

**Wojciech G. Zieliński**  
**Politechnika Lubelska, Lublin**

## **PROBLEMY ZWIĄZANE Z DOBOREM POMP W INSTALACJACH POMPOWYCH W CELU POWIĘKSZENIA EFEKTYWNOŚCI ENERGETYCZNEJ**

### **PROBLEMS IN SELECTION THE ASSORTMENT OF PUMPS IN PUMP INSTALLATIONS IN ORDER TO ENLARGE THE ENERGY EFFICIENCY**

**Streszczenie:** Zmniejszenie energochłonności procesów produkcyjnych ma na całym świecie priorytetowe znaczenie. Praca przepompowni, instalacji wodociągowych i kanalizacyjnych, oczyszczalni ścieków i ciepłowni miejskich wiąże się z zastosowaniem pomp, wśród których najbardziej rozpowszechnionymi są pompy wirowe. W instalacjach tych występują duże straty, które należy eliminować, aby uzyskać większą efektywność energetyczną.

W artykule przedstawiono rodzaje strat występujące w instalacjach pompowych i wprowadzono pojęcie efektywności energetycznej oraz możliwość jej zwiększenia. Kryteria doboru pompy omówiono na podstawie przebiegu charakterystyk: przepływu, poboru mocy oraz sprawności z uwzględnieniem zmian parametrów obiektu pompowego. Dotyczy to dobowych lub sezonowych zmian statycznej wysokości podnoszenia oraz zmian wydajności obiektu. Ponadto zamieszczono przykład instalacji pompowej zastosowanej w rzeczywistości istniejącej elektrociepłowni.

**Abstract:** Reducing the energy consumption of production processes has priority meaning worldwide. Work of the pump station, water systems and sewer, sewage treatment plant and municipal thermal power stations are being combined with applying pumps, amongst which the most spread there are rotary pumps. Heavy losses should be eliminated are appearing in these installations in order to get the greater energy efficiency. The article presented loss of energy appearing in pump installations and implemented the concept of energy efficiency and the possibility of its increase. Pump selection criteria are discussed on the basis of the course of characteristics: flow, power consumption and performance, the power consumption and the efficiency including changes of parameters of the pump object. This applies to daily or seasonal changes in static head and changes in building performance. In addition, pump system is an example used in actually existing power plants.

**Słowa kluczowe:** pompy, energochłonność instalacji pompowych

**Keywords:** pumps, pumping system energy consumption

### **1. Wstęp**

Deficyt energetyczny oraz koszty przekroczenia emisji dwutlenku węgla mogą spowodować załamanie gospodarki Polski i innych krajów Unii Europejskiej. Zwiększenie więc efektywności energetycznej procesów produkcyjnych i eksploatacyjnych we wszystkich dziedzinach życia jest jednym ze sposobów ograniczenia rosnącego zapotrzebowanie na energię.

W każdej gałęzi gospodarki transport cieczy wymaga zastosowania pomp, wśród których najbardziej rozpowszechnione są pompy wirowe. Związane jest to z zapotrzebowaniem znacznych ilości energii elektrycznej.

Pompy stosowane są głównie [3]:

- w przepompowniach i instalacjach pompowych przedsiębiorstw wodociągowych i kanalizacyjnych,
- w oczyszczalniach ścieków,
- w ciepłowniach miejskich.

Często okazuje się, że instalacja zbudowana z dobrych i nowoczesnych elementów jest niedobra pod względem energochłonności pompowania cieczy. Okazuje się, że nie jest wystarczające, aby wszystkie elementy układu były dobre. Ważne jest by były do siebie dobrze dobrane i w racjonalny sposób użytkowane.

Pracy obiektów pompowych towarzyszą znaczne straty energii, których wyeliminowanie może przynieść znaczne oszczędności. Warunkiem uzyskania tych oszczędności jest posiadanie

obiektywnych metod oceny jakości procesu, a również oceny doboru każdej pompy pracującej w układzie pompowym.

Powiększenie efektywności energetycznej każdego procesu produkcyjnego jest zadaniem priorytetowym.

## 2. Rodzaje strat i efektywność energetyczna instalacji pompowych

W procesie wytwarzania ciśnienia przez pompy oraz transportu cieczy w instalacjach pompowych powstają straty wynikające ze sprawności układu, są to straty nieuniknione [1].

Na straty te składają się:

- straty hydrauliczne występujące w pompach nawet o najwyższych sprawnościach,
- straty w silnikach elektrycznych, najmniejsze w silnikach energooszczędnych,
- straty w elektronicznych układach regulacji prędkości obrotowej,
- straty tarcia podczas przepływu cieczy.

Drugą grupę strat stanowią straty związane z niewłaściwymi rozwiązaniami technicznymi, które można i należy obniżyć. Głównie dotyczy to zbyt wysokiego ciśnienia wody sieciowej wymaganego do pompowni wodociągowej, ciepłowni komunalnej lub innego odbiorcy cieczy. Skutkiem tego jest nadmierna energochłonność transportu cieczy. Występują również straty ściśle związane z pompą zainstalowaną w określonym obiekcie oraz całą instalacją pompową.

Efektywność energetyczną dowolnego procesu definiuje się w postaci zależności (1):

$$E_e = \frac{E}{W} \quad (1)$$

gdzie  $E$  określa wymierny wynik danego procesu natomiast  $W$  ilość energii elektrycznej, ciepła lub ilość ton paliwa umownego zużytego do osiągnięcia efektu  $E$ .

Odwrotność efektywności energetycznej procesu czyli  $\frac{W}{E}$  jest jego energochłonnością.

Jeżeli wynik procesu oraz ilość energii zużytej do jego wytworzenia wyrażone są w jednostkach mocy wówczas efektywność energetyczna jest sprawnością energetyczną procesu.

W przypadku dowolnego obiektu pompowego takiego jak: ciepłownia lub elektrociepłownia, pompownia ciepłownicza lub pompownia wody chłodzącej, efektywność energetyczna  $E_e$  jest równa sprawności  $\eta_c$  procesu transportu cieczy:

$$E_e = \eta_c = \frac{P_u}{\sum_i P_{el,i}} \quad (2)$$

W zależności (2) oznaczono:

$P_u$  - użyteczna moc hydrauliczna przekazana cieczy przez wszystkie pompy,

$P_{el,i}$  - moc elektryczna pobierana z sieci przez układ napędowy  $i$ -tej pompy.

Efektywność energetyczną instalacji pompowej można zwiększyć poprzez:

- prawidłowy dobór pomp do całej instalacji głównie zastosowanie pomp o wysokich sprawnościach,
- zastosowanie układów napędowych opartych na silnikach energooszczędnych i układach regulacji o wysokiej sprawności,
- optymalizację struktury instalacji hydraulicznej dla zmniejszenia strat przepływu,
- lepsze rozwiązanie instalacji oraz optymalną energetycznie jej eksploatację.

## 3. Kryteria doboru pomp w instalacji pompowej

Przy wyborze pomp do określonego zespołu pompowego należy zwrócić uwagę na jej klasę, rodzaj i typ. Koniecznym jest określenie znamionowej wydajności  $Q_{znam}$  i znamionowej wysokości podnoszenia  $H_{znam}$ , co warunkuje wybór liczby pomp  $m = 1, 2, 3, \dots$  współpracujących ze sobą.

Zespół pompowy lub pompę określają następujące własności:

- charakterystyka przepływu  $H = f(Q)$ ,
- charakterystyka mocy  $P = f(Q)$ ,
- sprawność zespołu pompowego w warunkach znamionowych oraz dla całego zakresu pracy,
- wymagana nadwyżka antykawitacyjna  $NPSHR = f(Q)$ .

Ważnym parametrem pracy pompy jest jej prędkość obrotowa  $n$  która wpływa na właściwości pompy, rozwiązania konstrukcyjne

oraz na dobór układu napędowego z jego układem regulacyjnym.

Wybór parametrów znamionowych pompy  $H_{znam}$  i  $Q_{znam}$  zależy od obiektu pompowego, czyli od charakterystyki  $H_{uk} = f(Q_s)$  oraz  $Q_s = f(t)$ .

Pierwsza z nich określa dobowe lub sezonowe zmiany statycznej wysokości podnoszenia  $H_{st}$  wynikającej przykładowo ze zmian poziomów cieczy w zbiornikach odpływowym i dopływowym.

Zakres zmian wydajności obiektu w ciągu doby, sezonu czy roku określony jest jako  $Q_s = f(t)$  i ustalany na podstawie danych statystycznych z ubiegłych lat oraz planów na przyszłość.

Na rysunku 1 przedstawiono charakterystyki pompy w przypadku prawidłowego i nieprawidłowego jej doboru. Przebiegi oznaczone jako 1, 2, 3 odpowiadają odpowiednio charakterystykom:  $H = f(Q)$ ,  $H_{uk} = f(Q_s)$ ,  $\eta = f(Q)$ .

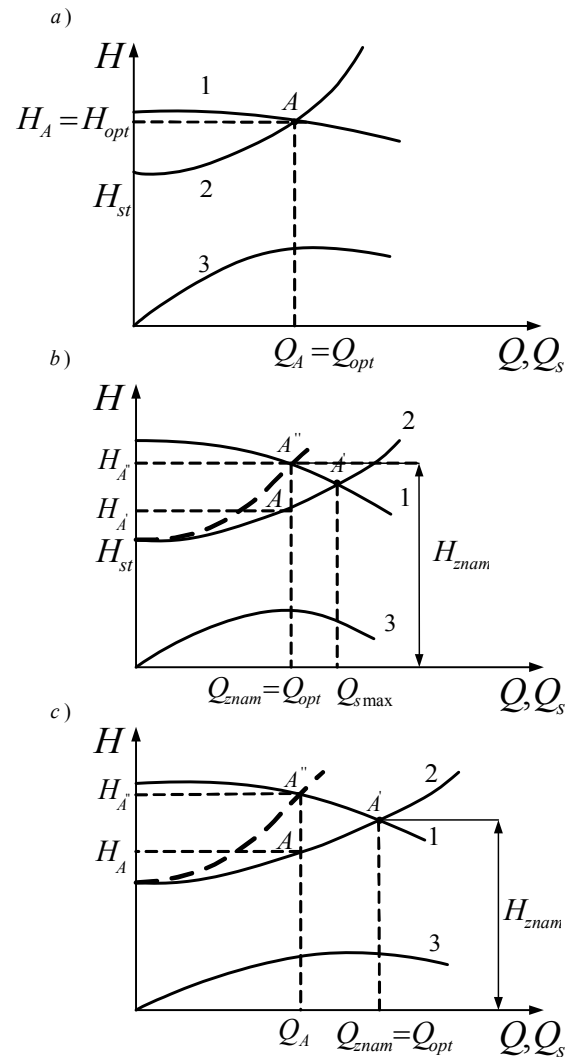
Punkt A przecięcia się charakterystyk wyznacza parametry pracy pompy ( $Q, H, P, \eta$ ) w danej chwili. Dla pompy dobrze dobranej odpowiada on największej sprawności, a wysokość podnoszenia ma wartość optymalną  $H_{opt}$  oraz wydajność jest wówczas również optymalna  $Q_{opt}$  (rys. 1a). Praca pompy

w takich warunkach jest najbardziej energooszczędna.

Pompa lub zespół pompowy powinien charakteryzować się dużą sprawnością, i pracować z wydajnością optymalną bliską wydajności znamionowej  $Q_{opt} \approx Q_{znam}$ .

Wysokość podnoszenia pompy nie powinna być duża, gdyż powoduje to pracę z niepotrzebnie powiększoną wydajnością (rys. 1b). Silnik napędowy jest wówczas przeciążony i wzrasta zużycie energii elektrycznej.

Gdy pompa posiada zbyt dużą wydajność znamionową i wysokość podnoszenia powrót do wydajności wymaganej  $Q_A$  spowoduje pracę z obniżoną sprawnością (rys 1c).

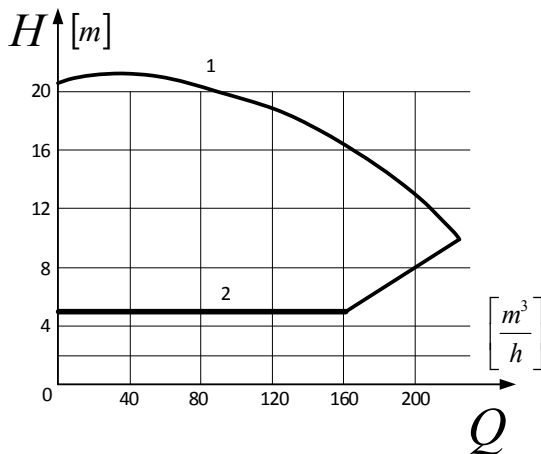


Rys. 1. Przebieg charakterystyk pompy dobrze dobranej a) oraz nieprawidłowo dobranej b), c)

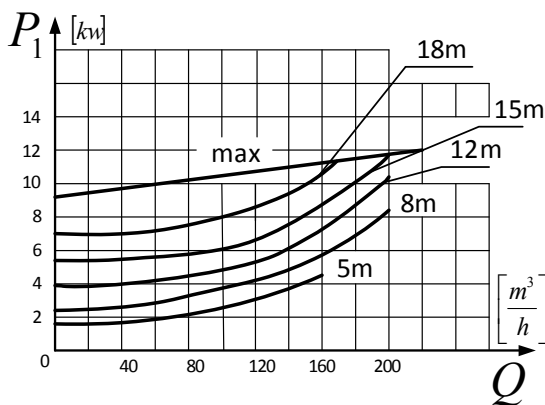
#### 4. Przykładowe zastosowanie zestawu pompowego typu Wilo IL-E 100 w PEC Świdnik

W układzie pompowym Przedsiębiorstwa Energetyki Ciepłej w Świdniku zastosowano pompę typu Wilio-Cronoline-IL-E 100/5-21BF. Jest to jednostopniowa monoblokowa, energooszczędna pompa o sterowaniu elektronicznym. Napędzana jest ona przez energooszczędny silnik, przetwornicę częstotliwości zintegrowaną z pompą. Istnieje możliwość szerokiego zakresu sterowania i ustawiania wszystkich dostępnych parametrów pompy. Charakterystyki omawianej pompy pokazano na rys. 2 [2].

a)

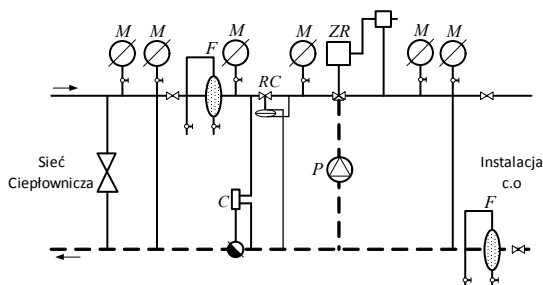


b)



Rys. 2. Charakterystyka przepływu  $H = f(Q)$  pompy Wilio-Cronoline-IL-E 100/5-21BF - a) oraz poboru mocy  $P_1 = f(Q)$  dla stałych wartości podnoszenia - b)

W omawianym przedsiębiorstwie pompa pracuje w przewodzie mieszającym. Schemat węzła zmieszania pompowego przedstawiono na rysunku 3.



Rys. 3. Schemat węzła zmieszania pompowego z pompą w przewodzie mieszającym; RC - regulator różnicy ciśnienia, P - pompa mieszająca, C - ciepłomierz, F - filtr (odmulacz), ZR - zawór regulacyjny

## 5. Wnioski końcowe

Z analizy przeprowadzonej w artykule wynikają następujące wnioski:

1. W procesie wytwarzania ciśnienia przez pompy oraz transportu cieczy w instalacjach pompowych powstają straty wynikające ze sprawności układu oraz straty związane z niewłaściwymi rozwiązaniami technicznymi.
2. Zbyt wysokie ciśnienie wody sieciowej wymagane do pompowni wodociągowej, ciepłowni komunalnej lub innego odbiorcy cieczy zwiększa energochłonność procesu.
3. Zmniejszenie poboru mocy z sieci energetycznej uzyskuje się również zmniejszając straty przepływu cieczy, jak również przez optymalną eksploatację sieci.
4. Wybór pompy zależy od parametrów znamionowych pompy oraz od obiektu pompowego, czyli rzeczywistych wartości wysokości podnoszenia i wydajności.
5. Pompa lub zespół pompowy powinien charakteryzować się dużą sprawnością, i pracować z wydajnością optymalną równą wydajności znamionowej.
6. Prawidłowy dobór pomp i zastosowanie układów napędowych z silnikami energooszczędnymi zwiększa efektywność energetyczną instalacji pompowej.
7. Zbyt duża wysokość podnoszenia pompy powoduje pracę z niepotrzebnie dużą wydajnością i przeciążenie silnika napędowego oraz wzrost zużycia energii elektrycznej.

## 6. Literatura

- [1]. Jędral W.: *Efektywność energetyczna pomp i instalacji pompowych*. Polski Program Efektywnego Wykorzystania Energii Elektrycznej w Napędach Elektrycznych – PEMP, wydanie I, Warszawa 2007.
- [2]. Leszczyńska Fabryka Pomp Sp.z.o.o. *Pompy jednostopniowe monoblokowe. Instrukcja obsługi*.
- [3]. Żarski K.: *Węzły cieplne w miejskich systemach ciepłowniczych*. Poradnik. Wydawnictwo Instal, 1997.

## Autor

mgr inż. Wojciech G, Zieliński  
Katedra Napędów i Maszyn Elektrycznych  
Wydział Elektrotechniki i Informatyki  
Politechnika Lubelska