SISTEMI ENERGETICI

↳ macchine escluse: macchine elettriche, trasformatori, macchine en. mecc. → en. mecc., macchine utensili, elettrodomestici
↳ impianti

MACCHINE A FLUIDO → tipo di fluido [1]
→ trasform. energia [2]
→ cinematica parti meccaniche [3]

1) → termiche < gas / vapore | comprimibili (II principio)
→ idrauliche: incomprimibili

2) → motrici: W en. finale (albero rotante)
→ operatrici: W en. iniziale

3) → alternative
→ rotanti

MACCHINE A FLUIDO
- termiche
  - motrici (motrici termiche) — alternative / rotanti
  - operatrici (compressori) — alternative / rotanti
- idrauliche
  - motrici (motrici idrauliche) — alternative / rotanti
  - operatrici (pompe) — alternative / rotanti

4) → volumetriche: volumi di fluido successivi
→ dinamiche (turbomacchine): flusso continuo

Alternative SOLO volumetriche

Per le MACCHINE TERMICHE MOTRICI
↳ o motrici termiche

5) → a combust. esterna: gas o vapore
→ a combust. interna: gas (deve contenere O2)

Per le macchine termiche

6) → a gas
→ a vapore

Per le MACCHINE TERMICHE MOTRICI (gas) A COMBUSTIONE INTERNA VOLUMETRICHE

7) → ad accensione comandata: scintilla elettrica
→ ad accensione per compressione (spontanea)
↳ Diesel, gasolio
↳ a scoppio, benzina

master COPY

MOTRICI TERMICHE
- a comb. est.
  - volumetriche
    - a vap.
    - a gas
  - dinamiche (turbine)
    - a vap.
    - a gas
- a comb. int. ⇩ a gas
  - volumetriche
    - accens. comand.
    - accens. spont.
  - dinamiche (turbogas)

Per le macchine dinamiche (rotanti)

8) → assiali: fluido anulare // asse rotaz.
→ radiali: fluido ⊥ asse rotaz.
→ miste (coniche)

ANALISI DIMENSIONALE

↳ conoscere: misura, dimensioni, u.d.m.

↳ PRINCIPIO DI OMOGENEITA' DIMENSIONALE: membri equaz. fisiche dimensionalmente omogenei

⇩ su questo si basa

METODO DI RAYLEIGH (limitazione: equaz. # inc.)

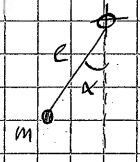
TAV. 1 ES. 1

Determinare espressione analitica periodo di oscillazione pendolo semplice con metodo di Rayleigh

1) Individuare grandezze che possono avere effetto sul fenomeno

$t = \mathcal{F}(\ell, m, g)$

indipendenti



2) Relazione di forma monomia

$t = K \ell^{\alpha} m^{\beta} g^{\gamma}$

master COPY

3) Sostituire grandezze ai simboli

$t \Rightarrow T$, $\ell \Rightarrow L$, $m \Rightarrow M$, $g = \frac{L}{T^2}$

$$T = K L^{\alpha} M^{\beta} \left(\frac{L}{T^2}\right)^{\gamma}$$

4) Imporre omogeneità dimens. Sistema per trovare gli esponenti

$$\begin{cases} L) \; 0 = \alpha + \gamma \\ M) \; 0 = \beta \\ T) \; 1 = -2\gamma \end{cases} \qquad \left[\begin{array}{l} \alpha = 1/2 \\ \beta = 0 \\ \gamma = -1/2 \end{array} \right]$$

5) Sostituire i risultati nell'equaz. iniziale

$$t = K \sqrt{\frac{\ell}{g}}$$

TAV. 1 ES. 2

Determinare frequenza propria di oscillaz. f di struttura a sviluppo verticale omogenea e incastrata al suolo sapendo che f dipende da altezza h, massa volumica ρ, modulo elastico E.

$f = \mathcal{F}(h, \rho, E) \Rightarrow f = K h^{\alpha} \rho^{\beta} E^{\gamma}$

$f \Rightarrow \frac{1}{T}$, $h \Rightarrow L$, $\rho \Rightarrow \frac{M}{L^3}$, $E \Rightarrow M \frac{L}{T^2} \frac{1}{L^2}$

$$\frac{1}{T} = K L^{\alpha} \left(\frac{M}{L^3}\right)^{\beta} \left(\frac{M}{T^2 L}\right)^{\gamma}$$

$$\begin{cases} L) \; 0 = \alpha - 3\beta - \gamma \\ M) \; 0 = \beta + \gamma \\ T) \; -1 = -2\gamma \end{cases} \qquad \left[\begin{array}{l} \alpha = -1 \\ \beta = -1/2 \\ \gamma = 1/2 \end{array} \right]$$

$$f = K \frac{1}{h} \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$



↳ TEOREMA π DI BUCKINGHAM

↳ relazioni tra parametri adimensionali (gruppi di variabili reti adimens.)
↳ si usa se ci sono troppe inc. per Rayleigh

$[A] = \mathcal{F}(\underbrace{x_1, x_2, \dots, x_m}_{\text{indip} \Rightarrow \text{set ricorrente}}, \dots, x_n)$

↳ relazione tra A e n-m, tutto reso adim. mediante relaz. con il set ricorrente
↳ interpreto il fenomeno mediante n-m gruppi adim. π_i
↳ set ricorrente → grandezze indip.
→ grandezze non di interesse
↳ più semplice rappresentaz. grafica

TAV. 1 ES. 3

Tubaz. rettilinea: lungh: $\ell = 25\,m$
↳ H_2O diam. int.: $d = 13\,cm$
alt. media rugosità: $e = 520\,\mu m$
portata: $\dot{V} = 1500\,l/min$
temper.: $t = 10°C$
visc. dinamica: $\mu = 1{,}25\,cP$

Calcolare N_{Re} con i sistemi di u.d.m. internaz., tecnico e CGS., calcolare caduta di pressione.

$|\Delta P| = \mathcal{F}(\ell, d, u, \rho, \mu, e)$ (u → velocità media; μ → Poise = Pa·s)

↳ $\frac{|\Delta P|}{\ell} = \mathcal{F}(d, u, \rho, \mu, e)$

L	$\frac{L}{T}$	$\frac{M}{L^3}$	$\frac{M}{TL}$	L

⇒ 5 grandezze, 3 indip.: L, M, T

Quindi servono $\pi_i = 5 - 3 = 2$ gruppi adim.

Voglio vedere l'influenza di e e μ quindi scelgo ρ, u, d come set ricorrente.

- Per trovare π rendo adimens. $|\Delta P|/\ell$.

$$\left[\frac{|\Delta P|}{\ell}\right] = \frac{M}{T^2 L^2}$$

$$\pi = \frac{|\Delta P|/\ell}{d^k u^\beta \rho^\gamma} \Rightarrow 1 = \frac{M T^{-2} L^{-2}}{L^\alpha (L \cdot T^{-1})^\beta (M \cdot L^{-3})^\gamma}$$

$$\Rightarrow L^\alpha \left(\frac{L}{T}\right)^\beta \left(\frac{M}{L^3}\right)^\gamma = \frac{M}{T^2 L^2}$$

master COPY

$$\begin{cases} L) & \alpha + \beta - 3\gamma = -2 \\ M) & \gamma = 1 \\ T) & +\beta = +2 \end{cases} \qquad \begin{bmatrix} \alpha = -1 \\ \beta = 2 \\ \gamma = 1 \end{bmatrix}$$

$$\Rightarrow \quad \pi = \frac{|\Delta P| \, \ell}{d^{-1} u^2 \rho}$$

Adesso trovo i 2 π_i che rendono adim. μ ed ε

- π_1 : rendo adim. μ

$$\pi_1 = \frac{M \, T^{-1} L^{-1}}{d^{\alpha_1} u^{\beta_1} \rho^{\gamma_1}} \quad \Rightarrow \quad 1 = \frac{M \, T^{-1} L^{-1}}{L^{\alpha_1} (L T^{-1})^{\beta_1} (M L^{-3})^{\gamma_1}}$$

$$L^{\alpha_1} \left(\frac{L}{T}\right)^{\beta_1} \left(\frac{M}{L^3}\right)^{\gamma_1} = \frac{M}{T L}$$

$$\begin{cases} L) & \alpha_1 + \beta_1 - 3\gamma_1 = -1 \\ M) & \gamma_1 = 1 \\ T) & +\beta_1 = +1 \end{cases} \qquad \begin{bmatrix} \alpha_1 = 1 \\ \beta_1 = 1 \\ \gamma_1 = 1 \end{bmatrix}$$

$$\Rightarrow \quad \pi_1 = \frac{\mu}{d u \rho} = \frac{1}{N_{Re}}$$



- π_2 : rendo adim. ε

$$\pi_2 = \frac{L}{d^{\alpha_2} u^{\beta_2} \rho^{\gamma_2}} \quad \Rightarrow \quad 1 = \frac{L}{L^{\alpha_2} (L T^{-1})^{\beta_2} (M L^{-3})^{\gamma_2}}$$

Per ε compare solo $L \Rightarrow \beta_2, \gamma_2 = 0, \alpha_2 = 1$

$$\Rightarrow \quad \pi_2 = \frac{\varepsilon}{d} = \varepsilon \; : \text{rugosità relativa}$$

Se tra le grandezze che influiscono una è adim., essa coincide con un gruppo adim.

Per teo. Buckingham: $\pi = f(\pi_1, \pi_2)$

$$\Rightarrow \quad \frac{|\Delta P| \, d}{\ell u^2 \rho} = f(N_{Re}^{-1}, \varepsilon) = f(N_{Re}, \varepsilon)$$

↳ generica funz.

$$|\Delta P| = \frac{\ell u^2 \rho}{d} f(N_{Re}, \varepsilon)$$

↳ cambiandolo cambia la rappresentaz. grafica

$$|\Delta P| = K \frac{\ell u^2 \rho}{d}$$