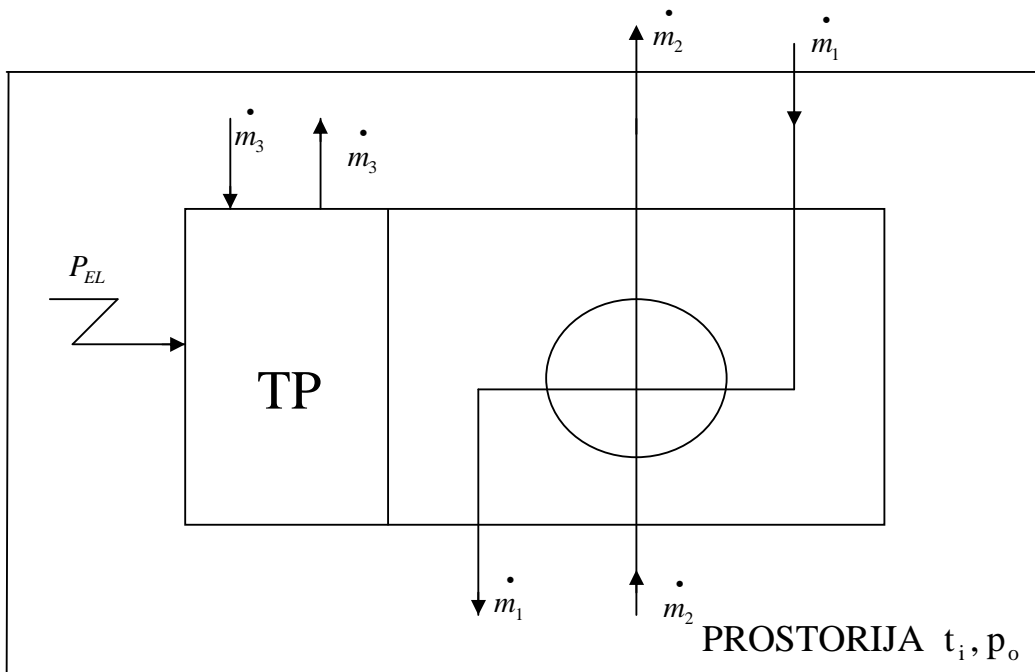


1. Elementi nauke o toploti. Prof. dr Nenad Kažić  
Laboratorija, vježbe – mjerenja. mr Milan Šekularac, asistent

### Mjerenja 3, I zakon termodinamike.

OKOLINA  $t_e, p_o$



Sl.1. Shema HVAC instalacije

Na slici je prikazana zatvorena shema HVAC instalacije. Instalacija se sastoji iz toplotne pumpe (TP) i klima komore (sistema za pripremu i distribuciju vazduha). Sistem se nalazi u prostoriji sa unutrašnjom temperaturom vazduha  $t_i$ . Okolina je stanja  $t_e, p_o$ . Sistem se napaja električnom snagom  $P_{el}$ . Maseni protoci vazduha ka i iz instalacije, označeni su na shemi.

Instalaciju treba uključiti u rad i nakon dostizanja stacionarnog stanja izmjeriti:

- masene protoke vazduha,
- temperature struja vazduha (na ulazu i na izlazu)
- električnu snagu za pogon sistema.

⇒ Napraviti energetski bilans sistema.

### Izvod iz teorije (termodinamike)

Za sve strujne mašine važi I zakon termodinamike za strujne procese (zakon o održanju energije), koji za stacionaran slučaj ima opštu formu:

$$\dot{Q}_{DOV} + \sum_{ULAZI} \dot{m}_i \cdot \left( i + \frac{w^2}{2} + gz \right)_i = \dot{P}_{ODV} + \sum_{IZLAZI} \dot{m}_i \cdot \left( i + \frac{w^2}{2} + gz \right)_i \quad (1)$$

Gdje su:

- $\dot{Q}_{DOV}$  - dovedena toplota (u jedinici vremena, tj. toplotni flux) [W]
- $\sum \dot{m}_i \cdot \left( i + \frac{w^2}{2} + gz \right)_i$  - fluks energije usled kretanja radne materije [W]
- $\dot{m}_i$  - maseni protok radne materije (i-ti, za slučaj više ulaza/izlaza) [kg/s]
- $P_{ODV}$  - odvedena snaga u jedinici vremena (npr: snaga na vratilu turbine) [W]
- $i$  - entalpija radne materije, na i-tom ulazu/izlazu [J/kg]
- $\frac{w^2}{2}$  - kinetička energija 1 kg radne materije [J/kg]
- $gz$  - potencijalna energija 1 kg radne materije [J/kg]

Napomena:

- Formulacija (1) je napisana uz pretpostavku da je razmijenjena toplota „dovedena“ sistemu, a mehanička snaga „odvedena“ od sistema. U slučaju da je smjer transfera drugačiji, te veličine će preći na drugu stranu napisane jednačine.

U predmetnoj HVAC primjeni, za termotehničku instalaciju, u stacionarnom stanju, smatrajući gubitke zanemarljivima, 1. zakon termodinamike za otvoreni sistem se svodi na:

$$P_{DOV} + \sum_{ULAZI} \dot{m}_i \cdot i_i = \sum_{IZLAZI} \dot{m}_i \cdot i_i ,$$

Promjena kinetičke i potencijalne energije struja radne materije (vazduha) je zanemarljiva (u odnosu na promjenu entalpije).  $P_{DOV}$  je snaga koja se dovodi instalaciji, tj. njen isporučeni (efektivni) dio:

$$P_{DOV} = \sum P_{EL} ,$$

gdje je:

- $P_{EL}$  električna snaga koja se dovodi instalaciji (elektromotoru, za pogon kompresora, ventilatora).

## Veličine koje se mjere na instalaciji

Temperatura struje vazduha:  $t$  [°C]

Protok struje vazduha (zapreminski):  $\dot{V}$  [m<sup>3</sup>/s]

Ulazna električna snaga:  $P_{EL} = \sqrt{3} \cdot U_{medjuf} \cdot \overline{I_f} \cdot \cos \varphi$ , ili  $\sum_i U_f \cdot I_f \cdot \cos \varphi$

gdje su:

- $U_{medjuf}$  - međufazni napon (izmjereno: 385 V)
- $U_f$  - 220 V
- $I_f$  - jačina električne struje i-te faze.

## Veličine koje se sračunavaju

- Gustina struje vazduha - iz jednačine stanja idealnog gasa:

$$\bullet \quad \frac{p}{\rho} = RT$$

- gdje je:  $p$  [Pa] – pritisak gasa,  $\rho$  [kg/m<sup>3</sup>] – gustina gasa,  $R$  [J/kgK] = 287, gasna konstanta za vazduh,  $T$  [K] – termodinamička temperatura ( $t$  [°C] + 273.15).
- Maseni protok:  $\dot{m}$  [kg/s] =  $\rho \cdot w \cdot A$ , gdje su:  $w$  [m/s] - brzina,  $A$  [m<sup>2</sup>] – poprečni presjek kanala.
- Dovedena el. snaga, predata instalaciji:

$$\bullet \quad P_{DOV} = \sum P_{EL} = P_{EL}^{TP} + P_{EL}^{KK}$$

Koja se sastoji iz snage koju angažuje toplotna pumpa (kompresor, ventilator i cirkulaciona hidro-pumpa) i snage koju angažuje klima komora (2 ventilatora). S obzirom da se elektromotori koji pogone uređaje u HVAC instalaciji (kompresor, cirkulacionu hidro pumpu i 3 ventilatora za vazduh) nalaze u instalaciji (unutar granica sistema i isti se hlade vazдушnim strujama kroz instalaciju), dovedena snaga sistemu jednaka je električnoj snazi dovedenoj na granice sistema.