CAPITOLO 1: CONVERSIONE DELL'ENERGIA E MACCHINE A FLUIDO

master copy

GENERALITÀ

UNITÀ DI MISURA: Sistema internazionale, CGS, anglosassone

NOMENCLATURA: Se posto del generico termine "specifico" vengono usati termini come "massico", "molare", "ponderale", "areo", "lineico", "volumico"

Densità = $\frac{\text{massa volumica}}{\text{massa di un corpo di riferimento}}$

SIMBOLOGIA NUMERI ADIMENSIONALI: N_{Re} ; le pedice indica le prime 2 lettere del nome dell'autore

GRANDEZZE ESTENSIVE: le lettere minuscole della grandezza interessata indicano il riferimento all'unità di massa; se c'è una ~ (tilde) si riferisce all'unità molare. Nel caso della massa si può indicare sia con M che m.*

GRANDEZZE INTENSIVE: le lettere maiuscole si riferiscono alle proprietà assolute, le minuscole alle grandezze relative

PORTATE: Lettere sormontate da un punto

GRASSETTO: Se la lettera maiuscola greca corrisponde alla maiuscola latina si scrive in grassetto la maiuscola greca.

* La costante universale dei gas (massica) è indicata con R, così come il potere calorifico Hi.

SISTEMI ENERGETICI Apparecchi o installazioni per la conversione di energia: chimica → meccanica; idraulica → meccanica; meccanica → en. posseduta da un fluido; meccanica → trasferimento di en. termica. I sistemi possono essere: MACCHINE (poco ingombranti e compatti) e IMPIANTI (più complessi e che occupano superfici anche molto estese).

LE MACCHINE (A FLUIDO) - MACCHINE: dispositivi per la conversione di energia in cui una delle due è sempre energia meccanica

- A FLUIDO = è presente un sistema fluido

CLASSIFICAZIONE (① natura del fluido ② sequenza di trasformazioni ③ cinematica)

① → MACCHINE TERMICHE: fluido comprimibile (gas o vapore)
→ MACCHINE IDRAULICHE: fluido incomprimibile (liquido)

② → MACCHINE MOTRICI: il lavoro costituisce l'energia finale: il fluido attraversando la macchina rende disponibile un lavoro mecc. utile
→ MACCHINE OPERATRICI: il lavoro è la forma di energia iniziale: la macchina trasferisce parte del lavoro al fluido, che esce ad un livello di energia maggiore.

③ → MACCHINE ALTERNATIVE: gli organi meccanici mobili si muovono tra due posizioni estreme
→ MACCHINE ROTANTI: gli organi meccanici mobili si muovono attorno ad un asse.

CLASSIFICAZIONE MACCHINE ROTANTI (in base all'interazione tra fluido e organi meccanici)

VOLUMETRICHE: operano su successivi volumi di fluido: il fluido è introdotto in un apposito spazio, scambia lavoro con gli organi mobili e poi viene espulso, dopo di che il processo si ripete

DINAMICHE: l'energia cinetica immagazzinata dal fluido è essenziale per la trasformazione; il fluido fluisce continuamente scambiando lavoro con gli appositi organi mobili

Le MACCHINE ALTERNATIVE sono necessariamente di tipo volumetrico.

CLASSIFICAZIONE MACCHINE TERMICHE MOTRICI (in base al processo di combus.)

A COMBUSTIONE ESTERNA: avviene all'esterno del fluido motore quindi esso non risente del cambiamento di composizione chimica

A COMBUSTIONE INTERNA: avviene nel fluido motore risentendo di variazioni della composizione chimica

CLASSIFICAZIONE MACCHINE TERMICHE (in base alla natura del fluido compr.)

MACCHINE A GAS; MACCHINE A VAPORE

CLASS. MACCHINE TERMICHE MOTRICI A COMB. INTERNA VOLUMETRICHE (in base al meccanismo di innesco della combustione)

AD ACCENSIONE COMANDATA: la combustione avviene a seguito di un comando di tipo elettrico che provoca una scintilla tra i due elettrodi della candela

AD ACCENSIONE PER COMPRESSIONE: avviene a causa del raggiungimento del necessario valore di T a seguito della compressione

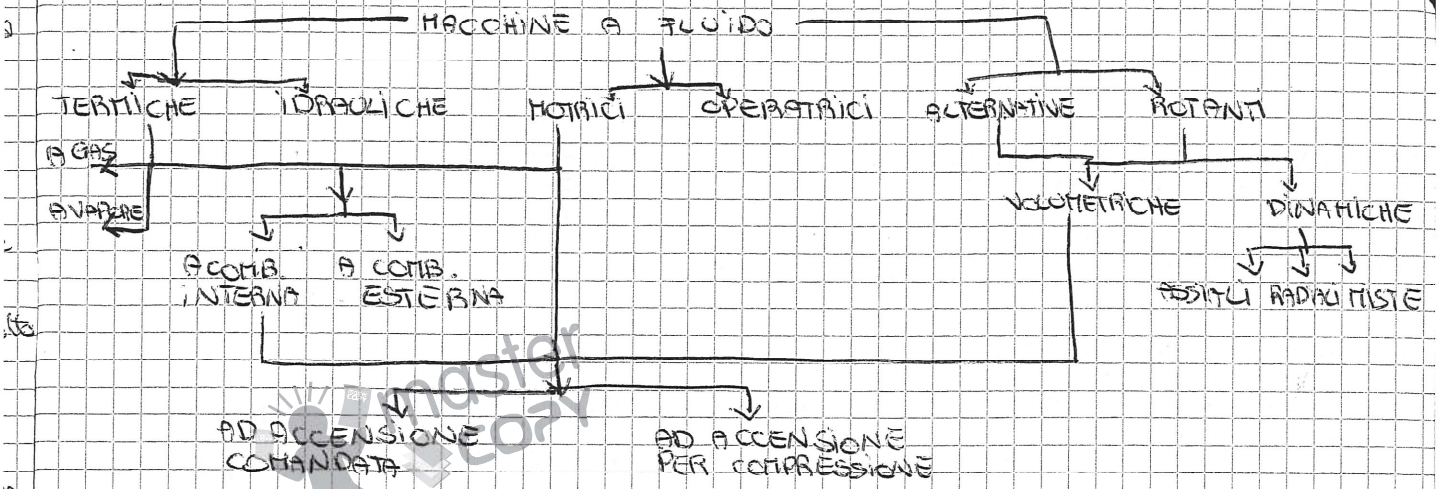
CLASS. MACCHINE DINAMICHE (in base all'andamento del fluido nella macch.)

ASSIALI: quando scorre parallelamente all'asse di rotazione

RADIALI: quando si muove su un piano normale all'asse di rotazione

MISTE: " " " " un caso intermedio tra i precedenti

master COPY

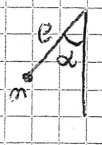


ANALISI DIMENSIONALE Si basa sul principio di omogeneità dimensionale secondo il quale: "i due membri di un'equazione fisica devono essere dimensionalmente omogenei"

METODO DI RAYLEIGH Traduce in forma analitica un problema fisico su cui si stanno facendo analisi e rilevamenti sperimentali

APPLICAZIONE

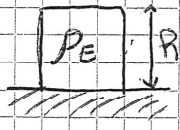
① Determinare l'espressione analitica dell'oscillazione completa del pendolo semplice:



- scrivo tutte le grandezze fisiche che possono influenzare il fenomeno: $t = f(e, m, g)$
- scrivo la formula dell'eq. cercata: $t = k e^{\alpha} m^{\beta} g^{\gamma}$
- scrivo le dimensioni delle grandezze coinvolte: $[t] = T \quad [m] = M \quad [e] = L \quad [g] = L \cdot T^{-2}$
- sostituisco le dimensioni nella formula: $T = 1 \cdot L^{\alpha} M^{\beta} L^{\gamma} T^{-2\gamma}$
- impongo che sia rispettato il principio dell'analisi dimensionale:

$$\begin{cases} 0 = \alpha + \gamma \\ 0 = \beta \\ 1 = -2\gamma \end{cases} \qquad \begin{cases} \beta = 0 \\ \gamma = -1/2 \\ \alpha = +1/2 \end{cases} \qquad t = k\sqrt{\frac{e}{g}}$$

② Calcolare l'espressione analitica della frequenza di oscillazione di una struttura con sviluppo verticale



$f = f(\rho, E, R)$

$f = k \rho^{\alpha} E^{\beta} R^{\gamma}$

$[R] = L$

$[\rho] = M V^{-1}$

$[E] = F \cdot L^{-2} = M \cdot L \cdot T^{-2} \cdot L^{-2} = M \cdot T^{-2} \cdot L^{-1}$

$[f] = T^{-1}$

$k = [1]$

$T^{-1} = M^{\alpha} V^{\alpha} \cdot L^{\gamma} \cdot M^{\beta} \cdot T^{-3\beta} \cdot L^{-\beta} = M^{\alpha+\beta} \underbrace{V^{\alpha}}_{L^{-3\alpha}} L^{\gamma-\beta} \cdot T^{-2\beta}$

$$\begin{cases} 0 = \gamma - \beta + 3\alpha \\ 0 = \alpha + \beta \\ \cancel{0 = \alpha} \\ -1 = -2\beta \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \beta = 1/2 \\ \alpha = -1/2 \\ \gamma = -1 \end{cases} \qquad f = K \sqrt{\frac{E}{\rho}} \frac{1}{R}$$

TEOREMA Π DI BUCKINGHAM

Dato la formula analitica di un processo fisico contenente n variabili fisiche con d dimensioni o grandezze fondamentali, il problema può essere risolto in funzione di $(n-d)$ gruppi adimensionali

$$\Pi = f(x_1, x_2, ____, x_n) = f(\underbrace{x_1 ___ x_m}_{m=d}, \underbrace{___ x_n}_{n-d})$$

$m = d$ (variabili indipendenti) SET RICORRENTE

$n-d$ (Variabili rese adimensionali)

$$\Pi = F(\underbrace{\Pi_1}_{\text{SET RICORRENTE}}, \Pi_{n-m})$$

APPLICAZIONE ③

Si consideri la perdita o caduta di pressione di un fluido che scorre in un condotto rettilineo con diametro costante.

$1 \longrightarrow 2$ $\quad \underbrace{|\Delta p|}_{\downarrow} = p_1 - p_2$

$f = (d, \ell, v, \varepsilon, \mu, \rho)$

d = diametro interno
ℓ = lunghezza tubazione
v = velocità media del fluido
ε = rugosità relativa = $\frac{R(\text{set dei diametri})}{d}$
μ = viscosità dinamica
ρ = massa volumica

$\frac{|\Delta p|}{\ell} = f(d, v, \varepsilon, \mu, \rho)$ $\quad n = 5,\ d = 3 \Big\}\ n-d = 2$ gruppi adimensionali

Generalmente nel set ricorrente non si inseriscono le grandezze che hanno una maggior influenza; in questo caso son ε e μ. Perciò per il set ricorrente si usano d, v, ρ.

$\Pi = \frac{|\Delta p| \ell}{d^{\alpha} v^{\beta} \rho^{\gamma}}$ $\quad \left[\frac{|\Delta p|}{\ell}\right] = [d^{\alpha} v^{\beta} \rho^{\gamma}]$ $\quad \left[\frac{\Delta p}{\ell}\right] = M \cdot L \cdot T^{-2} \cdot L^{-2} \cdot L^{-1}$

$[d] = L$ $\quad [v] = L\,T^{-1}$ $\quad [\rho] = M \cdot L^{-3}$

$M\,T^{-2} L^{-2} = L^{\alpha} L^{\beta} T^{-\beta} M^{\gamma} L^{-3\gamma} \Rightarrow \begin{cases} 1 = \gamma \\ -2 = -\beta \\ -2 = \alpha + \beta - 3\gamma \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \gamma = 1 \\ \beta = 2 \\ \alpha = -1 \end{cases}$

$\Pi_4 = \frac{\mu}{d^{\alpha_1} u^{\beta_1} \rho^{\gamma_1}}$ $\quad N_{Re} = \frac{\rho u d}{\mu}$ $\quad [\mu] = [\rho u d]$

N_{Re} è adimensionale

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

$M L^{-1} T^{-1} = L^{\alpha_1} (L T^{-1})^{\beta_1} (M L^{-3})^{\gamma_1} \rightarrow \begin{cases} 1 = \gamma_1 \\ -1 = \alpha_1 + \beta - 3\gamma_1 \\ -1 = -\beta_1 \end{cases} \quad \begin{cases} 1 = \gamma_1 \\ \alpha_1 = 1 \\ \beta_1 = 1 \end{cases}$

$\Pi_1 = \frac{1}{N_{Re}} = \frac{\mu}{d u \rho}$

$\Pi_2 = \frac{e}{d^{\alpha_2} u^{\beta_2} \rho^{\gamma_2}}$ $\quad [e] = [d^{\alpha_2} u^{\beta_2} \rho^{\gamma_2}]$ (e lunghezza medio difetti)

$M^0 L^1 T^0 = L^{\alpha_2} (L T^{-1})^{\beta_2} (M L^{-3})^{\gamma_2}$

$\begin{cases} 0 = \gamma_2 \\ 1 = \alpha_2 + \beta_2 - 3\gamma_2 \Rightarrow \alpha_2 = 1 \\ 0 = -\beta_2 \end{cases}$

$\frac{|\Delta p| / \rho}{d^{-1} u^2 \rho^{-1}} = \frac{e}{d} F(N_{Re}, \varepsilon)$ (ε = scabrezza relativa)

$|\Delta p| = \frac{\rho d u^2}{\rho d} \rho \, F(N_{Re}, \varepsilon) = \frac{\rho u^2 \rho}{d} F(N_{Re}, \varepsilon)$

CENNI STORICI

1700: prima macchina motrice termica (a vapore) alternativa: en. termica → en. meccan.

1900: tutte le macchine motrici termiche ed idrauliche si erano sviluppate tranne 2 che si svilupparono nel corso del 1900: turbina a vapore e idraulica, macchina alternativa a comb. interna

CLASSIFICAZIONE DELLE ENERGIE

FONDAMENTALI:
- radiazione solare
- campo gravitazionale
- sistema dei pianeti

PRIMARIE (TRADIZIONALI):
- idraulica
- chimica
- geotermica
- nucleare

CAPITOLO 2: TD APPLICATA ALLE MACCHINE

DEFINIZIONI

TD CLASSICA studia la macrostruttura della materia (non le singole particelle)

SISTEMA TD tutto ciò che costituisce l'oggetto della circa TD (CR, control region, CV, control volume) delimitato da una ben definita superficie (CS = control surface)

SISTEMA APERTO Quando la CS permette flussi di materia

SISTEMA CHIUSO Quando la CS non permette flussi di massa

SISTEMA ISOLATO Quando modifiche dell'ambiente non comportano modifiche del sistema

UNIVERSO SISTEMA + AMBIENTE