawitacyjne pompy i układu

> Niewłaściwa praca pompy często wiąże się z przyczynami po stronie samej pompy, np. z uszkodzeniem łożysk, uszczelnienia mechanicznego, erozją uszczelnień bezstykowych

Ocena ryzyka kawitacji

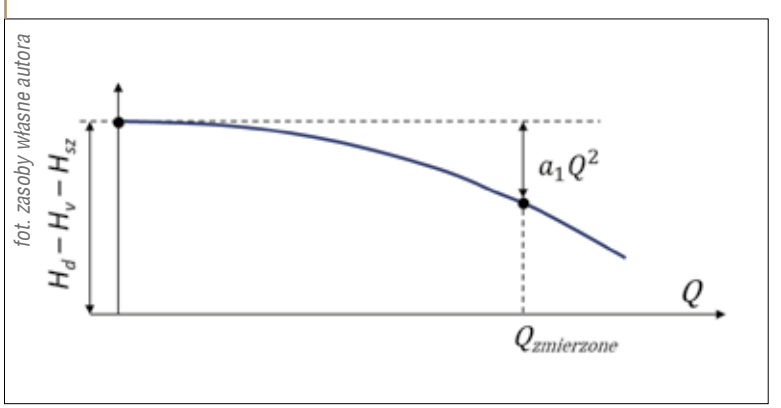
Do oceny ryzyka kawitacji potrzebna jest charakterystyka *NPSHA*. Wyznaczenie jej wymaga znajomości współczynnika strat w części ssawnej układu.

Równanie Bernoulliego dla części ssawnej układu (rys. 1) wiąże parametry pomiędzy poziomem lustra wody w zbiorniku dolnym a wlotem do pompy:

$$\frac{p_d}{\rho g} = H_{sz} + \left(\frac{p_1}{\rho g} + \frac{c_1^2}{2g}\right) + H_{str1} \tag{5}$$

gdzie: $c_1 = \frac{Q}{A_1}$ i $A_1 = \pi \frac{d_1^2}{4}$

RYS. 4
Zmierzona charakterystyka NPSHA



Mierząc stosunkowo prosto geometryczną wysokość ssania Hsz, średnicę rurociągu d1, ciśnienie statyczne przed pompą p1, ciśnienie w zbiorniku dolnym pd oraz przepływ Q można określić straty w części ssawnej:

$$H_{str1} = \frac{p_d}{\rho g} - H_{sz} - \left(\frac{p_1}{\rho g} + \frac{Q^2}{A_1^2 2g}\right) \tag{6}$$

Stąd, biorąc pod uwagę, że straty zmieniają się w kwadracie przepływu:

$$H_{str1} \cong a_1 Q^2$$

można obliczyć współczynnik strat:

$$a_1 = \frac{H_{str1}}{Q^2} \tag{7}$$

Współczynnik strat a1 pozwala wyznaczyć charakterystykę NPSHA układu, czyli tzw. nadwyżkę antykawitacyjną rozporządzalną.

$$NPSHA = \left(\frac{p_d}{\rho g} - \frac{p_v}{\rho g} - H_{sz}\right) - a_1 Q^2 \tag{8}$$

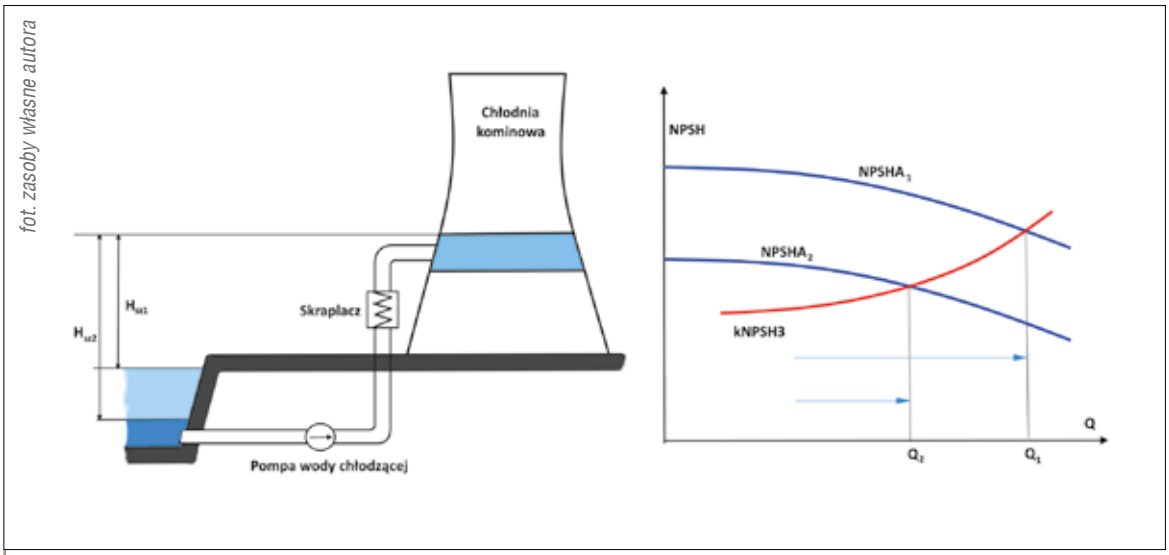
Charakterystyka ta przedstawiona jest na rys. 4 wraz ze sposobem jej wyznaczenia za pomocą dwóch punktów pomiarowych.

Ciśnienie parowania p_v określa się na podstawie pomiaru temperatury wody. Można się przy tym posłużyć jednym z równań empirycznych, np. równaniem Bucka:

$$p_v = 0{,}61121 exp\left(\left(18{,}678 - \frac{T}{234{,}5}\right)\left(\frac{T}{257{,}14+T}\right)\right) \tag{9}$$

gdzie T jest w °C a p_v jest w kPa.

Znając mierzoną zwykle przez producenta nadwyżkę antykawitacyjną pompy *NPSH3* oraz przyjmując zapas (np. k = 1,25) można ocenić, czy



RYS. 6
Wpływ poziomu wody w rzece na charakterystykę rozporządzalną NPSHA układu

praca pompy w istniejącym układzie będzie wolna od kawitacji.

Rysunek 5 pokazuje zakres bezpiecznej pracy pompy ze względu na ryzyko kawitacji. Przepływy $Q < Q_A$ pozwalają na pracę bez kawitacji. Oddzielnej dyskusji wymaga wielkość zapasu. Z analiz autora [2] wynika, że typowa jego wartość rzędu 25% czy nawet 30% zwykle nie wystarcza, aby zapewnić w pełni bezkawitacyjną pracę pompy.

Znajomość charakterystyki *NPSHA* jest szczególnie ważna w przypadku jej zmian powodowanych np. wahaniami statycznej wysokości ssawnej układu. Taki przypadek zachodzi, gdy zbiornikiem dolnym jest rzeka. Roczne wahania poziomu jej lustra, a co za tym idzie geometrycznej wysokości ssania H_{sz} będą wpływać zmieniać znacząco *NPSHA*.

Jak wpływa to na maksymalny wolny od kawitacji przepływ w układzie pokazuje rys. 6.

Przy wysokim stanie rzeki geometryczna wysokość ssania H_{sz1} jest mała, co przekłada się na wysoką charakterystykę nadwyżki $NPSHA_1$. Bezkawitacyjna praca pompy może odbywać się w zakresie do wartości przepływu Q_1. Przy niskim poziomie rzeki nadwyżka $NPSHA_2$ zostaje znacznie obniżona, ponieważ duża jest geometryczna wysokość ssania H_{sz2}. Zakres bezpiecznej pracy nie przekracza przepływu Q_2.

Do analizy pracy pompy od strony ssawnej rozważyć należy zakres możliwych zmian *NPSHA* i sprawdzić najbardziej niekorzystną sytuację.

***

Znajomość charakterystyki układu i jego nadwyżki antykawitacyjnej *NPSHA* pozwala ocenić poprawność doboru pompy i zakres jej bezpiecznej pracy. Wyznaczenie tych charakterystyk jest możliwe poprzez obliczenie współczynników strat wszystkich elementów układu. To jednak kłopotliwe i obarczone dużą niepewnością.

CHARAKTERYSTYKI ZMIERZONE mogą posłużyć do kalibracji programów komputerowych symulujących przepływ w układzie

Powyższe charakterystyki można też zmierzyć przyjmując, że są parabolami wyznaczonymi przez dwa punkty. Punkt dla przepływu $Q = 0$ łatwo określić przez pomiar ciśnień i długości. Punkt pracy $Q = Q_{pracy}$ można wyznaczyć na podstawie pomiarów parametrów pompy. Parametry te są często monitorowane, a więc dostępne. W przypadkach gdy tak nie jest, pomiary ciśnienia i przepływu można wykonać przenośnymi urządzeniami o dużych dokładnościach.

Charakterystyki zmierzone mogą też posłużyć do kalibracji programów komputerowych symulujących przepływ w układzie. Wtedy obliczenia przy innych parametrach układu są bardziej wiarygodne.

Literatura

[1] PN-M-34034:1976 Rurociągi -- Zasady obliczeń strat ciśnienia, (wycofana w 1978).
[2] Krzysztof Karaśkiewicz - Erozja kawitacyjna pomp: zapobieganie i ograniczanie jej skutków, Przemysł Chemiczny, 2021, T. 100, nr 5, 452-456. ■

OCZYSZCZALNIE WÓD KOPALNIANYCH

w PGE GiEK S.A. Oddział KWB TURÓW

Marta Kukuć
PGE GiEK S.A. Oddział KWB Turów

Jakość wód odprowadzanych do środowiska zewnętrznego musi spełniać wszelkie wymogi prawne, w związku z czym w KWB Turów wybudowane zostały i są eksploatowane oczyszczalnie dedykowane tylko wodom kopalnianym.

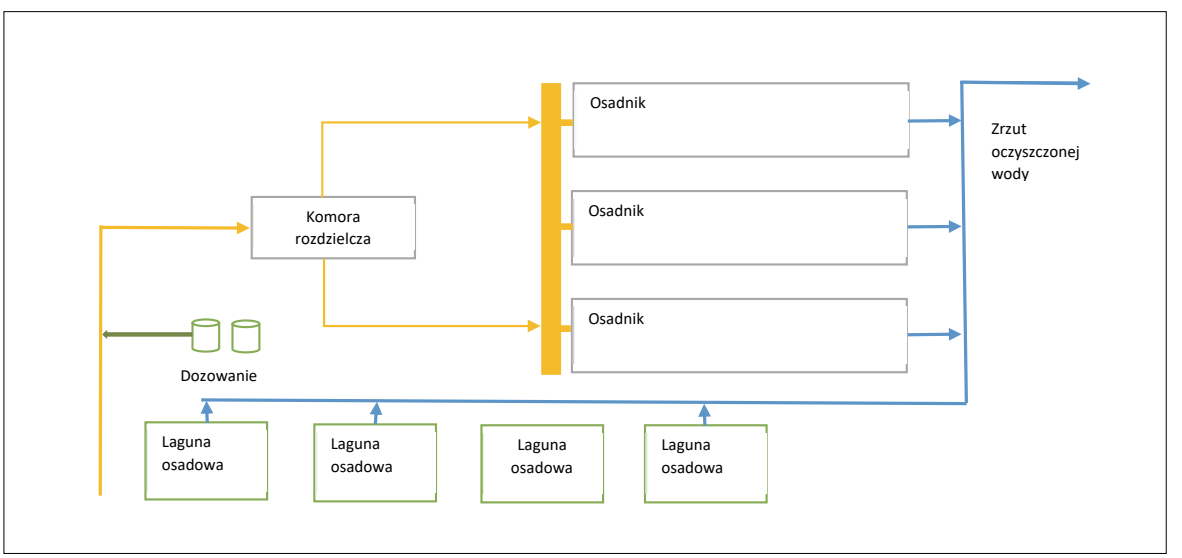
KWB Turów jest zakładem górniczym eksploatującym węgiel brunatny. Równorzędnie prowadzone jest odwodnienie terenu, które ma za zadanie ujęcie i odprowadzenie wód pochodzących z opadów atmosferycznych oraz z odwodnienia wgłębnego. Obecnie pole powierzchni zlewni wynosi 28,24 km², a ilość wód odprowadzanych do odbiorników zewnętrznych to średnio ok. 13 mln/rok. Całą ilość wód ujmuje układ urządzeń hydrotechnicznych i sprowadza do pompowni głównych, z których następnie są one odpompowywane, przez oczyszczalnie wód kopalnianych, na zewnątrz.

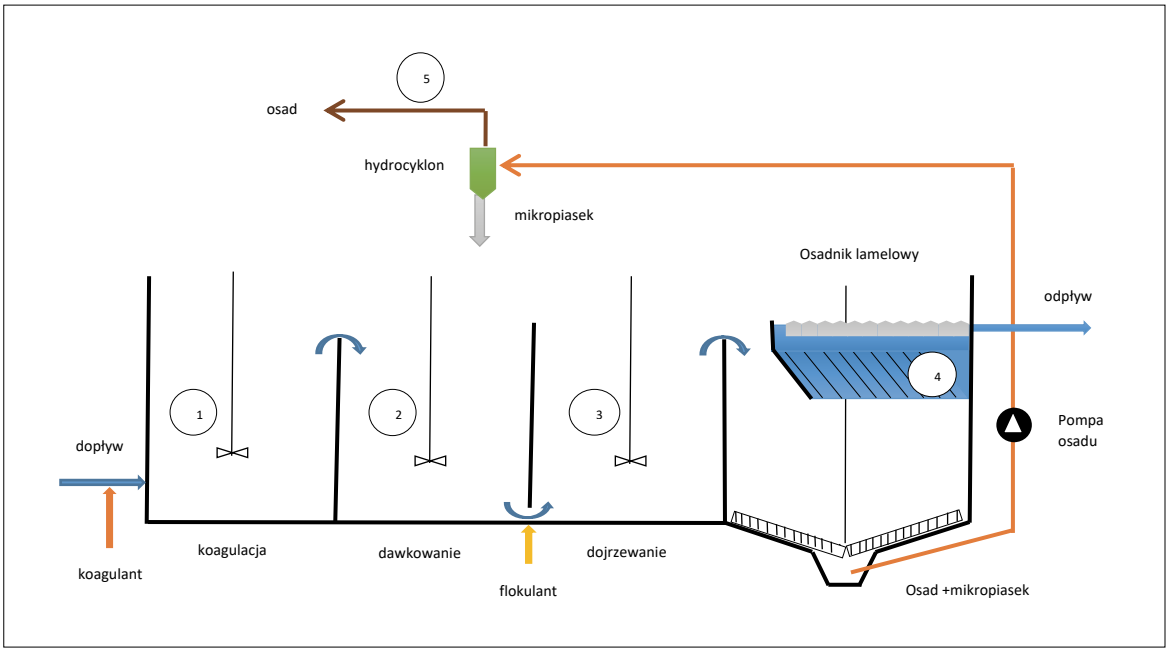
Wody spływające do pompowni ulegają zanieczyszczeniu i zawierają m.in.: cząstki węgla, piasku, glin i iłów. Największym problemem są cząstki koloidalne, bardzo lekkie, których nie można usunąć mechanicznie. W związku z koniecznością dotrzymania zapisów pozwoleń wodnoprawnych, w latach 90. XX wybudowano pierwszą oczyszczalnię wód kopalnianych, a w późniejszym czasie kolejne dwie. Aktualnie eksploatowane są trzy oczyszczalnie dedykowane tylko dla wód pochodzących z odwodnienia kopalni.

Oczyszczalnia wód na Nysę Łużycką

To mechaniczno-chemiczna oczyszczalnia bazująca na procesie koagulacji i sedymentacji zawiesin. Maksymalna wydajność obiektu wynosi 60 m³/min. Jako koagulant obecnie stosowany jest PAX 1881-25-2,

RYS. 1 Schemat oczyszczalni





RYS. 2
Schemat ACTIFLO™

dozowany automatycznie (proporcjonalnie i ściśle związany z wielkością przepływu), w dawkach od 50 do 400 mg/m². Następnie woda wraz z koagulantem trafia do komory dystrybucji, gdzie następuje ich intensywne mieszanie się. Stąd przepływa do osadników, w których dochodzi do sedymentacji cząstek, a czysta woda z powierzchni osadnika trafia do Nysy Łużyckiej. Zsedymentowany osad zgarniany jest do lejów osadowych, odpompowany następnie pompami mułowymi do lagun.

Oczyszczalnia wód nad potokiem Ślad

Obiekt jest dwustopniową oczyszczalnią mechaniczno-chemiczną o maksymalnej przepustowości hydraulicznej 75 m³/min. W zależności od obciążenia proces może być prowadzony w pierwszym lub drugim stopniu oczyszczania, jak również równolegle lub szeregowo. Pierwszy stopień oczyszczania polega – tak jak na oczyszczalni nad Nysą – na przepływie wód przez osadniki. Drugi stopień bazuje na ACTIFLO™ – wysokosprawnym procesie koagulacji dynamicznej. Główną jego zaletą jest duża elastyczność, tzn. wysoka efektywność usuwania zawiesiny utrzymująca się na stałym poziomie przy zmiennych warunkach obciążenia hydraulicznego i obciążenia ładunkiem zanieczyszczeń. Dodatkową zaletą tego procesu jest to, że wymaga on znacznie mniejszych kubatur niż tradycyjna koagulacja i flokulacja.

ACTIFLO™ to kompaktowy proces klarowania wody, który wykorzystuje mikropiasek kwarcowy jako ziarna flokulacji. Zapewnia aktywną powierzchnię flokulacji dla zdestabilizowania substancji koloidalnych, a także odgrywa rolę obciążnika kłaczków.

W stacji ACTIFLO™ do wody zanieczyszczonej dodaje się koagulant (PAX-1881-25-2) tuż przed zbiornikiem koagulacyjnym (1). Woda zanieczyszczona jest następnie podawana do zbiornika iniekcyjnego (2). W zbiorniku dawkowania dodaje się mikropiasek, dokładnie mieszany z wodą. Przy przepływie wody za zbiornika iniekcyjnego do zbiornika dojrzewania materiału dodawany jest flokulant (3). Są nim polimery, których cząstki składają się z długich łańcuchów o określonym potencjale elektrycznym.

W zbiorniku dojrzewania materiału łagodne mieszanie zapewnia idealne warunki do powstania mostków polimerowych między mikropiaskiem i cząstkami, które uległy destabilizacji, wskutek czego tworzą się duże, osadzające się kłaczki.

> Odwodnienie kopalni jest bardzo ważnym elementem eksploatacji, ponieważ musi zagwarantować bezpieczeństwo pracowników i ruchu zakładu górniczego

Woda po flokulacji jest podawana do osadnika lamelowego (4). Kłaczki osadzają się szybko, ponieważ mikropiasek znacząco zwiększa ich masę. Woda poddawana oczyszczaniu przechodzi przez płyty i poprzez koryto przelewowe odpływa ze stacji. Strącony osad i mikropiasek są odprowadzane z dna i przepompowywane z powrotem do hydrocyklonów (5). Recyrkulacja uzależniona jest od stężenia zawiesin stałych w wodzie surowej. Energia z pompowania jest efektywnie przetwarzana na siły odśrodkowe w hydrocyklonie, co sprawia, że osad chemiczny zostaje oddzielony od

mikropiasku. Po oddzieleniu mikropiasek ponownie wprowadza się do procesu ACTIFLO™, do powtórnego wykorzystania. Osad o mniejszej gęstości zostaje wyprowadzony z hydrocyklonu i odprowadzony ze stacji do zbiornika osadu. Ze zbiornika tego jest wypompowywany przy pomocy pomp ślimakowych na prasy filtracyjne.

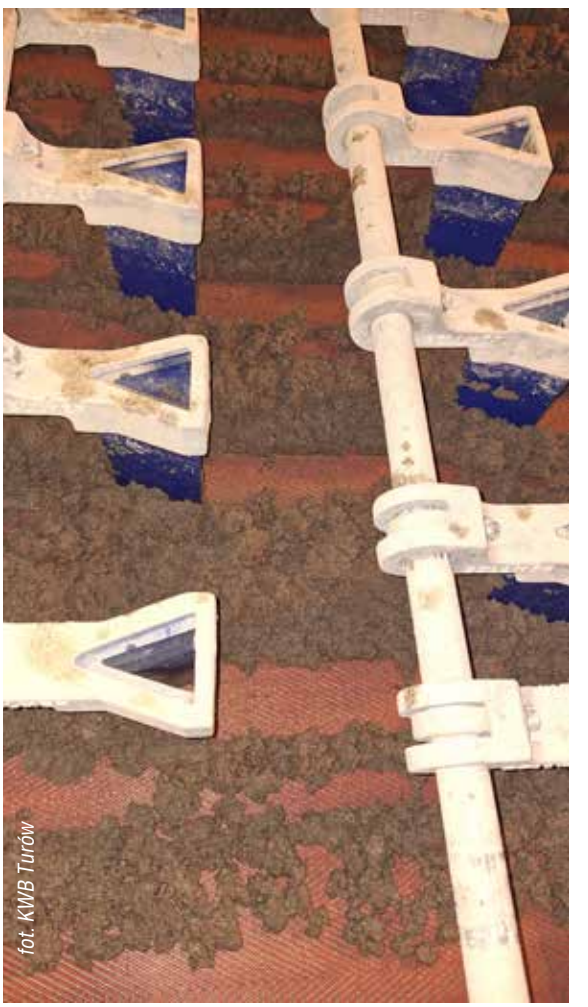
Na każdą prasę przypada jedna stacja roztwarzania polielektrolitu wraz z pompą. Na rurociągu między pompą osadu rzadkiego a wypływem na prasę znajduje się tzw. „waga osadu" – statyczny mieszalnik flokulantu z osadem. Skłaczkowany osad, poprzez rozdzielacz rozdzielany jest równomiernie na całej powierzchni sita górnego. W wyniku działania siły grawitacyjnej następuje znaczne odwodnienie osadu. Dzięki zastosowaniu opatentowanych szykan BELLMER proces ten przebiega znacznie efektywniej. Po wstępnym odwodnieniu osad dostaje się między dwie taśmy tworzące klin o zmiennym przekroju. Następnie pozostający osad kierowany jest na system walców z oplotem taśm w kształcie litery S. Ustawicznie zwiększające się ciśnienie powoduje dalsze odwodnienie osadu. Odwodniony, odprowadzany jest na przenośniki i trafia docelowo pod wiatę osadu, a następnie do utylizacji.

Oczyszczalnia nad potokiem Biedrzychówka

Obiekt bazuje wyłącznie na wysokosprawnym procesie koagulacji dynamicznej ACTIFLO™ wraz z prasami BELLMER. Zainstalowane są dwie linie oczyszczania, które mogą pracować równocześnie lub naprzemiennie. Przepustowość oczyszczalni wynosi

FOT. 1
Woda na wlocie do oczyszczalni

FOT. 2
Dopływ osadu na prasę



FOT. 3
Odwadnianie osadu przy pomocy szykan

FOT. 4
Odwodniony osad

FOT. 5
Woda na wylocie z oczyszczalni

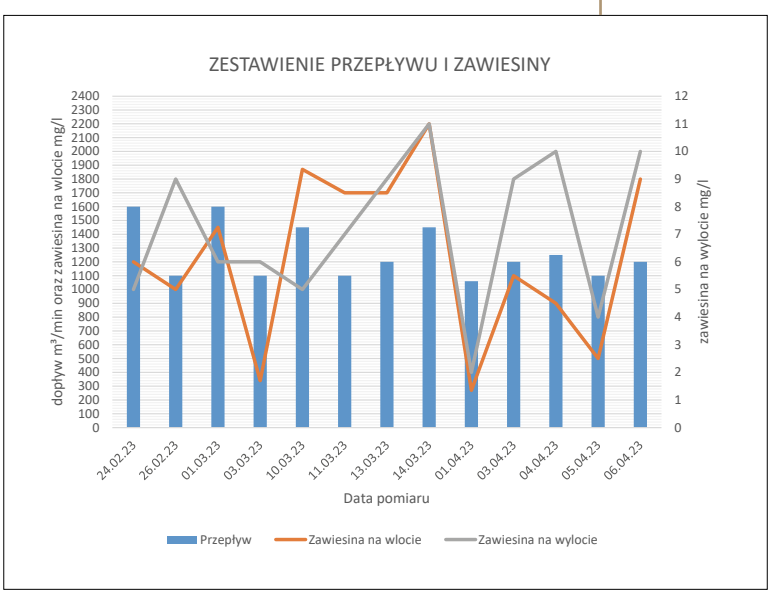
40,8 m^3/min, natomiast maksymalne stężenie zawiesiny ogólnej (na dopływie) to 2500 mg/l.

Jakość ścieków oczyszczonych

Wymagania dotyczące jakości ścieków oczyszczanych wprowadzonych do wód płynących określa Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 18 listopada 2014 r. w sprawie warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzeniu ścieków do wód lub do ziemi oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego. Najwyższe dopuszczalne wartości wskaźników zanieczyszczeń w ściekach przemysłowych odprowadzanych do wód określone w załączniku do ww. rozporządzenia dla rozpatrywanych zanieczyszczeń wynoszą:

- temperatura max: 35,0°C,
- odczyn – 6,5-9,0 pH,
- zawiesina ogólna ≤ 35 ml/l,
- chlorki – 1000 mg Cl/l,
- siarczany – 500 mg SO_4/l.

RYS. 3
Wielkość przepływu oraz wielkość zawiesiny na wlocie i wylocie z oczyszczalni



Na podstawie ww. rozporządzenia Wody Polskie wydały dla KWB Turów pozwolenia wodnoprawne, które ściśle określają stan i skład wód, jakie muszą spełniać, aby zrzucić do odbiorników zewnętrznych.

Wykres (rys. 3) przedstawia efekty oczyszczania wód, tzn. wielkość przepływu oraz wielkość zawiesiny na wlocie i wylocie z oczyszczalni.

***

Odwodnienie kopalni jest bardzo ważnym elementem eksploatacji, ponieważ musi zagwarantować bezpieczeństwo pracowników i ruchu zakładu górniczego. Równocześnie jakość wód odprowadzanych do środowiska zewnętrznego musi spełniać wszelkie wymogi prawne, w związku z czym wybudowane zostały i są eksploatowane oczyszczalnie dedykowane tylko wodom kopalnianym. Przez ponad 20-letni okres użytkowania obiekty te były poddawane rozbudowom i modernizacjom, ponieważ mamy świadomość, że ciągły rozwój gwarantuje dotrzymanie wymogów prawnych oraz umożliwi uniknięcie negatywnego wpływu na środowisko naturalne. ■

fot. 123rf

PRZYCZYNY, SKUTKI I ZAPOBIEGANIE NADMIERNYM DRGANIOM POMP

Waldemar Jędral
emeryt. prof. zw. w Politechnice Warszawskiej

Przyczyny drgań pomp mogą być wewnętrzne – mechaniczne lub hydrauliczne, dotyczące samego zespołu pompowego, jak i zewnętrzne, związane z szeroko rozumianą instalacją pompową (układem pompowym). Zwykle bardziej niebezpieczne są drgania giętne.

Na temat drgań pomp wirowych były już publikacje w magazynie „Kierunek Pompy” (wcześniej „Pompy Pompownie”), bywały też tematem wystąpień na Kongresach Użytkowników Pomp. Zbyt duże drgania i powodowane nimi kłopoty eksploatacyjne są jednak wciąż jednymi z głównych problemów, z jakimi muszą zmagać się użytkownicy. Informacje podane niżej pomogą, być może, uniknąć niektórych trudności związanych z nadmiernymi drganiami pomp wirowych.

Krótkie przypomnienie podstawowych wiadomości

Drgania – okresowe zmiany stanu układu fizycznego, dookoła położenia równowagi pod wpływem dostarczonej doń energii (drgania akustyczne, elektryczne, mechaniczne...).

Drgania maszyn – drgania elementów sprężystych maszyn, maszyn jako całości lub ich podzespołów, a także zespołów kilku połączonych maszyn.

Są drgania: **swobodne** (inaczej – drgania własne) lub **wymuszone**, wykonywane przez układ, na który działa okresowo zmienna siła wymuszająca. Drgania mogą być **giętne** (w płaszczyźnie prostopadłej do osi wału maszyny) lub **skrętne** (wokół osi wału).

Drgania harmoniczne – drgania proste (idealne) o postaci $y = A\sin(\omega t + \phi_0)$.

Drgania harmoniczne charakteryzują następujące wielkości (rys. 1a, b): A – amplituda; ϕ_0 – przesunięcie fazowe, rad; $\phi = \omega t$, rad; T – okres drgań; s lub $f = 1/T$ – częstotliwość (częstość) drgań, Hz; ω – częstość kołowa (kątowa), rad/s; $\omega = 2\pi f = 2\pi/T$.

Parametrami mierzonymi mogą być: przemieszczenie $y(t)$, prędkość $c = \dot{y} = \frac{dy}{dt}$ i/lub przyspieszenie $a = \dot{c} = \ddot{y} = \frac{d^2y}{dt^2}$. Oprócz wartości chwilowych stosowane są wartości średnie, np. $c_{sr} = \frac{1}{T}\int_0^T |c(t)|dt$, oraz skuteczne (RMS-Root Mean Square), $c_{sk} = c_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T c^2(t)dt}$.

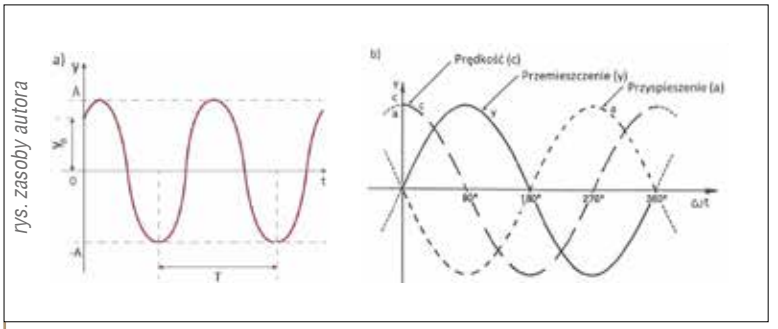
Drgania giętne w pompach wirowych

Drgania w pompach są wymuszane przez siły zewnętrzne i wewnętrzne o różnym charakterze i różnej częstotliwości. Jak każdy okresowy ruch drgający można je przedstawić jako sumę bardzo wielu drgań harmonicznych o różnych częstotliwościach. Zbiór amplitud A (ω) lub prędkości c (ω) drgań o różnych częstościach stanowi widmo drgań. Przykładowe widma drgań giętnych dużych pomp odśrodkowych pokazano na rysunku 2.

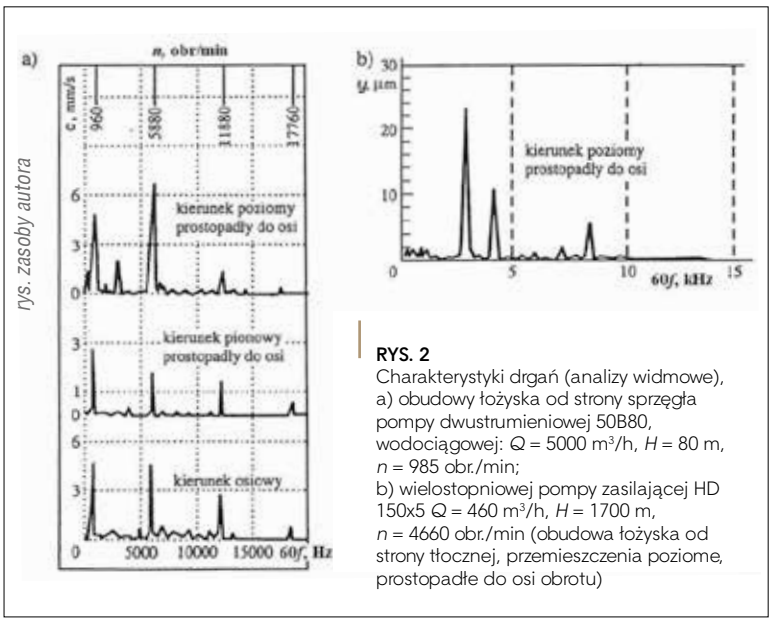
Przyczyny drgań pomp mogą być: wewnętrzne (mechaniczne lub hydrauliczne, związane z samym zespołem pompowym), jak i zewnętrzne, związane z szeroko rozumianą instalacją pompową (układem pompowym). Zwykle bardziej niebezpieczne są drgania giętne.

Ważniejsze siły wewnętrzne wymuszające drgania giętne

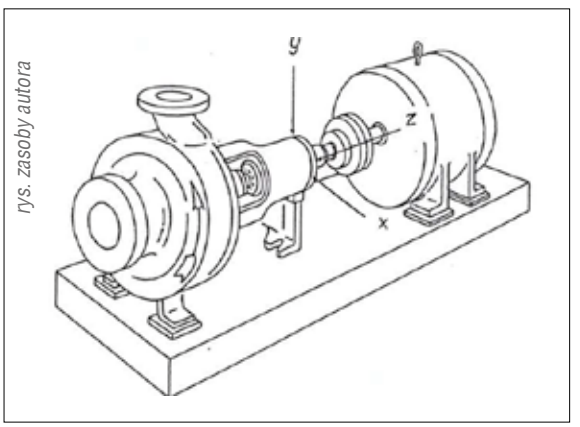
- siła odśrodkowa od niewyważenia mechanicznego zespołu wirującego,
- składowa radialna siły od niewyważenia hydraulicznego wirnika jednołopatkowego [1],
- hydrauliczna siła promieniowa $F_p \approx kd_2b_2\rho g H_{1st}$ od nierównomiernego rozkładu ciśnień na obwodzie wirnika o średnicy d_2 i szerokości b_2, H_{1st} – wysokość podnoszenia jednego stopnia pompy [2] (siła działająca na jeden stopień pompy),
- siła wzajemnego oddziaływania łopatek wirnika i kierownicy lub wirnika i spirali zbiorczej oraz strumienia przepływającej cieczy,



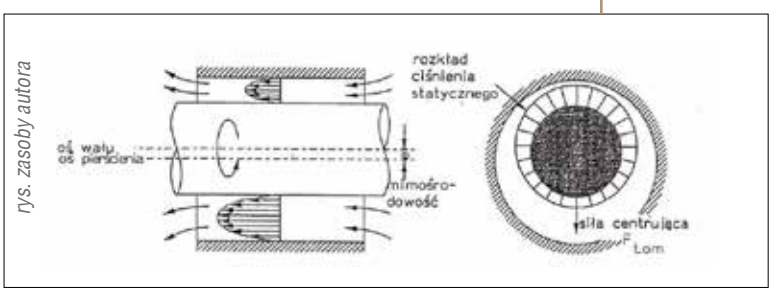
RYS. 1
a) Podstawowe parametry drgań harmonicznych nietłumionych; b) parametry dla $\phi_0 = 0$



RYS. 2
Charakterystyki drgań (analizy widmowe), a) obudowy łożyska od strony sprzęgła pompy dwustrumieniowej 50B80, wodociągowej: $Q = 5000$ m³/h, $H = 80$ m, $n = 985$ obr./min; b) wielostopniowej pompy zasilającej HD 150x5 $Q = 460$ m³/h, $H = 1700$ m, $n = 4660$ obr./min (obudowa łożyska od strony tłocznej, przemieszczenia poziome, prostopadłe do osi obrotu)

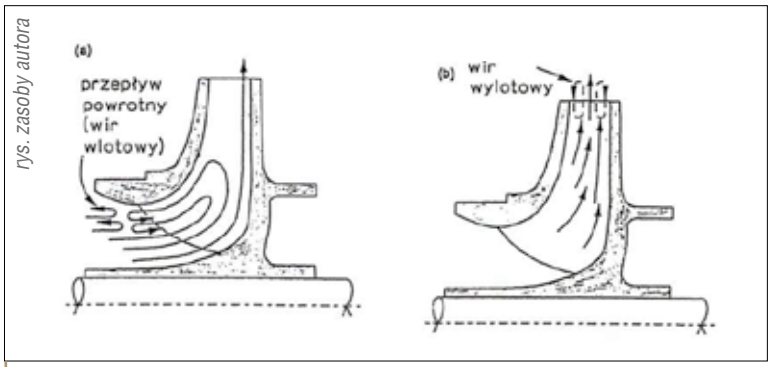


RYS. 3
Usytuowanie osi *x*, *y*, *z*, wzdłuż których mierzone są drgania w pompach

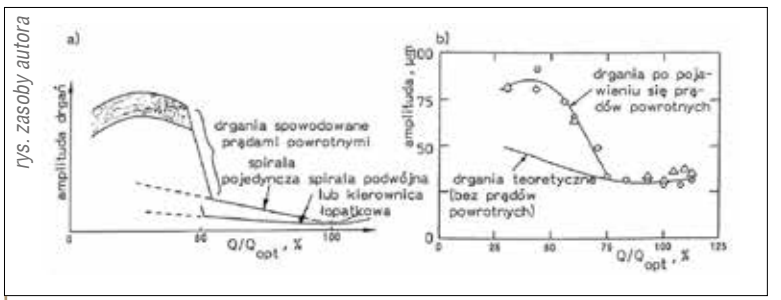


RYS. 4
Siła centrująca (Łomakina) w mimośrodowej szczelinie pierścieniowej

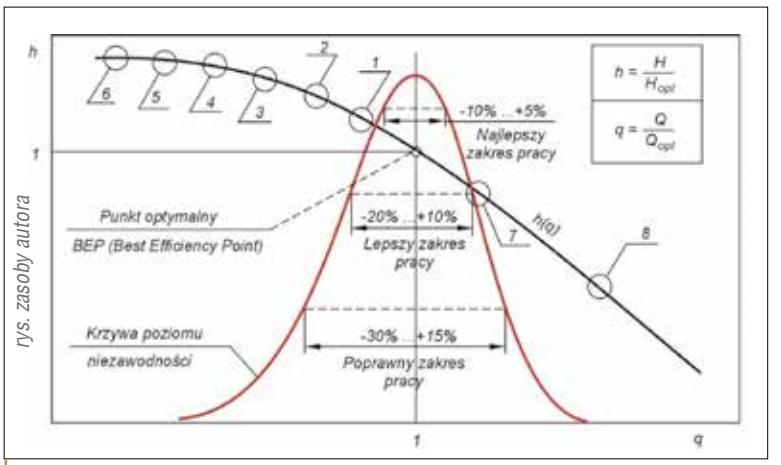
- siła centrująca (tzw. siła Łomakina), spowodowana mimośrodowością powierzchni tworzących szczeliny pierścieniowe uszczelnień wewnętrznych (rys. 4),
- siły powodowane zawirowaniami i prądami powrotnymi w wirniku przy wydajnościach mniejszych od optymalnych (rys. 5, 6).



RYS. 5
Zawirowanie na wlocie (a) i na wylocie (b) wirnika odśrodkowego



RYS. 6
Wpływ zawirowań na poziom drgań (a); drgania zmierzone w pompie dwustrumieniowej (b)



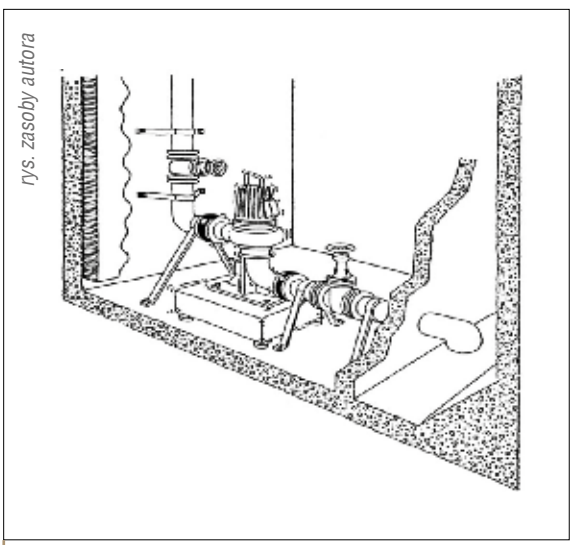
RYS. 7
Niezawodność pompy wirowej odśrodkowej w zależności od położenia punktu pracy względem punktu optymalnego (1, 1): 1 – prądy powrotne na wylocie wirnika, 2 – prądy powrotne na wlocie wirnika, 3 – obniżona żywotność wirnika, 4 – obniżona trwałość łożysk, 5 – kawitacja przy zbyt małej wydajności pompy, 6 – zbyt duży przyrost temperatury cieczy w pompie; nadmierne ugięcie wału, 7 – obniżona trwałość łożysk i uszczelnień, 8 – kawitacja przy zbyt dużej wydajności pompy; nadmierne ugięcie wału; wg H. P. Barringer – *How to Use Reliability Engineering Principles for Business Issues*, YPF Reliability Symposium, La Platta, Argentina, Nov. 30, 1998

Inne czynniki związane z zespołem pompowym, wpływające na poziom drgań giętnych

- sztywność obudów łożysk w kierunkach prostopadłych do osi obrotu,
- geometria szczelin uszczelnień wewnętrznych; należy dodać, że rowki nacięte na powierzchniach szczelin oraz labirynty „piętrowe" zmniejszają sztywność uszczelnień,
- zatkany wirnik pompy do cieczy zanieczyszczonych (np. pompy do ścieków),
- brak smarowania łożysk i/lub uszkodzenie łożysk; poluzowane elementy na wale pompy,
- praca pompy przy występowaniu kawitacji (zbyt mała nadwyżka *NPSH*),
- praca pompy poza dopuszczalnym (poprawnym) zakresem wydajności $Q = qQ_{opt}$ (rys. 7),
- parametry pracy pompy źle dobrane do wymagań instalacji,
- praca zbyt blisko krytycznej prędkości obrotowej pompy (sytuacja dość często spotykana w przypadku regulacji wydajności przez zmiany prędkości obrotowej) lub silnika,
- niewspółosiowość wału pompy i silnika (źle wykonane centrowanie wałów lub utrata współosiowości w trakcie eksploatacji),
- uszkodzone sprzęgło łączące pompę i silnik.

Czynniki umiejscowione poza zespołem pompowym

- niedostatecznie sztywny fundament,
- niewłaściwe posadowienie zespołu pompowego na fundamencie (niedostatecznie dokładne poziomowanie, zbyt słabe mocowanie do fundamentu; mało sztywna płyta lub rama fundamentowa),
- niewłaściwie ułożone/zamocowane (zbyt luźno) rurociągi (rys. 8),



RYS. 8
Odpowiednie zamocowanie rurociągu ssawnego i tłocznego na przykładzie pompy ściekowej „suchej", wg: Polski Impeller, nr 6/1997, s. 26-29 (ITT Flygt)

- źle zaprojektowane rurociągi, powodujące nierównomierny dopływ strumienia cieczy do pompy i/lub dopływ z zawirowaniem (bardziej szczegółowe omówienie – patrz [3]),
- zbyt mocno dokręcone śruby połączeń kołnierzy pompy z kołnierzami rurociągów,
- zatkany filtr na ssaniu pompy; przymknięte zawory na ssaniu i/lub tłoczeniu pompy.

Główne przyczyny drgań giętnych o różnych częstościach $f = \alpha f_n$ w pompach wirowych, wraz ze zwięzłymi komentarzami, zestawiono w tabeli 1; $f_n = n/60$, Hz, [n] = obr/min.

Skutki zbyt dużych drgań zespołu pompowego

Skutkami nadmiernych drgań pompy/zespołu pompowego mogą być:

- uszkodzenie lub zniszczenie łożysk,
- pogorszenie stanu lub uszkodzenie wewnętrznych uszczelnień szczelinowych,
- poluzowanie połączeń gwintowych,
- uszkodzenia wałów (także zmęczeniowe),
- uszkodzenia fundamentów,
- rezonans w układzie rurociągów,
- rozszczelnienie pompy i/lub rurociągów,
- nadmierny hałas powodowany przez zespół pompowy,

TAB. 1
Częstość drgań giętnych zespołu pompy wirowej i ich prawdopodobna przyczyna

Częstość drgań (krotność α częstości f_n)	Prawdopodobna przyczyna	Uwagi; dodatkowe objawy
0,05...0,4	Wir stojący („stall") w dyfuzorze lub kierownicy	Drgania o różnych szerokościach pasma
0,42...0,48 (do ok. 0,5)	Dynamiczna niestabilność zespołu wirującego pompy z powodu wirów w wąskich szczelinach uszczelnień, łożysk itp. elementów	
dokładnie 1/2, 1/3, ...	Przycieranie (tarcie) zespołu wirującego pompy	Możliwy jest gwałtowny wzrost poziomu drgań
0,06...0,93	Obracający się wir spowodowany niedopasowaniem przepływu i kąta łopatek wirnika	Ma miejsce przy wydajnościach częściowych (powodem mogą być także prądy powrotne w obszarze ssawnym pompy)
<1,0	Kawitacja	Powiększająca się szerokość pasma drgań przy zmniejszającej się nadwyżce antykawitacyjnej *NPSH*
1,0	1. Niewyważenie zespołu wirującego pompy 2. Niewyważenie wirnika silnika i/lub sprzęgła 3. Zatkany lub uszkodzony kanał wirnika pompy 4. Nadmierna niewspółosiowość wirnika i spirali zbiorczej lub zbyt mała odległość języka spirali od wirnika przy właściwej współosiowości	Drgania w kierunku osiowym w normie Częstość drgań własnych zbliżona do $f_n = n/60$, Hz
2,0	1. Jak 3 lub 4 powyżej 2. Pęknięcie wału 3. Poluzowanie elementów na wale	Ad 2,3. Drgania wału znacznie silniejsze niż drgania korpusu
1,0; 2,0; 3,0; (4,0)	1. Nadmierne luzy w sprzęgle i/lub łożyskach 2. Zgięty wał 3. Zwarcie w obwodzie silnika elektrycznego (zwykle αf_n = 50 lub 60 Hz) 4. Wewnętrzne przytarcia 5. Nadmierne luzy w korpusie, między płytą fundamentową i maszyną i/lub fundamentem 6. Niedostatecznie smarowane sprzęgło zębate	Ad 1,2. Znaczne drgania w kierunku osiowym
***z* (częstość łopatkowa)**	Zbyt mała odległość języka spirali (lub łopatek kierownicy) od łopatek wirnika	$f_z = zf_n$; z – liczba łopatek wirnika
$z \pm i$, gdzie i = 1,2,3	Poluzowane sprzęgło	
> 1, ale nie całkowita krotność f_n	1. Strukturalny rezonans układu 2. Rezonans rurociągów 3. Rezonans w pompie spowodowany turbulencją 4. Niewłaściwa szczelina między bębnem odciążającym a korpusem w pompie wielostopniowej 5. Pulsacje przepływu lub jego zablokowanie w układzie odciążającym (bębna lub tarczy pompy wielostopniowej)	Ad 3, 4, 5. Silne drgania w kierunku osiowym

- niekorzystny wpływ drgań na organizmy personelu obsługi.

Dopuszczalny poziom drgań giętnych

W celu uniknięcia niekorzystnych skutków drgań dopuszcza się drgania o wartościach skutecznych nie większych od określonych w stosownych normach. Dla poziomych pomp wirowych ogólnego zastosowania (klasy III), wartości graniczne wg PN-EN ISO 9908:2011 [6], jednakowe dla kierunków x, y, z, podano w tabeli 2. Dla pomp pionowych $c_{sk} \leq 7{,}1$ mm/s.

TAB. 2
Granice intensywności drgań dla pomp poziomych z wirnikami wielołopatkowymi

Prędkość obrotowa n min^{-1}	Maksymalne wartości skuteczne prędkości c_{sk} drgań giętnych przy wzniosach osi wałów h_1 [1), 2)], mm/s	
	$h_1 \leq 225$ mm	$h_1 > 225$ mm
$n \leq 1800$	2,8	4,5
$1800 < n \leq 4500$	4,5	7,1

[1)] Według norm PN-EN ISO [5], [6] wartości c_{sk} są takie same; nieznacznie inne są te wartości dla pomp klasy II (głównie dla przemysłu chemicznego) wg normy [4].
[2)] W przypadku pomp poziomych montowanych na łapach h_1 jest odległością między powierzchnią płyty fundamentowej, stykającą się z łapami pompy, a osią wału pompy.

TAB. 3
Dopuszczalne prędkości drgań giętnych elementów niewirujących pomp wirowych o mocach ponad 1 kW z wirnikami o liczbie łopatek z ≥ 3, na podstawie Załącznika A (tab. A.1) do normy ISO 10816-7:2009 [7]

Strefa	Opis strefy		Średniokwadratowa (skuteczna) prędkość drgań mm/s			
			Kategoria[a] I		Kategoria[a] II	
			≤ 200 kW	> 200 kW	≤ 200 kW	> 200 kW
A	Bezpośrednio po odbiorze, w zalecanym zakresie eksploatacyjnym		2,5	3,5	3,2	4,2
B	Możliwa długotrwała praca w dopuszczalnym zakresie eksploatacyjnym		4,0	5,0	5,1	6,1
C	Eksploatacja możliwa w ograniczonym czasie		6,6	7,6	8,5	9,5
D	Niebezpieczeństwo uszkodzenia maszyny		> 6,6	> 7,6	> 8,5	> 9,5
Maksymalna granica włączenia ALARMU (= 1,25 - krotność granicy dla strefy B) [b]			5,0	6,3	6,4	7,6
Maksymalna granica WYŁĄCZENIA pompy (= 1,25 - krotność granicy dla strefy C) [b]			8,3	9,5	10,8	11,9
Badania odbiorcze *in situ* (w miejscu zainstalowania)	Zalecany zakres pracy		2,5	3,5	3,2	4,2
	Dopuszczalny zakres pracy		3,4	4,4	4,2	5,2
Badania odbiorcze u wytwórcy pompy	Zalecany zakres pracy		3,3	4,3	4,2	5,2
	Dopuszczalny zakres pracy		4,0	5,0	5,1	6,1
Dla wszystkich badań odbiorczych w zalecanym zakresie pracy każda z filtrowanych wartości[c] dla częstości obrotowej f_n i częstości łopatkowej zf_n powinna być:			≤ 2	≤ 2	≤ 3	≤ 3

[a] Definicje podano pod tablicą.
[b] Wartości zalecane. Wartości drgań powinny przekraczać te granice przez ok. 10 s zanim ALARM lub WYŁĄCZENIE zostanie uruchomione w celu uniknięcia fałszywych alarmów lub wyłączeń.
[c] W badaniach odbiorczych w dopuszczalnym (ale poza zalecanym) zakresie pracy, wartości filtrowane f i zf mogą być przypuszczalnie 1,3 razy wyższe niż wartości w zalecanym zakresie pracy.

Kategoria I – pompy wirowe o wymaganym wysokim stopniu niezawodności i/lub bezpieczeństwa, np. pompy procesowe w petrochemii, pompy dla elektrowni jądrowych; dla typowych pomp procesowych stosowana jest jednak norma API 610 lub równoważna jej norma ISO 13709.
Kategoria II – pompy wirowe do ogólnych zastosowań (Kategorie I, II nie pokrywają się z Klasami I, II).

Pomiary drgań należy wykonać na korpusach łożyskowych podczas pracy bez kawitacji, przy znamionowej wydajności Q_{znam} i prędkości obrotowej n_{znam}, z możliwymi odchyleniami ± 5%.

W celu porównania, w tabeli 3 podano wartości dopuszczalnych prędkości drgań według innej normy ISO [7]. Wartości zamieszczone w tabelach 2 (normy [5] i [6]) oraz 3 (norma [7]) trochę się różnią. Dotyczy to również normy [8], z której jednak wyłączone są kryteria oceny dla pomp wirowych (zamieszczono je w normie [7]).

> Drgania w pompach są wymuszane przez siły zewnętrzne i wewnętrzne o różnym charakterze i różnej częstotliwości

Ponieważ podstawą uzgodnień podczas zamawiania znacznej większości rodzajów i typów zespołów pompowych, jak również podczas ich odbioru, są normy [4]-[6] na wymagania techniczne dotyczące pomp, więc powinno się stosować raczej wartości podane w tabeli 2, także wtedy, jeśli nie dokonano żadnych uzgodnień. Tabelę 3 można potraktować wtedy jako dodatkową informację pomocną zwłaszcza wówczas, kiedy w trakcie eksploatacji poziom drgań rośnie i ważna jest graniczna wartość c_{sk}, jaką można jeszcze dopuścić nie wyłączając pompy.

Trzeba również pamiętać, że stosowanie się do zaleceń norm jest dobrowolne i tylko wtedy obowiązkowe, jeśli wzajemnie uzgodnią to w umowie wytwórca/dostawca i odbiorca zespołu pompowego.

Według normy [7] dopuszczalny (allowable) i zalecany (preferred) zakres eksploatacyjny (zakres pracy) powinien być podany przez wytwórcę pompy. Orientacyjnie, na podstawie [7], [9], [10] można przyjąć, że dla typowych pomp odśrodkowych, dla których optymalna wydajność Q_{opt} odpowiada maksymalnej sprawności η_{max}, zakresy te są następujące:

- dopuszczalny zakres pracy pompy Q/Q_{opt} = (0,65) 0,70...1,20,
- zalecany zakres pracy pompy Q/Q_{opt} = 0,85...1,10,

co mniej więcej pokrywa się z informacjami podanymi na rysunku 7.

Wartości podane w tabeli 4 dotyczą wg [7] pomp wolnoobrotowych, o prędkościach $n \leq 600$ obr./min. Takie prędkości obrotowe mają duże pompy diagonalne i śmigłowe, zwykle pionowe. Wydaje się, że zalecenia te, jako orientacyjne, można rozciągnąć na typowe pompy średniej wielkości o często spotykanych

TAB. 4
Dodatkowe (do tab. 3) kryteria granicznych wartości podwójnej amplitudy drgań, na podstawie załącznika A (tab. A.2) do normy ISO 10816-7:2009 [7]

Strefa	Opis strefy	Podwójna amplituda (peak-to-peak) przemieszczeń w drganiach µm
A	Bezpośrednio po odbiorze, w zalecanym zakresie eksploatacyjnym	50
B	Możliwa długotrwała praca w dopuszczalnym zakresie eksploatacyjnym	80
C	Eksploatacja w ograniczonym czasie	130
D	Niebezpieczeństwo uszkodzenia	> 130
Maksymalna granica włączenia ALARMU (po jej przekroczeniu) [a]		100
Maksymalna granica WYŁĄCZENIA pompy (po jej przekroczeniu) [a]		160
Badania odbiorcze *in situ* (w miejscu zainstalowania)	Zalecany zakres pracy	50
	Dopuszczalny zakres pracy	65
Badania odbiorcze u wytwórcy pompy	Zalecany zakres pracy	65
	Dopuszczalny zakres pracy	80

[a] Wartości zalecane. Wartości drgań powinny przekroczać tę granicę przez ok. 10 s, zanim ALARM lub WYŁĄCZENIE zostanie uruchomione, w celu uniknięcia fałszywych alarmów lub wyłączeń.

UWAGA Podane granice są stosowalne dla każdej wymienionej (wzmiankowanej) częstotliwości dyskretnej

prędkościach $n \leq 3000$ obr./min (o ok. 30% niższe wartości podaje norma ISO 10816-3, z której w wydaniu z 2009 r. wycofano jednak pompy wirowe).

Sugestie dla użytkowników pomp

Aby uniknąć wielu niepotrzebnych kłopotów warto, aby użytkownik stosował się do kilku podstawowych zasad:

- należy inteligentnie prowadzić eksploatację zespołu pompowego, reagując zwłaszcza na rosnący w czasie poziom drgań, ale także na inne objawy – np. malejącą z upływem czasu wydajność pompy, rosnący pobór mocy oraz grzanie się łożysk, jeszcze przy drganiach dopuszczalnych,
- wymiany wyeksploatowanego zespołu pompowego na nowy należy dokonywać rozważnie; celowe jest wcześniejsze porozumienie się z dostawcą odnośnie poprawności doboru nowej pompy do instalacji,
- przed doborem nowych pomp warto zlecić przeprowadzenie audytu energetycznego całej instalacji pompowej, zakończonego zaleceniami odnośnie do doboru pomp,
- przy wymianie pomp trzeba rozważyć zastąpienie dławieniowej regulacji wydajności przez regulację zmiennoobrotową,
- powinno się zamawiać pompy od sprawdzonych wytwórców, najmniej uwagi zwracając na niską cenę, a najwięcej – na jakość zespołu pompowego,
- od wytwórcy pompy należy żądać protokołu pomiaru drgań na jego stacji prób w całym zakresie przewidywanych wydajności i prędkości obrotowych; wskazany jest również udział użytkownika w tych pomiarach, jeśli jest to możliwe,
- jeśli poziom drgań w miejscu zainstalowania zespołu pompowego okaże się wyższy od wykazanego w ww. protokole, przyczyn w pierwszej kolejności należy szukać w sposobie zamocowania zespołu na fundamencie, a następnie w całej instalacji pompowej.

SKUTKI ZBYT DUŻYCH DRGAŃ ZESPOŁU POMPOWEGO

Skutkami nadmiernych drgań pompy/zespołu pompowego mogą być:

- uszkodzenie lub zniszczenie łożysk,
- pogorszenie stanu lub uszkodzenie wewnętrznych uszczelnień szczelinowych,
- poluzowanie połączeń gwintowych,
- uszkodzenia wałów (także zmęczeniowe),
- uszkodzenia fundamentów,
- rezonans w układzie rurociągów,
- rozszczelnienie pompy i/lub rurociągów,
- nadmierny hałas powodowany przez zespół pompowy,
- niekorzystny wpływ drgań na organizmy personelu obsługi.

Literatura

[1] Jędral W., *Uzyskanie dobrego wyważenia pracujących w wodzie wirników pomp jednołopatkowych,* Pompy Pompownie, 2009, nr 1, s. 32-36.
[2] Jędral W., *Efektywne energetycznie układy pompowe*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2018.
[3] Jędral W., *Błędne rozwiązania doprowadzenia cieczy do pomp,* Pompy Pompownie, 2019, nr 2, s. 38-43.
[4] PN-EN ISO 5199:2004 *Wymagania techniczne dla pomp odśrodkowych. Klasa II.*
[5] PN-EN ISO 9905:2006 *Wymagania techniczne dla pomp odśrodkowych. Klasa I.*
[6] PN-EN ISO 9908:2011 *Wymagania techniczne dla pomp odśrodkowych. Klasa III.*
[7] ISO 10816-7:2009 *Mechanical vibration – Evaluation of machine vibration by measurements on non-rotating parts – Part 7: Rotodynamic pumps for industrial applications, including measurements on rotating shafts.*
[8] PN-ISO 20816-1:2020-03 *Drgania mechaniczne – Pomiar i ocena drgań maszynowych – Część 1: Wytyczne ogólne* (wersja angielska).
[9] Pump *vibration standards guidelines*, Europump, 15 July 2013.
[10] Gülich J. F. *Centrifugal Pumps*, Springer Verlag, Berlin-Heidelberg, 2008. ■

Reklama

budujemy możliwości porozumienia

MEDIA PLAN 2024

SYMPOZJA | KONFERENCJE

STYCZEŃ

CHEMIA 2024

XXX Sympozjum Naukowo-Techniczne
30-31stycznia 2024 r. | Płock
Honorowy gospodarz: **ORLEN S.A.**

CHEMIA, PETROCHEMIA | Uczestnicy: przedstawiciele zakładów chemicznych: dyrektorzy ds. technicznych i inwestycyjnych, kadra zarządzająco-techniczna oraz specjaliści biur projektowych, firmy proponujące nowoczesne urządzenia, technologie i rozwiązania systemowe, niezbędne do funkcjonowania nowoczesnych zakładów

LUTY

Zarządzanie Przedsiębiorstwem WOD-KAN

X Konferencja Naukowo-Techniczna
8-9 lutego 2024 r. | Szczyrk

PRZEDSIĘBIORSTWA WOD-KAN | Uczestnicy: prezesi i kadra zarządzająca przedsiębiorstw wod-kan oraz firmy doradcze, informatyczne, konsultingowe oferujące kompleksowe rozwiązania dla branży

Technologie Retencji Wody w Przemyśle

II Konferencja Naukowo-Techniczna
22-23 lutego 2024 r. | Warszawa

JEDNOSTKI TERYTORIALNE, PRZEMYSŁ, WOD-KAN | Uczestnicy: przedstawiciele miast, spółek wod-kan, przemysłu, biur projektowych oraz firmy proponujące nowoczesne urządzenia, technologie i rozwiązania systemowe

MARZEC

Utrzymanie Ruchu w Przemyśle Spożywczym

XVI Konferencja Naukowo-Techniczna
6-7 marca 2024 r. | Kraków
Honorowy gospodarz: **Bahlsen Polska**

PRZEMYSŁ SPOŻYWCZY | Uczestnicy: kadra inżynieryjno-techniczna rozlewni wód i soków, zakładów spirytusowych, browarów, mleczarni, zakładów mięsnych i przetwórstwa owocowo-warzywnego, firmy proponujące nowoczesne urządzenia, technologie i rozwiązania systemowe, niezbędne do funkcjonowania nowoczesnych działów utrzymania ruchu

Efektywne Zarządzanie Energią w Przemyśle

XXII Konferencja Naukowo-Techniczna
14-15 marca 2024 r. | Czeladź

PRZEMYSŁ ENERGOCHŁONNY | Uczestnicy: przedstawiciele zakładów przemysłowych: zakłady chemiczne, huty, kopalnie, zakłady przemysłowe, przetwórnie i inne; spółki dystrybucyjne i operatorskie działające na rynku energii oraz specjalistyczne firmy informatyczne, technologiczne, doradcze, finansowe i konsultingowe

Wiosenna Konferencja Farmaceutyczna

XV Konferencja Naukowo-Techniczna
26-27 marca 2024 r. | Tarnowo Podgórne k. Poznania
Honorowy gospodarz: **Phytopharm Klęka S.A.**

FARMACJA | Uczestnicy: przedstawiciele zakładów farmaceutycznych, a w szczególności działy techniczne, utrzymania ruchu, produkcji, pakowni, działy ds. inwestycji, firmy oferujące systemy oraz produkty związane z nowoczesnymi technologiami dla producentów leków

KWIECIEŃ

Awarie. Monitoring. Budowa i Modernizacja Sieci WOD-KAN

XV Konferencja Naukowo-Techniczna
9-10 kwietnia 2024 r. | Wisła
Honorowy gospodarz: **PWiK w Gliwicach**

PRZEDSIĘBIORSTWA WOD-KAN | Uczestnicy: przedstawiciele przedsiębiorstw wodociągowych odpowiedzialni za budowę, remonty i modernizację sieci wodociągowych i kanalizacyjnych oraz firmy proponujące rozwiązania techniczne w zakresie sieci

Wiosenne Spotkanie Ciepłowników

XXXI Sympozjum Naukowo-Techniczne
23-25 kwietnia 2024 r. | Zakopane

ENERGETYKA, CIEPŁOWNICTWO | Uczestnicy: przedstawiciele ciepłowni i elektrociepłowni, biura projektowe współpracujące z sektorem, firmy proponujące nowoczesne urządzenia, technologie i rozwiązania systemowe, niezbędne do funkcjonowania nowoczesnego ciepłownictwa

MAJ

Kongres Użytkowników POMP

XXX Kongres
7-8 maja 2024 r. | Legnica

CHEMIA, ENERGETYKA, PRZEMYSŁ, WOD-KAN | Uczestnicy: kadra inżynieryjno-techniczna odpowiedzialna za zakup i użytkowanie pomp, napędów i armatury z zakładów przemysłowych, elektrowni, zakładów chemicznych, wod-kan, producenci i dystrybutorzy pomp, napędów, armatury oraz firmy remontowe i diagnostyczne oferujące nowoczesne rozwiązania dla branży

Nowoczesne Przetwórstwo Spożywcze. Wiosenne Spotkanie Cukrowników

NOWOŚĆ

Konferencja Naukowo-Techniczna
9-10 maja 2024 r. | Zakopane

PRZEMYSŁ SPOŻYWCZY | Uczestnicy: przedstawiciele cukrowni a w szczególności dyrektorzy techniczni, dyrektorzy ds. surowców, kierownicy produkcji, kierownicy ds. utrzymania ruchu, automatycy, firmy proponujące nowoczesne urządzenia, technologie i rozwiązania systemowe dla branży

Remonty i Utrzymanie Ruchu w Przemyśle Chemicznym

XVII Konferencja Naukowo-Techniczna
20-22 maja 2024 r. | Jastrzębia Góra
Honorowy gospodarz: **Rafineria Gdańska Sp. z o.o.**

CHEMIA, PETROCHEMIA | Uczestnicy: przedstawiciele zakładów chemicznych i rafinerii: dyrektorzy ds. technicznych i inwestycyjnych, główni specjaliści z zakresu utrzymania ruchu, główni mechanicy, energetycy, kadra zarządzająco-techniczna, firmy proponujące nowoczesne urządzenia, technologie i rozwiązania systemowe, niezbędne do funkcjonowania nowoczesnych działów utrzymania ruchu

CZERWIEC

Zarządzanie Przedsiębiorstwem Ciepłowniczym NOWOŚĆ

Konferencja Naukowo-Techniczna
4 czerwca 2024 r. | Łódź

CIEPŁOWNICTWO | Uczestnicy: prezesi, członkowie zarządu, dyrektorzy z elektrociepłowni, ciepłowni, a także firmy współpracujące z branżą energetyczną, oferujące nowoczesne technologie i urządzenia, systemy zarządzania, rozwiązania do zarządzania w nowoczesnym PEC-u

Nowoczesne Kopalnie Żwiru i Piasku

XVI Konferencja Naukowo-Techniczna
5-6 czerwca 2024 r. | Wrocław
Honorowy gospodarz: **Górażdże Kruszywa Sp. z o.o.**

KRUSZYWA | Uczestnicy: kadra inżynieryjno-techniczna oraz zarządzająca kopalni żwiru i piasku, firmy proponujące nowoczesne urządzenia, technologie i rozwiązania systemowe, niezbędne do funkcjonowania nowoczesnych zakładów kruszyw

WRZESIEŃ

ENERGETYKA BEŁCHATÓW 2024

XXVI Sympozjum Naukowo-Techniczne
2-4 września 2024 r. | Bełchatów

ENERGETYKA, CIEPŁOWNICTWO | Uczestnicy: prezesi, członkowie zarządu, dyrektorzy techniczni i inwestycyjni z elektrowni, elektrociepłowni, ciepłowni, a także firmy współpracujące z branżą energetyczną oferujące nowoczesne technologie i urządzenia, systemy zarządzania, monitoringu i diagnostyki

Oczyszczalnie Przyszłości

III Konferencja Naukowo-Techniczna
12-13 września 2024 r. | Warszawa
Honorowy gospodarz: **MPWiK w Warszawie**

PRZEDSIĘBIORSTWA WOD-KAN | Uczestnicy: dyrektorzy, kierownicy, specjaliści z komunalnych oczyszczalni ścieków, osoby odpowiedzialne za inwestycje, kadra zarządzająca przedsiębiorstw wod-kan, firmy dostarczające rozwiązania, technologie, świadczące usługi związane z budową i eksploatacją oczyszczalni ścieków

Bezpieczeństwo Instalacji Przemysłowych. Infrastruktura Krytyczna

XXIII Konferencja Naukowo-Techniczna
24-26 września 2024 r. | Szczecin

CHEMIA, PETROCHEMIA, ENERGETYKA | Uczestnicy: przedstawiciele zakładów chemicznych odpowiedzialni za prewencję, bezpieczeństwo, a także specjaliści z zakresu automatyki i technologii oraz kadra zarządzająco-techniczna; firmy, które proponują urządzenia, technologie i nowoczesne systemy zarządzania bezpieczeństwem, niezbędne dla bezpiecznego funkcjonowania zakładu

PAŹDZIERNIK

KRUSZYWA CEMENT WAPNO 2024

XXXI Sympozjum Naukowo-Techniczne
2-3 października 2024 r. | Kielce
Honorowy gospodarz: **Lafarge**

KRUSZYWA, CEMENT, WAPNO | Uczestnicy: przedstawiciele kopalni kruszyw, cementowni, zakładów wapienniczych i gipsowych, firmy proponujące nowoczesne urządzenia, technologie i rozwiązania systemowe, niezbędne do funkcjonowania nowoczesnych zakładów

Jesienne Spotkanie Browarników

XXI Sympozjum Naukowo-Techniczne
9-11 października | Tarnowo Podgórne
Honorowi gospodarze: **Lech Browary Wielkopolski, Browar w Grodzisku Wielkopolskim sp. z o.o. sp. k, Kompania Piwowarska**

PRZEMYSŁ SPOŻYWCZY | Uczestnicy: kadra techniczno-technologiczna, menadżerska polskich zakładów piwowarskich, firmy oferujące rozwiązania wykorzystywane w browarach

XVIII Kongres Gospodarki Wodno-Ściekowej w Przemyśle

Konferencja Naukowo-Techniczna
WODA I ŚCIEKI W PRZEMYŚLE SPOŻYWCZYM
Konferencja Naukowo-Techniczna
WODA I ŚCIEKI W PRZEMYŚLE
15-16 października 2024 r. | Wrocław
Honorowy gospodarz: **Browar Namysłów**

PRZEMYSŁ SPOŻYWCZY, CHEMIA, ENERGETYKA, PRZEMYSŁ CIĘŻKI, FARMACJA | Uczestnicy: przedstawiciele działów ochrony środowiska z: elektrowni, elektrociepłowni oraz ciepłowni komunalnych i przemysłowych, zakładów metalurgicznych, zakładów chemicznych, rafinerii, petrochemii, zakładów papierniczych, koksowni, zakładów spożywczych, farmacji: specjaliści z zakresu gospodarki wodno-ściekowej i gospodarki odpadami, specjaliści odpowiedzialni za jakość wody, specjaliści ds. ochrony środowiska, firmy proponujące nowoczesne urządzenia, technologie i rozwiązania systemowe w zakresie gospodarki wodno-ściekowej

Jesienne Sympozjum Przemysłu Farmaceutycznego i Kosmetycznego 2024

XX Sympozjum Naukowo-Techniczne
23-24 października 2024 r. | Łódź
Honorowi gospodarze: **Zakłady Farmaceutyczne POLPHARMA S.A. Oddział Medana w Sieradzu, Laboratorium Kosmetyczne AVA**

FARMACJA I BRANŻA KOSMETYCZNA | Uczestnicy: przedstawiciele zakładów farmaceutycznych i kosmetycznych: dyrektorzy ds. technicznych i inwestycyjnych, główni specjaliści z zakresu produkcji i jakości oraz kadra zarządzająco-techniczna; firmy oferujące maszyny, urządzenia, technologie i rozwiązania systemowe dla obu branż

LISTOPAD

WOD-KAN-EKO 2024

XXVII Kongres Naukowo-Techniczny
13-15 listopada 2024 r. | Łódź

PRZEDSIĘBIORSTWA WOD-KAN | Uczestnicy: przedstawiciele przedsiębiorstw wodociągowych, oczyszczalni ścieków, biur projektowych, zainteresowani wdrażaniem w swoich zakładach nowych technologii i urządzeń, firmy proponujące nowoczesne urządzenia, technologie i rozwiązania systemowe, niezbędne do funkcjonowania nowoczesnych zakładów wod-kan

Remonty i Utrzymanie Ruchu w Energetyce

XVII Konferencja Naukowo-Techniczna
27-28 listopada 2024 r. | Licheń

ENERGETYKA, CIEPŁOWNICTWO | Uczestnicy: dyrektorzy techniczni i zarządzający majątkiem produkcyjnym, szefowie utrzymania ruchu, główni mechanicy, energetycy, automatycy reprezentujący elektrownie, elektrociepłownie i duże zakłady przemysłowe posiadające własne źródła wytwarzające energię, a także przedstawiciele biur projektowych, uczelni i instytucji związani z tą gałęzią gospodarki, firmy proponujące nowoczesne urządzenia, technologie i rozwiązania systemowe, niezbędne do funkcjonowania nowoczesnego działu utrzymania ruchu

Aktualne informacje o konferencjach będą przekazywane m.in. w newsletterach oraz na portalach BMP.

PRZEWIDYWANIE AWARII
w eksploatacji pomp głębinowych

dr Marian Strączyński
niezależny ekspert

Systemowo zorganizowana eksploatacja pomp głębinowych wymaga usprawnienia pracy systemu informacyjnego. Powinien być on poszerzony o elementy diagnostyki, która wyraźnie poprawia jakość decyzji eksploatacyjnych. Można przyjąć tezę, że bez diagnostyki pracy układów pompowych studni trudno mówić o optymalizacji kosztów eksploatacji ujęć wód podziemnych.

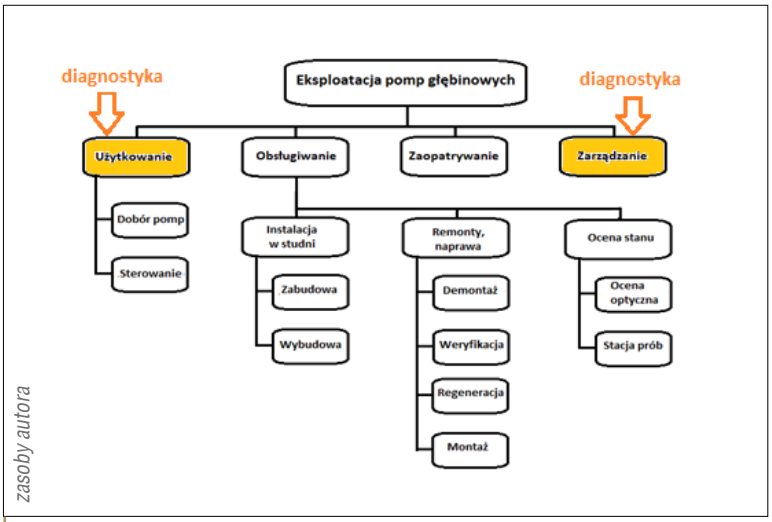
fot. 123rf

Jak wiemy [3,4,6], poziom możliwych optymalizacji (np. sprawności energetycznej) w zakresie układów przepływowych pomp oceniać można na kilka procent. Większe są możliwości oszczędności energii w bezpośredniej eksploatacji – sięgają od kilku do nawet kilkudziesięciu procent – rys. 1 [6]. Wynika z tego, że w optymalizacji sprawności energetycznej eksploatacji pomp głębinowych można szukać pewnych oszczędności, jednak współcześnie, w większości przypadków, układy pompowe są już po audytach energetycznych i niewiele można tu zaoszczędzić.

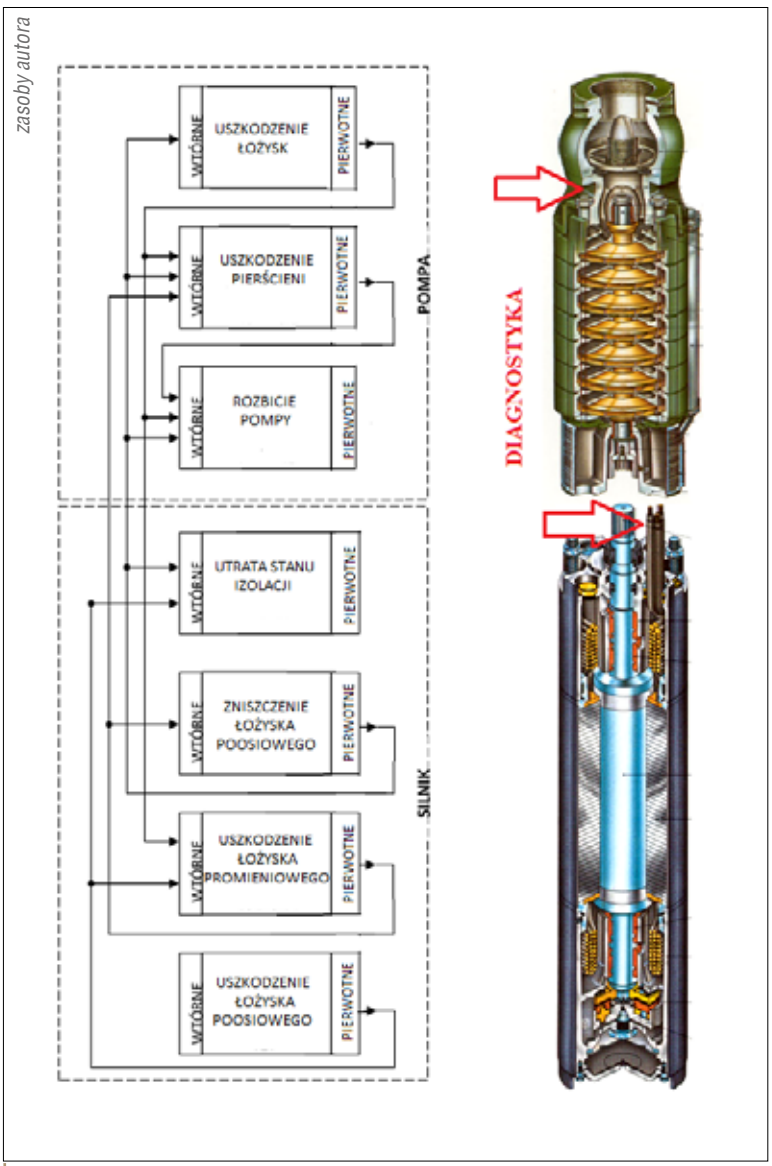
RYS. 1
Prognozowane poziomy oszczędności energii

zasoby autora

Oprócz typowych działań związanych z racjonalną energetycznie eksploatacją pomp głębinowych (dobór, sterowanie, nadzór), współcześnie należy zwracać szczególną uwagę na niezawodność ich pracy, a więc szerszą optymalizację kosztów eksploatacji [1,4] (w tym awarii i remontów). Zagadnienie nie jest łatwe, gdyż w eksploatacji pomp głębinowych występuje ścisły związek – techniki pompowej z hydrogeologią, a więc na awarię agregatu pompowego mogą mieć wpływ (i często mają) warunki hydrogeologiczne w studni. Przewidzenie awarii głębinowego agregatu jest trudne, wymaga sporej wiedzy teoretycznej



RYS. 2
Rodzaje działań w eksploatacji pomp głębinowych



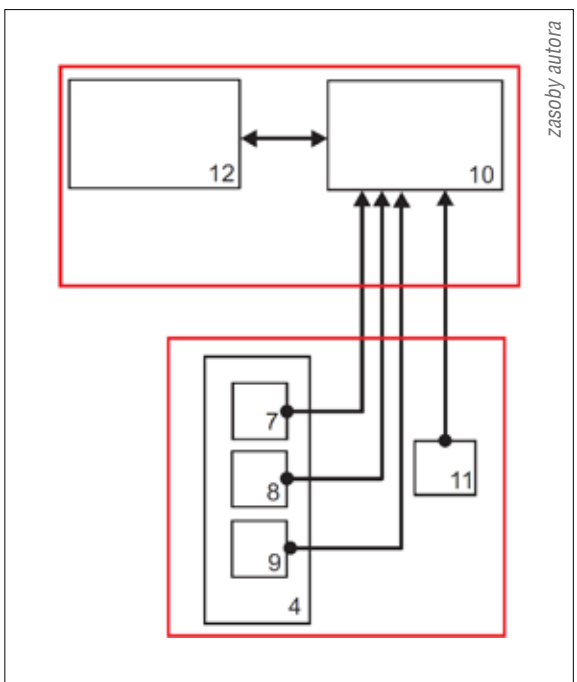
RYS. 3
Współzależność uszkodzeń w agregacie pompowym (przykład)

i praktycznej, współcześnie jednak jest możliwe [3]. Rozwiązanie wymaga zastosowania techniki systemów, a więc uporządkowania i przyspieszenia obiegu informacji w eksploatacji pomp głębinowych. Zidentyfikować trzeba też zakresy i miejsca (w systemie eksploatacji) dla diagnostyki, która jest niezbędna do określenia poziomu zagrożenia awarią agregatu pompowego.

Podstawowe działania w eksploatacji pomp głębinowych

Gdy zwrócimy uwagę na schemat podstawowych działań w systemie eksploatacji pomp głębinowych [4,5] zauważymy, że lokalizacja diagnostyki ich pracy dotyczy kluczowych ogniw w obiegu działań i informacji (użytkowanie – zarządzanie), przy czym w użytkowaniu wymagane jest zabudowanie specjalnych sond i urządzeń pomiarowych, natomiast w zarządzaniu stosowane są oprogramowania przetwarzające (wizualizujące) dane pomiarowe w celu przygotowania odpowiednich decyzji eksploatacyjnych (zatrzymanie pracy pomp itp.), tzw. system wczesnego ostrzegania.

Trzeba tu podkreślić znaczenie znajomości struktury współzależności uszkodzeń w danym typie agregatu pompowego (przykład) – rys. 3 [4] oraz z danych hydrogeologicznych, należy uwzględnić znajomość analiz chemicznych pompowanego medium, w tym temperatury. Na rys. 4 poglądowo pokazano miejsca lokalizacji podstawowych elementów diagnostyki obiektowej (przy i na studni) – sonda mierząca np. drgania agregatu pompowego oraz urządzenie diagnostyczne mierzące wahania prądu w zasilaniu silnika głębinowego.

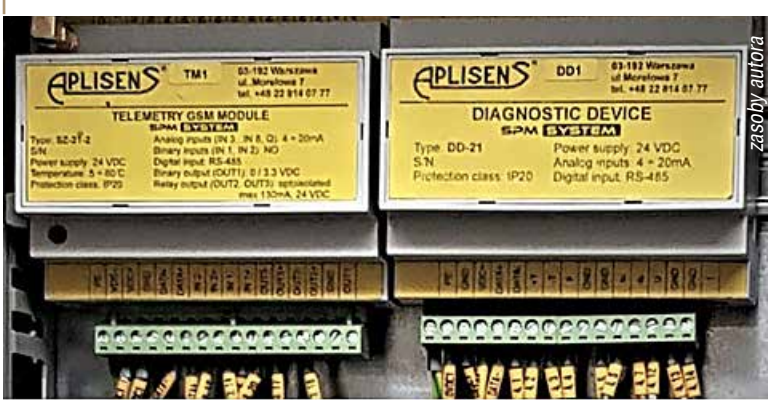


RYS. 4
Zakres działań diagnostycznych (użytkowanie – zarządzanie)

Na rys. 4 pokazano też (schematycznie) zakres działań diagnostycznych [2] zarówno w użytkowaniu, jak i w zarządzaniu eksploatacją pomp głębinowych. Przy czym oznaczono numerami:

- 4 – specjalna sonda (3 w 1) mierząca: drgania (7), temperaturę silnika (8), przewodnictwo cieczy silnika (9),
- 11 – przekładnik elektryczny mierzący prąd silnika,
- 10 – urządzenie diagnostyczne zasilające sondę pomiarową, przekładnik prądowy,
- 12 – jednostka obliczeniowa generująca wyniki.

FOT. 1
Widok sondy SMP-3



FOT. 2
Urządzenie diagnostyczne współpracujące ze sterownikiem

Fot. 1 obrazuje sondę 3 w 1 – SMP-3 produkcji Aplisens S.A.

Urządzenie diagnostyczne – fot. 2 – współpracuje bezpośrednio ze sterownikiem na obiekcie – z sondą SMP-3 i przekładnikiem prądowym.

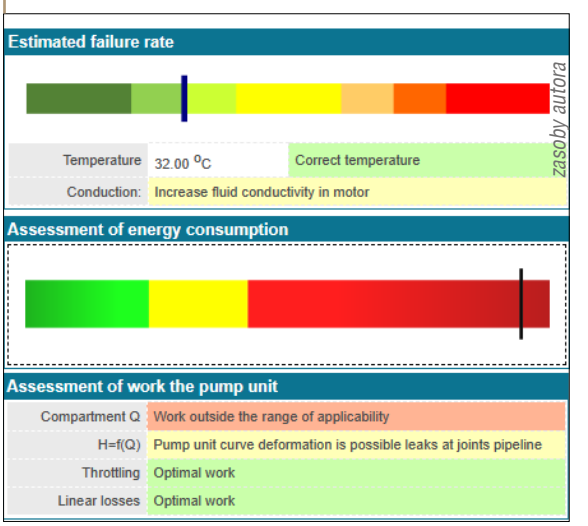
Skonfigurowany system: urządzenie diagnostyczne, sonda 3 w 1 (drania, temperatura silnika, przewodnictwo), przekładnik prądowy + dane hydrogeologiczne + dane techniczne agregatu (moc, typ – rodzaj pompy – nsq) + bilans mocy układu: studnia – pompa, stanowią podstawę do wyznaczenia (oszacowania) wartości współczynnika awarii. Sposób wyznaczenia i wykorzystania wskaźnika jest zastrzeżony patentowo [2]. Trzeba podkreślić, że minimalny zakres opomiarowania to: wahania prądu (przekładnik), drgania oraz bilans mocy. Najczęściej współczynnik jest zwizualizowany graficznie.

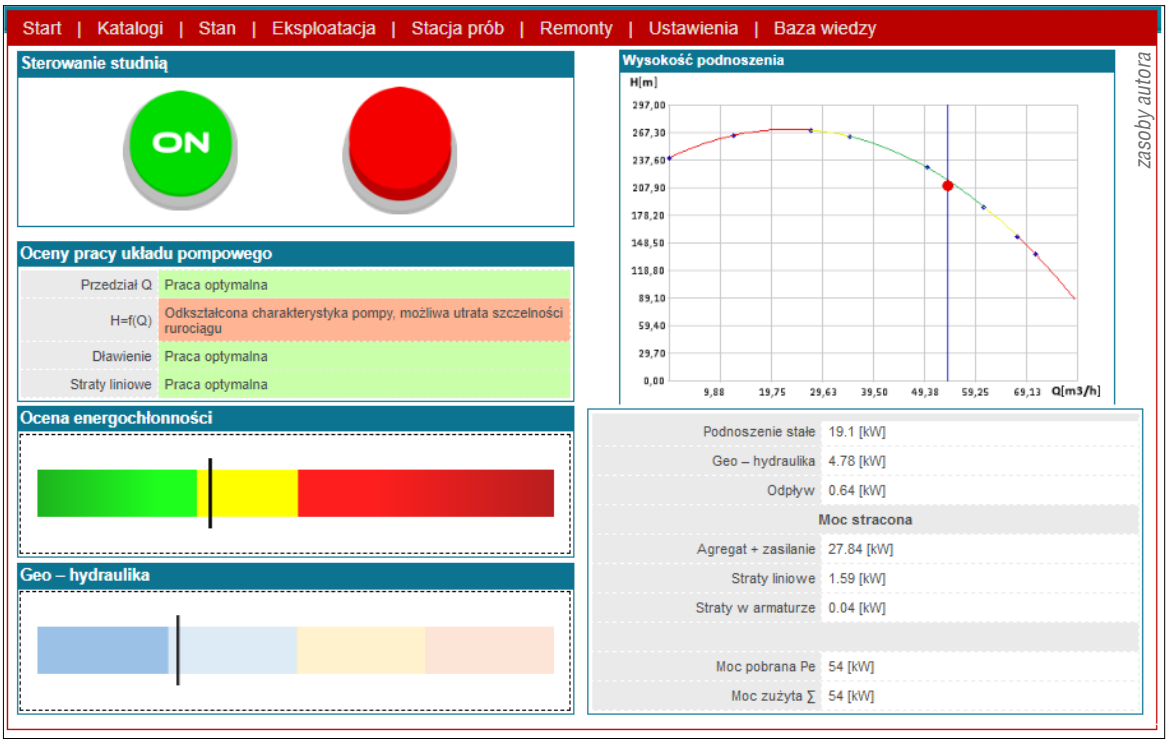
> Poziom możliwych optymalizacji w zakresie układów przepływowych pomp oceniać można na kilka procent

System zarządzania z elementami diagnostyki

Systemem wykorzystującym elementy diagnostyki w eksploatacji pomp głębinowych jest SPM_{SYSTEM}, który służy do zarządzania eksploatacją pomp [4]. Przewidzenie awarii głębinowego agregatu pompowego wpływa na zmniejszenie zakresu naprawy pompy i silnika (niższy koszt naprawy), umożliwia też planowanie rezerw, a więc dokładniejszy dobór pomp. Można również wprowadzić tzw. wymiany planowe i uniknąć awarii nagłych, zmniejszających komfort

RYS. 5
Widok panelu ocen w systemie SPM





RYS. 6
Rozliczony bilans pobranej mocy – system SPM

eksploatacji. Przykładową wizualizację pracy w systemie SPM pokazano na rys. 5.

Rysunek zestawia widok pracy agregatu z niskim prawdopodobieństwem awarii, choć eksploatowany jest w niedopuszczalnym (czerwonym) polu stosowalności z wysoką energochłonnością (czerwoną). Temperatura silnika jest w porządku, ale przekroczone zostało przewodnictwo świadczące o nieszczelności silnika. Obniżony jest ponadto punkt pracy na charakterystyce Q/H. Energetycznie i technicznie agregat oceniony został przez modele matematyczne negatywnie, choć sam współczynnik awaryjności jest pozytywny.

Uzupełnienie analizy to zestawienie bilansu mocy w układzie pompowym studni, przedstawionym (dla innego agregatu) na rys. 6.

Wyraźnie widać ocenę podającą obniżenie punktu pracy pompy na charakterystyce Q/H, skutkującą zwiększoną energochłonnością (obniżoną sprawnością) – kolor żółty oceny, przy małym współczynniku energochłonności geohydrauliki studni. Bilans mocy wskazuje na zatrzymanie pracy energochłonnej pompy w dobrej studni i jej wymianę na bardziej sprawną.

***

Zagadnienie wczesnego ostrzeżenia przed awarią głębinowego agregatu pompowego stwarza zupełnie nową jakość w eksploatacji ujęć głębinowych. Trzeba podkreślić, że jest to etap szacowania współczynnika awaryjności, jednak tematyka zmierza we właściwym kierunku.

Tak jak wspomniano, uwzględnianie kosztów wystąpienia oraz usunięcia zawsze kosztownych awarii wyraźnie zwiększa sumaryczne koszty eksploatacji. Wprowadzenie możliwości planowania wymian zapobiegających, planowanie remontów – przeglądów, precyzyjny, dostosowany do wcześniejszych prognoz zakup pomp dodatkowo oszczędzi koszty i zwiększy efektywność eksploatacji.

Prowadzenie racjonalnego gospodarowania zasobami pomp nabiera współcześnie dużego znaczenia – z uwagi na długi okres oczekiwania na dostawy nowych pomp. Należy zatem zastanowić się nad zorganizowaniem BANKU POMP, z których może korzystać wielu użytkowników. Prognozowanie awarii pomp, szybki dostęp do rezerw dobrych urządzeń to wyraźne zwiększenie efektywności w eksploatacji.

Literatura

1. Adamkiewicz W., Wstęp do racjonalnego wykorzystania urządzeń technicznych, Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, Warszawa, 1982.
2. Opis zastrzeżenia patentowego, Urząd Patentowy RP, P.445913 – sierpień, 2023.
3. Strączyński M., Technika cyfrowa w energooszczędnej eksploatacji pomp i ujęć głębinowych - cz.4: Zarządzanie w systemowo zorganizowanej eksploatacji pomp i ujęć głębinowych, Pompy Pompownie, 1/2021, maj, Racibórz 2021.
4. Strączyński M., Urbański P., Latoń D., Energooszczędna eksploatacja pomp głębinowych, Wydawnictwo Seidel – Przywecki, Wydanie I, Warszawa, 2021.
5. Urbański P., Latoń D., Zarządzanie eksploatacją pomp głębinowych, Pompy Pompownie, 1/2021, maj, Racibórz 2021.
6. Katalogi i materiały Hydro – Vacuum S.A., Grudziądz, 2020.

fot. 123rf

ZAPOBIEGANIE AWARIOM USZCZELNIEŃ MECHANICZNYCH

przykłady nowych rozwiązań w literaturze naukowo-technicznej

dr hab. inż. Jerzy Bochnia, prof. PŚk
Politechnika Świętokrzyska w Kielcach

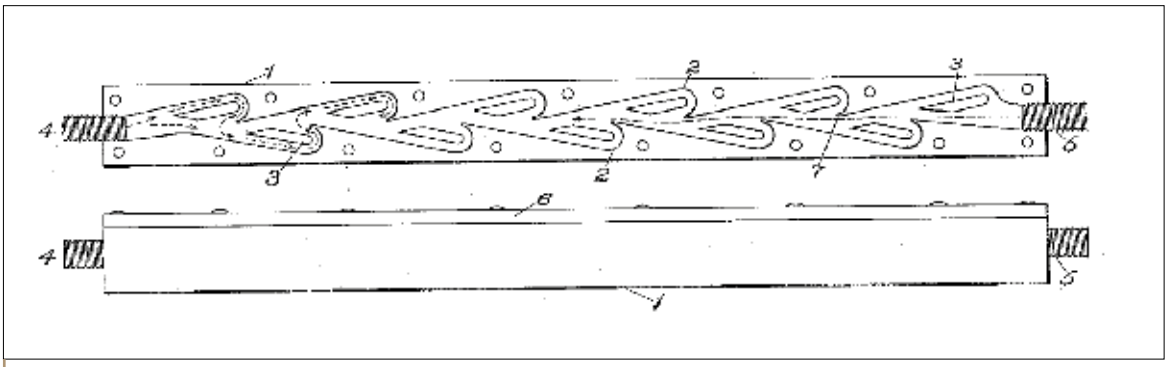
Odpowiedzią na problemy związane ze zużyciem ściernym pierścieni ślizgowych mechanicznych uszczelnień stykowych (i inne, natury tribologicznej) mogą być przykłady konstrukcji nowych modułów uszczelniających oraz odpowiednia diagnostyka pracy uszczelnień.

W bieżącym roku ukazało się w czasopismach naukowo-technicznych kilkadziesiąt różnych publikacji dotyczących mechanicznych uszczelnień stosowanych w maszynach wirnikowych. Spora liczba prac dotyczy czysto teoretycznych rozważań wzbogaconych różnymi symulacjami z zastosowaniem najnowszych programów komputerowych. Ten sposób rozwiązywania problemów technicznych jest znacznie tańszy niż żmudne i kosztowne testy stanowiskowe i również prowadzi do ciekawych wniosków. Pojawiły się też artykuły dotyczące nowych rozwiązań konstrukcyjnych, wyników badań materiałów stosowanych na pierścienie ślizgowe czy stanowisk badawczych i opisy oryginalnych metod badawczych.

W jednej z prac [1] zwrócono uwagę na problemy bezpieczeństwa przemysłowego związanego z obszarem przepływu mediów i poprawnym działaniem pomp, a tym samym ich newralgicznego podzespołu, tj. uszczelnienia mechanicznego. Jak wynika z analizy, około 42% z blisko 1200 wypadków w 2021 r. nastąpiło ze względu na zużycie materiałów uszczelniających, co spowodowało nieprzewidywalne straty ekonomiczne i zanieczyszczenie środowiska. Informacje dotyczące wypadków przemysłowych wywołanych uszkodzeniem uszczelnienia zawarto w tabeli 1.

TAB. 1 Odsetek wypadków przemysłowych spowodowanych zużyciem materiałów na uszczelnienia, 2018-2021 [1]

Rok	Liczba wypadków	Procent zużycia materiału na uszczelnienie (%)
2018	500	13
2019	700	28
2020	900	31
2021	1200	42



RYS. 1
Konstrukcja zaworu Tesli wg pierwotnego zgłoszenia patentowego [2]. 1 – obudowa metalowa, 2 – przewody zwrotne, 3 – niezależne przegrody, 4,5 – króćce przyłączeniowe, 6 – płyta montażowa, 7 – linia przerywana symulująca przepływ w głównym przewodzie

Około 75% nieszczelności urządzeń mechanicznych jest wywołane zużyciem ciernym materiałów uszczelniających. Wskazuje to, że powyższe zużycie jest jednym z istotnych czynników decydujących o poprawnej pracy całego węzła uszczelniającego, a tym samym maszyny wirnikowej. Dlatego wiele prac badawczych dotyczy doboru odpowiednich materiałów na pierścienie ślizgowe uszczelnień mechanicznych oraz opracowania nowych materiałów, najczęściej kompozytowych. Spotkać można również publikacje poświęcone koncepcjom, nowym rozwiązaniom konstrukcyjnym i wynikom badań uszczelnień bezstykowych, w których nie występują problemy zużycia ściernego lub inne problemy tribologiczne właściwe dla uszczelnień czołowych stykowych. Poniżej opisano jeden z takich przypadków dotyczący uszczelnienia typu self-impact, bazującego na dawnym patencie Tesli.

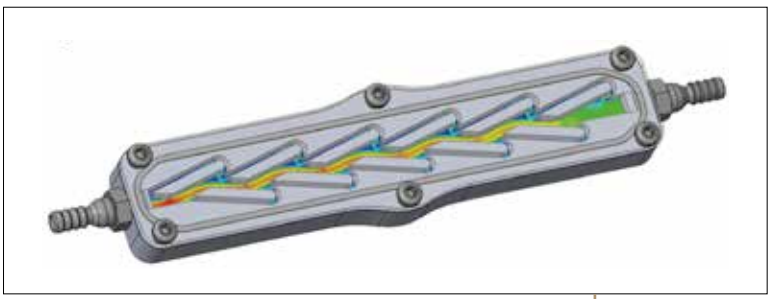
Zawór Tesli

Warto przywołać w tym miejscu dawny patent Tesli z 1920 r. [2], znany jako zawór Tesli, chociaż nie jest zaworem, tylko odpowiednio ukształtowanym przewodem blokującym przepływ cieczy. Konstrukcję wynalazku przedstawiono na rysunku 1.

Nikola Tesla nazwał swój wynalazek (w dosłownym tłumaczeniu) przewodem zastawkowym lub inaczej przewodem zaworowym, stąd przyjęła się nazwa zawór Tesli, chociaż jest on pozbawiony elementów ruchomych. Zasadę działania zaworu przybliża symulacja przepływu wykonana na modelu opracowanym przy pomocy programu komputerowego SolidWorks i modułu Flow Simulation [3].

Z rysunków 1 i 2 wynika, że ciecz przepływa w obu kierunkach, ale w jednym z nich natężenie przepływu jest znacznie niższe. Ciecz, wypływając z przewodu zwrotnego (kolor niebieski – rys. 2), blokuje przepływ w przewodzie głównym (kolor żółty i czerwony – rys. 2). W przypadku małych ciśnień i małego natężenia przepływu blokada będzie mała. Wzrost ciśnienia natężenia przepływu zwiększa skuteczność blokady przepływu.

Konstrukcja nie zawiera żadnych ruchomych elementów, nie wymaga wkładu energii i wykorzystuje



RYS. 2
Symulacja przepływu cieczy przez zawór Tesli [3]

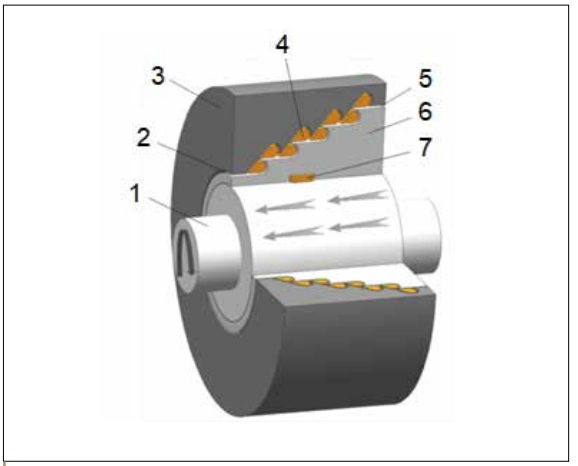
strukturę przestrzenną jedynie do wypychania lub tłumienia przepływu płynu. Różnica pomiędzy przepływem do przodu (od prawej do lewej, tj. od króćca 5 do 4 – rys. 1) i przepływem wstecznym (od lewej do prawej, tj. od króćca 4 do 5 – rys. 1) jest znacząca. Podczas przepływu do przodu płyn może przemieszczać się bez przeszkód od prawej do lewej, omijając wszystkie bariery w postaci przewodów zwrotnych. Ponadto efekt przyspieszenia płynu można osiągnąć dzięki efektowi ciśnienia przepływu. Jednakże przy przepływie wstecznym płyn przedostaje się przez przewód zwrotny w górę/w dół każdego kanału, powodując blokadę uderzeniową na przecięciu przewodu zwrotnego i przewodu głównego – poziomego. Im większa liczba przewodów zwrotnych, tym mocniejszy opór płynu przed przepływem do przodu.

W oparciu o wynalazek Nikoli Tesli opracowano moduł samouszczelniający.

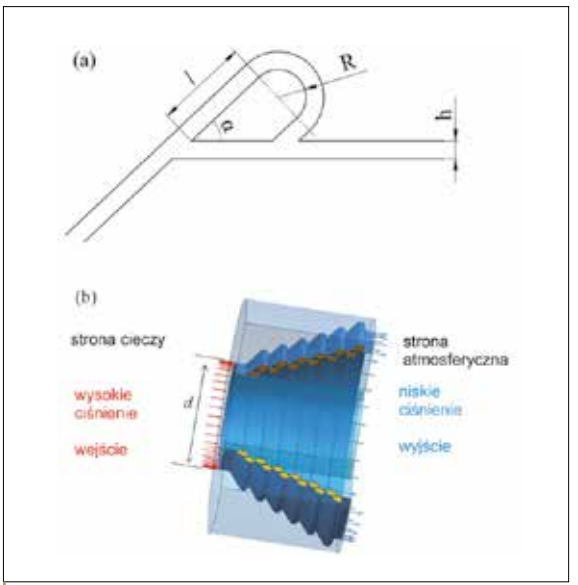
Uszczelnienie typu „self-impact" – moduł samouszczelniający

W pracy [4] zaproponowano konstrukcję modułu samouszczelniającego, którą przedstawia rysunek 3.

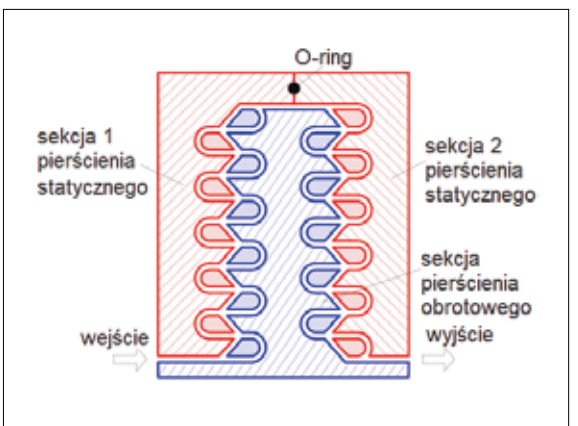
Konstrukcja uszczelnienia jest prosta, składa się ono z tylko trzech elementów: pierścienia zewnętrznego (3), podwieszonego wspornika (4) i pierścienia wewnętrznego (6). Pierścień wewnętrzny obraca się jednocześnie z wałem (1). W zestawie nie znajdują się żadne inne dodatkowe ruchome elementy. Pierścień zewnętrzny może bezpośrednio opierać się na pokrywie uszczelniającej lub obudowie maszyny wirnikowej, a podwieszony wspornik można zamocować w pier-



RYS. 3
Moduł samouszczelniający – koncepcja. 1 – wrzeciono/wał, 2 – wlot cieczy, 3 pierścień zewnętrzny, 4 – podwieszony wspornik (przegroda), 5 – wylot cieczy, 6 – pierścień wewnętrzny, 7 – klucz [4]



RYS. 4
Model fizyczny nowego modułu samouszczelniającego. a) – parametry pojedynczego stopnia uszczelnienia, b) – model przepływu cieczy uszczelnianej [4]



RYS. 5
Moduł samouszczelniający – konstrukcja kaskadowa [4]

ścieniu wewnętrznym lub pierścieniu zewnętrznym za pomocą wbudowanych śrub i dwustronnych kołków. Podobnie jak w przypadku dwuwymiarowego zaworu Tesli, na etapie uszczelnienia wykorzystywana jest przestrzeń złożona z podwieszonego wspornika oraz odpowiednich pierścieni wewnętrznych i zewnętrznych. Końce wylotowe i wlotowe znajdują się po stronie atmosferycznej i wysokociśnieniowej czynnika uszczelnianego. Zasadę działania modułu samouszczelniającego przedstawia rysunek 4.

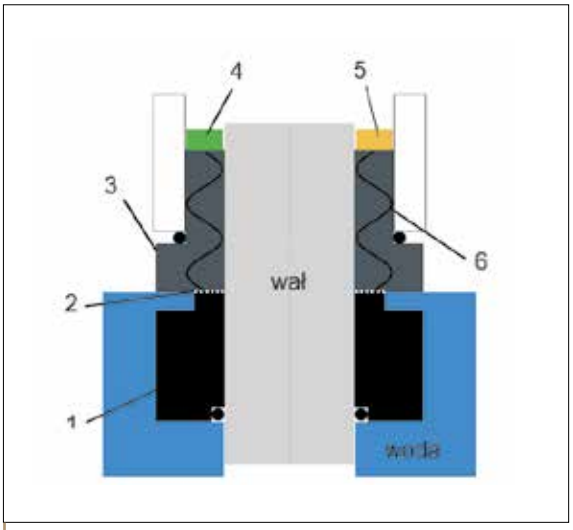
Pojedynczy stopień uszczelnienia pokazano na rysunku 4a, gdzie R jest promieniem skrętu, l drogą przepływu i α kątem przekierowania. Ponadto R, l i α są wzajemnie ograniczone. W modelu każdy stopień uszczelnienia ma ten sam rozmiar, a wloty wysokiego i niskiego ciśnienia znajdują się odpowiednio po lewej i prawej stronie. Wiele stopni uszczelnienia jest połączonych, tworząc moduł samouszczelniający, jak pokazano na rysunku 4b. Większa różnica ciśnień wymaga większej liczby stopni uszczelnienia i większego rozmiaru modułu uszczelniającego. Nieco inny model modułu samouszczelniającego, działający w oparciu o tę samą zasadę, przedstawia rysunek 5.

> Około 75% nieszczelności urządzeń mechanicznych jest spowodowane zużyciem ciernym materiałów uszczelniających

Aby osiągnąć efektywne rozmieszczenie stopni uszczelnienia, zaproponowano konstrukcję kaskadową (rys. 5). Znacznie poprawiono tu dokładność pozycjonowania i montażu każdego elementu oraz rozmieszczenie stopni uszczelnienia osiowego i promieniowego. Wygodny jest także specyficzny proces montażu: podobnie jak w przypadku łożysk tocznych, pierścień dynamiczny i kolumna zawieszenia mogą być montowane zewnętrznie jako całość. Kolumny zawieszenia w różnych pozycjach (różniących się kolorem) umieszcza się na pierścieniu ruchomym lub statycznym, po czym można połączyć pierścień statyczny i ruchomy. Pierścień dynamiczny łączony jest z wałem za pomocą wpustów, śrub ustalających itp., a pierścień statyczny – z korpusem maszyny wirnikowej. W pracy [4] opisano bardzo szczegółowo projekt prototypu i badania symulacyjne.

Przykład diagnostyki uszczelnienia czołowego stykowego

Oprócz próby opracowania różnych konstrukcji uszczelnień mechanicznych stykowych zwiększają-



RYS. 6
Schemat zastosowania przetwornika elektromagnetyczno-akustycznego, 1 – pierścień obrotowy, 2 – szczelina uszczelnienia, 3 – pierścień obrotowy, 4 – nadajnik akustyczny, 5 – odbiornik akustyczny, 6 – fala mechaniczna [5]

cych ich trwałość i poprawiających bezpieczeństwo pracy poszukuje się różnych metod diagnozowania uszczelnień w czasie eksploatacji tak, aby w odpowiednim czasie zapobiec awarii. Jedną z metod nieniszczących diagnostyki są badania akustyczne/ultradźwiękowe, stosowane do wykrywania wad materiałowych lub monitorowania zachodzących zmian mechanicznych w konstrukcji podczas eksploatacji. Przetworniki piezoelektryczne, które służą do generowania fal mechanicznych wewnątrz próbki, mają często zbyt duże rozmiary. Wymiary ograniczają zastosowanie przetworników piezoelektrycznych w niektórych zastosowaniach, w których rozmiar przetwornika jest ograniczony ze względu na ograniczoną przestrzeń instalacyjną i gdy wymagane jest wzbudzenie o niskiej częstotliwości, np. w przypadku monitorowania uszczelnień mechanicznych. W pracy [5] zaproponowano zastosowanie nowego przetwornika elektromagnetyczno-akustycznego montowanego na pierścieniu stacjonarnym uszczelnienia. Zasadę jego działania w warunkach eksploatacji pokazano na rysunku 6.

Schematycznie przedstawione tam uszczelnienie mechaniczne składa się z pierścienia nieruchomego i pierścienia obrotowego, przymocowanego do obracającego się wału. Powierzchnie uszczelniające tworzą szczelinę uszczelniającą. Do celów monitorowania mechanicznego nadajnik i odbiornik akustyczny są przymocowane z tyłu nieruchomego pierścienia. Nadajnik akustyczny wykorzystuje falę mechaniczną wewnątrz nieruchomego pierścienia. Fala ta następnie rozchodzi się w nieruchomym pierścieniu i jest mierzona przez odbiornik akustyczny. Fot. 1 przedstawia przetworniki elektromagnetyczno-akustyczne rozmieszczone na obwodzie pierścienia ślizgowego.

FOT. 1
Przetworniki elektromagnetyczno-akustyczne rozmieszczone na obwodzie pierścienia uszczelniającego [5]

W pracy [5] dokładnie opisano wyniki testów przeprowadzonych z zastosowaniem przedstawionych powyżej przetworników elektromagnetyczno-akustycznych. Ich wyniki pozwalają na zdiagnozowanie stanu zużycia pierścienia poprzez odpowiednią interpretację. Może być to jedna z metod zapobiegających awariom uszczelnień, zwłaszcza przeznaczonym np. do mediów agresywnych.

> W oparciu o wynalazek Nikoli Tesli opracowano moduł samouszczelniający

***

Wybrane i opisane w tym artykule przypadki zapobiegania awariom uszczelnień mechanicznych wskazują na podejmowane prace w dwóch obszarach, tj. nowych rozwiązań konstrukcyjnych i odpowiednich metod diagnozowania pracy uszczelnień podczas eksploatacji.

Literatura

1. Yang G., Zhang H., Zhang L.: Study of frictional wear properties of materials for mechanical seals, Applied Mathematics and Nonlinear Sciences, Sciendo, 2023, https://doi.org/10.2478/amns.2023.1.00058
2. Tesla N.: Walwuar Condu, Patent US 1329559, 1920.
3. Zając M.: Zawór Tesli – SOLIDWORKS Flow Simulation i przepływowa dioda, https://solidmania.com/zawor-tesli-solidworks-flow-simulation-i-przeplywowa-dioda/ , 2021.
4. Wang Y., He Y., Xie X., Huang Z., Xu H., Hu Q., Ma C.: Design and Simulation of a New Near Zero-Wear Non-Contact Self-Impact Seal Based on the Tesla Valve Structure. Lubricants, 2023, 11, 102. https://doi.org/10.3390/lubricants11030102 .
5. Siegl A., Leithner S., Schweighofer B., Wegleiter H.: Excitation of Mechanical Resonances in the Stationary Ring of a Mechanical Seal by a Continuously Operated Electromagnetic Acoustic Transducer, Sensors, 2023, 23, 1015. https://doi.org/10.3390/s23021015. ■

dr inż. Piotr Świtalski
ekspert techniki pompowej

Kierunek POMPY, czyli TECHNIKA POMPOWA

Z tytułu czasopisma znikają POMPOWNIE, pozostają POMPY. Pozwólmy sobie, pół żartem – pół serio, nawiązać do podobnie brzmiącego pytania (odniesionego przez poetę do nieporównywalnie poważniejszej kwestii): pompy, ale jakie? Wirowe, czy wyporowe?

Nasuwa się porównanie z narciarstwem – dziedziną równie mi bliską, bo pompom poświęciłem tyle ile musiałem, narciarstwu – tyle ile mogłem. Stąd, jeśli NARTY, to jakie? Zjazdowe, slalomowe, skokowe, biegowe, skitourowe, freestylowe? Czy tytuł NARTY odnosi się do przedmiotu, czy do narciarstwa? Co kryje się pod tytułem POMPY?

Mówiąc pompy, mówimy i piszemy głównie o pompach wirowych. Dygresja: posługujemy się tym terminem na odpowiedzialność autorów książki POMPY WIROWE Szczepana Łazarkiewicza i Adama T. Troskolańskiego. Profesor Troskolański wprowadził tę książkę do grona dzieł powszechnie cytowanych, wydając ją w języku angielskim, francuskim i niemieckim. Warto tu zauważyć, że nadając jej tytuł angielski *Impeller Pumps,* decydował się na wybór pomiędzy stosowanymi tytułami *Centrifugal and Axial Flow Pumps* (A.J. Stepanoff i), *Centrifugal and other rotodynamic Pumps* (H. Addison), *Centrifugal Pumps* (H.H. Anderson), *Liquid Pumps* (ISO). Profesor Troskolański uważał tytuł *Rotodynamic Pumps* (dziś stosowany przez Europump) za najlepiej odpowiadający procesowi przemiany energii mechanicznej w energię cieczy, jednak nie odważył się zastąpić nim najczęściej stosowanych terminów.

W tak zwanej literaturze przedmiotu tradycyjnie dominuje problematyka konstrukcji pomp (Pfleiderer – *Die Kreiselpumpen*, *Łomakin* – Łopatocznyje nasosy). Z biegiem lat stopniowo szerzej traktowana jest problematyka eksploatacji. Tak też zmieniały się tematy licznych książek profesora Waldemara Jędrala. Ostatnie dotyczą zastosowania pomp np. w wodociągach i kanalizacji. Są tym cenniejsze, im więcej w nich o racjonalnym projektowaniu układów pompowych i efektywności energetycznej (podobnie jak pomp w górnictwie Grzegorza Pakuły).

Przed ćwierć wiekiem, aż trudno uwierzyć, ukazał się pierwszy numer miesięcznika POMPY-POMPOWNIE. Skąd wzięły się pompownie w tytule? Otóż wydawało się, że tytuł pompy mógłby być tak samo przyjęty jak np. tytuły: narty, odkurzacze, telewizory lub zmywarki, sugerując czysto marketingowy, reklamowy charakter czasopisma. Należało tego uniknąć. W podtytule znalazła się więc ważna deklaracja: Czasopismo Użytkowników Pomp.

Wszystkie rozważania dotyczące tytułu czasopisma, nudne i trącące o semantykę, można by pominąć, gdyby tytuł POMPY zastąpić przez POMPIARSTWO, nawiązując np. do narciarstwa, ale nikt z nas „poważnych pompiarzy" się na to nie zdecyduje. Magazyn branżowy o globalnym zasięgu zmienił tytuł z PUMPING na World PUMPS. Dla mnie najlepszym rozwiązaniem byłoby przyjęcie terminu TECHNIKA POMPOWA (pod tym tytułem wydałem trzy książki), jako obejmującego swym zasięgiem szerokie spektrum – od konstrukcji pomp po techniczne i ekonomiczne aspekty ich stosowania w technice. Nawiązywałby on do tytułu czasopisma Technika Lotnicza, wydawanego od 1932 roku.

Koniec końców, mamy swój magazyn KIERUNEK POMPY i wiemy, że służy on rozwojowi techniki pompowej na wszystkich poziomach, od projektowania i konstrukcji pomp, ich prezentacji na rynku, po projektowanie efektywnych energetycznie i niezawodnych układów pompowych.

APLIKACJA BMP

BEZPŁATNE NARZĘDZIE
dla uczestników konferencji

30 LAT bmp budujemy możliwości porozumienia

Aktualne informacje o wydarzeniu
termin, program, miejsce, prelegenci, plan stoisk

Funkcje interaktywne
komentowanie debat, wymiana wizytówek

Budowanie relacji
aranżowanie spotkań między uczestnikami

ZESKANUJ i POBIERZ

Google Play App Store

Grupa Powen-Wafapomp SA