

Andrzej KORCZAK, Stanisław PUDEŁO^{x)},
Tadeusz WILKON^{x)}

UKŁAD POMIAROWY DO AUTOMATYCZNEJ REJESTRACJI
CHARAKTERYSTYK POMP WIROWYCH

Streszczenie. W artykule opisano układ do automatycznej rejestracji charakterystyk zespołów pompowych z pompą wirową, tzn. zależność ci wysokości podnoszenia, mocy i sprawności od wydajności pompy, zbudowany całkowicie z elementów produkcji krajowej. Pokazano zarejestrowaną za pomocą opisanego układu charakterystykę konkretnej pompy, konfrontując kształt uzyskanych krzywych z punktami zmierzonymi sposobem tradycyjnym.

1. Wstęp

Pomiary pomp wirowych powinny obejmować zależność wysokości podnoszenia H , pobieranej mocy N i sprawności η od wydajności Q zgodnie z normą [1]. Tradycyjnie mierzy się powyższe parametry po ustaleniu się warunków pracy przy danym obciążeniu [2]. Zgodnie z normą [1] należy dokonywać pomiaru dla co najmniej siedmiu różnych reżimów pracy pompy i praktycznie przez uzyskane punkty narysować następujące zależności:

$$H = f(Q) \quad (1)$$

$$N = f(Q), \quad (2)$$

$$\eta = f(Q). \quad (3)$$

Pełne pomiary dla celów przemysłowych powinny obejmować ponadto zależność niezbędnej nadwyżki antykawitacyjnej pompy od wydajności:

$$(h_{cav})_p = f(Q). \quad (4)$$

Poza pomiarami pomp wirowych wykonuje się ich badania laboratoryjne dla celów naukowych lub o konkretnym przeznaczeniu praktycznym, niemniej opisany pełny pomiar charakterystyk (1 - 4) stanowi podstawę zarówno dla celów naukowych jak i przemysłowych.

^{x)} Dyplomanci Instytutu Maszyn i Urządzeń Energetycznych, których prace dyplomowe dotyczyły niniejszego tematu.

Obok metody tradycyjnej, znanej z literatury [2] i praktyki, pomiaru charakterystyki pompy można dokonać w sposób ciągły za pomocą rejestratora mechanicznego [3], którego zasada działania jest opatentowana [4], albo za pomocą rejestratora XY po przetworzeniu wielkości mierzonych. Przetworzenie mierzonych wielkości na impulsy elektryczne pozwala zarazem na obliczenie wartości sprawności [5].

Treścią niniejszego artykułu jest opis konstrukcji i przykład zastosowania układu z wykorzystaniem przetworników i rejestratora XY zbudowanego całkowicie z elementów produkcji krajowej. Należy wspomnieć, że rejestrator mechaniczny zależności (1) i (2), (3) jest kilkunastokrotnie tańszy od opisywanego układu stanowiącego jednakże bardziej nowoczesne rozwiązanie i przy wprowadzeniu zależności (3) wymagającego dodatkowo tylko rejestratora XY.

2. Opis stanowiska pomiarowego

Zbudowane w Laboratorium Maszyn i Urządzeń Hydraulicznych Politechniki Śląskiej stanowisko do automatycznej rejestracji charakterystyk pomp wirowych pokazano na schemacie (rys. 1). Pompa wirowa poz. 1 napędzana silnikiem poz. 2 o mocy $N_S = 4,8$ kW pompuje się wodę ze zbiornika dolnego poz. 4 rurociągiem poz. 3 do zbiornika pomiarowego poz. 5.

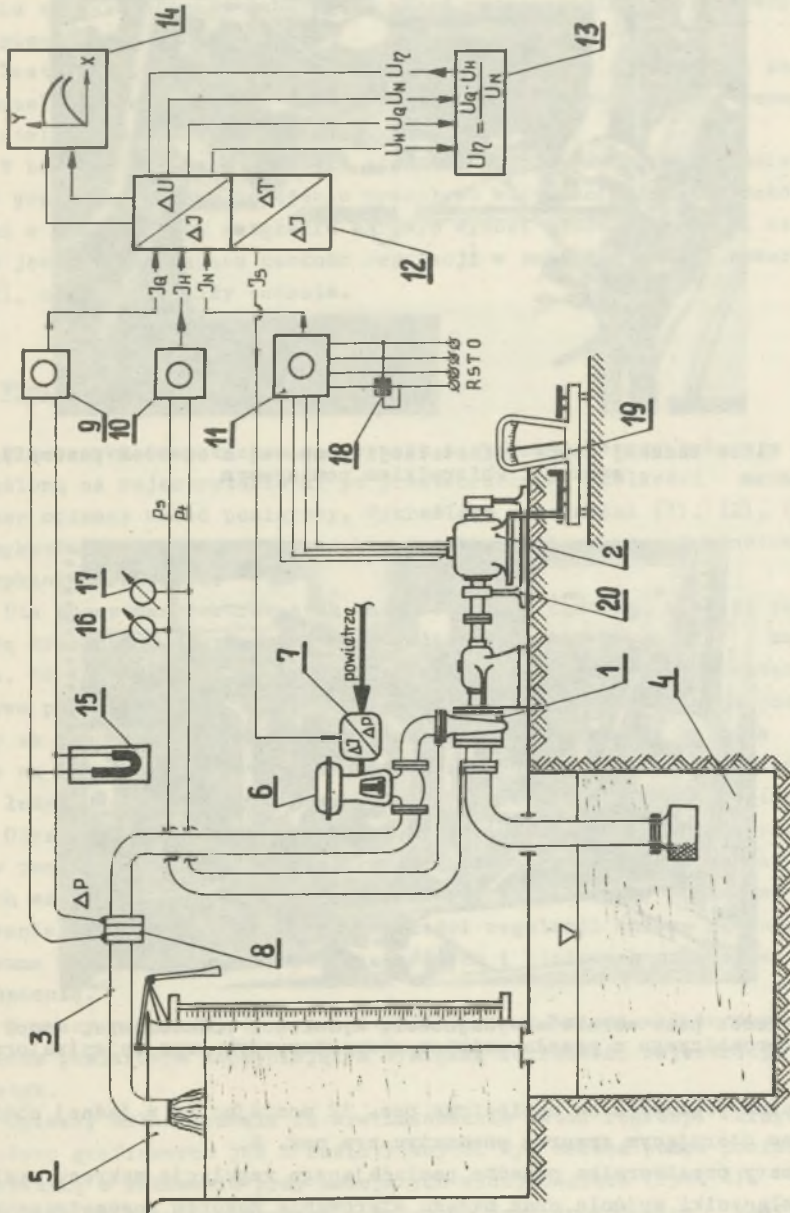
Na rurociągu za króćcem tłocznym pompy zainstalowany jest dławiący zawór pneumatyczny poz. 6 sterowany przez przetwornik elektropneumatyczny poz. 7 typu EP-P3 [13] o charakterystyce liniowej [14] oraz zwężka pomiarowa poz. 8. Widok układu pompowego przedstawia rysunek 2.

Mierniczy spadek ciśnienia Δh otrzymany na zwężce poz. 8 jest mierzony manometrem różnicowym poz. 15 oraz przetwarzany przetwornikiem pierwiastkującym typu "m 111" poz. 9, na proporcjonalny do natężenia przepływu impuls prądowy I_Q .

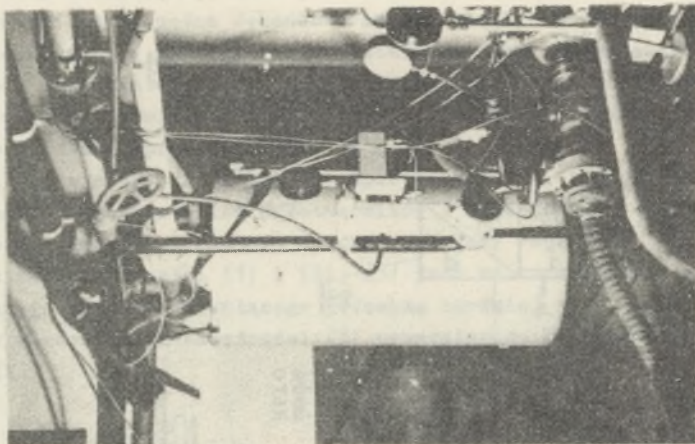
Różnica między ciśnieniami w króćcu tłocznym i ssawnym pompy mierzona manometrem poz. 17 i wakuometrem poz. 16 jest przetwarzana na impuls prądowy I_H przetwornikiem proporcjonalnym typu "w 75" poz. 10. Przetworniki ciśnienia pierwiastkujące i proporcjonalne produkowane są przez Fabrykę Aparatury Pomiarowej w Ostrawie Wlkp. [8, 9].

Badana pompa posiadała jednakowe średnice króćców ssawnego i tłocznego, w rezultacie czego różnica ciśnień między nimi przy geometrycznej wysokości pompy równej zero, była proporcjonalna do użytecznej wysokości podnoszenia pompy. Moc silnika przetwarzanego na impuls prądowy I_N przetwornikami typu PPl poz. 11 produkcji "Lumel" Zielona Góra [11] zabudowanymi w układzie Arona.

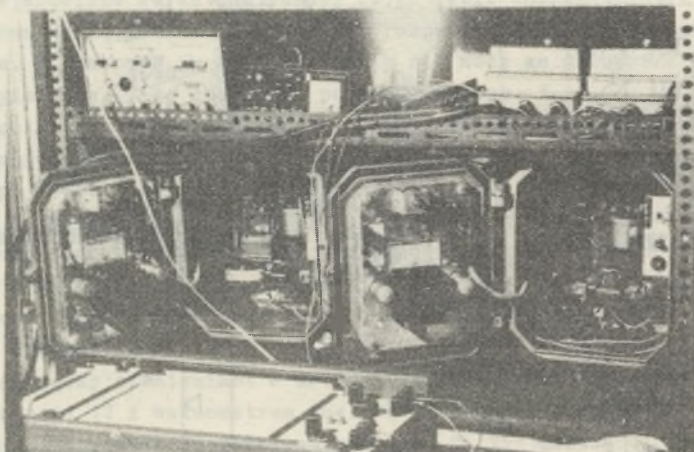
Ponieważ zbudowany w Instytucie Maszyn i Urządzeń Energetycznych Politechniki Śląskiej w oparciu o prototyp opisany w pracy [5] przelicznik sprawności poz. 13 oraz rejestrator XY produkcji ZDEMP Pol. Sl. [10] poz. 14 posiadają wejścia napięciowe, więc zbudowano przetwornik proporcjonal-



Rys. 1. Schemat automatycznej rejestracji charakterystyk zespołów pompowych



Rys. 2. Widok badanej pompy i instalacji pompowej z zaworem pneumatycznym, zwięzką i zbiornikiem pomiarowym



Rys. 3. Widok przetworników wydajności, wysokości podnoszenia, mocy pulpitu sterowniczego z przełącznikiem charakterystyk oraz rejestratora XY

ny sygnałów prądowych na napięciowe poz. 12 montując go w jednej obudowie z układem sterującym zaworem pneumatycznym poz. 6.

Schematy przetwornika ponadto posiadającego regulację zakresu skali oraz przełączniki wyjścia oraz układu sterowania zaworem pneumatycznym poz. 6 zawiera praca [14].

Na rys. 3 pokazano zastosowane do badań przetworniki, pulpit sterujący oraz rejestrator XY. Ze względu na możliwą bezwładność układu pompowego oraz układu przewodów impulsowych, układ sterujący wyposażono w regulator

automatycznego sterowania o czasach 1, 2, 4, 8 minut otwierania lub zamykania zasuw. Również zabudowano układ ręcznego sterowania zaworem pneumatycznym poz. 6.

Zastosowany zawór poz. 6 z grzybem o stożkowej powierzchni zamykającej z przelotami w kształcie litery V posiada charakterystykę o rosnącej w miarę otwierania czułości.

W badanym układzie pompowym stosunek różnicy wysokości ciśnień w zaworze przy maksymalnym natężeniu przepływu wody, do różnicy wysokości ciśnień w zaworze przy natężeniu zerowym wynosi około $\alpha = 0,25$, czego efektem jest wystarczająca czułość regulacji w zakresie małych otwarć zaworu [12], co potwierdziły badania.

3. Wyniki pomiarów i wnioski

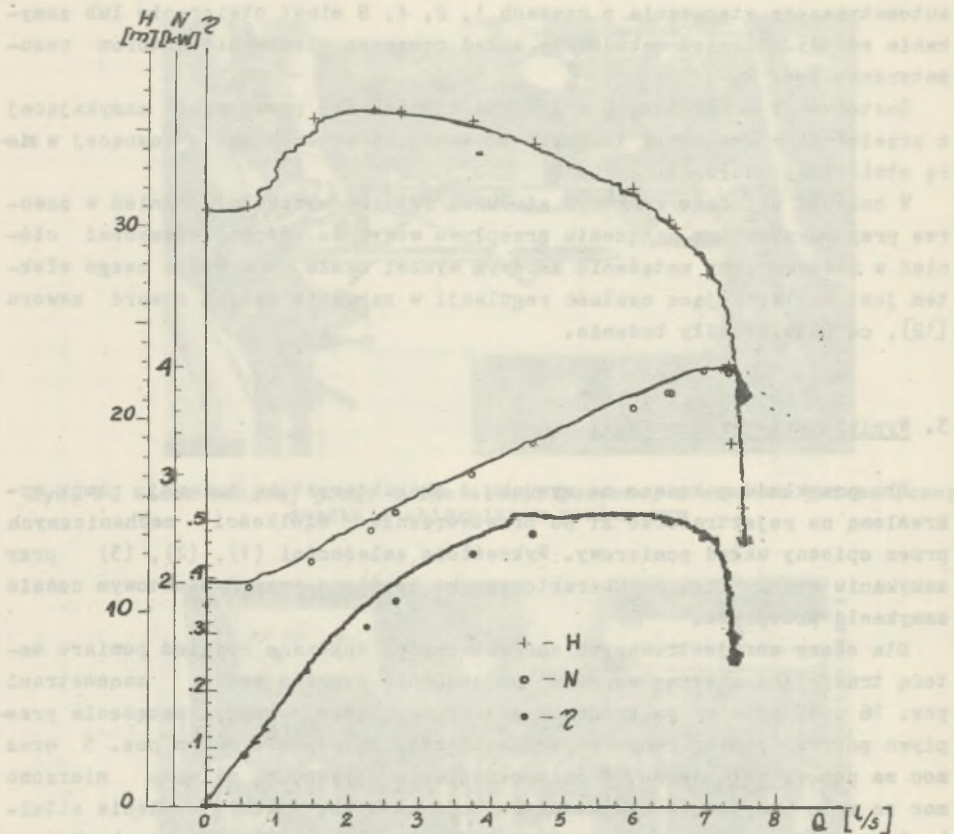
Dla przykładu pokazano na rysunku 4 charakterystykę badanej pompy wykreśloną na rejestratorze XY po przetworzeniu wielkości mechanicznych przez opisany układ pomiarowy. Wykreślono zależności (1), (2), (3) przy zamykaniu zaworu poz. 6. Charakterystykę kreślono przy 8-minutowym czasie zamykania przepływu.

Dla oceny zarejestrowanych charakterystyk dokonano również pomiaru metodą tradycyjną mierząc wysokość podnoszenia poprzez pomiar manometrami poz. 16 i 17 ciśnień na króćcach ssawnym i tłocznym pompy, natężenie przepływu poprzez pomiar czasu napełniania zbiornika pomiarowego poz. 5 oraz moc za pomocą watomierza. W celu określenia sprawności silnika mierzono moc na wale pompy poprzez pomiar reakcji na wadze poz. 19 ramienia silnika łożyskowego w kołysce poz. 20 oraz pomiar liczby obrotów stroboskopem.

Otrzymane z obliczeń parametry naniesiono w odpowiedniej skali w formie punktów opisanych na rysunku 4, zakładając liniowość pomiaru wszystkich wielkości w całym zakresie pomiaru. Na potrzebny minimalny czas sterowania zaworem dławiącym obok czułości regulacji wpływa głównie objętość i suma współczynników oporów miejscowych i liniowych przewodów pomiaru ciśnienia.

W pracy pokazano, że w pełni możliwa jest budowa układu pompowego z układem pomiarowym zapewniającym wymaganą dokładność rejestracji charakterystyk.

Opisany układ pozwala na wyeliminowanie metod regresji krzywoliniowej zarówno graficznych jak i analitycznych. Np. badana pompa posiada charakterystykę o załamaniu przy malejących wydajnościach (rys. 4). Załamanie krzywej (1) przy maksymalnej wydajności jest spowodowane kawitacją już przy podciśnieniu 4,4 m słupa wody. Zbudowany układ pomiarowy mógłby znaleźć zastosowanie szczególnie na stacjach prób fabryk produkujących pompy wirowe.



Rys. 4. Charakterystyka pompy wykreślona na rejestratorze XY oraz zmierzona metodą tradycyjną

Zastosowanie opisanego układu umożliwia kontrolę stanu technicznego a szczególnie sprawności zespołów pompowych zainstalowanych w różnych gałęziach przemysłu. Energia potrzebna do napędu pomp i wentylatorów w przemyśle stanowi do 40% całkowitego zapotrzebowania, dlatego kontrola sprawności tych maszyn ze względu na ich stan oraz poprawność doboru może przynieść efekty przewyższające koszt nakładów potrzebnych do jej realizacji praktycznie niemożliwej do przeprowadzenia tradycyjnymi metodami pomiarów [7].

Zastosowanie go do celów laboratoryjnych obok walorów dydaktycznych ułatwi badania wymagające wielokrotnego powtarzania pomiaru np. po kolejnej rekonstrukcji elementów układu przepływowego. Opisany układ pomiarowy może być adoptowany do pomiarów pomp transportujących ciała stałe po zmianie typów narażonych na erozję mierników, których zastosowanie opisano w pracy [6].

Otrzymana na wykresie sprawność jest iloczynem sprawności silnika i sprawności pompy. Pomiar momentu na wale pompy i liczby obrotów zespołu wirującego pozwala określić moc pobieraną przez samą pompę. Układ do automatycznej rejestracji charakterystyk pomp wirowych z takim pomiarem mocy przedstawiono w pracy [7].

LITERATURA

- [1] PN-65/M-44002 Pompy wirowe i wyporowe. Wytyczne pomiarów wielkości charakterystycznych.
- [2] A.T. Troskoleński, Sz. Łazarkiewicz: Pompy wirowe, WNT, Warszawa 1973.
- [3] J. Kałuski, A. Korczak: Rejestrator charakterystyk pomp wirowych, V Konferencja Metrologii Budowy Apar. Pomiarowych, Poznań 1972.
- [4] A. Korczak: Układ pomiarowy do graficznego określenia zależności ciśnienia od natężenia przepływu płynu w rurociągu, Patent Polski Nr 60718.
- [5] A. Korczak, G. Sowa: Układ do ciągłego pomiaru sprawności zespołów pompowych, ZN Energetyka Pol. Śl., Gliwice 1970.
- [6] J. Aulich: Stanowisko pomiarowe do badania charakterystyk pomp szlamowych, Prace Naukowe Instytutu Maszyn i Urządzeń Hydraulicznych oraz Aparatury Przemysłowej Pol. Wrocławskiej, nr 2, Wrocław 1970.
- [7] K. Kulizade, J. Caturjan, M. Lejtman, Cz. Szarifow: Izmieritelnoje ustrojstwo dla awtomatycznego sziatija raboczich charakteristik centrobieżnych nasosow, Awtomatizacija i mechanizacija w nieftjanaj promyszlennosti, 10/1974.
- [8] Przewodniki pomiarowe pierwiastkujące, ZAP Ostrów Wlkp., Instrukcja mont. i obsługi, wyd. WEMA, 1971.
- [9] Przetworniki pomiarowe liniowe, ZAP Ostrów Wlkp., Instrukcja mont. i obsługi, wyd. WEMA, 1970.
- [10] Instrukcja obsługi rejestratora XY/t, ZDEMP Politechniki Śląskiej, Gliwice 1976.
- [11] Instrukcja obsługi pomiarowego przetwornika typu PP3-2, "Lumel" Zielona Góra, 1974.
- [12] D.P. Eckman: Regulacja automatyczna procesów przemysłowych, WNT, Warszawa 1961.
- [13] Przetwornik elektropneumatyczny typ EP-P3, karta katalogu MERA-KFAP, WEMA, 1974.
- [14] T. Wilkoń: Praca dyplomowa, Gliwice 1977.

ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОЙ РЕГИСТРАЦИИ
ХАРАКТЕРИСТИК ЛОПАСТНОГО НАСОСА

Р е з ю м е

В статье описана система для автоматической регистрации характеристик насосных агрегатов с лопастным насосом, т.е. зависимости высоты подъёма, мощности и коэффициента полезного действия от производительности насоса, построенная полностью из элементов польского производства.

Представлена зарегистрированная при помощи описанной системы характеристика конкретного насоса, сопоставляя форму полученных кривых с точками, измеренными традиционным способом.

MEASURING SYSTEM FOR AUTOMATIC REGISTERING OF ROTODYNAMIC PUMP CHARACTERISTICS

Summary

The paper presents a system for automatic registering of characteristics for pump sets with a rotodynamic pump i.e. the dependence between rising height, power, efficiency and pump delivery. The system has been completed of Polish-made components. A Particular pump characteristics thus registered has been presented and curves therefrom obtained were confronted with points measured by traditional routine.