

Università degli Studi di Padova – Dipartimento di Ingegneria Industriale

Corso di Laurea in Ingegneria Meccanica

Relazione per la prova finale
***«Sistemi di propulsione navale: stato
attuale e sfide future»***

Tutor universitario: Prof. Stefano Bortolin

Laureando: *Simone Diego Lauro*

Padova, 18/11/2022

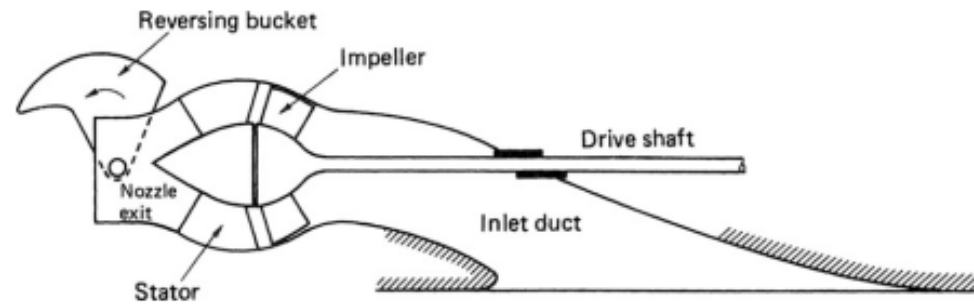
Perché approfondire un tema come quello della propulsione navale?

- Commercio globale
- Ricerca
- Turismo e intrattenimento
- Difesa
- Risorse energetiche



- Delineare una panoramica sulle tipologie di propulsori di più largo utilizzo.
- Descrizione degli impianti di propulsione tradizionali e storicamente importanti.
- Motivare la transizione ad impianti propulsivi all'avanguardia.
- La problematica ambientale e l'utilizzo di tecnologie innovative.
- Stimolare l'interesse verso questo settore, evidenziandone l'importanza e la necessità.

Idrogetto



Vantaggi

- *Leggerezza*
- *Manovrabilità*
- *Elevate velocità*
- *Riduzione del rumore ed aumento del comfort a bordo.*
- *Facilità dell'inversione di marcia.*

Svantaggi

- *Eccessivo consumo di carburante.*
- *Ingestione d'aria nelle fasi di aspirazione.*
- *Costi d'installazioni notevoli.*

Elica



A passo fisso

- Grande robustezza
- Semplicità progettuale
- Poca manutenzione
- Elevata duttilità
- Utilizzo di un invertitore marino.



A passo variabile

- Regolazione del passo
- Costi superiori
- A parità di diametro η minori.
- Range di velocità ampi
- Elevata manovrabilità



Controrotanti

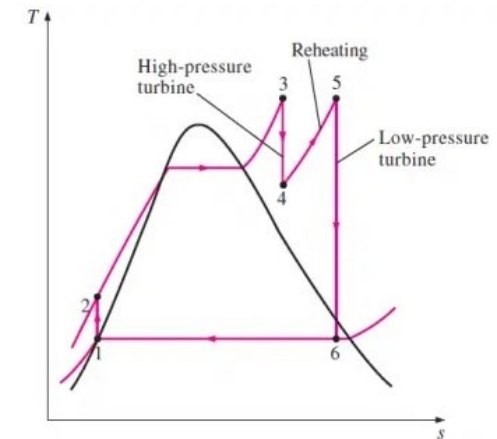
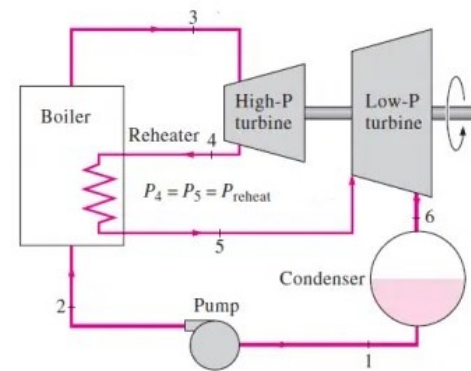
- Vantaggio idrodinamico
- Stabilità
- Carico palare ridotto
- Complessità meccanica

Come garantiamo il funzionamento dei propulsori?

Turbina a vapore $P = \dot{m}_v \cdot \Delta h \cdot \eta_t$



- Ciclo Rankine con risurriscaldamento
- Creep
- Erosione delle pale ($x = 0.88$)
- Azione e reazione
- Difficoltà nella realizzazione dei riduttori.
- Forte competizione con il motore Diesel.
- Impianti combinati (COSAG)
- Laminazione e parzializzazione

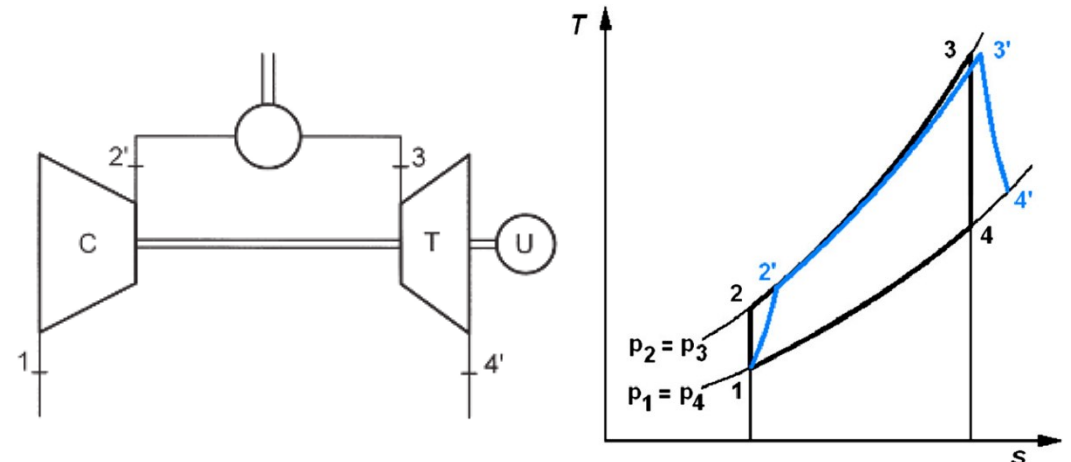
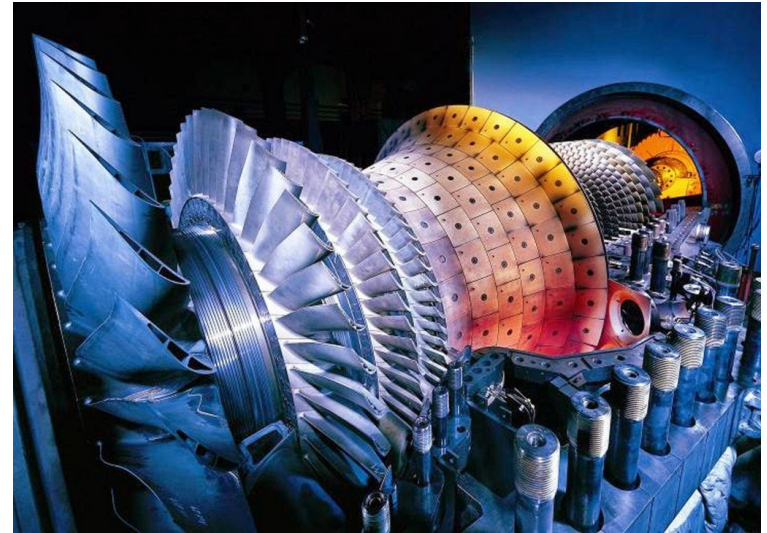


$$\eta_c = \frac{P_u}{q}$$

Turbina a gas

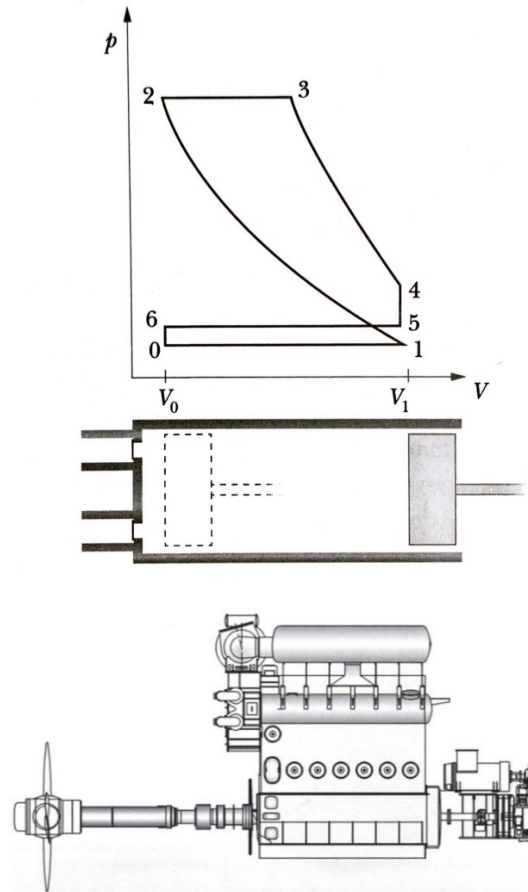
- Aeroderivative ed heavy duty
- Ciclo Brayton-Joule
- Rigenerazione e interrefrigerazione
- Leggero e compatto
- Elevate concentrazioni di potenza ($4000 \text{ kW}/\text{m}^3$).
- Carene più assottigliate e miglior gestione degli spazi.
- Elevato valore del consumo specifico.

$$\eta_{tr} = \frac{L_{ur}}{c_p(T_3 - T_{2'})}$$



Motore diesel a due tempi

- Rapporti di compressione elevati
- HFO elevato potere calorifico inferiore (42.700 kJ/kg).
- Semplicità accoppiamento meccanico tra motore ed elica.
- Eccessivo sviluppo in altezza
- Meno rumoroso
- Ad ogni giro una corsa utile

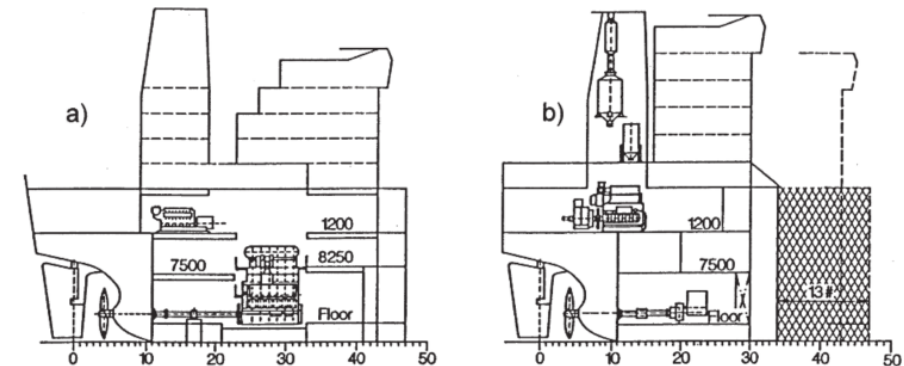
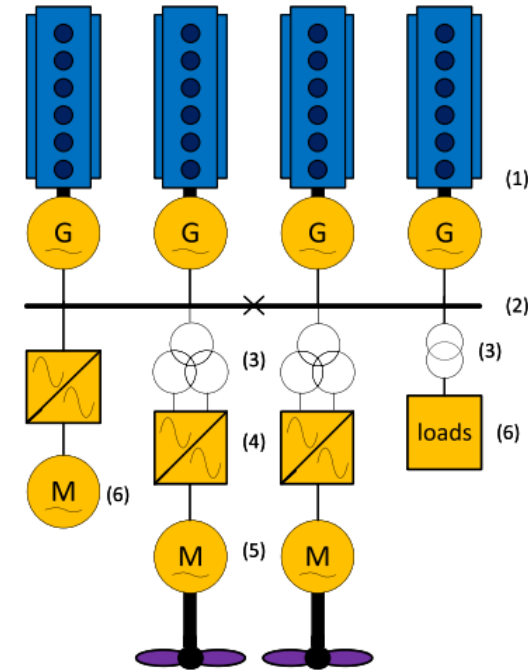


Motore diesel a quattro tempi

- Rapporti di compressione elevati
- Consumo specifico minore, ma con combustibili più pregiati (MDO).
- Velocità di rotazione più elevate e aggiunta del riduttore.
- Maggior flessibilità
- Modesto ingombro

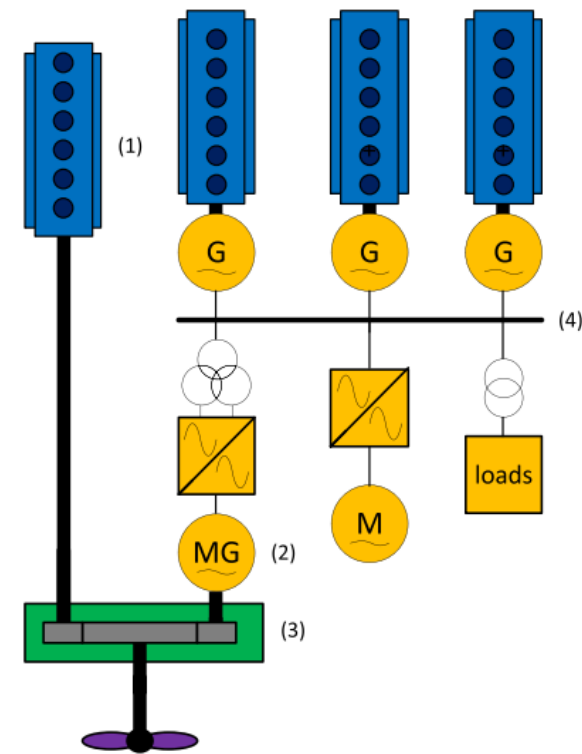
Motore elettrico

- Trend in aumento negli ultimi anni
- Motori termici associati
- Indipendenza del posizionamento
- Energia elettrica per i servizi di bordo è prodotta direttamente dall'impianto propulsivo.
- Il generatore viene fatto lavorare alle condizioni di progetto.
- Coppie elevate a basse velocità
- Conversione energetica complicata
- Peso e costo dei componenti notevole



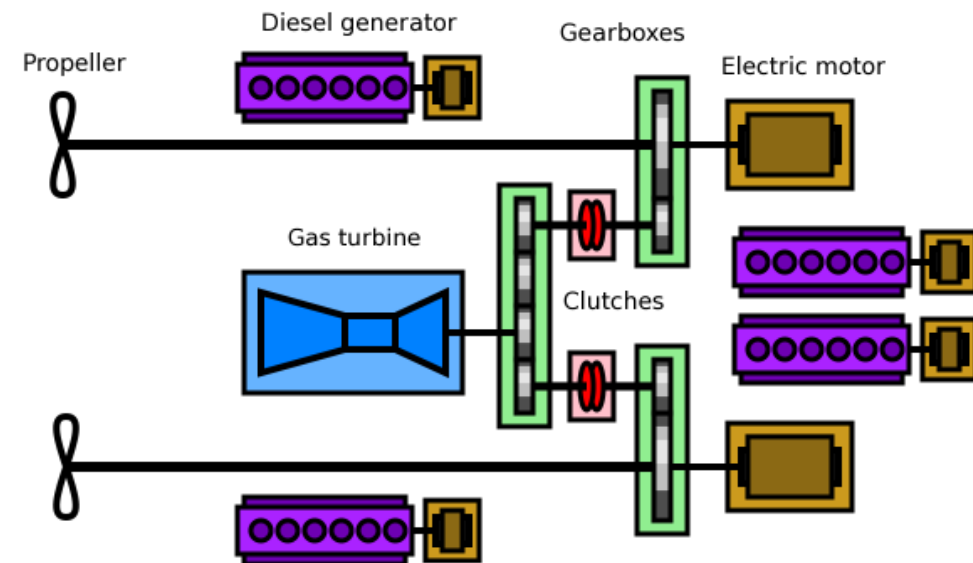
Sistemi ibridi

- Notevole beneficio per profili operativi molto variabili.
- Unisce i vantaggi dei sistemi termici ed elettrici.
- Miglioramento notevole dell'efficienza.
- Riduzione degli ingombri
- Elevato sviluppo tecnologico
- Con alcuni sistemi si raggiungono velocità massime molto elevate.



CODLAG

- Motori elettrici direttamente collegati agli assi delle eliche.
- Motori diesel utilizzati sia per la propulsione che per l'alimentazione elettrica.
- Turbina a gas alle alte velocità
- Fortemente utilizzati in ambito militare.
- Silenziosità che permette l'applicazione anche sui sottomarini.



Quali sono le tecnologie innovative verso le quali l'emergenza climatica ci sta portando?

Batterie

- Elevato rapporto della densità energetica [kWh/kg].
- Buon compromesso durata
- Beneficio dell'esperienza acquisita in altri settori.
- Limitazione notevole delle emissioni di gas serra.
- Costi contenuti rispetto ad altre applicazioni.

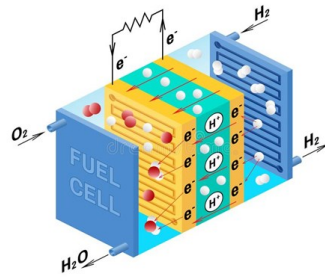
Supercondensatori

- Versioni tecnologicamente sviluppate dei condensatori tradizionali.
- Fasi di carico e scarico molto rapide.
- Utilizzati come sistema d'ibridazione (densità energetica limitata).

Battery Type	Energy density (kWh/kg)	Power density (kW/kg)	Efficiency
Lead - Acid	$30-50 \times 10^{-3}$	$75-300 \times 10^{-3}$	70-90%
Nickel-Cadmium	$50-75 \times 10^{-3}$	$150-300 \times 10^{-3}$	60-65%
Nickel Metal Hydride	$60-100 \times 10^{-3}$	$200-1500 \times 10^{-3}$	65-90%
Lithium - Ion	$100-200 \times 10^{-3}$	$80-2000 \times 10^{-3}$	85-90%



Celle a combustibile



- Efficienza elevata
- Combustibile principale idrogeno
- Richiesta un'elevata purezza
- Sistema pulito
- Riutilizzo dell'acqua calda per sistemi secondari.
- Non hanno bisogno di essere ricaricate.
- Sistemi modulari in base alla potenza richiesta.

Fonti energia rinnovabile

- Fotovoltaici, necessità di grandi superfici (bassi W/m^2).
- Rotori Flettner
- Aquiloni



Verso quale futuro andrà incontro la propulsione navale?

L'obiettivo primario che pilota ogni scelta riguardante questi sistemi è una transizione energetica che non faccia rimpiangere i sistemi più tradizionali abbattendo l'impatto ambientale.

La ricerca e gli studi effettuati fanno ben sperare, ma la strada è ancora molto lunga.

“Possiamo essere giunti fin qui su navi diverse ma, ora, siamo tutti sulla stessa barca.”

Martin Luther King