

POLITECNICO DI TORINO
ESAMI DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALL'ESERCIZIO DELLA PROFESSIONE
DI INGEGNERE INDUSTRIALE

Il Sessione 2013 - Sezione A
Settore Industriale

Prova pratica del 23 gennaio 2014

Il candidato svolga uno a scelta fra i seguenti temi proposti:
(indicare sulla busta il numero del tema svolto)

Tema n. 1

Dinamica del flusso di Couette:

1. Derivare l'equazione del moto per il flusso di Couette incompressibile, stazionario, a temperatura costante e con gradiente di pressione longitudinale. Trovare i profili di velocità e di vorticità.
Rappresentare graficamente i profili in funzione della coordinata normale alle pareti, parametrizzando sul gradiente di pressione.
Determinare per quale valore del gradiente di pressione longitudinale normalizzato si ha separazione sulla parete fissa.
2. Derivare l'equazione che descrive la distribuzione di temperatura per il flusso di Couette in assenza di gradiente di pressione, con temperatura delle pareti costante pari a T_0 per $y=0$ (dove y è la variabile spaziale normale alle pareti), ed a T_1 per $y=h$ (dove h è la distanza tra le pareti).
Trovare il profilo di temperatura ed il parametro di controllo che lo caratterizza.
Discutere il comportamento dei flussi di calore a parete.

Tema n. 2

L'unità motoria vertebrale L4-L5 risulta essere una delle più sollecitate dell'intera colonna vertebrale e spesso il disco intervertebrale interposto va incontro a patologie che risultano essere dolorose e invalidanti.

Considerando un individuo con massa corporea pari ad 80 kg che sorregge una scatola di massa pari a 4 kg tenendo gli arti inferiori estesi, gli arti superiori flessi e la colonna vertebrale inclinata di 30° rispetto ad un asse verticale ed ipotizzando i restanti parametri anatomici necessari ed un modello semplificato dell'intero sistema:

- valutare numericamente l'entità e la direzione della forza alla quale è sottoposto il disco intervertebrale;
- discutere, dimostrandolo numericamente, come si riduce il carico articolare quando l'individuo assume una posizione eretta;
- illustrare con quali metodologie teoriche o sperimentali è possibile studiare il comportamento strutturale delle articolazioni umane.

Tema n. 3

In un'industria alimentare sono effettuate le seguenti operazioni unitarie:

- concentrazione di uno sciroppo;
- estrazione di alcool etilico da una soluzione derivante da fermentazione.

E' disponibile vapore surriscaldato a pressione circa ambiente a temperatura di 120°C.

La concentrazione dello sciroppo, con portata in ingresso 2000 kg/h a 20°C, è condotta in un evaporatore a singolo effetto, operante sottovuoto, a circa 80°C. Lo sciroppo è concentrato dall'1% al 6% in secco, espresso in massa.

L'estrazione dell'alcool etilico avviene in una colonna controcorrente con scambio di massa con il vapore. La portata della soluzione contenente alcool etilico da trattare è di 3000 kg/h a 20°C; la concentrazione di alcool etilico nella soluzione da trattare è il 10% in volume. Obiettivo dell'operazione è recuperare il 70% dell'alcool etilico nel flusso in uscita.

Si considerino i seguenti dati:

- calore specifico dello sciroppo = 4 kJ/kg °C
- costante di Henry dell'alcool etilico = 200 mol/kg bar (costante al variare della temperatura)

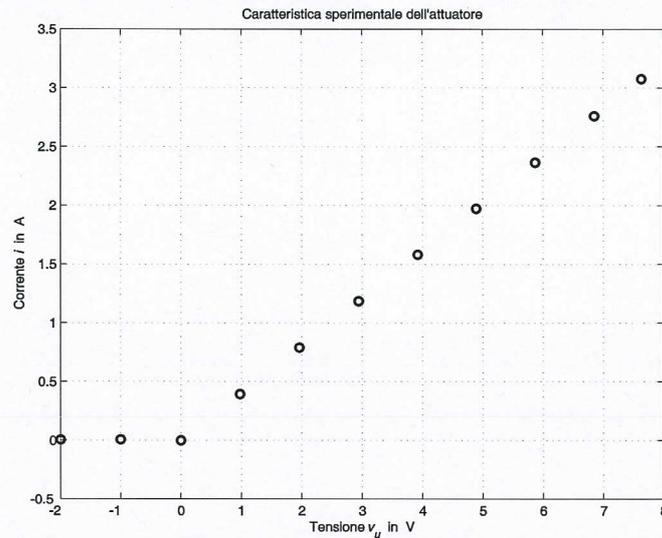
Il candidato:

- rediga uno schema del processo con il relativo bilancio di massa quantificando i flussi principali;
- dimensioni lo scambiatore del concentratore e il condensatore della colonna di stripping scegliendo la tipologia di apparecchiatura e le caratteristiche dei materiali da utilizzare;
- rappresenti con uno schema le principali apparecchiature e i sistemi di regolazione e controllo.

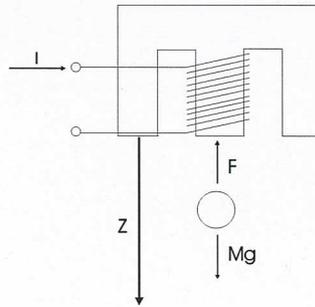
Tema n. 4

Si consideri il dispositivo meccatronico per scopi didattici denominato *levitatore magnetico*, costituito in prima approssimazione dalla cascata dei tre seguenti sottosistemi:

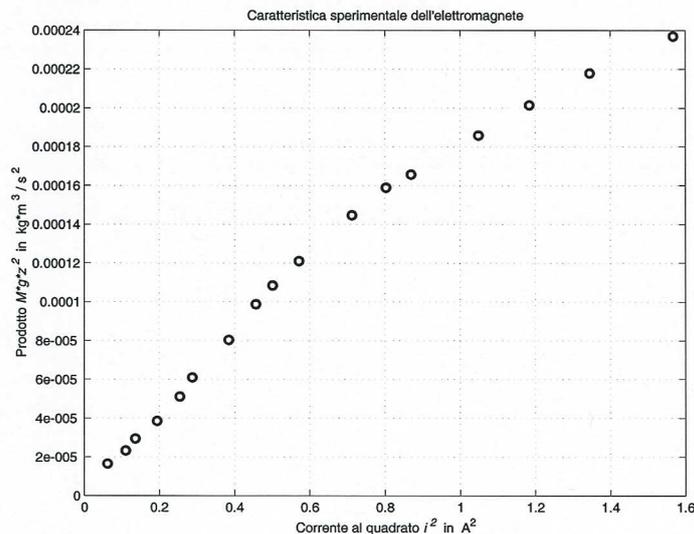
- un attuatore, che riceve in ingresso la tensione di comando v_u (espressa in V) e fornisce in uscita la corrente i (espressa in A); il legame sperimentale fra tali grandezze, mostrato nella figura sottostante, è approssimabile nell'intervallo di linearità tramite la caratteristica: $i = K_a * v_u + i_0$



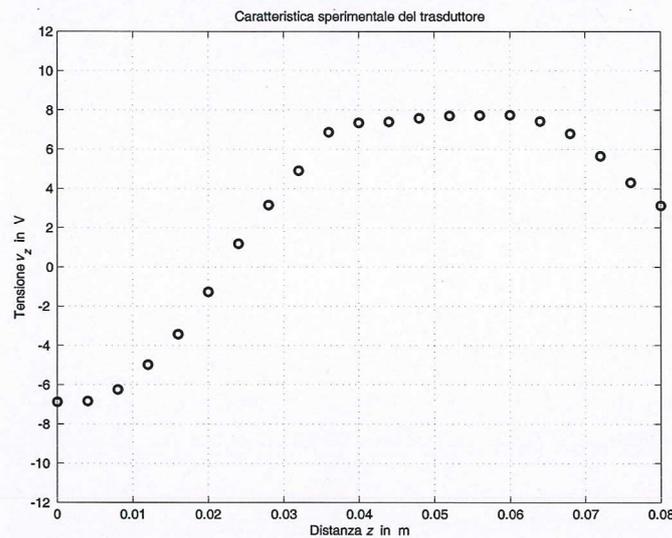
- un elettromagnete, che riceve in ingresso la corrente i fornita dall'attuatore e genera una forza magnetica F che attrae una sfera metallica di massa $M = 0,022$ kg, da considerarsi un corpo puntiforme; tale sottosistema, mostrato in figura, è descritto dal modello dinamico: $M * d^2z/dt^2 = M * g - F$, $F = (K_m * i^2 + K_0) / z^2$, in cui z è la distanza (espressa in m) fra l'elettromagnete e la sfera;



quando la sfera è in condizione di equilibrio, il legame sperimentale fra il prodotto $M * g * z^2$ e il termine i^2 , mostrato nella figura sottostante, può essere approssimato nell'intervallo di linearità mediante la caratteristica: $M * g * z^2 = K_m * i^2 + K_0$



- un trasduttore, che misura la posizione z della sfera mediante sensori ottici e fornisce in uscita una tensione v_z (espressa in V); il legame sperimentale fra tali grandezze, mostrato nella figura sottostante, è approssimabile nell'intervallo di linearità centrato intorno al valore nullo di v_z tramite la caratteristica: $v_z = K_t * z + v_0$



Si ricavano per via grafica i valori numerici dei parametri K_a , i_0 , K_m , K_0 , K_t e v_0 , precisando gli intervalli di validità delle approssimazioni effettuate.

Come modello matematico del dispositivo complessivo, se ne ricavi una rappresentazione in variabili di stato, adottando v_u come variabile d'ingresso u e v_z come variabile d'uscita y . Scegliendo come uscita di equilibrio il valore $y_{eq} = 0$, si ricavano i valori dell'ingresso u_{eq} e dello stato x_{eq} di equilibrio corrispondenti; si linearizzi il modello in tale punto di equilibrio, analizzandone le proprietà di stabilità locale; si calcoli la funzione di trasferimento del modello linearizzato ricavato, analizzandone le proprietà di stabilità esterna.

Se possibile dal punto di vista teorico, si progetti un regolatore dinamico (o retroazione statica dallo stato stimato da un osservatore asintotico) che soddisfi le seguenti specifiche:

- errore di inseguimento nullo al gradino in caso di assenza di incertezze di modello (è sufficiente garantire la condizione di regolazione dell'uscita)
- sovraelongazione massima non superiore al 15%
- tempo di salita non superiore a 0,015 s
- tempo di assestamento al 5% non superiore a 0,1 s
- costanti di tempo dell'osservatore asintotico dello stato non superiori alla metà delle costanti di tempo del sistema controllato mediante il regolatore dinamico

Assumendo come modello approssimato dell'intero levitatore la funzione di trasferimento

$$F(s) = \frac{Y(s)}{U(s)} = \frac{V_z(s)}{V_u(s)} = \frac{-5000}{s^2 - 900},$$

si progetti un dispositivo di controllo analogico mediante

compensazione dinamica in cascata e retroazione negativa unitaria dell'uscita tale da soddisfare le seguenti specifiche:

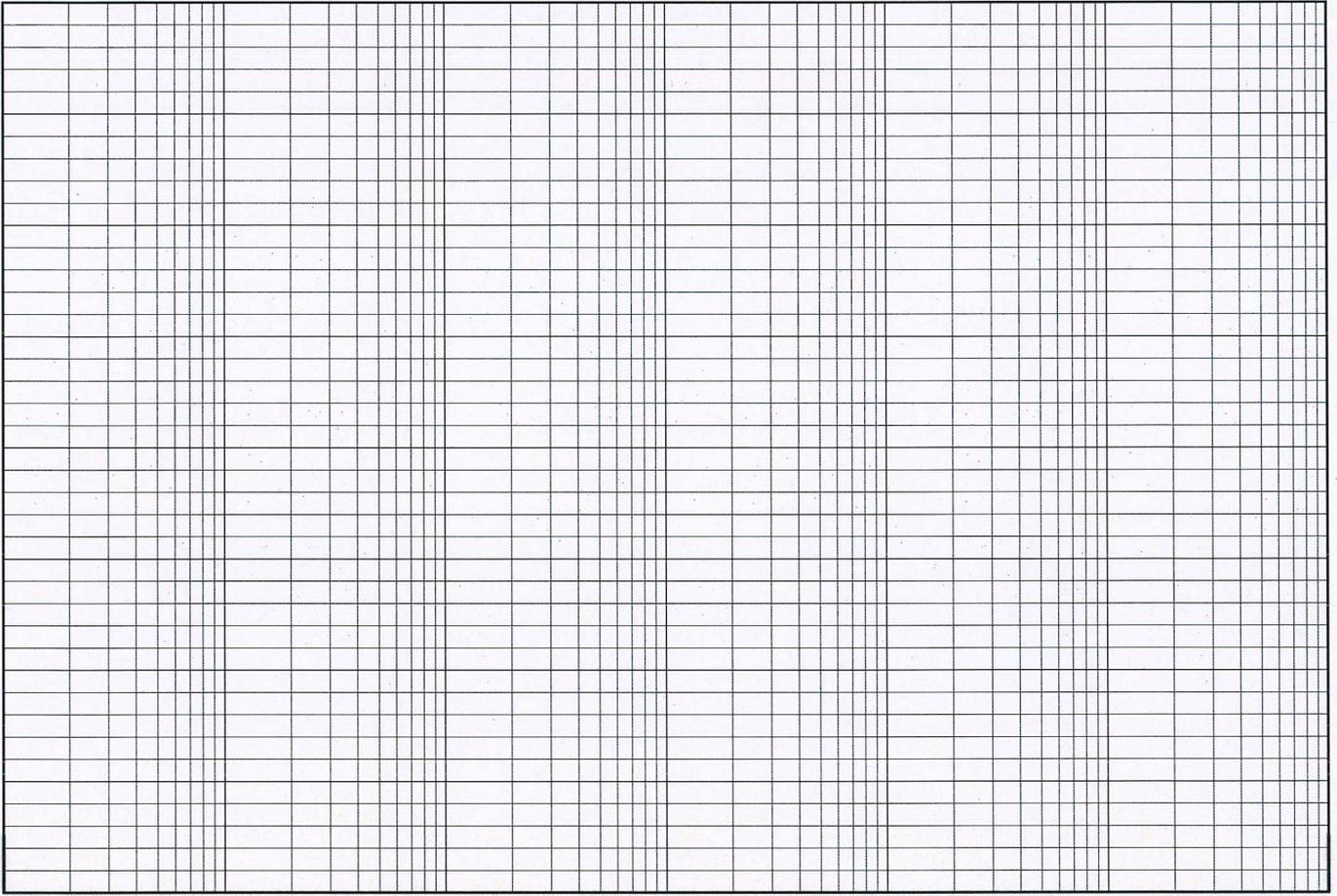
- fattore di scala ingresso-uscita unitario
- errore di inseguimento al gradino unitario non superiore a 0,02 V
- sovraelongazione massima non superiore al 15%
- tempo di salita non superiore a 0,015 s
- tempo di assestamento al 5% non superiore a 0,1 s
- picco di risonanza della risposta in frequenza non superiore a 1 dB
- banda passante della risposta in frequenza non superiore a 120 Hz

Di entrambi i dispositivi di controllo, si caratterizzino sia le strutture sia gli algoritmi.

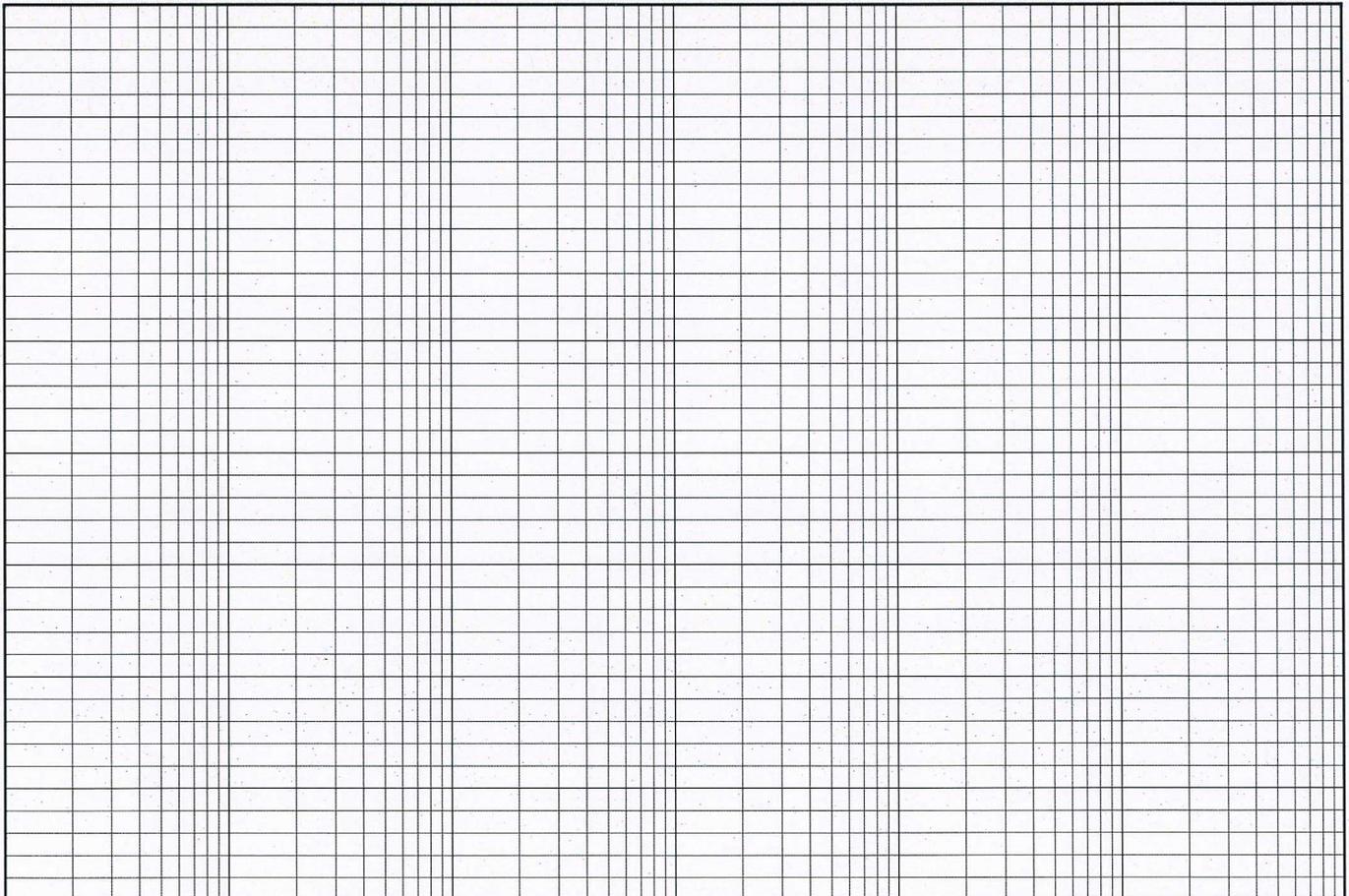
Infine, senza entrare nei dettagli implementativi, si propongano architetture di controllo alternative che soddisfino tali specifiche in presenza delle inevitabili incertezze di modello.

Nota: il tracciamento di diagrammi di Bode e/o di Nichols sia effettuato sugli appositi fogli da richiedersi alla Commissione.

Carta semilogaritmica a 6 decadi

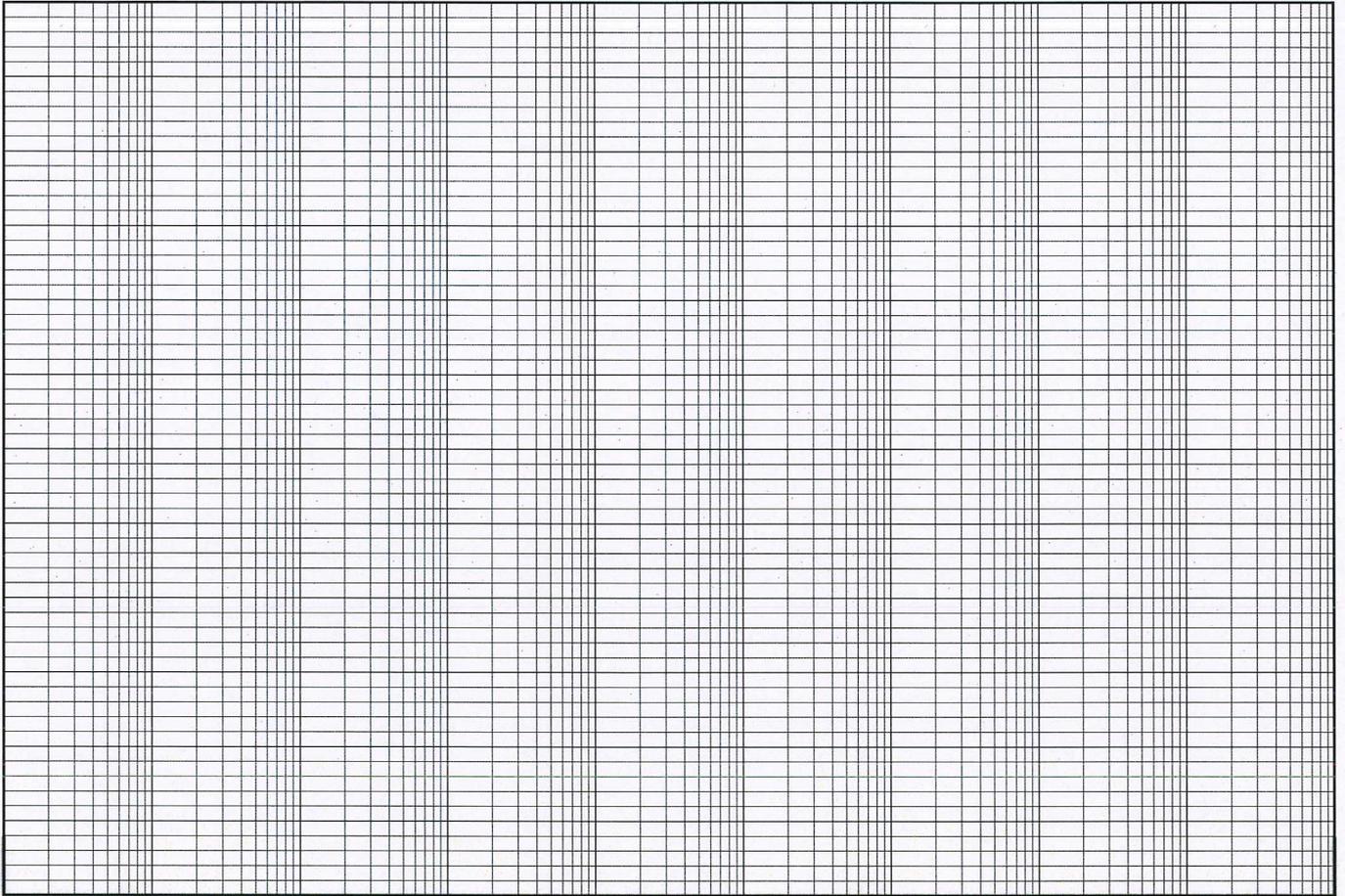


Pulsazione ω

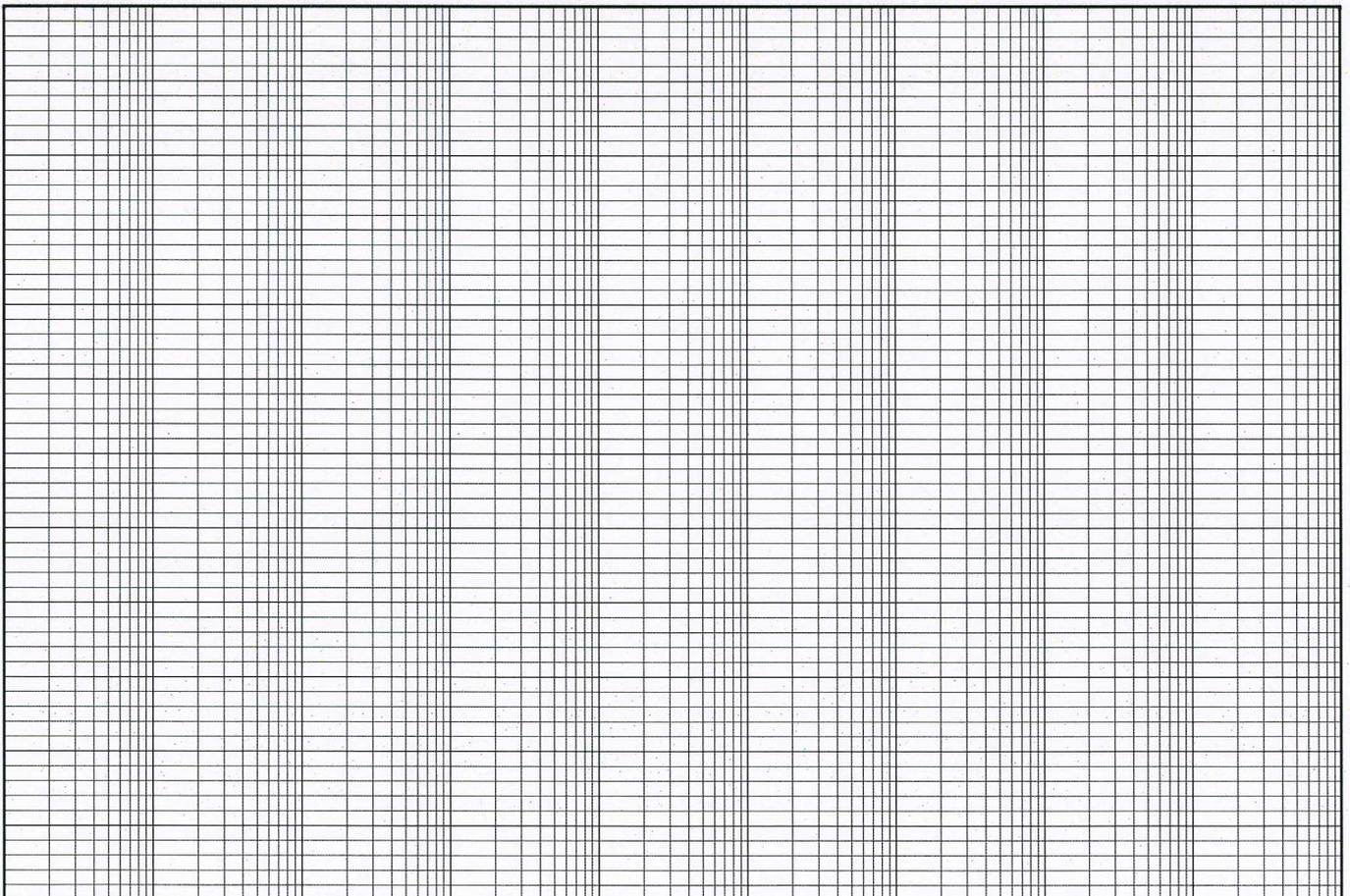


Pulsazione ω

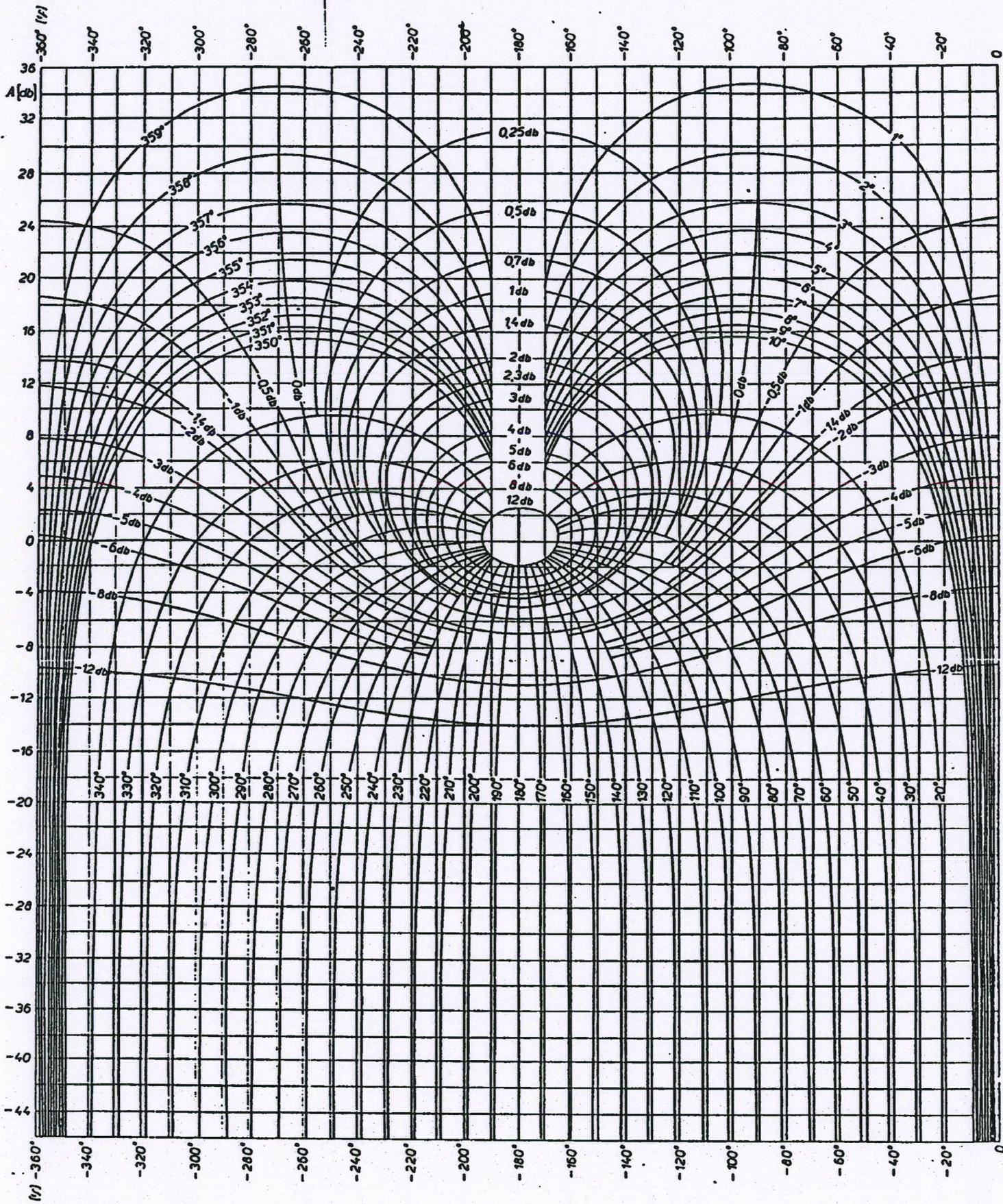
Carta semilogaritmica a 9 decadi



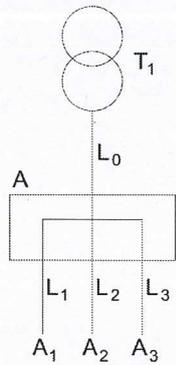
Pulsazione ω



Pulsazione ω



Tema n. 5



Un trasformatore MT/BT T_1 alimenta il quadro elettrico A, cui sono sottesi i carichi trifase A_1 , A_2 , A_3 , mediante linea in cavo L_0 trifase (3F+N+PE) come da schema riportato a fianco. Il trasformatore T_1 ha le seguenti caratteristiche di targa:

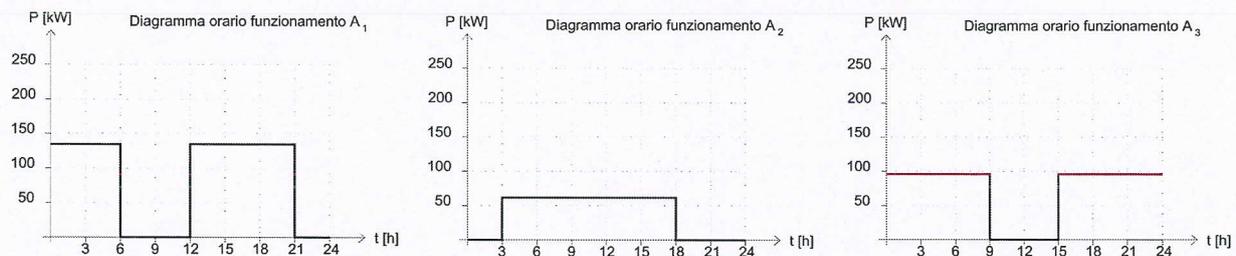
$V_1=15$ kV
 $V_2=0,4$ kV
 $A_n=500$ kVA
 $V_{cc\%}=6$
 $\cos\varphi_0=0,52$
 Gruppo vettoriale: Dyn11

I carichi A_1 , A_2 , A_3 hanno le seguenti caratteristiche:

- A_1 : $U=400$ V, $P_n = 130$ kW, $\cos\varphi=0,87$ ind, distanza dal quadro A $L_1=40$ m, posa in cunicolo
- A_2 : $U=400$ V, $P_n = 60$ kW, $\cos\varphi=0,83$ ind, distanza dal quadro A $L_2=50$ m, posa in tubo
- A_3 : $U=400$ V, $P_n = 98$ kW, $\cos\varphi=0,90$ ind, distanza dal quadro A $L_3=35$ m, posa su canale metallico

La linea in cavo L_0 è posata su passerella perforata ed è lunga $L_0=80$ m

Il profilo di funzionamento orario dei carichi A_1 , A_2 , A_3 è riportato nei diagrammi seguenti.



Il candidato, sulla base dei dati forniti, degli studi condotti e delle esperienze maturate, stimando gli eventuali dati mancanti, determini:

1. la capacità del banco di condensatori da collegare alla sbarra principale del quadro A per rifasare il carico ($A_1 + A_2 + A_3$) al valore minimo $\cos\varphi=0,92$
2. le caratteristiche del cavo L_0 (formazione, tipo, sezione, ecc.) al fine di assicurare una caduta di tensione globale non superiore al 4%
3. le caratteristiche dei cavi L_1, L_2, L_3 (formazione, tipo, sezione, ecc.) al fine di assicurare una caduta di tensione ai morsetti di ciascun carico non superiore al 4%
4. le caratteristiche della protezione contro le sovracorrenti da installare a protezione del cavo L_0 immediatamente a valle del trasformatore T_1
5. le caratteristiche delle protezioni contro le sovracorrenti da installare nel quadro A a protezione dei cavi L_1, L_2, L_3
6. le caratteristiche della protezione da installare sul banco di rifasamento calcolato al precedente punto 1.
7. La capacità del banco di condensatori da collegare immediatamente a valle del trasformatore T_1 per il rifasamento a vuoto dello stesso

In un periodo successivo viene collegato, sempre sulla sbarra principale del quadro A, un ulteriore carico A_4 con le seguenti caratteristiche:

- A_4 : $U=400$ V, $P_n = ?$, $\cos\varphi=0,90$ ind, distanza dal quadro A $L_4=25$ m, posa su canale metallico, profilo di funzionamento orario continuo 24/h

Viene contestualmente collegato in parallelo a T_1 un secondo trasformatore T_2 con le seguenti caratteristiche di targa:

$V_1=15$ kV
 $V_2=0,4$ kV
 $A_n=100$ kVA
 $V_{cc\%}=5,4$
 Gruppo vettoriale: Dyn11

Il candidato determini il massimo valore di potenza che può assumere il carico A_4 senza provocare surriscaldamenti o danneggiamenti alle due macchine T_1 e T_2 .

Gli elaborati prodotti dovranno essere stilati in forma chiara ed ordinata.

La capacità di sintesi, l'ordine e la chiarezza espositiva costituiranno elementi di valutazione.

Tema n. 6

Un impianto nucleare di potenza a ciclo diretto (tipo ESBWR) produce **vapore saturo e secco** in accordo ai dati riportati in tabella 1.

In fig.1 è schematizzato lo schema della parte dell'impianto che converte l'energia termica prodotta dal reattore e disponibile come vapore saturo in energia elettrica.

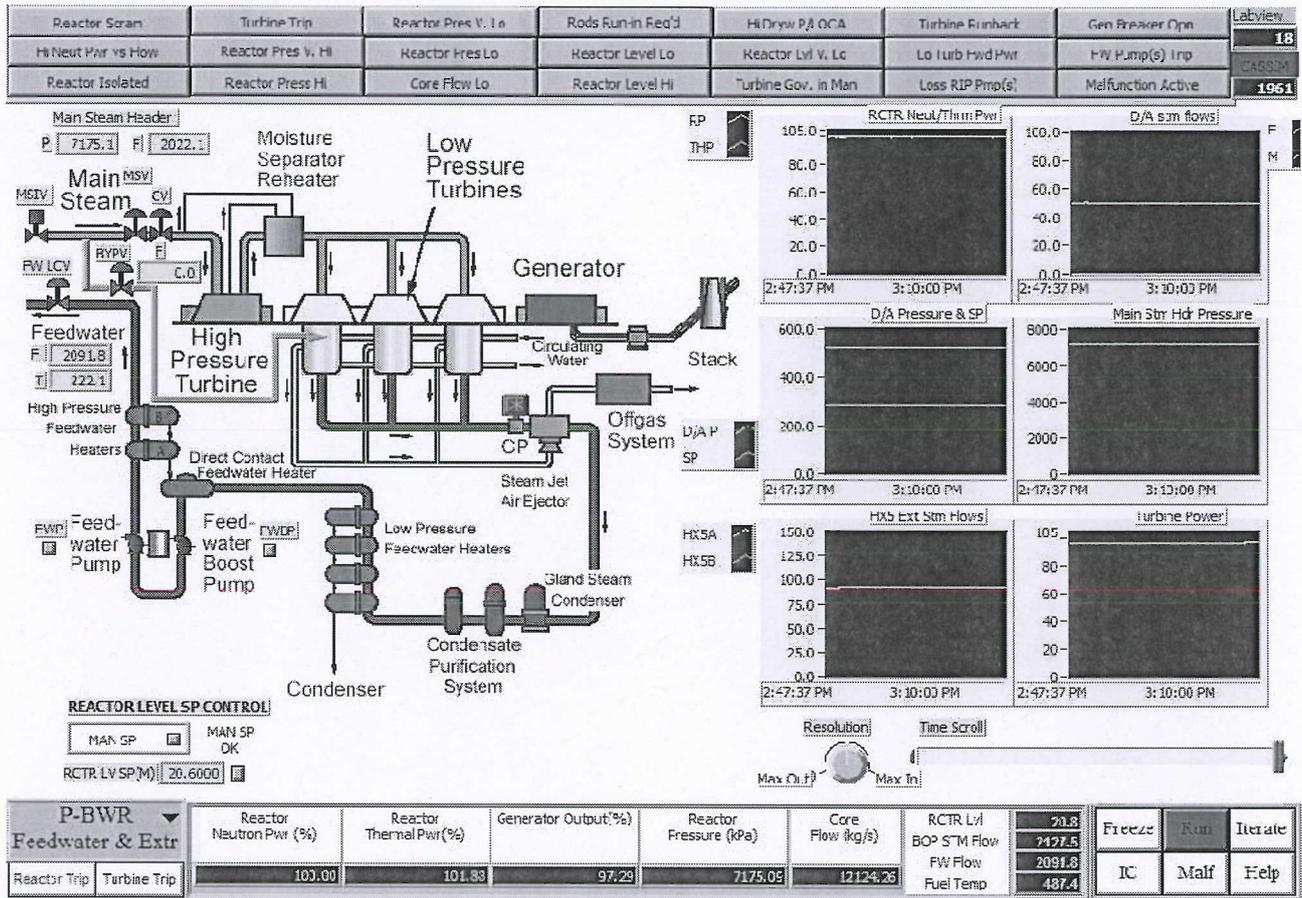


Fig. 1: Schema dell'impianto come visto in sala controllo.

Tabella 1:

	unità di misura	valore
Potenza termica	MW	4500
Potenza elettrica lorda prodotta	MW	1550
Pressione media fluido termovettore nel reattore	MPa	7,175
Temperatura del vapore (saturo) all'uscita del reattore	°C	286,9
Temperatura dell'acqua di alimentazione del reattore	°C	216
titolo medio all'uscita dal core	%	17

Allo scarico dei corpi turbina di alta pressione (fig. 2, 3) sono presenti, in parallelo, **quattro** separatori di condensa/ surriscaldatori (MSR: Moisture Separator Reheater A1, A2, B1, B2) di vapore di alimentazione delle turbine di bassa pressione connessi in parallelo.

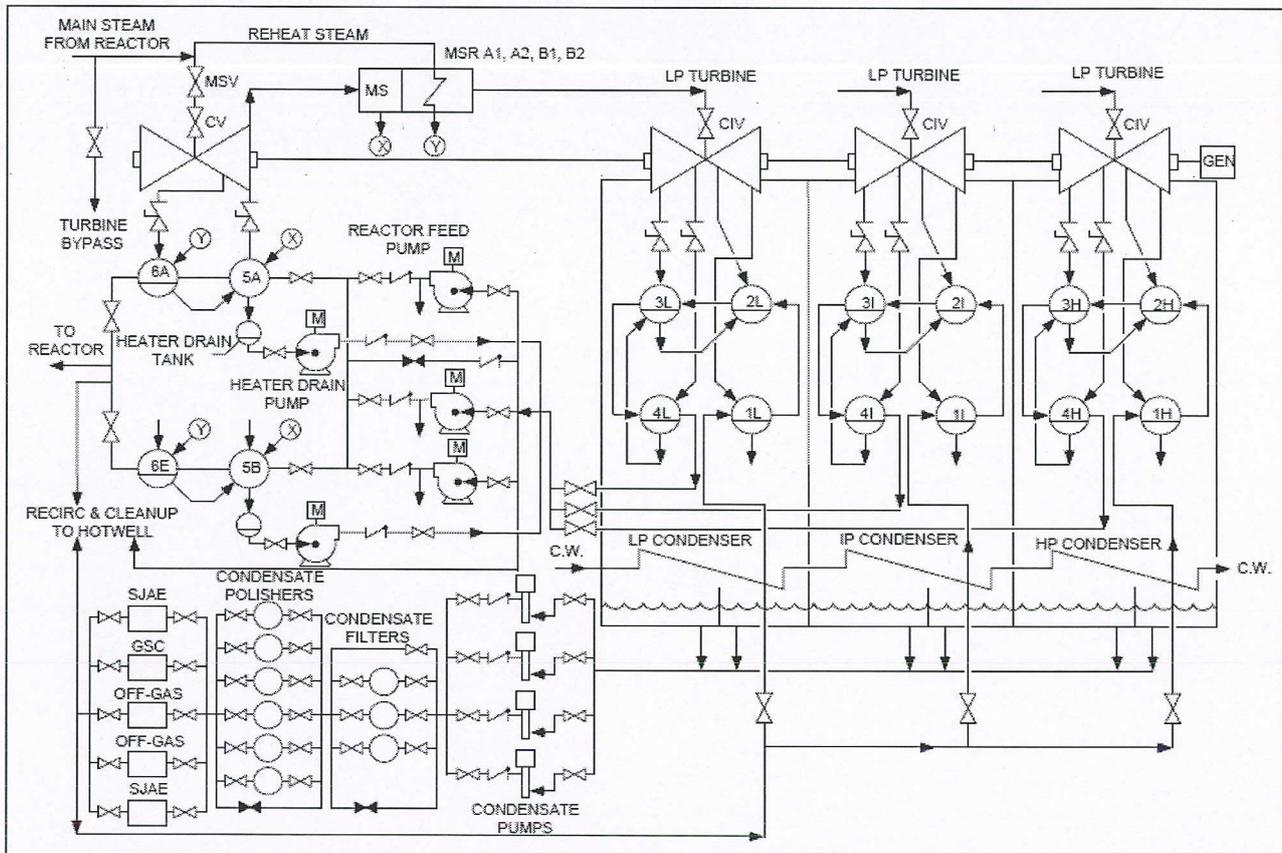


Fig.2 Schema di riferimento per il ciclo vapore (steam & power conversion system): CIV: Combined and Intermediate Valve (valvola di stop ed intermedia), MSV: Main Steam Valve; CV Control Valve, MS Moisture Separator, M motore; CW Cold Water.

La tabella 2 caratterizza alcuni dati di riferimento per il ciclo termodinamico realizzato.

Tabella 2: Alcuni dati di riferimento

grandezza	Unità di misura	valore
Pressione del vapore alimentazione turbina di alta pressione (valvola di ammissione in turbina)	MPa	6,8
Titolo del vapore in ingresso alla turbina di alta pressione	-	0,996
Pressione ingresso vapore ai corpi delle turbine di bassa pressione	MPa	3,2
Temperatura del vapore (surriscaldato) all'ingresso dei corpo di bassa pressione	°C	250
Minimo titolo ammissibile nei corpi turbina allo scarico	%	80
Pressione nel condensatore	kPa	5
Pressione nel degasatore (direct contact feed-water-heater)	kPa	600
Rigenerazioni (pressioni di spillamento): quattro tra condensatore e degasatore e due tra degasatore ed ingresso reattore	kPa	24,5; 60,8; 147; 330 1353; 2311.
Massima variazione di temperatura ammissibile nell'acqua di raffreddamento del condensatore	°C	18

Il rendimento termodinamico interno dell'espansione in turbina sia una funzione del titolo termodinamico medio X_{medio} secondo la relazione:

$$\eta_i = 0,9 - 0,6 * (1 - X_{medio})$$

se X_{medio} è pari a 1 o maggiore si assuma per il rendimento termodinamico interno il valore di 0.9.

Si ipotizzi che le temperature di drenaggio dell'acqua nei preriscaldatori di alta pressione e di bassa pressione siano pari alla temperatura dell'acqua di alimentazione del preriscaldatore aumentata di 5°C. ed anche che la temperatura dell'acqua in uscita da ogni preriscaldatore, lato acqua da preriscaldare, sia pari alla temperatura del vapore spillato dalla turbina ridotta di 5 °C. In ogni caso sono da evitare fenomeni di ebollizione nel trasferimento dei drenaggi tra i preriscaldatori ed anche verso il condensatore e verso il degasatore.

La fig. 3 illustra lo schema fluidodinamico di riferimento del ciclo vapore per l'alimentazione delle turbine di bassa pressione

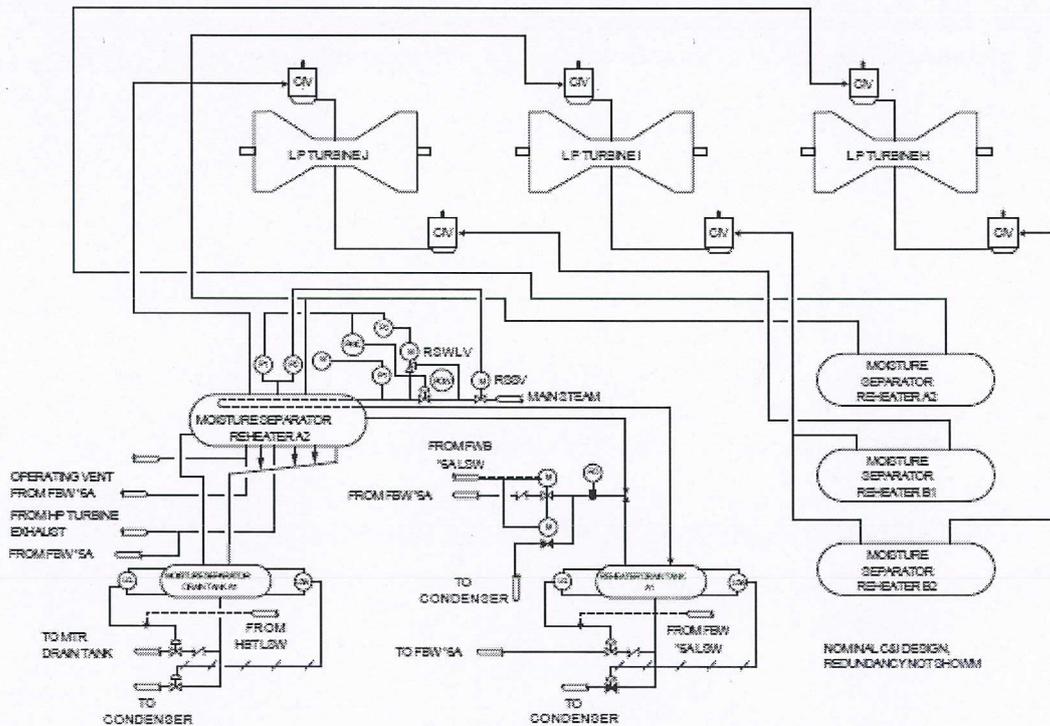


Fig. 3 Schema fluidodinamico per l'alimentazione dei corpi turbina di bassa pressione.

Sulla base delle suddette informazioni, di quanto riportato in allegato, e di ipotesi progettuali per eventuali dati mancanti:

1. Valutare il rendimento globale lordo dell'impianto, la produzione di vapore saturo e secco, la portata totale che fluisce nel core, la caduta di pressione tra uscita reattore e valvola di ammissione nella turbina di alta pressione.
2. Le perdite di energia termica nel condotto di alimentazione della turbina di alta pressione.
3. Caratterizzare il ciclo termodinamico realizzato con i capisaldi del ciclo. Sintetizzare i capisaldi del ciclo in tabella e/o in forma grafica nei piani (h,s) e (T,s) precisando le **condizioni termodinamiche** del vapore di spillamento per le rigenerazioni.
4. Stimare l'efficienza di ciascun separatore di condensa (l'efficienza è riferita alla capacità di rimozione della portata di liquido rispetto alla portata di liquido in ingresso all'MSR) in modo che il titolo del vapore all'ingresso del risurriscaldatore sia pari ad almeno lo 0.99.
5. Calcolare la portata di vapore vivo e saturo secco di alimentazione del singolo risurriscaldatore necessaria per assicurare all'ingresso della turbina di bassa pressione la temperatura di ingresso (vapore surriscaldato) riportata in tab. 2.
6. Dimensionare in un approccio estremamente semplificato (superficie di scambio termico) per il risurriscaldatore associato ad ogni modulo MSR
7. Valutare il rendimento del ciclo a vapore sulla base delle pressioni a cui sono effettuati gli spillamenti . Illustrare tutte le ipotesi su temperature, titoli, entalpie del vapore spillato, frazione della portata spillata rispetto alla portata di vapore necessarie per la valutazione del rendimento del ciclo.
8. Dimensionare in un approccio estremamente semplificato i due preriscaldatori di alta pressione in termini di superficie di scambio termico.
9. Illustrare il procedimento per un dimensionamento di massima (superficie di scambio termico, numero tubazioni, diametri interno/esterno , lunghezza tubazioni ecc) per uno dei condensatori associato ad ogni corpo di turbina di bassa pressione precisando la portata di progetto, le scelte progettuali da adottare, le correlazioni di scambio termico da utilizzate, le ipotesi per il dimensionamento e la metodologia di verifica.
10. Stimare, sulla base dei dati di tabella 2 e delle eventuali scelte progettuali effettuate, le cadute di pressione ammissibili lungo le linee che connettono la turbina ai preriscaldatori ed i preriscaldatori tra di loro.
11. Commentare in sintesi lo schema di fig.3 dal punto di vista fluidodinamico(portate e pressioni e funzioni delle valvole)

Allegati

A1. Coefficienti globali di scambio termico U_0 di riferimento per il progetto di massima dei preriscaldatori e dei risurriscaldatori:

risurriscaldatore : 1000 W/(m²*K);

preriscaldatori di alta pressione e bassa pressione: 3000 W/(m²*K)

A2. Proprietà termodinamiche di riferimento

- Per l'acqua in fase liquida in bassa pressione (pressione compresa tra 0,6 e 0,64 MPa si consideri un calore specifico a pressione costante pari a circa 4,2 kJ/(kg*K).
- Per l'acqua in fase liquida a media pressione (pressione compresa tra 7,1 e 7,2 MPa) si consideri un calore specifico a pressione costante di circa 4,4 kJ/(kg*K).

1. Proprietà termodinamiche (liquido e vapore saturo) ad alcune pressioni caratteristiche

		densità	densità	entalpia	entalpia	entropia	entropia
T	pressione	liquido	vapore	liquido	vapore	liquido	vapore
°C	(MPa)	(kg/m ³)	(kg/m ³)	(kJ/kg)	(kJ/kg)	(kJ/kg-K)	(kJ/kg-K)
32,87	0,005	994,7	0,03548	137,75	2560,7	0,4762	8,3938
158,83	0,6	908,59	3,1687	670,38	2756,1	1,9308	6,7592
237,46	3,2000	816,92	16,006	1025,4	2803,1	2,6787	6,1602
283,78	6,7900	743,49	35,305	1256,8	2775,3	3,1034	5,8300
286,89	7,1100	737,76	37,169	1273,3	2771,2	3,1322	5,8068

Tabella 1.1 Proprietà del fluido saturo in corrispondenza delle pressioni di spillamento e nel degasatore

Temperature	Pressure	Liquid	Vapor	Liquid	Vapor	Liquid	Vapor
(°C)	(MPa)	Density	Density	Enthalpy	Enthalpy	Entropy	Entropy
		(kg/m ³)	(kg/m ³)	(kJ/kg)	(kJ/kg)	(kJ/kg-K)	(kJ/kg-K)
64.512	0.024500	980.78	0.15818	270.07	2616.7	0.88760	7.8371
86.266	0.060800	967.77	0.37064	361.34	2653.4	1.1494	7.5267
110.74	0.14700	950.38	0.84645	464.56	2692.2	1.4270	7.2297
136.80	0.33000	928.96	1.8052	575.46	2729.3	1.7060	6.9598
158.83	0.60000	908.59	3.1687	670.38	2756.1	1.9308	6.7592
185.47	1.1353	881.09	5.8084	787.26	2781.8	2.1920	6.5410
217.51	2.2110	843.39	11.080	932.06	2800.2	2.4945	6.3019

2. Proprietà termodinamiche (fluido monofase) ad alcune pressioni e temperature

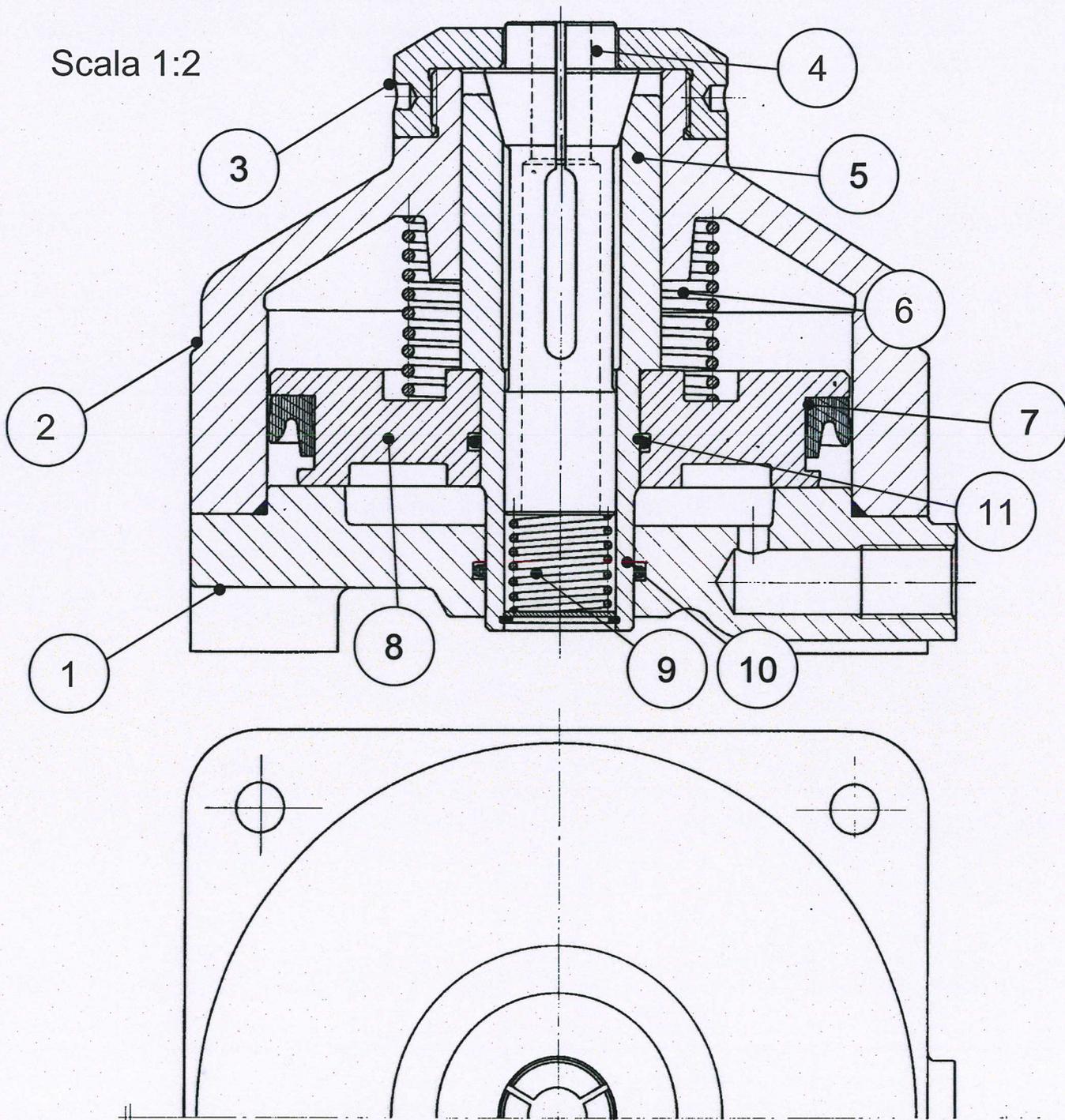
T	pressione	densità	entalpia	entropia
°C	(MPa)	(kg/m ³)	(kJ/kg)	(kJ/kg-K)
216	7,2	849,74	926,02	2,4702
250,00	3,2000	15,278	2846,1	6,2434
154,00	0,60000	913,28	649,50	1,8822
20,000	0,60000	998,44	84,476	0,29636
15,000	0,10000	999,10	63,076	0,22445

Tema n. 7

Dato l'attrezzo illustrato a pagina seguente:

- illustrare la funzione del complessivo
- spiegare la funzione dei singoli componenti
- scegliere il materiale per ciascuno di essi
- eseguire i disegni quotati della base (1) e dello stelo (5), indicandone tolleranze e finiture superficiali;
- stendere il ciclo di lavorazione della base (1) supponendo di doverne costruire 5 esemplari, specificando per ogni fase i parametri di lavorazione.

Scala 1:2



SERRAPINZA					
N°	Denominazione	Quantità	N°	Denominazione	Quantità
1	Base	1	7	Guarnizione	1
2	Campana	1	8	Piattello	1
3	Ghiera	1	9	Molla	1
4	Pinza	1	10	O-ring	1
5	Stelo	1	11	O-ring	1
6	Molla	1			

Tema n. 8

AVVERTENZE

Per la stesura dell'elaborato è possibile che i candidati individuino dati mancanti che, in un contesto reale, potrebbero richiedere l'effettuazione di una ricerca presso l'azienda o l'assunzione di una semplice stima basata sull'esperienza. In tali casi i candidati facciano le assunzioni e le stime necessarie.

Un vostro amico intende costituire un'impresa per sfruttare i risultati di un brevetto da lui depositato durante i suoi studi di dottorato, e vi chiede una consulenza in merito. Il progetto avrebbe l'obiettivo di realizzare dispositivi per la verifica e il monitoraggio di una sofisticata categoria di gruppi di continuità (UPS) dedicati solo agli ospedali e grandi centri calcolo.

Questi sistemi, circa 50.000 in Europa, devono essere collaudati annualmente, e questa attività viene oggi realizzata in condizione di monopolio da una ditta americana, la UPSCHECK Ltd. Il prezzo pagato per una verifica è di 300 €, e il vostro amico ritiene che per la UPSCHECK il relativo costo unitario sia di 240 €.

Il vostro amico, che non dispone di risorse finanziarie adeguate per realizzare il progetto, è stato contattato proprio dalla UPSCHECK Ltd. Il progetto della UPSCHECK è quello di far realizzare dispositivi EGCONTR da affidare a tutto il proprio personale per rendere più efficienti le operazioni di collaudo. Ogni dispositivo EGCONTR, il cui costo variabile di produzione dovrebbe aggirarsi intorno agli 800 € (dato che il vostro amico assicura di non aver ancora svelato alla UPSCHECK), potrebbe essere usato per circa 220 verifiche all'anno e per cinque anni prima di essere sostituito, e consentirebbe ai verificatori della UPSCHECK di ridurre il costo di ciascuna verifica di almeno 65 €. La UPSCHECK Ltd. ha proposto di finanziare completamente il progetto di sviluppo, chiedendo in cambio il 10% della società e la stipula di un contratto di esclusiva decennale per l'acquisto di qualsiasi dispositivo basato sul brevetto di cui sopra.

Allo stesso tempo il vostro amico è stato contattato dalla VERIFICA S.A. che vuole entrare nel settore e che propone di finanziare il progetto chiedendo però in cambio il 51% della società. La VERIFICA ha inoltre suggerito al vostro amico di valutare se non sia il caso di sfruttare il brevetto in un altro modo, realizzando cioè dispositivi FARCHECK da montare permanentemente sui generatori, in modo da effettuare un monitoraggio a distanza degli stessi e rendere così superfluo il collaudo effettuato dalla UPSCHECK. I dispositivi FARCHECK avrebbero un costo variabile di produzione pari a 500 € e potrebbero essere acquisiti dalle imprese che posseggono i generatori ad un prezzo tale da rendere l'operazione conveniente (rispetto al costo delle verifiche) entro 3 anni. La VERIFICA pensa che i dispositivi FARCHECK riuscirebbero a diffondersi nel mercato giungendo alla saturazione nell'arco di 5 anni. In seguito subentrerebbero le vendite di sostituzione, in quanto i dispositivi avrebbero una durata utile di circa 5 anni.

Il progetto di sviluppo è descritto nella tabella sottostante e non presenterebbe sostanziali differenze se si dovesse realizzare il dispositivo EGCONTR o il dispositivo FARCHECK.

Attività	Riceve informazioni da	Modalità normale	
		Durata (mesi)	Utilizzazione risorse (FTE)
A	-	2	4
B	A	1.5	3
C	A	2	3
D	A	2.5	2
E	B, C	3	4
F	D	1	3
G	D	3	5
H	B, C, E	2	4
I	F, G	4	2

Il vostro amico intende realizzare il progetto, con risorse che si dedicherebbero non full-time al progetto (ad un costo di 5.000 € per mese uomo), e/o impiegando consulenti occasionali (ad un costo di 12.000 € per mese uomo). Al termine del progetto è inoltre previsto un investimento pari a 350.000 € per alcune attrezzature di produzione.

Ipotizzando un tasso di attualizzazione adeguato e facendo ogni assunzione si ritenga ragionevole, valutare a 5 anni l'economicità del progetto nei seguenti casi:

- 1) Con la proposta della UPSCHECK Ltd. Secondo voi quale prezzo di vendita potrebbe essere praticato per i dispositivi EGCONTR aderendo alle condizioni proposte?
- 2) In caso di adesione alla proposta della VERIFICA S.A. Quale prezzo di vendita potrebbe essere praticato per i dispositivi EGCONTR venduti alla UPSCHECK Ltd.?
- 3) Aderendo alla proposta della VERIFICA S.A., si optasse per la realizzazione dei dispositivi FARCHECK anziché di quelli EGCONTR.

A tal fine si consideri che:

- Nel caso si voglia operare crashing per accelerare il progetto, la durata e le risorse impiegate per ciascuna attività sono impiegate nella tabella sottostante:

Attività	Modalità con crashing	
	Durata (mesi)	Utilizzazione risorse (FTE)
A	1	6
B	1	6
C	1	6
D	1.5	5
E	2	8
F	1	3
G	1.5	8
H	1.5	6
I	2	4

Sapendo che, a causa del rischio molto elevato del loro investimento, VERIFICA sconta i flussi di cassa a tassi molto elevati (circa il 100%), ritenete che l'offerta della VERIFICA S.A. (finanziare il progetto acquisendo in cambio il 51% della società) sia "equo"? Sarebbe secondo voi possibile negoziare con la VERIFICA una quota inferiore?

4) Dovendo ipotizzare di definire un'organizzazione con carattere permanente (che quindi lavorino full-time sul progetto), che mix di risorse interne ed esterne proporreste? Quali altri aspetti del business plan ritenete indispensabili analizzare? Fate una proposta operativa.

Tema n. 9

Impostazione strutturale di un veicolo sportivo

Tenendo conto dei dati forniti in tabella, impostare l'architettura strutturale, ed effettuare un dimensionamento di prima approssimazione, delle sezioni più rilevanti della struttura del veicolo. In particolare si richiede di svolgere i seguenti punti, motivando le ipotesi di base e le scelte effettuate:

- 1) Dimensionare i passaruota anteriore e posteriore.
- 2) Definire tramite disegni e schizzi l'architettura della struttura, in particolare: posizionamento di longheroni, traverse, puntoni anteriori e posteriori, montanti, traverse paraurti, curvano, parabrezza. Mettere in evidenza le connessioni reciproche fra questi elementi. Illustrare la configurazione scelta tramite viste in pianta, laterali e le loro sezioni più significative (anche a mano libera).
- 3) Stimare la rigidezza torsionale minima della scocca.
- 4) Dimensionare le sezioni dei longheroni e delle traverse nel tratto compreso all'interno dell'abitacolo, in modo da ottenere la rigidezza torsionale stimata al punto 3). A tal fine si assuma che questi elementi siano tubolari con sezione rettangolare in parete sottile a spessore costante.
- 5) Dimensionare i puntoni anteriori al fine di soddisfare la normativa FMVSS 208 (48 km/h, full overlap) riguardo l'urto contro barriera rigida e la normativa in riguardo l'urto assicuratori (15 km/h un puntone).

Si tenga conto che nella valutazione sarà dato un peso importante alla chiarezza dell'esposizione, l'ordine e alla cura posta alla redazione del testo, dei disegni e dei grafici.

Dati:

Passo	2300	mm
Carreggiata anteriore	1470	mm
Carreggiata posteriore	1510	mm
Sbalzo anteriore	780	mm
Lunghezza	3800	mm
Altezza (std. A)	1150	mm
Larghezza fra le fiancate	1700	mm
Altezza fondo vettura dal suolo (pieno carico)	130	mm
Occupanti	2 posti affiancati (95° percentile)	
Tipologia carrozzeria	Spider	
Tipologia strutturale	Space frame di tubolari in lega Alluminio	
Massa a vuoto (std A)	875	kg
Ripartizione pesi ant/post (pieno carico)	45% ant. 55% post	
Configurazione motopropulsore	Centrale posterior, disposizione trasversale	
Sospensioni anteriori	Quadrilateri trasversali	
Sospensioni posteriori	Quadrilateri trasversali	
Pneumatici ant/post	175/55 R16 / 225/45 R17	
Raggio di sterzata (fra marciapiedi)	5	m
Distanza fra asse post. e parafiamma (posteriore: fra motore e abitacolo)	650	mm
Lunghezza vano porta	1000	mm

Tema n. 10

Il sistema di azionamento dello stabilizzatore di un aereo da trasporto è costituito da un motore idraulico, uno elettrico, un gruppo di somma di potenza e riduzione di velocità e un dispositivo che trasforma il moto rotatorio in moto rettilineo. Si hanno due possibili condizioni di funzionamento:

Condizione normale: Il motore idraulico è attivo, mentre il motore elettrico è fermo. In queste condizioni l'elemento finale traslante (attuatore) deve essere in grado di muovere lo stabilizzatore sviluppando una forza di 200.000 N alla velocità di 15 mm/s.

Condizione di emergenza: Il motore idraulico è fermo, mentre funziona il motore elettrico. In queste condizioni l'attuatore deve essere in grado di muovere lo stabilizzatore sviluppando una forza di 100.000 N alla velocità di 5 mm/s.

Per utilizzare componenti già disponibili, si devono impiegare motori idraulico ed elettrico con le seguenti caratteristiche:

Motore idraulico: a pistoni assiali, cilindrata fissa e pari a $\Delta = 3 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{giro}$, momento di inerzia delle parti rotanti pari a $I_M = 0,9 \times 10^{-4} \text{ kgm}^2$, coppia d'attrito (coulombiano + viscoso) pari a $T_{FH} = T_{OH} + b_H \omega_H$ con $T_{OH} = 0,5 \text{ Nm}$, $b_H = 0,00125 \text{ Nms/rad}$ e $\omega_H =$ velocità angolare del motore idraulico in rad/s. Il motore idraulico è collegato ad un impianto idraulico con pressione di alimentazione pari a 21 MPa e pressione di ritorno pari a 0,3 MPa.

Motore elettrico: a corrente continua, magnete permanente con costante di coppia pari a $k_t = 0,025 \text{ Nm/A}$ (= 0,025 Vs/rad), resistenza elettrica degli avvolgimenti d'armatura pari a $R = 0,32 \text{ } \Omega$, momento di inerzia delle parti rotanti pari a $I_E = 2 \times 10^{-6} \text{ kgm}^2$, coppia d'attrito (coulombiano + viscoso) pari a $T_{FE} = T_{OE} + b_E \omega_E$ con $T_{OE} = 0,01 \text{ Nm}$, $b_E = 7 \times 10^{-6} \text{ Nms/rad}$ e $\omega_E =$ velocità angolare del motore elettrico in rad/s. Il motore elettrico è collegato ad una alimentazione elettrica a 28 V.

Quesiti

- 1) Definire la configurazione del sistema indicando chiaramente: composizione, modalità di somma dei flussi di potenza da motore idraulico e motore elettrico, tipologia dei componenti impiegati
- 2) Scelta dei parametri dei componenti precedentemente definiti (numeri di denti, ecc.) e stima dei rendimenti e delle coppie passive degli stessi tenendo conto delle condizioni di funzionamento e delle caratteristiche dei motori idraulico ed elettrico sopra indicate, in modo da ottimizzare le prestazioni del sistema
- 3) Analisi prestazionale per le due condizioni di funzionamento (differenza di pressione, portata, velocità angolare e coppia per il motore idraulico, tensione di alimentazione, corrente elettrica, coppia e velocità angolare per il motore elettrico, coppie/forze e velocità angolari/lineari per i componenti meccanici)
- 4) Dimensionamento di massima dei componenti meccanici
- 5) Calcolo della massima accelerazione allo spunto in caso di assenza di carico sull'attuatore e per i due casi di funzionamento (con motore idraulico e con motore elettrico), tenendo conto che la massa dello stabilizzatore ridotta all'uscita lineare dell'attuatore è pari a $m_A = 400 \text{ kg}$

Tema n. 11

È richiesto di selezionare un materiale idoneo a costruire una capsula sommergibile di profondità. Queste tipologie di veicolo, solitamente calate per mezzo di cavi d'acciaio da navi in superficie, non sono dotati di motorizzazione propria se non per piccoli spostamenti o attivazione di servosistemi. Questa caratteristica permette di ottimizzarne la forma al fine di coadiuvare al meglio i materiali nella resistenza al carico statico ed alle sollecitazioni impulsive alle quali può essere sottoposto.

Il candidato esamini il problema da un punto di vista scientifico e tecnologico utilizzando i criteri di scelta delle classi di materiali proposti da Ashby (Funzione/Obiettivi/Vincoli) andando ad individuare le principali criticità meccaniche a cui la struttura è sottoposta e proponga un nuovo materiale o una nuova classe di materiali che presenti caratteristiche migliorative rispetto ai materiali tradizionali.

Laddove possibile il candidato espliciti le relazioni fisiche che collegano le proprietà dei materiali utilizzate per la scelta ed i vincoli di progetto mettendo in evidenza il modello matematico che ne deriva.