

Silniki napędowe pomp o ruchu postępowo-zwrotnym powinny mieć zapas mocy wynoszący w stosunku do mocy nominalnej:

- dla silników elektrycznych i parowych 15%,
- dla silników spalinowych 20%.

Rozruch pomp, ze względu na występujące siły masowe cieczy (patrz rozdz. 5), powinien następować przy zmniejszonych prędkościach obrotowych.

Przy napędzie za pomocą silników elektrycznych asynchronicznych o stałej prędkości obrotowej pompy powinny być odciążone przy rozruchu przez otwarcie zaworów obiegowych, łączących stronę tłoczną ze stroną ssawną, lub przez przymusowe otwarcie zaworu stopowego.

#### **24.1.2. Pompy o ruchu obrotowo-zwrotnym organu roboczego**

Są to najczęściej pompy napędzane ręcznie.

#### **24.1.3. Pompy o ruchu obrotowym organu roboczego (pompy rotacyjne)**

Pompy szybkoobrotowe są napędzane bezpośrednio przez silniki, a pompy wolnoobrotowe — za pośrednictwem przekładni zębatach lub rzadziej pasowych.

Silniki stosowane do napędu pomp wyporowych o obrotowym ruchu organu roboczego są omówione w p. 24.2.

### **24.2. Napędy pomp wirowych**

---

Pompy wirowe pracują zwykle przy dużych prędkościach obrotowych i dlatego w ogromnej większości przypadków mogą być sprzęgane bezpośrednio z silnikami, co stanowi jedną z głównych zalet tych pomp.

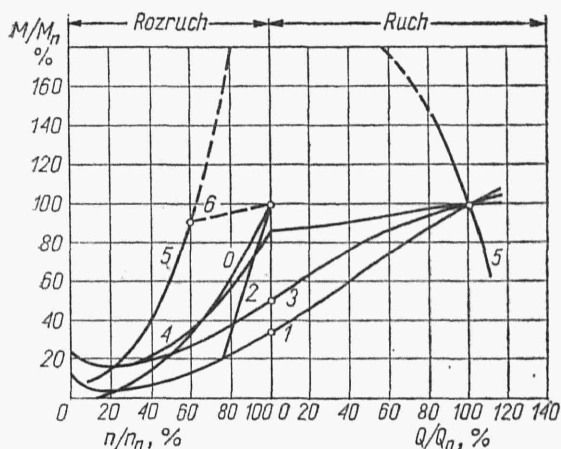
Warunkiem bezpośredniej współpracy silnika z napędzaną pompą jest odpowiedni stosunek momentu obrotowego silnika do momentu oporowego pompy. W chwili rozruchu moment rozruchowy silnika musi być większy od momentu oporowego pompy dla nadania przyspieszenia masom wirującym obu maszyn do chwili osiągnięcia nominalnej prędkości obrotowej agregatu. Do porównania obu momentów służą charakterystyki mechaniczne.

#### **24.2.1. Charakterystyki mechaniczne pomp i silników napędowych**

*Charakterystyka mechaniczna* jest to zależność momentu obrotowego  $M$  (na wale maszyny) od prędkości obrotowej  $n$ .

W pompach moment oporowy jest teoretycznie funkcją kwadratu prędkości obrotowej, co wykreślić przedstawia parabola.

Rzeczywiste wykresy charakterystyk mechanicznych pomp, zbliżone do krzywych parabolicznych, są przedstawione na rys. 24.1. Ponadto ich przebieg zależy od wydajności pompy, czyli od stopnia otwarcia zaworu tłocznego. Na podstawie przebiegu przedstawionych krzywych  $M = f(n)$  oraz  $M = f(Q)$  przy  $n = n_{nom}$  można wnioskować, iż we wszystkich rodzajach pomp moment oporowy w chwili rozruchu



**Rys. 24.1.** Charakterystyki mechaniczne pomp wirowych; 0 — teoretyczna charakterystyka pompy odśrodkowej; 1 — rzeczywista charakterystyka pompy odśrodkowej o małej masie wirnika — rozruch przy zamkniętym zaworze tłocznym, 2 — charakterystyka jak 1, lecz rozruch w czasie otwierania się kłapy zwrotnej przy otwartym zaworze zwrotnym, 3 — charakterystyka jak 1, lecz przy większej masie wirnika, 4 — rzeczywista charakterystyka pompy helikoidalnej lub diagonalnej — rozruch przy zamkniętym zaworze tłocznym, 5 — rzeczywista charakterystyka pompy śmigłowej — rozruch przy zamkniętym zaworze tłocznym, 6 — charakterystyka jak 5, lecz rozruch w czasie otwierania się kłapy zwrotnej przy otwartym zaworze tłocznym

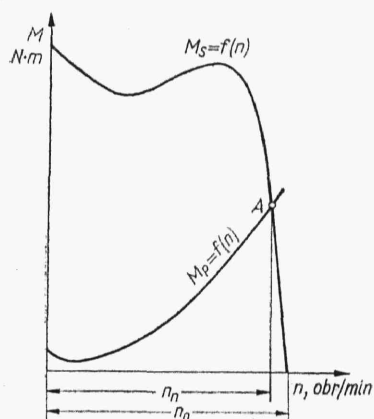
jest mały, natomiast wzrost jego ze wzrostem prędkości obrotowej  $n$  jest różny, przy czym największy wzrost występuje w pompach śmigłowych.

Porównania charakterystyk mechanicznych pomp i silników będą przeprowadzane przy omawianiu tych ostatnich.

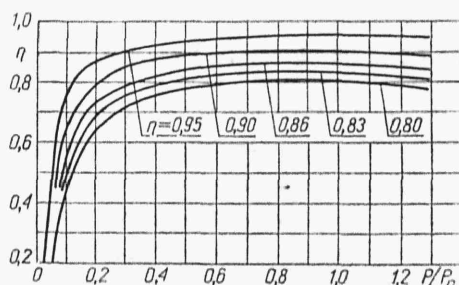
## 24.2.2. Silniki elektryczne

Najczęściej do napędu pomp stosuje się silniki elektryczne, które omówimy kolejno.

W pompach małej i średniej mocy (niekiedy nawet do kilku tysięcy kW) są stosowane silniki trójfazowe indukcyjne klatkowe. Cechuje je prosta budowa, łatwość obsługi oraz duży moment rozruchowy.



**Rys. 24.2.** Charakterystyka mechaniczna silnika elektrycznego indukcyjnego klatkowego  $M_s = f(n)$  połączonego w trójkąt i pompy odśrodkowej  $M_p = f(n)$  uruchamianej przy otwartym zaworze tłocznym



**Rys. 24.3.** Zależność sprawności silników elektrycznych indukcyjnych o różnych sprawnościach nominalnych od stopnia ich obciążenia;  $P_n$  — moc nominalna,  $P$  — moc rzeczywista

Na rys. 24.2, dla porównania, przedstawiono krzywe momentu silnika indukcyjnego oraz pompy. Moment silnika  $M_s$  w chwili rozruchu kilkakrotnie przewyższa moment oporowy pompy  $M_p$ , co zapewnia osiągnięcie nominalnej prędkości obrotowej  $n$  w krótkim okresie. W punkcie pracy  $A$  przy prędkości nominalnej  $n_n$  następuje zrównanie momentów. Czas rozruchu nie może być zbyt długi, ze względu na możliwość uszkodzenia silnika. W przypadku dużego momentu oporowego pompy oraz dużych momentów zamachowych  $GD^2$  mas wirujących stosuje się silniki o zwiększonym momencie rozruchowym.

Silniki indukcyjne nie powinny być dobierane z nadmiernym „zapasem” mocy, gdyż oprócz zwiększonych kosztów mają zmniejszoną sprawność, jak to przedstawiono na rys. 24.3.

W rzadkich przypadkach, gdy jest konieczny powolny rozruch pompy lub gdy występuje duży moment oporowy, albo przy sieci elektrycznej nie znośzącej dużych przeciążeń, stosuje się indukcyjne silniki pierścieniowe z rozrusznikami.

Duże pompy do pracy ciągłej, o dużym poborze mocy, są niekiedy napędzane za pomocą silników synchronicznych, w celu poprawienia współczynnika mocy ( $\cos \varphi$ ) w systemie energetycznym. Są one nieco trudniejsze w obsłudze (dodatkowe układy rozruchowe, gdyż sam silnik synchroniczny ma moment rozruchowy równy zeru) i nie mogą być przeciążane.

W układach pompowych z wymaganą regulacją prędkości obrotowej pomp są stosowane układy elektryczne złożone z kilku maszyn, np. układy tyrystorowe, w których regulacja prędkości obrotowej silnika napędowego jest możliwa dzięki zmianie częstotliwości prądu zasilającego silnik. Są to układy dość skomplikowane i kosztowne [40].

Innym sposobem regulacji prędkości obrotowej pompy jest napęd za pośrednictwem sprzęgła hydrokinetycznego. Umożliwia ono regulację prędkości w szerokim zakresie, jednak należy pamiętać o tym, iż sprawność sprzęgła hydrokinetycznego jest równa stosunkowi prędkości obrotowej pompy  $n_p$  do prędkości silnika  $n_s$ . Sprzęgła hydrokinetyczne ze względu na łatwość automatycznego sterowania regulacji oraz jej czułość są stosowane przy napędzie wysokoprężnych pomp zasilających.

Schemat sprzęgła hydrokinetycznego z regulacją prędkości obrotowej przez zmianę napełnienia pokazano na rys. 24.4.

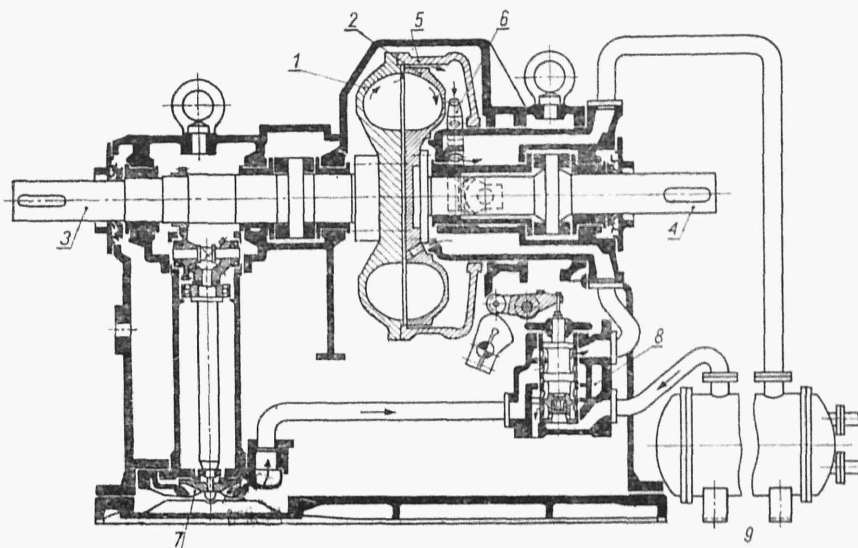
Prosty napęd, zarazem umożliwiający łatwą zmianę prędkości obrotowej, stanowią elektryczne silniki prądu stałego. Zwykle stosuje się układy Ward-Leonarda, wytwarzające prąd stały do zasilania zespołu pompowego.

Obecnie coraz większe zastosowanie znajdują układy tyrystorowe.

### 24.2.3. Silniki spalinowe

Silniki spalinowe są stosowane przede wszystkim do napędu pomp przewoźnych niewielkiej mocy, m.in. do napędu pomp pożarniczych, odwadniających wykopy budowlane itp. Ponadto silniki te spełniają ważne zadanie jako napęd rezerwowy dla pomp o koniecznej nieprzerwanej pracy, np. niektórych pomp zasilających sieć wodociągową.

Silniki spalinowe mogą osiągać prędkości obrotowe większe od prędkości silników elektrycznych, co jest ich wielką zaletą. Ujemną cechą jest zbyt mały moment



Rys. 24.4. Sprzęgło hydrauliczne firmy I. M. Voith: 1 — wirnik pierwotny (pompowy), 2 — wirnik wtórny (turbinowy), 3 — wał układu napędzającego, 4 — wał układu napędzanego, 5 — czasza, 6 — przestawialna rura czerpalna, 7 — pompa olejowa, 8 — zawór sterujący, 9 — chłodnica oleju obiegowego

rozruchowy, wymagający stosowania pośredniego sprzęgła rozruchowego i uruchamiania pompy przy minimalnym momencie oporowym oraz czułość na zmianę obciążenia, co powoduje zmianę prędkości obrotowej agregatu.

#### 24.2.4. Turbiny parowe

Do napędu pomp wysokoprężnych wymagających dużych prędkości obrotowych ( $n$  do 9000 obr/min) oraz dużych mocy ( $P_w$  do 18 000 kW) (patrz rozdz. 20) są stosowane coraz częściej turbiny parowe. Oprócz możliwości osiągania dużych prędkości obrotowych cechują się one cenną zaletą łatwej regulacji prędkości obrotowej  $n$ .