

# Badania charakterystyki przepływowej dla modelowego zaworu kulowego

Tests of flow characteristics for a model ball valve

STANISŁAW GIL, MARIUSZ WNĘK, ROBERT ŁUDZIEN

DOI 10.36119/15.2019.12.4

W artykule opisano badania dynamiki charakterystyki przepływowej dla modelowego zaworu kulowego na stanowisku laboratoryjnym. W przeprowadzonych badaniach, wg wytypowanych procedur, wyznaczono wpływ prędkości napędu na rozważaną charakterystykę. Stwierdzono, że zastosowanie napędu „wolniejszego”, czyli o dłuższym czasie przejścia, zawęża charakterystykę w sensie zmniejszenia różnicy wskazań przepływu pomiędzy przebiegiem otwierania i zamykania zaworu. Dodatkowo wprowadzenie chwilowych zatrzymań napędu znacząco przybliżyła wskazania przepływu, aż do ich wyrównania dla przebiegu otwierania i zamykania. Zamiana aktuatora stałoprędkościowego na zmiennoprędkościowy znacząco poprawiłaby kształt charakterystyki przepływowej zaworu. W ustalonej procedurze badawczej rzeczywistej charakterystyki przepływowej, sprawdzono wpływ dynamiki przetwornika pomiarowego w przepływomierzu na przebieg tej charakterystyki. Wykazano, że im szybszy w działaniu jest przetwornik, tym bardziej przebieg rejestracji strumienia zbliża się do charakterystyki nominalnej zaworu. *Słowa kluczowe: charakterystyka przepływowa, zawór kulowy, aktuator zmiennoprędkościowy*

The investigations of the dynamics of the flow characteristics for the model ball valve at the laboratory unit are described in the paper. In the experiments, according to the selected procedures, the effects of the drive speed on the specific characteristics were determined. The use of a “slower” drive system (i.e. longer flow time) narrows the characteristics in terms of reduction of the difference in flow measures between the course of opening and closing of the valve. The interim stops additionally affect the flow measurements up to their equalization for the course of opening and closing (which is ensured by the variable speed actuator). In the specified test procedure of the dynamic characteristics of flow measurement, the effect of the flow meter measurement transducer on the characteristics course was assessed. It was observed that faster operation of the transducer results in closer records of fluid mass flow for the opening and closing procedures. The method of approximation of characteristics obtained and the principle of its use for control processes were also presented. The experiments clearly suggest the importance of proper adjustment of the measurement and control systems due to flow characteristics that essentially affect the process of flow technology system control.

*Keywords: flow characteristics, ball valve, variable speed actuator*

## Wprowadzenie

W wielu procesach przemysłowych wymagana jest uważna kontrola i regulacja strumienia płynu. Utrzymanie jego wartości na właściwym poziomie oraz płynna jego zmiana warunkuje dotrzymanie wyznaczonych parametrów technologicznych a tym samym poprawne prowadzenie procesu. Od układów regulacji wymaga się stabilności, krótkich czasów regulacji oraz minimalizacji przeregulowań. Na działanie takiego układu wpływa charakterystyka obiektu regulacji oraz układu pomiarowego i różnego rodzaju zakłóceń. Niewłaściwe działanie układu regulacji w systemie przepływowym może powodować bardzo niekorzystne zjawia-

ska tj. uderzenia hydrauliczne czy pulsacje ciśnienia, które mogą doprowadzić do uszkodzenia lub zniszczenia armatury i elektronicznej aparatury pomiarowej [1-4].

Jednym z elementów układów regulacji przepływu, które wprowadzają często znaczne problemy regulacyjne są niekorzystne charakterystyki przepływowe zaworów.

Charakterystyka konstrukcyjna determinuje przebieg podstawowej charakterystyki przepływowej elementu nastawczego, która jest definiowana, jako związek między strumieniem płynu a stopniem otwarcia elementu nastawczego przy niezmiennym spadku ciśnienia. Do jej opisu stosuje się powszechnie współczynnik

przepływu  $K_V$  będący wielkością międzynarodową, który wyznaczany jest eksperymentalnie [5, 6]. Ta sama charakterystyka konstrukcyjna elementu nastawczego warunkuje również rzeczywistą charakterystykę przepływową, która w przeciwieństwie do podstawowej nie jest rejestrowana w stanie ustalonym. Zatem, zawiera ona w sobie elementy dynamiki, które nie są prezentowane w sposób jawny.

Należy również pamiętać, że w charakterystykach przepływowych zaworów kulowych występuje, ze względu na ich rozwiązania konstrukcyjne, strefa nieczułości określana jako kąt martwy  $\phi_0$  (1), poniżej którego pole przepływowe zaworu jest zerowe [7]. Zatem, kąt sterujący w zaworze kulowym zawarty jest w przedziale

dr hab. inż. Stanisław Gil, prof. PŚ, do kontaktu e-mail: stanislaw.gil@polsl.pl, ORCID iD: 0000-0003-3397-0620; dr inż. Mariusz Wnęk ORCID iD: 0000-0003-2485-7765 – Wydział Inżynierii Materiałowej, Politechnika Śląska, Katowice; dr inż. Robert Łudzień – AUMA Polska, Sosnowiec

$\phi \in (\phi_0, 90^\circ)$ , a konstrukcja każdego takiego zaworu musi spełniać warunek  $r_k \geq \sqrt{2}$ . W [7] wykazano również, że wraz ze wzrostem stosunku średnic  $r_k$  minimalny kąt otwarcia  $\phi_0$  wzrasta.

$$\phi_0 = \arccos\left(\frac{2}{r_k} \sqrt{r_k^2 - 1}\right), \quad (1)$$

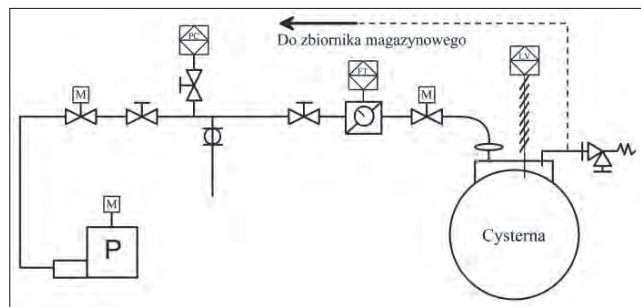
gdzie:

$r_k$  – stosunek średnicy kuli do średnicy króćca.

Celem publikacji było przedstawienie czynników, które w dość ukryty sposób powodują modyfikację charakterystyki przepływowej zaworu czyniąc ją niekorzystną dla układu regulacji i wprowadzając przez to utrudnienia w poprawnym prowadzeniu procesu technologicznego, w którym jakość zależy od właściwego sterowania strumieniem płynu.

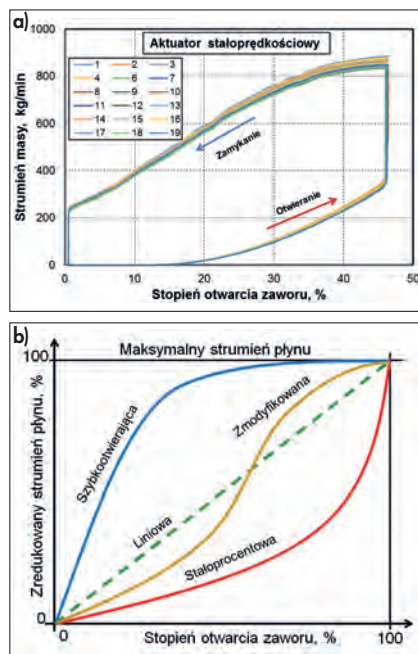
## Badania przemysłowe

Ze względu na poprawę jakości napełniania cystern kolejowych kwasem siarkowym, ze wskazaniem możliwości modernizacji systemu i eliminacji problemów regulacyjnych, przeprowadzono badania instalacji nalewaków (Rys. 1) układu stacji pełnienia. Pomiaru eksperymentalne oraz modelowanie przepływu w instalacji dystrybuowania kwasu siarkowego zaprezentowano w [8].



Rys. 1. Schemat technologiczny nalewaków kwasu siarkowego (VI)  
Fig. 1. Technological diagram of pourers of sulfuric acid (VI)

Na Rys. 2a przedstawiono przykładowe wyniki zależności strumienia masy od stopnia otwarcia zaworu. Zaprezentowane charakterystyki zostały uzyskane dla następującej procedury pomiarowej – przejście zaworu od stopnia otwarcia 0 % do ok. 45 %, zatrzymanie na ok. 40 s a następnie zamykanie do uzyskania położenia 0 % oraz ponowne zatrzymanie na ok. 40 s. Zaobserwowano nietypowy kształt zarejestrowanych charakterystyk (szeroka histereza), które znacznie odbiegały od charakterystyk przepływowych (Rys. 2b) podawanych w normach i literaturze [9-11]. Podobnie szerokie histerezy przedstawiono w [12]. W publikacji tej



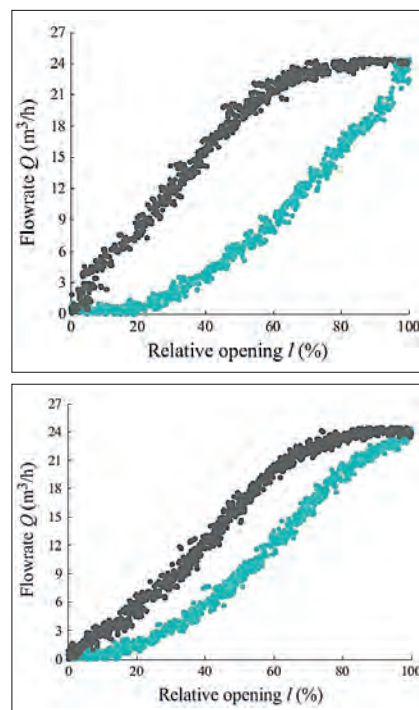
Rys. 2. Strumień masy w funkcji stopnia otwarcia zaworu  
Fig. 2. Mass flow as a function of valve opening

badany był wpływ procesu otwierania i zamykania zaworu kulowego na wydajność i charakterystykę przepływu jednakże nie wytłumaczono tych nietypowych charakterystyk (Rys. 3) a skupiono się jedynie na analizie zmian ciśnienia przed i za zaworem oraz na zawirowaniach w tym obszarze.

Na podstawie kart katalogowych zaworu (zainstalowanego w instalacji przemysłowej)

oszacowano, że kąt martwy wynosi ok.  $11^\circ$  (12,2 % otwarcia). Przeprowadzono również w tym obszarze badania stanowiskowe, które potwierdziły wartość tego kąta. Z analizy Rys. 2a wynika, że w procedurze otwierania przepływ następuje od ok. 15 % stopnia otwarcia. Wartość kąta martwego powinna zostać potwierdzona w procedurze zamykania, co jednak nie zostało spełnione. Można zauważyć, że po przekroczeniu kąta martwego  $11^\circ$  w procedurze zamykania nadal rejestrowany jest przepływ, który fizycznie już nie powinien mieć miejsca, gdyż zawór jest zamknięty.

Na podstawie otrzymanych nietypowych wyników badań przemysłowych

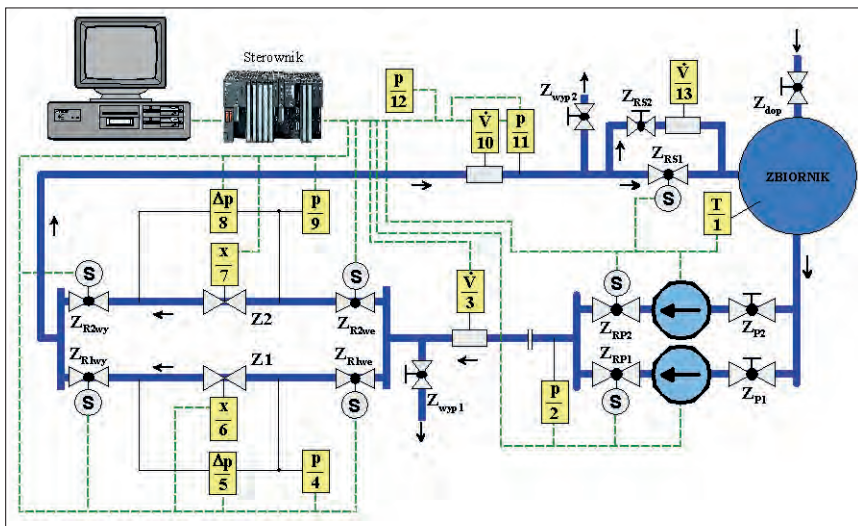


Rys. 3. Strumień płynu w funkcji zredukowanego stopnia otwarcia zaworu [12]  
Fig. 3. Flow rate as a function of the reduced degree of valve opening [12]

i przesłank literaturowych przeprowadzono badania laboratoryjne, których celem była próba zidentyfikowania występującego zjawiska.

## Stanowisko badawcze

Badania laboratoryjne przeprowadzono w Katedrze Informatyki Przemysłowej Politechniki Śląskiej zgodnie z procedurą badawczą IEC – 534/ISA S75 (PN-EN 1267) na specjalistycznym stanowisku badawczym (spełniającym warunki normy PN-EN 60534-2-3) do określania m.in. podstawowych charakterystyk przepływowych zaworów regulacyjnych. Schemat stanowiska przedstawiono na Rys. 4, na którym wyróżniono następujące pomiary:  $p$  – ciśnienie,  $\Delta p$  – spadek ciśnienia,  $V$  – objętościowy strumień płynu,  $T$  – temperatura,  $x$  – stopień otwarcia zaworu. Stanowisko (Rys. 5) wyposażono w kilkanaście przyrządów pomiarowych, w tym przyrządów o wysoko zaawansowanej technice pomiarowej: ultradźwiękowej, elektromagnetycznej i sensorycznej, zapewniającej dużą dokładność pomiarów. Stanowisko zostało wyposażone w sterownik oraz system komputerowy umożliwiający modyfikację prowadzonych badań wg autorskiego oprogramowania napisanego w przemysłowym środowisku programistycznym LabVIEW.



Rys. 4. Schemat stanowiska do wyznaczania charakterystyk przepływowych zaworów  
Fig. 4. Diagram of the research stand for determining the flow characteristics of valves



Rys. 5. Stanowisko do badań przepływowych armatury  
Fig. 5. Research stand for the flow armature testing

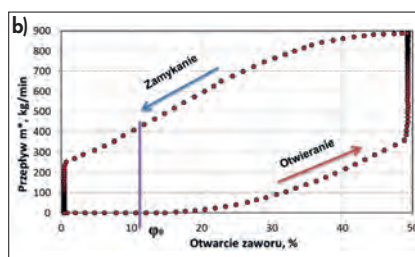
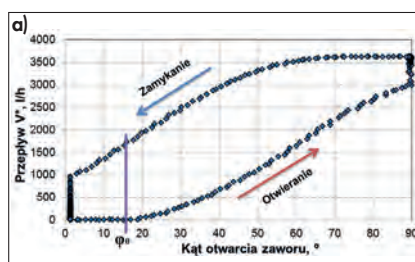
## Badania laboratoryjne i ich analiza

W badaniach laboratoryjnych charakterystyki elementu nastawczego, wykorzystano zawór kulowy regulacyjny (ZKR) z kształtowanym otworem o stałoprocentowej charakterystyce regulacyjnej. Zastosowano również stałoprędkościowy silownik obrotowy (0–90°) NRY24-SR [13] do automatycznego sterowania tym zaworem wraz z opcją sterowania ręcznego.

W badaniach wykorzystywano pełny zakres roboczy zaworu. Cykl badawczy w przygotowanej procedurze polegał na automatycznym przejściu od pozycji zamknięcia zaworu do maksymalnego jego otwarcia, wyczekaniu w tym położeniu ok. 40 s, następnie przeprowadzeniu procesu zamykania i odczekaniu ponownie 40 s. Procedurę tę określono jako otwórz-zamknij i w opcji automatycznej wprowadzono dla niej skrót opisowy (O/Z). Czas przejścia otwieranie lub zamykanie zaworu wynosił ok. 35 s. i był zgodny z danymi producenta.

W wyniku badań w procedurze (O/Z) otrzymano charakterystykę przedstawioną na Rys. 6a i można zauważyć, że:

- przebieg otwierania nie pokrywa się z przebiegiem zamykania;
- przebieg zamykania nie jest właściwy, gdyż zawory kulowe wyróżnia tzw. kąt martwy (1), co oznacza, że poniżej



Rys. 6. Charakterystyki z badań dla procedury (O/Z) z zaznaczeniem kąta martwego dla: a) zawór ZKR; b) zawór z instalacji przemysłowej  
Fig. 6. Test characteristics for the procedure (O/Z) with indication of the dead angle for: a) ZKR valve; b) valve from the industrial system

wartości tego kąta nie występuje przepływ [7]. Oszacowany kąt martwy dla zaworu ZKR wynosi  $\phi_0 = 16,7^\circ$ ;

- charakterystyka zaworu ZKR uzyskana w badaniach laboratoryjnych (Rys. 6a) potwierdziła nietypową postać charakterystyki otrzymanej podczas badań przemysłowych (Rys. 6b).

Charakterystyki zaprezentowane na Rys. 6 są bardzo niewygodne w procesie sterowania strumieniami płynów. W takim przypadku system regulacyjny ma duże problemy z ustawieniem odpowiedniej wielkości regulowanej, a w układzie bardzo często występuje tzw. pompowanie.

Dla wyjaśnienia obserwowanych sprzeczności przeprowadzono kolejne badania. Polegały one na manualnym sterowaniu zaworem poprzez nagłe i całkowite otwarcie z pozycji zamknięcia, wyczekaniu 40 s i następnie jego zamknięciu oraz ponownym odczekaniu 40 s. Ta procedura badawcza została określona jako otwarcie-zamknięcie w systemie ręcznym i oznaczona jako (O/Z)R. Na podstawie otrzymanych wyników stwierdzono, że opóźnienie w charakterystyce przepływowej nie jest powodowane w znaczący sposób przez przetwornik położenia kąтового zaworu. Jego odpowiedź na zaistniałą zmianę położenia jest natychmiastowa, a wprowadzane opóźnienie nie jest zbyt istotne dla całego procesu pomiaru.

Wskazuje się natomiast, że nietypowa postać charakterystyk (Rys. 6) jest spowodowana przez niewłaściwe zestrojenie przepływomierz – aktuator. Przedstawione charakterystyki mogą świadczyć o nieodpowiednim dopasowaniu prędkości działania aktuatora i dynamiki układu przetwarzającego wartość strumienia płynu. Z tego względu przeprowadzono analizę dynamiki przepływomierza w procedurze (O/Z) oraz (O/Z)R, w której wykorzystano aproksymację charakterystyk czasowych z użyciem funkcji inercyjnej I-rzędu. Na podstawie otrzymanych wyników stwierdzono, że stała czasowa przepływomierza jest zbyt duża (ok. 14 s), co wpływa znacząco na czas reakcji pomiarowej, a czas przejścia napędu pomiędzy dowolnymi punktami położenia – zbyt krótki.

Aby sprawdzić wpływ prędkości aktuatora na uzyskiwaną charakterystykę przepływową należałoby zastosować aktuator o małej prędkości przejścia lub zmniejszyć tę prędkość, jeżeli istnieje możliwość takiego programowania. Niestety NRY24-SR jest aktuatorem stałoprędkościowym i z tego powodu przygotowano sterującą procedurę wydłużenia czasu jego całkowitego przejścia, polegającą na chwilowym zatrzymaniu aktuatora

w zaprogramowanych położeniach kątowych. Procedurę tę oznaczono jako (O/Z) Stop, a wyniki badań dynamiki przepływowierza i aktuatora przedstawiono na Rys. 7. Charakterystykę przepływową uzyskaną według tej procedury zamieszczono na Rys. 8. Analizując tę charakterystykę można zauważyć „zbliżenie” się przebiegów dla operacji otwierania i zamykania w punktach zatrzymywania napędu. Pozwala to przypuszczać, że przy odpowiednio małej prędkości działania aktuatora lub przy małej stałej czasowej przepływomierza, nie byłoby różnicy w przebiegu procesu otwierania i zamykania, a obie te charakterystyki pokryłyby się. Punkty „złknięcia” się przebiegów otwierania i zamykania zaworu można określić, jako punkty charakterystyczne (Rys. 8), wyznaczające tzw. charakterystykę nominalną, która powinna być uzyskana przy odpowiednim doborze aktuatora i przepływomierza.

$$\dot{V}(\varphi) = \begin{cases} \alpha\varphi^2 + b\varphi + c & \text{dla } \varphi_0 < \varphi < 50^\circ \\ \max\left[1 - \exp\left(-\frac{\varphi - \delta}{\gamma}\right)\right] & \text{dla } 50^\circ \leq \varphi \leq 70^\circ \end{cases} \quad (2)$$

gdzie:

$a, b, c$  – współczynniki funkcji odpowiednio:  $l/(h^2)$ ,  $l/(h)$ ,  $l/h$ ;

$\varphi_0$  – kąt martwy, °;

$V_{\max}$  – maksymalny strumień technologiczny,  $l/h$ ;

$\delta$  – wartość przesunięcia funkcji, °;

$\gamma$  – współczynnik narastania funkcji, °. Współczynniki  $a, b, c$  oraz  $\delta$  i  $\gamma$  są dobierane indywidualnie do każdego typu zaworu kulowego. Można je wyznaczyć wykorzystując odpowiednie metody matematyczne.

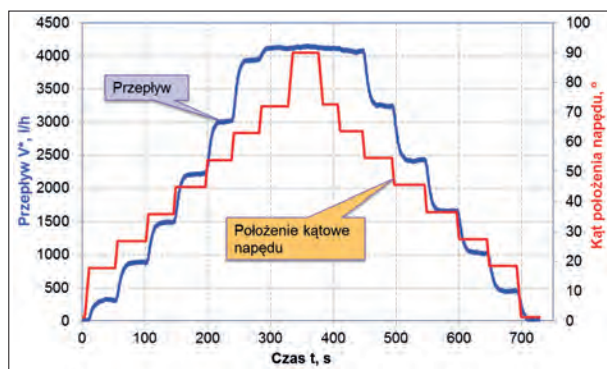
Zaproponowana funkcja (2) nie jest wiążącą, a jedynie propozycją. Zależnie od charakterystyki zarejestrowanej podczas pomiarów rozruchowych instalacji

technologicznej, można dobrać jakąkolwiek inną funkcję. Należy zauważyć, że proponowana zależność jest zalecana tylko do zakresu kąta otwarcia  $70^\circ$ . W rzeczywistości, dla tradycyjnych zaworów kulowych, już od wartości kąta co najmniej  $60^\circ$ , aż do kąta maksymalnego otwarcia występuje stan nasycenia, w którym strumień płynu praktycznie nie zmienia swojej wartości. Zatem jest to obszar niesterowalny i nie powinien być rozważany w procedurach automatyki.

Na podstawie przeprowadzonych badań, szczególnie według procedury (O/Z)Stop, można zauważyć, że znaczący wpływ na uzyskiwane charakterystyki ma również wartość stałej czasowej przepływomierza. Zatem kolejną możliwością poprawy jakości pomiarowej jest przeprogramowanie przepływomierza w kierunku niskiej wartości stałej czasowej – pod warunkiem, że taka funkcjonalność jest udostępniona. Jeżeli nie jest to możliwe to należałoby rozważyć zmianę tego urządzenia z uwzględnieniem proponowanych wytycznych.

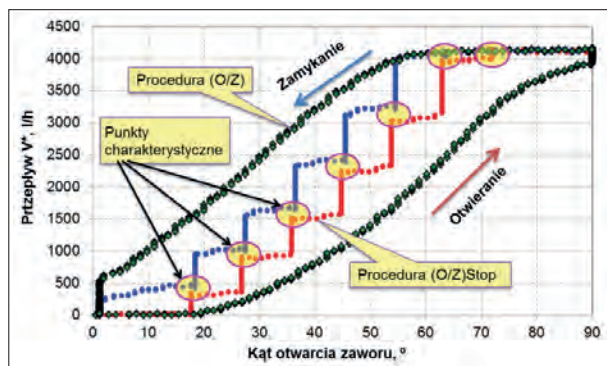
Laboratoryjne stanowisko badawcze umożliwia wykonywanie pomiaru strumienia cieczy według trzech metod. W jednej z nich zastosowano przepływomierz elektromagnetyczny MAGFLO<sup>®</sup> firmy Siemens Flow Instruments A/S składający się z czujnika przepływu MAG5100W oraz przetwornika pomiarowego MAG6000 o dokładności pomiarowej 0,25%. Przetwornik sygnału charakteryzuje się możliwością nastawiania stałej czasowej wyjścia pomiarowego w zakresie (0,1–30) s [14]. Ta metoda pomiarowa koresponduje do instalacji przemysłowej (Rys. 1, Rys. 2a) i dlatego została wybrana do przeprowadzenia badań i analizy.

Wykonano badania wpływu stałej czasowej przepływomierza na uzyskiwaną rzeczywistą charakterystykę przepływową. Zastosowano procedurę (O/Z), ale dla jej wyróżnienia wprowadzono ogólne oznaczenie (O/Z)T. Pomiary prowadzono dla następujących stałych czasowych: 10,



Rys. 7. Badania dynamiki wskazań przepływomierza i kąta położenia napędu dla (O/Z) Stop

Fig. 7. Tests of dynamics of flowmeter indications and drive position angle for (O/Z)Stop



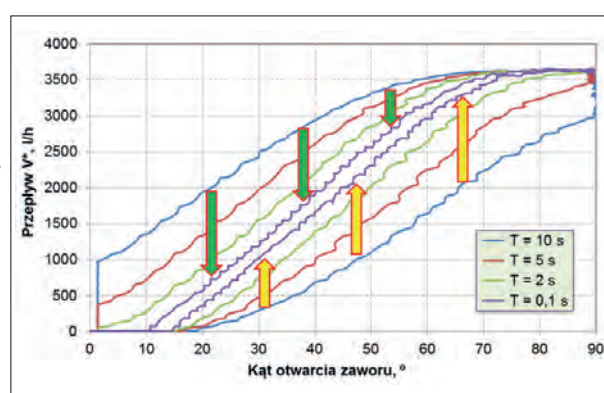
Rys. 8. Charakterystyki procedur (O/Z) i (O/Z)Stop z zaznaczonymi punktami charakterystycznymi

Fig. 8. Characteristics of procedures (O/Z) and (O/Z)Stop with characteristic points marked

Wykorzystując zidentyfikowane punkty charakterystyczne, można wyznaczyć funkcję aproksymującą. Funkcja ta będzie przybliżeniem charakterystyki nominalnej dostarczając informacji o wartości przepływu dla wybranego otwarcia zaworu, jak również może umożliwić poprawne przeprowadzenie procesu regulacji po wprogramowaniu jej do systemu sterowania. Na podstawie pomiarów zaproponowano następującą postać funkcji aproksymującej punkty charakterystyczne

Rys. 9. Charakterystyki procedury (O/Z)T dla różnych stałych czasowych przepływomierza

Fig. 9. Characteristics of procedure (O/Z)T for different flowmeter time constants



5, 2 i 0,1 sekundy, a wyniki zaprezentowano na Rys. 9.

Jak można zauważyć zmniejszanie stałej czasowej wyjścia pomiarowego przepływomierza poprawia jakość pomiarową urządzenia – uzyskuje się znaczące zmniejszenie różnicy wskazań przebiegów otwarcia i zamknięcia dla charakterystyki przepływowej.

## Podsumowanie

Na podstawie przeprowadzonych badań laboratoryjnych wyciągnięto następujące wnioski:

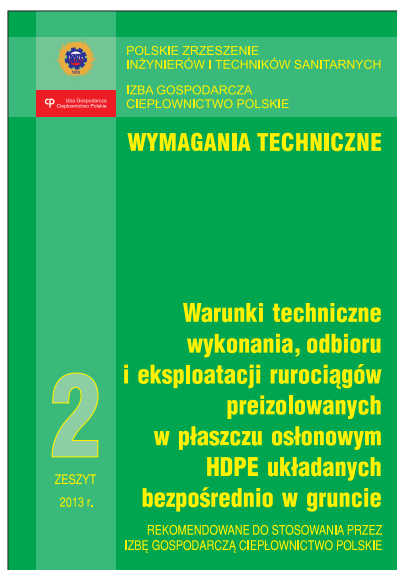
- analiza wyników serii eksperymentów wykazała nietypowy kształt charakterystyk strumienia płynu w funkcji stopnia otwarcia zaworu, znacznie odbiegający od typowych charakterystyk przepływowych podawanych w publikacjach literaturowych;
- Zastosowanie napędu „wolniejszego”, czyli o dłuższym czasie przejścia, zawęża charakterystykę w sensie zmniejszenia różnicy wskazań przepływu pomiędzy przebiegiem otwierania i zamykania zaworu;
- wprowadzenie chwilowych zatrzymań napędu znacząco przybliży wskazania przepływu dla przebiegu otwierania i zamykania zaworu, aż do ich wyrównania;
- zamiana aktuatora stałoprędkościowego na zmiennoprędkościowy zna-

cząco poprawiłaby kształt charakterystyki przepływowej zaworu. Takie rozwiązanie jest bardziej wygodne w porównaniu do rozwiązania polegającego na dobieraniu aktuatora stałoprędkościowego z właściwym czasem przejścia;

- zastosowanie szybszego w działaniu przetwornika pomiarowego w przepływomierzu lub przeprogramowanie stałej czasowej dla wyjścia pomiarowego poprawia charakterystykę przepływową przez co uzyskuje się polepszenie jakości procesu regulacji;
- na podstawie przeprowadzonych eksperymentów wg trzech typów procedur (O/Z), (O/Z)Stop i (O/Z)T wykazano, że niewłaściwe zestrojenie układu pomiarowo-sterującego w systemach przepływu płynów skutkuje problemami w procedurach regulacyjnych i system zarządzający nie jest w stanie dotrzymać parametrów nastawczych, co objawia się często tzw. zjawiskiem pompowania napędem.

## LITERATURA

- [1] Yuan Q., Li P.: *Using steady flow force for unstable valve design: modeling and experiments*. "Journal of Dynamic Systems, Measurement and Control", Vol. 127, 2005, 451-462.
- [2] Rogula J.: *The Influence of Seat Fatigue Test on the Leakage in Ball Valve*. "Procedia Engineering", Vol. 39, 2012, 91-97.
- [3] Amirante R., Moscatelli P.G., Catalano L.A.: *Evaluation of the flow forces on a direct (single stage) proportional valve by means of a computational fluid dynamic analysis*. "Energy Conversion and Management", Vol. 48, 2007, 942-953.
- [4] Cho T.D., Yang S.M., Lee H.Y., Ko S.H.: *A study on the force balance of an unbalanced globe valve*. "Journal of Mechanical Science and Technology", Vol. 21, No. 5, 2007, 814-820.
- [5] Puszer A., Tomeczek J.: *Nowa generacja elementów regulacyjnych mediów gazowych dla hutniczych pieców grzewczych*. Hutnik Nr 11 (2001) 430 – 435.
- [6] Figiel E., Szaflik W.: *Dobór zaworów regulacyjnych*. Ciepłownictwo Ogrzewnictwo Wentylacja, Vol. 1 (2006) 12-17.
- [7] Puszer A., Wnęk M.: *Charakterystyki regulacyjne zaworów kulowych*. Ciepłownictwo Ogrzewnictwo Wentylacja Nr 1 (2012) 33-35.
- [8] Gil S., Wnęk M., tudzień R.: *Przepływy model instalacji dystrybuowania kwasu siarkowego*. INSTAL, nr 12 (2018) 32-36.
- [9] PN-EN 60534-2-3: *Przemysłowe zawory regulacyjne. Wydajność przepływowa. Procedury badań*. PKN, Warszawa 2001.
- [10] Tomeczek J., Puszer A., Wnęk M.: *Sposób kształtowania regulacyjnych charakterystyk przepływowych elementów nastawczych strumienia płynu*. Pomiary Automatyka Kontrola Vol. 53, Nr 11 (2007) 38-43.
- [11] Wiśniowicz A.: *Charakterystyki przepływowe armatury odcinającej*. Gaz, Woda i Technika Sanitarna, Nr 4 (2004) 122-124.
- [12] Cui B., Zhe Z., Zhu Z., Wang H., Ma G.: *Influence of opening and closing process of ball valve on external performance and internal flow characteristics*. Experimental Thermal and Fluid Science Vol. 80 (2017) 193-202.
- [13] <https://www.belimo.pl/pl/pl/index.cfm> (17-11-2019)
- [14] [www.automatyka.siemens.pl](http://www.automatyka.siemens.pl) (17-11-2019).



Dzięki pomocy Izby Gospodarczej Ciepłownictwo Polskie wydaliśmy w 2013r. nowe, rozszerzone i uzupełnione w stosunku do wydania z 2004 roku „Warunki techniczne wykonania, odbioru i eksploatacji rurociągów preizolowanych w płaszczu osłonowym HDPE układanych bezpośrednio w gruncie” jako Zeszyt nr 2 Warunków Technicznych.

Autorami opracowania są uznani fachowcy w tej dziedzinie: mgr inż. Ewa Kręcielewska, mgr inż.

Ireneusz Iwko, mgr inż. Artur Starobrat. Opracowanie było konsultowane szeroko w branży ciepłowniczej, zarówno wśród Przedsiębiorstw Energetyki Ciepłej, jak też producentów systemów rur preizolowanych dla potrzeb ciepłownictwa, którzy zgłaszali szereg istotnych uwag.

Na uwagę zasługuje fakt rozszerzenia Zeszytu nr 2 Warunków Technicznych o zagadnienia związane z eksploatacją sieci ciepłowniczych preizolowanych, ponieważ wiadomo, że rzetelne wykonanie (projekt+roboty budowlano-montażowe) danej sieci ciepłowniczej jest nierozzerwalnie związane z jej późniejszą bezpieczną i oszczędną eksploatacją.

### SPIS TREŚCI:

1. Wprowadzenie
2. Dokumentacja projektowa
3. Wymagania techniczne – materiały i prefabrykaty

4. Transport, rozładunek i składowanie elementów preizolowanych
5. Montaż rurociągów preizolowanych
6. Roboty towarzyszące
7. Nadzór i odbiór
8. Eksploatacja
9. Przywołane normy
10. Literatura
11. Załączniki

Cena 1 egz. 48 zł + 5% VAT

Sprzedaż prowadzi:  
Ośrodek Informacji

„Technika instalacyjna w budownictwie”  
02-671 Warszawa, ul. Marynarska 14  
tel. (22) 843-77-71  
e-mail: [wydawnictwo@informacjainstal.com.pl](mailto:wydawnictwo@informacjainstal.com.pl)