

# Laboratorní úloha

## Měření charakteristik čerpadla

Zpracováno dle [1]

### Teorie:

Čerpadlo je hydraulický stroj, který mění přiváděnou energii (mechanickou) na užitečnou energii (hydraulickou).

### Hlavní parametry čerpadla:

Průtok  $Q$  [ $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ] - objem kapaliny, který proteče výtlačným hrdlem za 1 sekundu

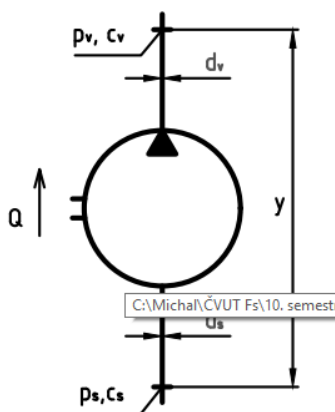
Měrná energie  $Y_\xi$  [ $\text{J} \cdot \text{kg}^{-1}$ ] - rozdíl celkových měrných energií kapaliny mezi vztažnými průřezy před a za čerpadlem. Situování jednotlivých veličin je na obr. 1.

$$Y_\xi = \frac{p_v - p_s}{\rho} + \frac{c_v^2 - c_s^2}{2} + g \cdot y \quad [\text{J} \cdot \text{kg}^{-1}] \quad (1)$$

kde:

$p$ - průměrný statický tlak	[Pa]
$\rho$ - měrná hmotnost kapaliny	[ $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ]
$g$ - tíhové zrychlení	[ $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ]
$y$ - svislá vzdálenost vztažných míst (sání, výtlač)	[m]

indexy  $v$  a  $s$  označují výtlač a sání čerpadla



Obr. 1 Schématická značka čerpadla s příslušnými veličinami

### Vedlejší parametry čerpadla:

Otáčky  $n$  [ $s^{-1}$ ]

Příkon  $P_{\dot{\epsilon}}$  [W]

$$P_{\dot{\epsilon}} = M_k \cdot \omega = M_k \cdot 2 \cdot \pi \cdot n \text{ [W]}, \quad (2)$$

kde:

$M_k$  - krouticí moment [N.m]

$\omega$  - úhlová rychlost [ $s^{-1}$ ]

Účinnost  $\eta_{\dot{\epsilon}}$  [-] - určuje hospodárnost přeměny energie v čerpadle (platí obecně)

$$\eta_{\dot{\epsilon}} = \frac{P_h}{P_{\dot{\epsilon}}} = \frac{Q \cdot \rho \cdot Y_{\dot{\epsilon}}}{M_k \cdot \omega} \text{ [-]} \quad (3)$$

Kavitační deprese  $\Delta y$  [ $J \cdot kg^{-1}$ ]

Kapalina je nositelkou energie dodané čerpadlem.

Potrubí je spotřebičem energie dodané čerpadlem.

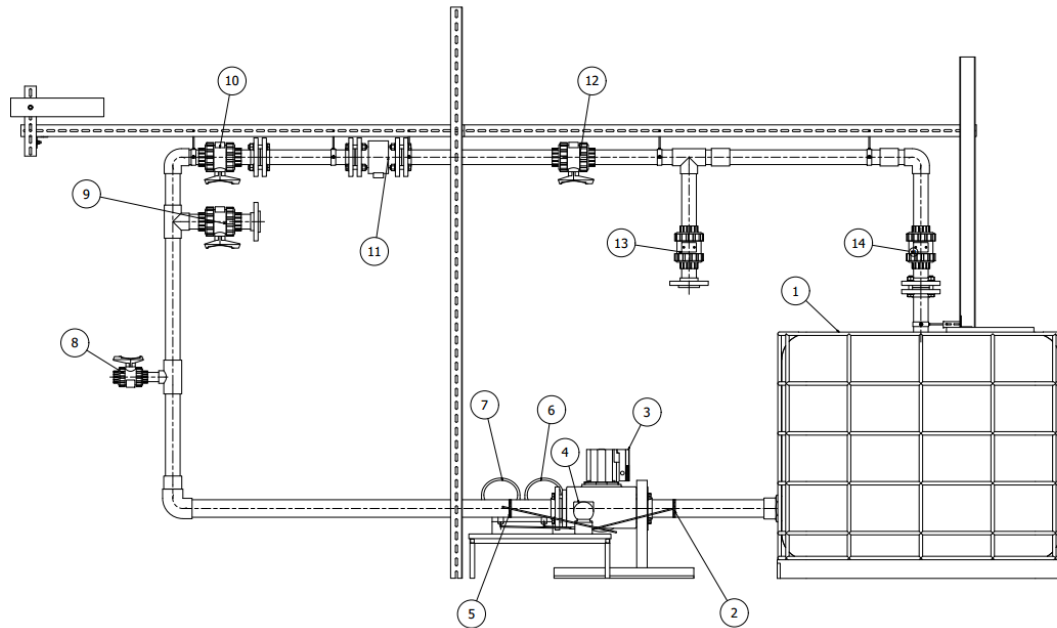
### Popis úlohy:

Jedná se o jednoduchou měřicí trasu, viz obr. 2, s jedním vodním oběhovým čerpadlem Wilo TOP S 65/13 (3), soustavou pro vyhodnocení tlaků (2,4,5,6,7), průtokoměrem (11) a několika kulovými kohouty, které jsou určeny pro regulaci průtoku. Cílem laboratorní úlohy je ověřit charakteristiku  $Y-Q$  (grafická závislost  $Y-Q$ ) oběhového čerpadla, kterou udává výrobce a určit účinnost čerpadla. Měření bude probíhat za **konstantních otáček** čerpadla ( $n_{\dot{\epsilon}} = 2800 \text{ min}^{-1} = \text{konst.}$ )

POZN.:

Zde není možné od sebe oddělit účinnost čerpadla  $\eta_{\dot{\epsilon}}$  a účinnost elektromotoru  $\eta_{el}$ . Bude tedy měřena pouze účinnost celého soustrojí  $\eta_s$ . ( $\eta_s < \eta_{\dot{\epsilon}}$ ). Současně musí být upraven výpočet příkonu.

## Schéma:



Obr. 2 Schéma měřicí trasy

## Popis trasy:

Pozice	Popis
1	Nádrž s vodou
2	Tlakový odběr před sáním čerpadla
3	Oběhové čerpadlo Wilo TOP S 65/13
4	Diferenční manometr
5	Tlakový odběr za výtlakem čerpadla
6	Manometr - před sáním čerpadla
7	Manometr - za výtlakem čerpadla
8	Kulový kohout 1 - poloha <b>UZAVŘENO</b>
9	Kulový kohout 2 - poloha <b>UZAVŘENO</b>
10	Kulový kohout 3
11	Magneticko-indukční průtokoměr MQI 99 Ela Brno
12	Kulový kohout 4
13	Kulový kohout 5 - poloha <b>UZAVŘENO</b>
14	Kulový kohout 6

## Úkol:

Změřte hodnoty tlaku před a za čerpadlem pro různé hodnoty průtoku. Měření opakujte nejméně 10x. Naměřené hodnoty vynesete do grafu  $Y - Q$ .

### Postup měření:

- 1) Vizuální kontrola minimálního stavu vody v nádrži (čerpadlo nesmí běžet naprázdno a nesmí nasávat vzduch) a uzavření příslušných kulových kohoutů. Viz výše.
- 2) Spuštění a nastavení programu *Měřicí ústředna k UDAQ-1208*
- 3) Spustit záznam dat v programu
- 4) Spustit čerpadlo a průtokoměr (na stojanu hned vedle nádrže s vodou)
- 5) Měnit průtok pomocí kulového kohoutu č. 4 (pozice 12) nebo č. 6 (pozice 14)
- 6) Po naměření hodnot zastavit záznam v programu a vypnout čerpadlo.

### Výpočet:

Výpočet měrné energie se vzhledem orientaci čerpadla a uzavřenosti systému (nedochází zde ke kontaktu s atmosférou) zjednoduší na:

$$Y_{\xi} = \frac{p_v - p_s}{\rho} = \frac{\Delta p}{\rho} = \frac{\Delta p [Pa]}{1.10^3} = \Delta p [bar] \cdot 10^2 \quad [J \cdot kg^{-1}] \quad (4)$$

$$c_v = c_s$$

$$y = 0$$

Kde hodnota  $\Delta p$  je získána z vyhodnocovacího programu.

Hodnoty průtoku jsou rovněž získány přímo z programu nebo jsou změřeny objemovou metodou pomocí ocejchované odběrové nádoby a vhodného měřidla času. Regulace se provádí pouze kohoutem č. 4 a odběr je prováděn pomocí kohoutu č. 5 (na pozici č. 13) Pak bude průtok vypočten:

$$Q = \frac{V}{t} [m^3 \cdot s^{-1}] \quad (5)$$

Pro ověření charakteristiky  $Y_{\xi}$ -  $Q$  čerpadla pak platí vztah:

$$Y_{\xi, \text{výr}} = -3 \cdot 10^7 \cdot Q^3 + 90042 \cdot Q^2 - 3708,5 \cdot Q + 128,17 [J \cdot kg^{-1}] \quad (6)$$

Výpočet účinnosti soustavy:

$$\eta_s = \frac{Q \cdot \rho \cdot Y_{\xi}}{P_{elm}} [-], \quad (7)$$

kde

$$P_{elm} - \text{mechanický příkon čerpadla} \quad [W]$$

Z důvodů monoblokového provedení nelze měřit příkon čerpadla  $P_{\xi}$  a nelze tedy použít vztah (3), ale požije se výpočet podle vztahu (7) V tomto provedení je čerpadlo a elektromotor na stejné hřídeli. Lze měřit pouze odběr z elektrické sítě, energii spotřebovanou spotřebičem, čemuž odpovídá příkon elektromotoru  $P_{elm}$ , který je měřen pomocí wattmetru.

Číslo měření	$\Delta p$	$t$	$V$	$P_{\xi}$	$Q$	$Y_{\xi}$	$\eta_s$
Jednotka	[bar]	[s]	[m <sup>3</sup> ]	[W]	[m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> ]	[J.kg <sup>-1</sup> ]	[-]
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							

**Závěr:**

**Zdroje:**

[1] MELICHAR, Jan. *Hydraulické a pneumatické stroje: část čerpadla*. V Praze: České vysoké učení technické, 2009. ISBN 978-80-01-04383-7.