

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE
ALL'ESERCIZIO DELLA PROFESSIONE DI
INGEGNERE INDUSTRIALE SEZ. A

1[^] sess.
2017

1[^] PROVA SCRITTA (Durata: 2 ore)

La prova consiste nello svolgimento di uno tra i temi proposti nel seguito.

Tema 1 *CHIMICA-OPERAZIONI UNITARIE.*

Separazione di correnti liquide: il Candidato esamini le principali operazioni unitarie che vengono industrialmente utilizzate e ne indichi prestazioni e campi di applicazione.

Tema 2 *CHIMICA-PROCESSI.*

Il diesel da fonti rinnovabili: linee produttive, caratteristiche, impatti ambientali

Tema 3 *ELETTRICA – MACCHINE.*

Il Candidato descriva la struttura e il funzionamento dei convertitori elettronici di potenza, controllati e non controllati, per la conversione di energia elettrica da corrente alternata a corrente continua.

Tema 4 *ELETTRICA – IMPIANTI.*

Il Candidato descriva i mezzi di protezione dai contatti elettrici indiretti senza interruzione automatica dell'alimentazione.

Tema 5 *ENERGETICA – NUCLEARE.*

Il Candidato contestualizzi l'utilizzo della fonte di energia nucleare nel panorama di produzione di energia elettrica a livello mondiale.

Tema 6 *ENERGETICA – ENERGETICA.*

Il Candidato discuta l'influenza delle condizioni ambiente nei sistemi di generazione dell'energia da fonti fossili.

Tema 7 *GESTIONALE – ECONOMICO.*

Integrazione verticale, mercato competitivo e mercato collaborativo: il Candidato descriva le principali tipologie di sistemi del valore che le imprese possono sviluppare, evidenziandone caratteristiche, differenze, vantaggi e svantaggi.

Tema 8 *GESTIONALE – IMPIANTI.*

Il Candidato illustri la differenza tra impianto tecnologico principale e impianti ausiliari o di servizio evidenziando le varie fasi in cui si articola la pianificazione e realizzazione di un impianto industriale.

Tema 9 *MECCANICA – COSTRUZIONE DI MACCHINE.*

Il Candidato illustri i più comuni metodi di misurazione delle deformazioni in organi di macchina, fornendo almeno un esempio applicativo per ciascuna tipologia

Tema 10 *MECCANICA – IMPIANTI.*

Il Candidato esponga i criteri, i metodi e gli schemi utili alla progettazione di un impianto per il trasporto pneumatico.

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE
ALL'ESERCIZIO DELLA PROFESSIONE DI
INGEGNERE INDUSTRIALE SEZ. A

1[^]sess.
2017

Tema 11 *MECCANICA – MACCHINE.*

Il Candidato descriva le potenzialità e i limiti di un veicolo dotato di una propulsione elettrica o ibrida rispetto ad un veicolo tradizionale.

Tema 12 *BIOMEDICA.*

Il Candidato descriva la strumentazione comunemente utilizzata per l'analisi del cammino, facendo particolare riferimento a: sistemi di stereofotogrammetria, pedane di forza e sensori inerziali.

Tema 13 *AUTOMAZIONE.*

Il Candidato discuta il problema della discretizzazione di regolatori in tempo continuo e della scelta del tempo di campionamento.

Tema 14 *AEROSPAZIALE.*

Si descrivano le principali tipologie di propulsori per aeromobili di grandi dimensioni.

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE
ALL'ESERCIZIO DELLA PROFESSIONE DI
INGEGNERE INDUSTRIALE SEZ. A

1[^]sess.
2017

SECONDA PROVA SCRITTA (Durata: 2 ore)

La prova consiste nello svolgimento di uno tra i temi proposti nel seguito.

Tema 1 *CHIMICA-OPERAZIONI UNITARIE.*

Colonne di assorbimento a piatti e a riempimento: campi di applicazione ed elementi per il dimensionamento.

Tema 2 *CHIMICA-PROCESSI.*

Rimozione di diossido di carbonio da correnti gassose: operazioni unitarie ed esempi di processi industriali.

Tema 3 *ELETTRICA – MACCHINE.*

Un'azienda automobilistica sta progettando il sistema di trazione di un nuovo modello di auto totalmente elettrica. Il Candidato proponga un possibile azionamento elettrico ad ampio campo di velocità che eviti l'impiego di un cambio meccanico.

Il Candidato giustifichi la scelta del tipo di macchina elettrica che intende adottare, descriva lo schema dell'azionamento elettrico e illustri, inoltre, i limiti di funzionamento della macchina elettrica tenuto conto della massima corrente dell'inverter e della tensione disponibile sul bus DC del convertitore.

Tema 4 *ELETTRICA – IMPIANTI.*

Il Candidato descriva i criteri di dimensionamento della parte disperdente dell'impianto di terra negli impianti elettrici di media e alta tensione.

Tema 5 *ENERGETICA – NUCLEARE.*

Dopo aver introdotto le definizioni di neutroni termici e neutroni veloci, il Candidato descriva le principali differenze fra reattori termici ad acqua leggera e reattori veloci a metallo liquido.

Tema 6 *ENERGETICA – ENERGETICA.*

Il Candidato discuta l'importanza dei sistemi di accumulo energetico all'interno delle strategie di gestione della rete elettrica nazionale, illustrando sinteticamente le tipologie più diffuse.

Tema 7 *GESTIONALE – ECONOMICO.*

Il Candidato esponga il modello proposto da Bruce Tuckman per descrivere gli stadi di sviluppo di un gruppo di lavoro. In seguito il Candidato descriva i principali processi disfunzionali che possono caratterizzare i gruppi di lavoro.

Tema 8 *GESTIONALE – IMPIANTI.*

Il Candidato definisca le caratteristiche dei sistemi a fabbisogno della merce, evidenziando la differenza tra logica push (MRP) e logica pull (JIT) nonché i vantaggi e gli svantaggi di tali strategie rispetto ai tradizionali sistemi a scorta.

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE
ALL'ESERCIZIO DELLA PROFESSIONE DI
INGEGNERE INDUSTRIALE SEZ. A

1[^]sess.
2017

Tema 9 *MECCANICA – COSTRUZIONE DI MACCHINE.*

Il Candidato illustri i criteri di dimensionamento e verifica a fatica di molle elicoidali di compressione.

Tema 10 *MECCANICA – IMPIANTI.*

Il Candidato esponga i criteri, i metodi e gli schemi utili alla progettazione di un impianto di riscaldamento e produzione acqua calda sanitaria civile identificando i principali componenti presenti.

Tema 11 *MECCANICA – MACCHINE.*

Il Candidato illustri che impatto ha l'adozione di un sistema di sovralimentazione sull'efficienza di un motore a combustione interna e quali sono i limiti di tale tecnologia.

Tema 12 *BIOMEDICA.*

Il Candidato descriva le differenze tra elettrostimolatori esterni e interni. In relazione ai pacemaker impiantabili definisca il principio di funzionamento con particolare riferimento agli elettrocaterteri, alla classificazione (asincroni, sincroni) e illustri uno schema blocchi.

Tema 13 *AUTOMAZIONE.*

Il Candidato illustri la problematica della programmazione concorrente per sistemi di elaborazione real-time, discutendo il ruolo dell'algoritmo di scheduling e analizzando alcune tra le soluzioni implementative più comunemente utilizzate.

Tema 14 *AEROSPAZIALE.*

Si descrivano i principali concetti di dinamica longitudinale e laterale di un aeromobile.

PROVA PRATICA (Durata: 8 ore)

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE

PRIMA SESSIONE 2017 – SEZIONE A

SETTORE INDUSTRIALE

PROVA PRATICA DI PROGETTAZIONE

TEMA N. 1: ING. CHIMICA – OPERAZIONI UNITARIE

Si vuole rimuovere lo stirene presente al 3% in peso in una corrente acquosa da 1 m³/min, mediante stripping con aria, allo scopo di ridurre la concentrazione al di sotto del limite di 10 mg/l. L'operazione viene condotta a pressione atmosferica e temperatura ambiente.

Dopo aver scelto la portata di aria da utilizzare e conseguentemente la tipologia di colonna più idonea (se a piatti o riempita), il candidato dimensiona la colonna riportando, giustificandole, le scelte fatte e calcolando in particolare l'altezza e il diametro del riempimento e della colonna; tracci inoltre uno sketch dell'apparecchiatura comprensivo dei bocchelli di ingresso e uscita dei fluidi opportunamente dimensionati.

Si valuti infine l'effetto di una diminuzione di temperatura di 10°C rispetto a quella di progetto e si indichi una possibile strategia di controllo per compensare tale effetto e riportare la concentrazione nel liquido uscente al valore desiderato.

Per la costante di Henry dello stirene in acqua è possibile utilizzare i dati sotto riportati, per tutte le altre proprietà termodinamiche e di trasporto eventualmente necessarie il candidato faccia riferimento a repertori in suo possesso, effettuando, se del caso, opportune approssimazioni (riportandole) ed indicando esplicitamente la fonte.

DATI:

$$k_H = k_H^\ominus \times \exp\left(\frac{-\Delta_{\text{soln}}H}{R} \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T^\ominus}\right)\right)$$

$$T^\ominus = 298.15 \text{ K}$$

substance	k_H^\ominus [M/atm]	$\frac{-d \ln k_H}{d(1/T)}$ [K]	reference
ethenylbenzene	3.7×10^{-1}		<i>Yaws and Yang [1992]</i>
C ₈ H ₈	2.9×10^{-1}	4800	<i>Bissonette et al. [1990]</i>
(styrene)	3.8×10^{-1}	4200	<i>USEPA [1982]</i>

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE

PRIMA SESSIONE 2017 – SEZIONE A

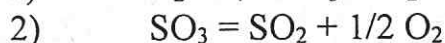
SETTORE INDUSTRIALE

PROVA PRATICA DI PROGETTAZIONE

TEMA N. 2: ING. CHIMICA – PROCESSI

Acido solforico concentrato e puro viene ottenuto da una corrente di acido solforico diluito e impuro . Il processo può essere schematizzato nelle seguenti fasi:

- a) l'acido diluito (45 % in massa , 30 °C) viene inviato ad un evaporatore a semplice effetto in cui si concentra fino al 70%;
- b) l'acido impuro concentrato viene alimentato ad un reattore adiabatico, operante a 1000 °C, in cui è decomposto secondo le reazioni



La reazione 1) è, praticamente, completa mentre la 2) è all'equilibrio.

Nello stesso ambiente di reazione vengono anche alimentati un combustibile (H₂S 80 % vol, CO₂ 20 % vol, 25 °C) e aria (400 °C, in eccesso del 15 % rispetto al combustibile) per ottenere la quantità di calore necessaria per la decomposizione termica. La combustione è, praticamente, completa;

- c) la corrente gassosa uscente dal reattore è raffreddata da 1000 °C a 350 °C e , successivamente, inviata a un impianto convenzionale per la produzione di acido solforico concentrato (processo per contatto).

Per una potenzialità di 200 t/d di acido al 45 % da trattare, calcolare:

- 1) le portate di tutte le correnti;
- 2) i carichi termici alle varie apparecchiature.

Si esegua infine uno schema dell'impianto indicando e discutendo eventuali interventi di recupero energetico.

La pressione in tutte le fasi del processo è atmosferica. In tutti i calcoli le impurezze possono essere trascurate.

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE

PRIMA SESSIONE 2017 – SEZIONE A

SETTORE INDUSTRIALE

PROVA PRATICA DI PROGETTAZIONE

TEMA N. 2: ING. CHIMICA – PROCESSI

Diagramma entalpia – concentrazione per soluzioni di acido solforico e acqua

3-234 PHYSICAL AND CHEMICAL DATA

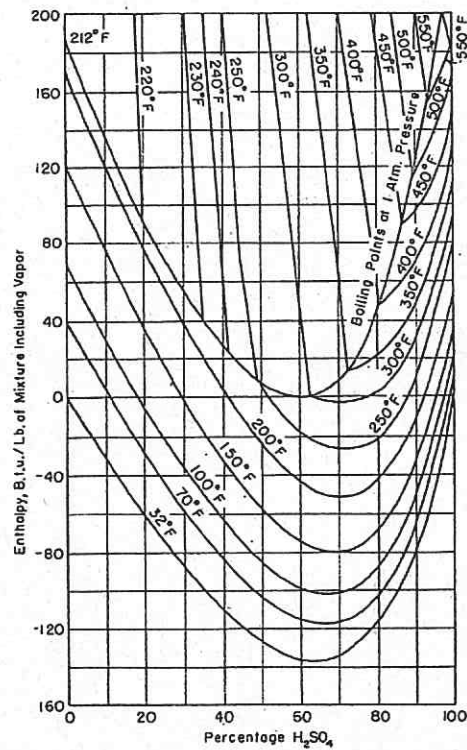


FIG. 3-38 Enthalpy-concentration diagram for aqueous sulfuric acid at 1 atm. Reference states: enthalpies of pure-liquid components at 32°F and vapor pressures are zero. NOTE: It should be observed that the weight basis includes the vapor, which is particularly important in the two-phase region. The upper ends of the tie lines in this region are assumed to be pure water. (Hougen and Watson, Chemical Process Principles, part 1, Wiley, New York, 1943.)

Handwritten initials or signature.

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE

PRIMA SESSIONE 2017 – SEZIONE A

SETTORE INDUSTRIALE

PROVA PRATICA DI PROGETTAZIONE

TEMA 3: TEMA DI ELETTRICA - MACCHINE

Il candidato faccia riferimento ai seguenti dati di specifica, relativi ad un motore asincrono trifase con un rotore a gabbia di scoiattolo:

Potenza resa all'albero P_n	11 kW
Frequenza nominale	50 Hz
Poli	4
Velocità nominale n_n	1465 rpm
Tensione concatenata di alimentazione V_n	400 V
Corrente nominale I_n	21 A
Corrente di spunto I_{spunto}	6.9 I_n
Rendimento a pieno carico η_{nom}	89.8 %
Rendimento al 75% del carico	89.9 %
Rendimento al 50% del carico	89.2 %
Fattore di potenza a pieno carico $\cos \varphi_{nom}$	0.84
Coppia massima	2.9 Coppia nominale
Coppia di spunto	2.5 Coppia nominale
Momento di inerzia	0.075 kg m ²
Peso complessivo	110 kg
Livello di rumore	67 dB
Grado di protezione	IP55
Temperatura ambiente	-20 °C +40 °C
Classe di isolamento	F
Classe di Servizio	S1

Precisando le ipotesi semplificative e le assunzioni adottate e suppiendo con le proprie conoscenze ai dati non forniti nel testo, il candidato:

- 1) Esegua il dimensionamento di massima della macchina elettrica, potendo anche fare riferimento alle geometrie dei lamierini allegati;
- 2) Determini i parametri del circuito elettrico equivalente della macchina;
- 3) Verifichi che le prestazioni del motore soddisfino i dati di specifica di interesse elettrico, giustifichi i risultati ottenuti, ed eventualmente indichi i provvedimenti da adottare e le scelte progettuali che è necessario variare per il soddisfacimento dei dati progettuali.
- 4) Calcoli le prestazioni della macchina nei punti di funzionamento al 100 %, 75 %, 50 % e 0 % del carico.

AS *MC*

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE

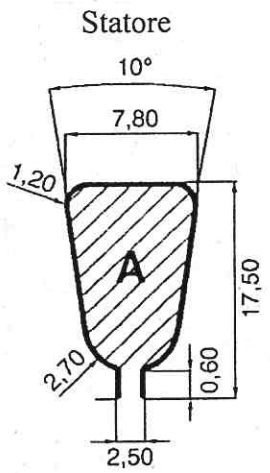
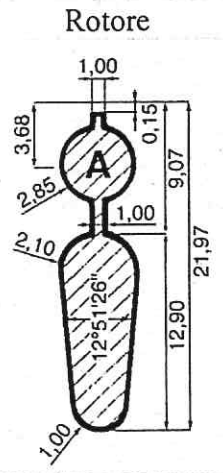
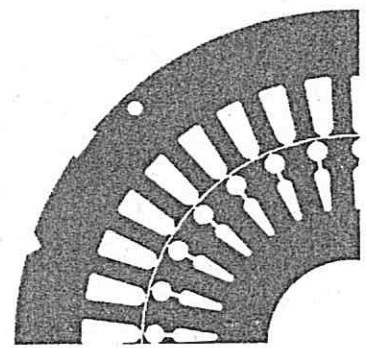
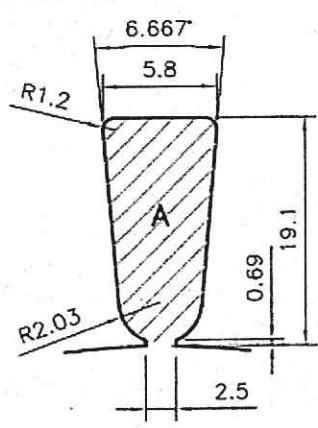
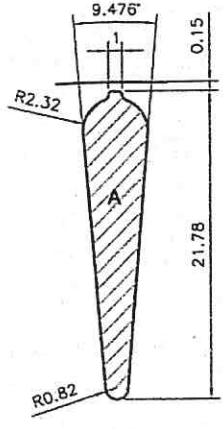
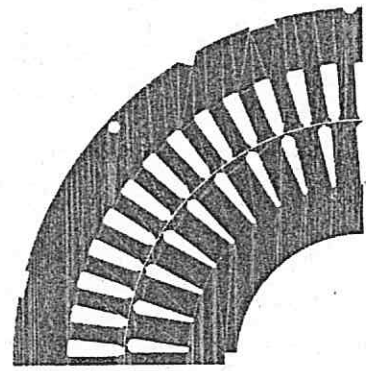
PRIMA SESSIONE 2017 – SEZIONE A

SETTORE INDUSTRIALE

PROVA PRATICA DI PROGETTAZIONE

TEMA 3: TEMA DI ELETTRICA - MACCHINE

Si allegano di seguito i disegni di alcuni lamierini.

	Statore		Rotore		Disegno																			
A																								
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>De</th> <th>Di</th> <th>N</th> <th>A</th> <th>b</th> <th>c</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>200</td> <td>125</td> <td>36</td> <td>108</td> <td>6</td> <td>20</td> </tr> </tbody> </table>	De	Di	N	A	b	c	200	125	36	108	6	20	<table border="1"> <thead> <tr> <th>De</th> <th>Di</th> <th>N</th> <th>A</th> <th>b</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>125</td> <td>50</td> <td>28</td> <td>67.4</td> <td>7.3</td> </tr> </tbody> </table>	De	Di	N	A	b	125	50	28	67.4	7.3
De	Di	N	A	b	c																			
200	125	36	108	6	20																			
De	Di	N	A	b																				
125	50	28	67.4	7.3																				
B																								
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>De</th> <th>Di</th> <th>N</th> <th>A</th> <th>b</th> <th>c</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>240</td> <td>165</td> <td>54</td> <td>90.6</td> <td>5.8</td> <td>18.4</td> </tr> </tbody> </table>	De	Di	N	A	b	c	240	165	54	90.6	5.8	18.4	<table border="1"> <thead> <tr> <th>De</th> <th>Di</th> <th>N</th> <th>A</th> <th>b</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>165</td> <td>55</td> <td>38</td> <td>67.2</td> <td>8.5</td> </tr> </tbody> </table>	De	Di	N	A	b	165	55	38	67.2	8.5
De	Di	N	A	b	c																			
240	165	54	90.6	5.8	18.4																			
De	Di	N	A	b																				
165	55	38	67.2	8.5																				

Handwritten signatures

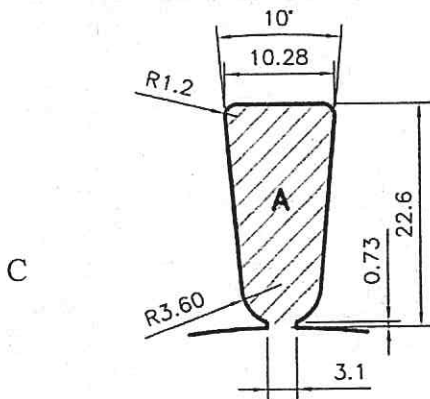
ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE

PRIMA SESSIONE 2017 – SEZIONE A

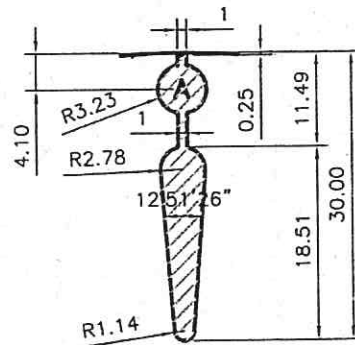
SETTORE INDUSTRIALE

PROVA PRATICA DI PROGETTAZIONE

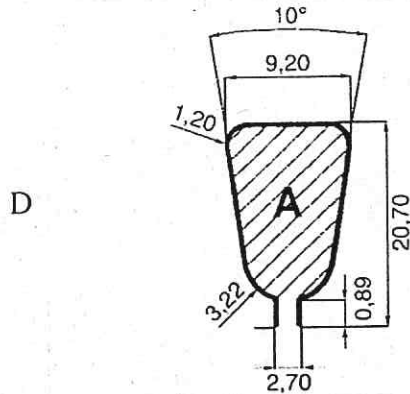
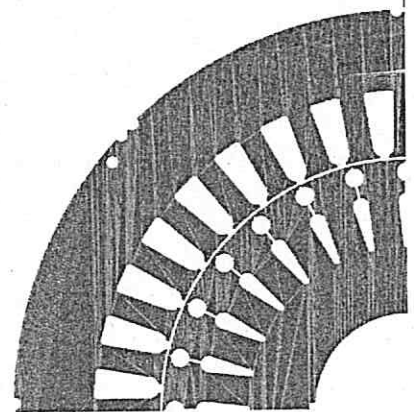
TEMA 3: TEMA DI ELETTRICA - MACCHINE



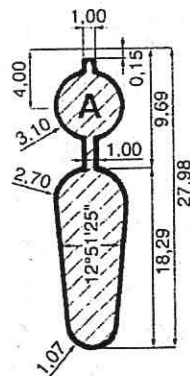
De	Di	N	A	b	c
270	170	36	184.7	8.3	24.7



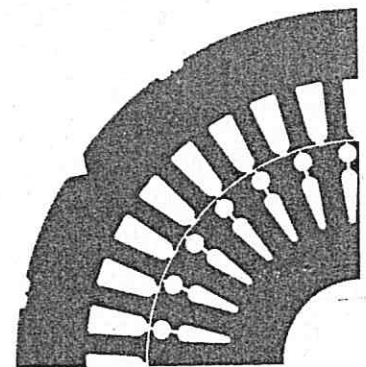
De	Di	N	A	b
170	65	28	109.2	10.3



De	Di	N	A	b	c
240	150	36	151	7.3	24.55



De	Di	N	A	b
150	55	28	102	8.6



Diametro Esterno De [mm]
 Diametro interno Di [mm]
 Numero di cave N
 Area di cava A [mm²]
 Spessore dente b [mm]
 Spessore corona c [mm]

Handwritten signatures.

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE

PRIMA SESSIONE 2017 – SEZIONE A

SETTORE INDUSTRIALE

PROVA PRATICA DI PROGETTAZIONE

TEMA N. 4: ELETTRICA-IMPIANTI

Una industria alimentare è costituita da due edifici per i quali si richiede la realizzazione del relativo sistema elettrico di alimentazione: il primo destinato alla lavorazione vera e propria, mentre il secondo è destinato ad ospitare gli uffici ed i servizi.

La cabina di ricezione della media tensione è posta a 50 m dal primo edificio ed a 200 m dal secondo. La rete di media tensione ha le seguenti caratteristiche: tensione nominale pari a 20 kV, potenza di corto circuito $S_{cc}=350$ MVA, corrente di guasto a terra $I_g=120$ A, tempo di eliminazione del guasto $t_g=0.55$ s.

Le caratteristiche di ciascun edificio utili per la determinazione del carico elettrico sono di seguito riportate:

Edificio n.1

- nr. 2 motori asincroni con potenza nominale pari a 200 kW e fattore di potenza 0.87;
- nr. 5 motori asincroni ciascuno con potenza nominale pari a 40 kW e fattore di potenza 0.82;
- carichi statici di potenza complessiva pari a 20 kW con fattore di potenza medio pari a 0.89.

Edificio n.2

- numero di piani: 6;
- potenza assorbita da ciascun piano: 12 kW, fattore di potenza medio pari a 0.87;
- numero di motori installati per gli ascensori: 4, ciascuno dei quali ha una potenza nominale di 10 kW ed un fattore di potenza pari a 0.85;
- sistema di condizionamento: potenza nominale pari a 70 kW di cui 40 kW assorbiti da un singolo motore caratterizzato da un fattore di potenza pari a 0.85.

Al candidato si richiede di:

1. dimensionare il sistema di distribuzione di media tensione necessario ad alimentare i due edifici dalla cabina di ricezione disegnando anche il relativo schema circuitale, e tenendo presente che ciascun edificio sarà dotato di una propria cabina;
2. dimensionare le cabine di ciascun edificio e le caratteristiche delle diverse apparecchiature;
3. dimensionare gli impianti di rifasamento per i carichi di ciascun edificio;
4. dimensionare la linea in cavo che alimenta uno dei due motori asincroni da 200 kW del primo edificio considerando che questo è posizionato a 100 m dalla cabina di alimentazione. Tale dimensionamento dovrà essere eseguito secondo i criteri riportati nella nota a piedi pagina;
5. dimensionare la linea in cavo che fornisce potenza al quadro di alimentazione dei motori degli ascensori del secondo edificio tenendo presente che questi sono posti in cima allo stesso ad una distanza di 150 m dalla cabina di trasformazione. Tale dimensionamento dovrà essere eseguito secondo i criteri riportati nella nota a piedi pagina;
6. dimensionare gli impianti di terra di ciascun edificio tenendo presente che la resistività del suolo è di 150 $\Omega\cdot m$;
7. dimensionare i gruppi elettrogeni necessari ad alimentare i carichi dei due edifici ed in grado di garantire una autonomia di 3 ore di funzionamento a pieno regime.

Nota: nella determinazione delle correnti di corto circuito in bassa tensione si richiede di determinare le correnti di corto circuito trifase e monofase e, per le correnti di corto circuito trifase, considerando anche il contributo dei motori asincroni.

Il candidato potrà supplire con le proprie conoscenze ai dati non forniti nel testo giustificando le ipotesi fatte.

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE

PRIMA SESSIONE 2017 – SEZIONE A

SETTORE INDUSTRIALE

PROVA PRATICA DI PROGETTAZIONE

TEMA N. 12: BIOMEDICA

ESERCIZIO 1

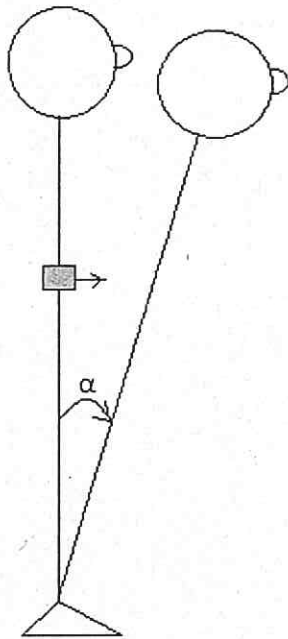


Figura 1 - Rappresentazione nel piano sagittale

Si vuole analizzare il sistema di audio bio-feedback rappresentato in Figura 1. Si supponga che tutte le afferenze sensoriali, tranne quella acustica, siano efficaci o sotto soglia. Il sensore accelerometrico è fissato a una distanza h dall'asse di caviglia. La componente gravitazionale dell'accelerazione misurata è dello stesso segno dell'angolo α .

Il candidato:

- 1) indicando con T il momento flessorio alla caviglia, determini la funzione di trasferimento $\alpha(s)/T(s)$ del pendolo inverso, nell'ipotesi di piccoli angoli, ipotizzando di conoscere tutti i parametri antropometrici del soggetto (massa m , distanza centro di massa – asse di caviglia d , momento di inerzia attorno all'asse di caviglia J);
- 2) ricavi la funzione di trasferimento $a(s)/\alpha(s)$ dell'accelerometro nell'ipotesi di piccoli angoli;
- 3) determini la relazione tra la coordinata antero – posteriore X_{COP} ed il momento alla caviglia. Si trascurino l'effetto della forza orizzontale e della massa dei piedi;
- 4) determini a quale altezza h deve essere fissato l'accelerometro affinché la sua uscita coincida, a meno di una costante moltiplicativa, con X_{COP} .

L'uscita dell'accelerometro è applicata a un convertitore tensione-frequenza tale che $\delta f = Ka$.

Il sistema nervoso centrale capta la variazione di frequenza con un ritardo τ .

- 5) rappresenti l'elemento di ritardo puro con la funzione di trasferimento con uno zero ed un polo;

Sempre all'interno del sistema nervoso centrale la δf è confrontata con un riferimento nullo.

Il segnale errore è applicato ad un controllore proporzionale – derivativo la cui uscita è il momento T alla caviglia.

- 6) rappresenti lo schema a blocchi del sistema indicando le funzioni di trasferimento con il valore di h individuato al punto 4).
- 7) determini per quali valori del guadagno K il sistema è asintoticamente stabile.

Handwritten signatures.

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE

PRIMA SESSIONE 2017 – SEZIONE A

SETTORE INDUSTRIALE

PROVA PRATICA DI PROGETTAZIONE

TEMA 5: TEMA DI ENERGETICA - NUCLEARE

Si consideri un reattore di tipo PWR che produce una potenza termica $P_{th} = 2800$ MWth. I parametri geometrici del reattore in questione sono riportati in Tabella Table.

Per lo studio del sistema si considerino l'equazione cinetica punto linearizzata ad un solo gruppo di ritardati, con i valori riportati in Tabella 2, e le equazioni per il modello punto termoidraulico della zona combustibile e del moderatore, utilizzando i valori riportati in Tabella 3. All'istante $t=0^-$ il sistema è in equilibrio con $n(0^-)=n_0$, $\rho(0^-)=0$, $C(0^-)=C_0$, $T_f(0^-)=T_{f0}=1273$ K (temperatura del combustibile) ed una temperatura del moderatore calcolata come media aritmetica dei valori di ingresso e di uscita, rispettivamente $T_{m,i}=565$ K e $T_{m,o}=602$ K.

All'istante $t=0^+$ la portata di refrigerante subisce una diminuzione a gradino $\dot{m}(t) - \dot{m}(0) = -H(0)\Delta\dot{m}$, con $H(0)$ funzione di Heaviside e $\Delta\dot{m}$ pari al 10% del valore iniziale della portata. La temperatura $T_{m,i}$ viene considerata costante.

1. Si calcoli il valore della popolazione neutronica n_0 nella condizione stazionaria, considerando la seguente formula per la produzione di potenza termica $P_{th} = n_0 \Sigma_f \bar{\nu} E_r V_f$, con energia media per fissione $E_r = 200$ MeV, V_f volume del combustibile e $1/(\Sigma_f \bar{\nu}) = \Lambda \nu$ con $\nu = 2.4$. Dall'equazione stazionaria per il modello punto della zona di combustibile si ricavi il valore del coefficiente di scambio termico medio h_{fm} .
2. Si scriva il sistema di equazioni linearizzate per il sistema perturbato. Si considerino le controeattività termiche $\alpha_f = -5 \times 10^{-4}$ 1/K e $\alpha_m = 8 \times 10^{-5}$ 1/K, assunte sempre costanti.
3. Usando le trasformate di Laplace e le equazioni linearizzate ottenute al punto precedente, si determinino le soluzioni asintotiche per $t \rightarrow \infty$ di $n(t)$, $T_f(t)$ e $T_m(t)$.
4. Si ricavi la funzione di trasferimento $F(s) = n/\dot{m}e$ se ne discuta la stabilità, utilizzando ad esempio il criterio di Routh.

Numero assembly	157
Barre combustibile per assembly	264
Diametro barre [mm]	9.5
Altezza core [m]	3.66
Frazione volumetrica combustibile V_f / V_{core}	0.285

Tabella 1: Proprietà geometriche del reattore

Frazione neutroni ritardati β	0.0065
Costante decadimento ritardati λ [1/s]	0.08
Tempo di generazione medio Λ [s]	10^{-5}

Tabella 2: Parametri per equazione cinetica neutroni

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE

PRIMA SESSIONE 2017 – SEZIONE A

SETTORE INDUSTRIALE

PROVA PRATICA DI PROGETTAZIONE

TEMA 5: TEMA DI ENERGETICA - NUCLEARE

Densità combustibile ρ_f [kg/m ³]	10900
Calore specifico combustibile $c_{p,f}$ [kJ/kgK]	0.32
Densità moderatore ρ_m [kg/m ³]	700
Calore specifico combustibile $c_{p,m}$ [kJ/kgK]	5.83

Tabella 3: Proprietà fisiche del combustibile e del moderatore

MT

W

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE

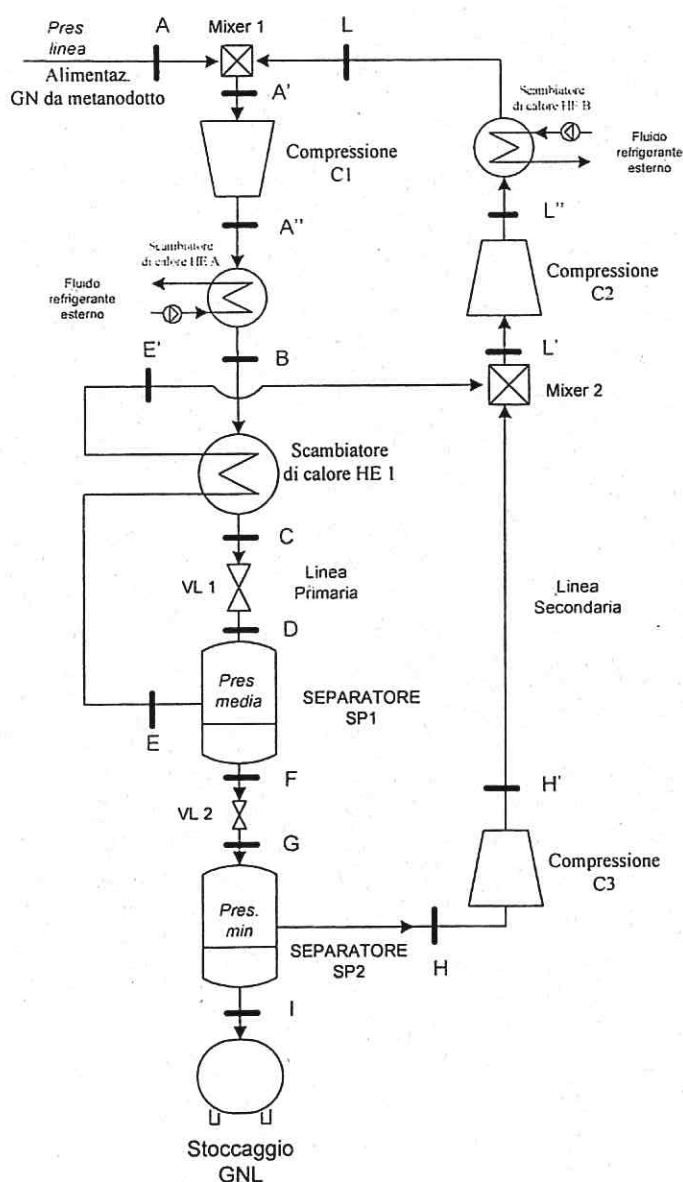
PRIMA SESSIONE 2017 – SEZIONE A

SETTORE INDUSTRIALE

PROVA PRATICA DI PROGETTAZIONE

TEMA N. 6: ENERGETICA / ENERGETICA

Il Candidato consideri il processo di liquefazione del gas naturale schematizzato in figura. Nel dettaglio, la configurazione adottata si basa su di un anello di compressione che prevede due linee di processo: una linea "primaria" che attraverso compressione, raffreddamento, laminazioni e successive separazioni genera la frazione liquida, a bassa pressione e temperatura, di gas naturale liquefatto accumulato nel serbatoio di stoccaggio e una linea "secondaria" che ricomprime e ricircola la frazione gassosa di gas naturale generata durante i processi di separazione.



Handwritten signatures or initials.

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE

PRIMA SESSIONE 2017 – SEZIONE A

SETTORE INDUSTRIALE

PROVA PRATICA DI PROGETTAZIONE

TEMA N. 6: ENERGETICA / ENERGETICA

Per le valutazioni relative al processo sopra descritto, il candidato consideri le seguenti assunzioni:

- il metano proveniente dalla rete del gas è assunto per semplicità costituito al 100% da CH_4
- la pressione di alimentazione del gas metano è assunta pari a 40 bar
- le pressioni relative ai processi di laminazione, VL1 e VL2, sono assunte pari rispettivamente a 4 bar e 1.5 bar;
- La pressione massima del processo è pari a 200 bar;
- La temperatura del gas naturale proveniente dal metanodotto è stata assunta pari a 40 °C;
- Il raffreddamento della corrente di gas compresso, in uscita dagli scambiatori HE A e HE B è stato ipotizzato pari a 50 °C ;
- l'efficienza dello scambiatore di calore HE 1 è assunta pari a 0.70;
- I rendimenti politropici di compressione sono stati assunti uguali e pari rispettivamente a 0.73;
- i rendimenti elettromeccanici sono assunti pari a 0.90 e 2.5 bar è l'incremento di pressione fornito dalle pompe per la circolazione del fluido refrigerante esterno negli scambiatori HE A e HE B ;
- Il fluido refrigerante ipotizzato circolante negli scambiatori HE A e HE B è acqua, la cui temperatura in ingresso è stata assunta pari a 20 °C mentre l'incremento di temperatura ammissibile è pari a 20 °C;
- la produzione di gas naturale liquefatto nel serbatoio di accumulo è assunta pari ad 1 kg/s.
- si assumano i valori del calore specifico a pressione e volume costanti pari a quelli dell'aria

Si richiede al Candidato un dimensionamento di massima del processo e dei relativi componenti valutando, in particolare: .

1. Gli stati fisici di ciascuna corrente in ingresso/uscita ai componenti (pressione, temperatura, entalpia e titolo);



ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE

PRIMA SESSIONE 2017 – SEZIONE A

SETTORE INDUSTRIALE

PROVA PRATICA DI PROGETTAZIONE

TEMA N. 6: ENERGETICA / ENERGETICA

2. Le portate in massa entranti e uscenti da ciascun componente;
3. Il lavoro specifico e la potenza richiesta per ciascuna compressione;
4. La potenza termica scambiata negli scambiatori di calore;
5. Portata e condizioni del fluido refrigerante esterno utilizzato per il raffreddamento della corrente di gas naturale in uscita dai compressori C1 e C2.
6. La potenza ausiliaria richiesta dalle pompe per la circolazione del fluido refrigerante.
7. Tracciare il ciclo nel diagramma log p-h fornito individuando ciascuna trasformazione.
8. Tracciare i diagrammi T-Q relativi agli scambiatori di calore presenti.

Il candidato valuti infine la possibilità di sostituire alle valvole di laminazione due espansori caratterizzati da un'efficienza isoentropica pari al 75 % quantificando inoltre la potenza elettrica producibile.

A



ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE

PRIMA SESSIONE 2017 – SEZIONE A

SETTORE INDUSTRIALE

PROVA PRATICA DI PROGETTAZIONE

TEMA N. 6: ENERGETICA / ENERGETICA

Tabella di saturazione del CH4

6: methane: V/L sat. T=-180. to -50, °C

	Temperature (°C)	Pressure (bar)	Liquid Density (kg/m³)	Vapor Density (kg/m³)	Liquid Enthalpy (kJ/kg)	Vapor Enthalpy (kJ/kg)	Liquid Entropy (kJ/kg-K)	Vapor Entropy (kJ/kg-K)
1	-180.00	0.15501	448.20	0.33255	-63.532	477.22	-0.51987	5.1853
2	-178.00	0.20163	445.50	0.41353	-56.753	481.07	-0.34808	5.1044
3	-176.00	0.25300	442.79	0.50932	-49.976	484.88	-0.47751	5.0278
4	-174.00	0.31435	440.05	0.62148	-43.158	488.53	-0.40839	4.9552
5	-172.00	0.38698	437.30	0.75189	-36.339	492.34	-0.34036	4.8853
6	-170.00	0.47229	434.51	0.90042	-29.466	495.96	-0.27345	4.8208
7	-168.00	0.57175	431.70	1.0751	-22.507	499.58	-0.20753	4.7585
8	-166.00	0.68591	428.97	1.2719	-15.702	503.11	-0.14283	4.6991
9	-164.00	0.81936	426.00	1.4949	-8.7585	506.57	-0.079007	4.6424
10	-162.00	0.97079	423.11	1.7465	-1.8056	509.96	-0.016117	4.5882
11	-160.00	1.1429	420.18	2.0298	5.1585	513.28	0.045884	4.5353
12	-158.00	1.3376	417.22	2.3442	12.216	516.32	0.10704	4.4856
13	-156.00	1.5565	414.23	2.6952	19.278	519.27	0.16739	4.4388
14	-154.00	1.8017	411.20	3.0843	26.377	522.14	0.22597	4.3928
15	-152.00	2.0750	408.13	3.5142	33.514	525.72	0.28282	4.3486
16	-150.00	2.3784	405.02	3.9877	40.584	529.60	0.34399	4.3058
17	-148.00	2.7139	401.87	4.5076	47.516	531.37	0.40149	4.2645
18	-146.00	3.0835	398.58	5.0770	55.185	534.05	0.45838	4.2245
19	-144.00	3.4893	395.43	5.6992	62.503	536.51	0.51469	4.1857
20	-142.00	3.9333	392.14	6.3775	69.873	539.06	0.57045	4.1479
21	-140.00	4.4177	388.79	7.1156	77.299	541.38	0.62571	4.1111
22	-138.00	4.9446	385.38	7.9173	84.783	543.58	0.68048	4.0752
23	-136.00	5.5160	381.92	8.7868	92.331	545.55	0.73482	4.0401
24	-134.00	6.1343	378.39	9.7285	99.945	547.37	0.78876	4.0056
25	-132.00	6.8016	374.79	10.747	107.63	549.35	0.84234	3.9717
26	-130.00	7.5201	371.11	11.848	115.39	550.97	0.89550	3.9384
27	-128.00	8.2920	367.36	13.037	123.24	552.43	0.94857	3.9054
28	-126.00	9.1195	363.53	14.321	131.17	553.71	1.0013	3.8728
29	-124.00	10.005	359.60	15.706	139.20	554.82	1.0538	3.8404
30	-122.00	10.951	355.57	17.201	147.33	555.73	1.1062	3.8082
31	-120.00	11.959	351.44	18.813	155.58	556.43	1.1585	3.7759
32	-118.00	13.033	347.18	20.554	163.94	556.91	1.2108	3.7437
33	-116.00	14.174	342.80	22.435	172.44	557.16	1.2631	3.7112
34	-114.00	15.384	338.28	24.468	181.08	557.16	1.3155	3.6785
35	-112.00	16.668	333.51	26.669	189.88	556.87	1.3681	3.6454
36	-110.00	18.028	328.75	29.056	198.85	556.28	1.4209	3.6117
37	-108.00	19.462	323.71	31.650	208.03	555.37	1.4741	3.5773
38	-106.00	20.978	318.45	34.478	217.42	554.06	1.5278	3.5419
39	-104.00	22.578	312.93	37.570	227.06	552.38	1.5821	3.5054
40	-102.00	24.264	307.13	40.967	236.99	550.24	1.6372	3.4678
41	-100.00	26.040	300.96	44.717	247.25	547.56	1.6935	3.4278
42	-98.000	27.909	294.43	48.868	257.90	544.25	1.7510	3.3859
43	-96.000	29.874	287.38	53.568	269.03	540.21	1.8104	3.3411
44	-94.000	31.942	279.72	58.862	280.74	535.26	1.8720	3.2927
45	-92.000	34.114	271.24	64.817	293.22	529.16	1.9369	3.2393
46	-90.000	36.399	261.66	72.271	306.71	521.52	2.0052	3.1791

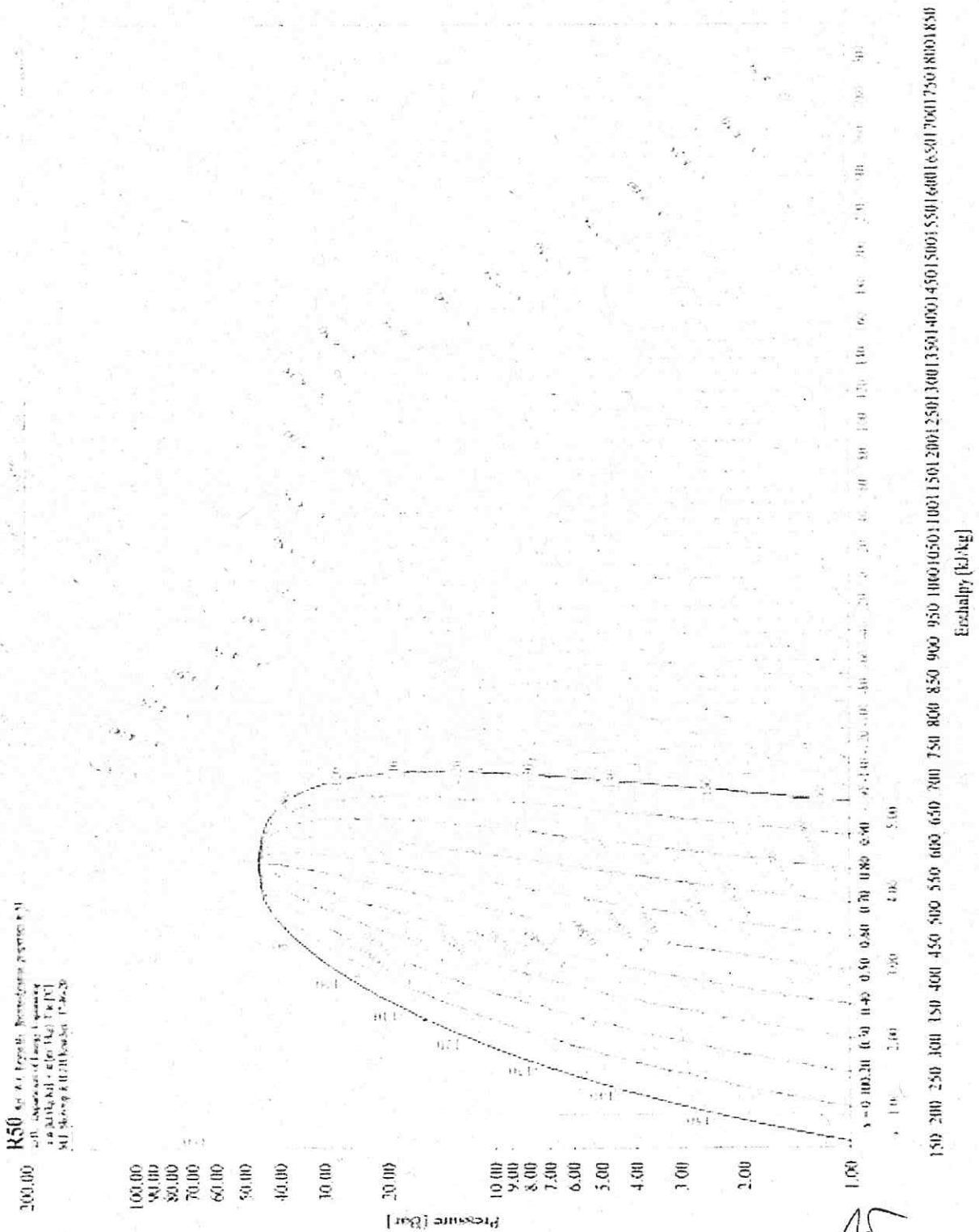
ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE

PRIMA SESSIONE 2017 – SEZIONE A

SETTORE INDUSTRIALE

PROVA PRATICA DI PROGETTAZIONE

TEMA N. 6: ENERGETICA / ENERGETICA



ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE

PRIMA SESSIONE 2017 – SEZIONE A

SETTORE INDUSTRIALE

PROVA PRATICA DI PROGETTAZIONE

TEMA N. 7: GESTIONALE - ECONOMICO

Il candidato gestisca il caso dell'azienda Prisma, leader mondiale nel campo della produzione, installazione e manutenzione di ascensori, montacarichi, scale e marciapiedi mobili. Al candidato, dopo un'accurata lettura del caso, è richiesto di sviluppare un progetto di analisi e ridisegno dei processi, strutturando il lavoro secondo la seguente logica:

PARTE A – Analisi delle prestazioni e modellazione dei processi esistenti

Il problema

Il contesto aziendale

Il processo analizzato

Fattori critici di successo

L'analisi delle prestazioni

Le prestazioni rilevanti*

Sviluppo degli indicatori principali per ogni dimensione

La modellazione del processo as-is

Macroprocessi e processi aziendali

Macrostruttura aziendale e struttura degli enti che svolgono il processo esaminato

Diagrammi appropriati per la rappresentazione del processo

PARTE B – Analisi e diagnosi delle criticità e ridisegno del processo

Analisi delle determinanti

La valutazione delle determinanti**

Legame criticità/prestazioni

Sintesi delle aree di criticità

Aree di miglioramento identificate

Il ridisegno dei processi

Obiettivi strategici

Prestazioni di efficacia e di efficienza attese

Descrizione della configurazione organizzativo-gestionale

Descrizione di massima della strategia e configurazione IT

Mappatura del processo to-be

Mappare il processo ridisegnato evidenziando solo i cambiamenti rispetto alla situazione iniziale

*Considerare le dimensioni rilevanti: *generali, process owner, cliente*

** Prendere in considerazione le variabili rilevanti: *Flusso delle attività, Organizzazione, Risorse e Competenze, Pianificazione e controllo prestazioni, Tecnologia del processo*



ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE

PRIMA SESSIONE 2017 – SEZIONE A

SETTORE INDUSTRIALE

PROVA PRATICA DI PROGETTAZIONE

TEMA N. 7: GESTIONALE - ECONOMICO

CASO PRISMA

Il mercato degli ascensori

Prisma è la più grande compagnia al mondo nel campo della produzione, installazione e manutenzione di ascensori, montacarichi, scale e marciapiedi mobili.

Prisma vende circa 70.000 sistemi di trasporto verticale all'anno - che rappresentano il 25 % circa del mercato mondiale dei nuovi impianti - e occupa 61.000 dipendenti, 53.000 dei quali fuori dagli Stati Uniti, in oltre 200 Nazioni. Circa 22.000 tecnici si occupano della manutenzione di oltre 1 milione di ascensori, scale mobili e tappeti mobili.

Gli impianti e l'assistenza Prisma negli Stati Uniti generano ricavi rispettivamente per 1 e 2 miliardi di dollari circa. Nel settore, molto competitivo, i maggiori fabbricanti sono Otis, Schindler, Dover, Montgomery, US Prisma, Fujitech e Mitsubishi. Prisma è leader sia nelle vendite di impianti sia nell'assistenza post vendita.

Mentre le vendite di ascensori, collegate direttamente alla costruzione degli edifici, sono cicliche, il mercato di assistenza è stabile. I produttori di ascensori spesso accettano margini bassi sulla vendita dell'ascensore per ottenere un contratto di assistenza, che procura una quota molto più alta di profitti. Il mercato dell'assistenza attira molti attori per la sua domanda stabile e la sua alta redditività. Per questa ragione, operano sul mercato numerose aziende di manutenzione, sia costruttori sia aziende dedicate unicamente all'assistenza. Molte piccole aziende possono assistere ascensori di qualunque costruttore, poiché tutti gli ascensori costruiti prima dell'introduzione dei sistemi di controllo su microprocessori usano tecnologie elettromeccaniche simili e ben note.

Un'azienda di assistenza di ascensori è normalmente scelta in base alla velocità e prontezza di risposta, alla qualità, al prezzo. Un costruttore è tipicamente premiato con circa il 60-80% dei contratti dei propri ascensori. Man mano che i fabbricati con gli ascensori invecchiano e la competizione per il manutentore aumenta, il prezzo dell'assistenza diventa cruciale e spesso il più basso offerente ottiene il contratto di manutenzione. Per il costruttore diventa più probabile mantenere contratti degli ascensori equipaggiati con microprocessore, la cui manutenzione richiede spesso l'utilizzo di apparecchiature esclusive. Tuttavia, gran parte degli ascensori Prisma installati utilizzano elementari controlli elettromeccanici.

Alan Jones, direttore Pianificazione della Prisma Nord America (NAP), sta preparando un nuovo piano strategico per le operazioni sul territorio della NAP. Jones ritiene che le operazioni di assistenza vadano cambiate per ottenere miglioramenti significativi di produttività e di qualità.

Ai tecnici occorre un addestramento maggiore per fare fronte alla diffusione da parte di Prisma di impianti equipaggiati con microprocessore ("ascensori intelligenti"). La forte concorrenza locale sul business dell'assistenza aggiunge urgenza alla situazione. La quota di mercato è declinata in molte aree urbane, soprattutto per la crescita di piccoli concorrenti locali che offrono gli stessi servizi di Prisma a prezzi nettamente minori. Prisma, anche se continua ad avere la reputazione di avere la migliore assistenza, avrebbe dovuto ridurre costi e prezzi.

Jones ritiene necessari interventi sostanziali nelle strutture organizzative, metodi di lavoro e strumentazione operativa, mantenendo un attento focus sulle relazioni fra tecnici e clienti, che sono state per oltre 100 anni la pietra angolare del successo di Prisma. Inoltre, poiché l'assistenza è il maggiore business della Prisma in assoluto, non vi è spazio per errori.



ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE

PRIMA SESSIONE 2017 – SEZIONE A

SETTORE INDUSTRIALE

PROVA PRATICA DI PROGETTAZIONE

TEMA N. 7: GESTIONALE - ECONOMICO

L'organizzazione NAP

Le operazioni NAP sono organizzate territorialmente; le unità operative fondamentali sono le 250 filiali, ciascuna condotta da un Dirigente di filiale responsabile di amministrazione, strutture di servizio e venditori di nuovi impianti, package di ammodernamento e contratti di assistenza (fig. 1). Le operazioni di assistenza e di installazione di nuovi impianti sono dirette da Dirigenti Operazioni Regionali, che riportano al Direttore Regionale. Essi sono responsabili dei tecnici distribuiti nelle filiali di ciascuna regione. Ogni filiale conta da 1 a 5 supervisori di assistenza e installazione, ciascuno dei quali dirige da 6 a 10 tecnici. I tecnici sono molto bene addestrati e molto pagati. Questi tecnici in genere hanno conseguito un diploma di specializzazione di due o quattro anni, hanno ricevuto un intenso addestramento al lavoro e frequentato corsi aziendali. I Dirigenti di filiale, non avendo autorità formale sui tecnici, lavorano a stretto contatto con i responsabili tecnici (Supervisori) per comunicare le proprie esigenze operative. Circa la metà dei tecnici e dei supervisori lavora all'installazione di nuovi impianti, l'altra metà opera sui contratti di assistenza. I tecnici di assistenza sono ulteriormente suddivisi fra tecnici di manutenzione (75%) e tecnici di riparazione (25%). La NAP ha circa 2.500 tecnici di assistenza, con una media aritmetica di 10 tecnici per filiale, che assistono oltre 100.000 ascensori.

Staff Supporto

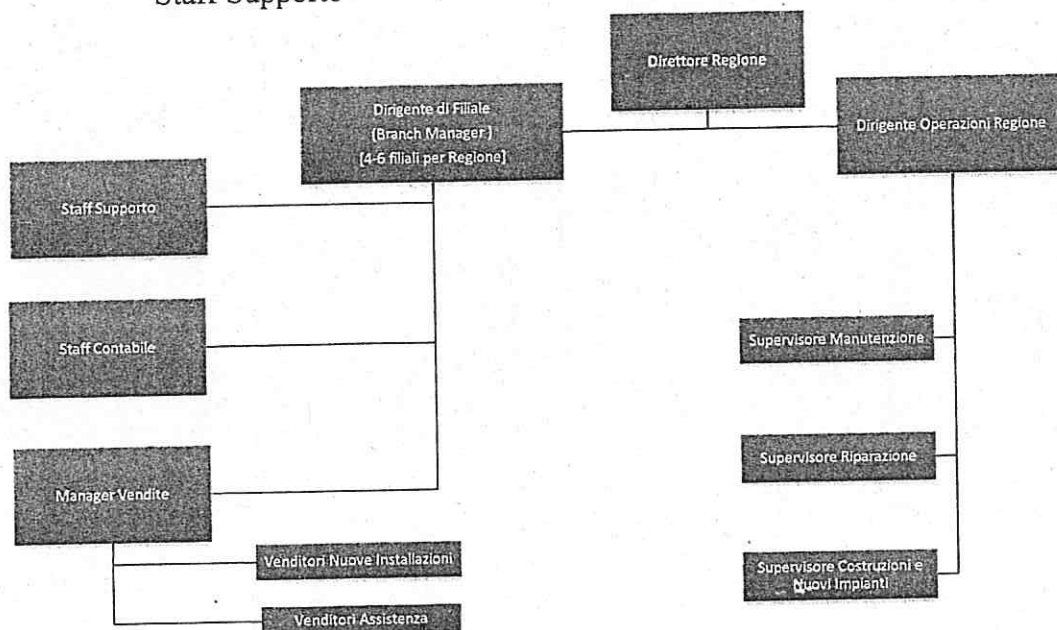


Figura 1 – Struttura territoriale NAP

AS *U*

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE

PRIMA SESSIONE 2017 – SEZIONE A

SETTORE INDUSTRIALE

PROVA PRATICA DI PROGETTAZIONE

TEMA N., 7: GESTIONALE - ECONOMICO

RESPONSABILITÀ DEI TECNICI DI ASSISTENZA E STRUTTURE ORGANIZZATIVE

Tecnici di manutenzione

Compito principale dei tecnici di manutenzione è quello di eseguire la manutenzione di routine e rispondere alle richieste di intervento (Callback). Fra le manutenzioni di routine è particolarmente rilevante la certificazione periodica del funzionamento dell'ascensore, senza la quale un ascensore non può essere utilizzato.

Nella maggior parte dei casi, ciascun tecnico di manutenzione cura 40-70 ascensori, distribuiti su un'area territoriale che può includere pochi isolati di una grande città o diversi comuni rurali. Circa il 7% dei tecnici di manutenzione lavora in squadre specificatamente assegnate a grandi installazioni come il Rockefeller Center di New York.

I tecnici di manutenzione sono i principali rappresentanti di Prisma presso i clienti. In generale visitano le unità della propria zona da 2 a 4 volte al mese per compiere manutenzione preventiva e/o per rispondere a richieste di intervento (Callback). Inoltre discutono lo stato dell'impianto con il loro cliente e rispondono a eventuali problemi o reclami. Prima di lasciare il sito, il tecnico si fa firmare dal cliente una bolla di lavoro, fornendo in questo modo una registrazione certa della propria visita e fornendo anche l'unico strumento di programmazione della manutenzione che Prisma fornisce ai propri certificatori.

I supervisori di manutenzione, che dirigono i tecnici di manutenzione, sono responsabili di verificare le unità che registrano un numero straordinario di richieste di intervento (Callback). I supervisori spendono molto tempo anche a compiere ispezioni annuali su ogni unità sotto il loro controllo per assicurarsi che l'unità sia mantenuta appropriatamente e ad addestrare i tecnici (per un totale medio di 40 ore annue). Secondo il management Prisma, il supervisore è la pietra angolare di tutta la manutenzione e l'ispezione è il metodo migliore per garantire la qualità del lavoro fatto sulle loro zone.

Tecnici di riparazione

I tecnici di riparazione lavorano in squadre di 2 persone, compiendo riparazioni particolarmente complesse che richiedono più di una persona e più di un giorno di lavori, per esempio sostituire le funi di acciaio dell'ascensore o riavvolgere il tamburo del motore.

I tecnici di riparazione non sono assegnati in modo fisso ad uno specifico cliente od unità, ma lavorano su qualunque unità, dietro richiesta dei tecnici di manutenzione che ne valutino la necessità per es. durante un intervento di Callback.

I supervisori di riparazione sono responsabili soprattutto del coordinamento delle squadre.

Il supervisore di manutenzione ordina i materiali e fornisce a quello di riparazione le ore standard per l'esecuzione delle varie operazioni. E' compito del supervisore di riparazione assicurarsi che il lavoro sia eseguito entro le ore stabilite, in quanto responsabile dell'esecuzione del lavoro. E' però il supervisore di manutenzione a verificare il lavoro svolto e firmare la bolla di riparazione. Il supervisore di manutenzione ha un budget di "ore disponibili" da destinare alla riparazione e il supervisore di riparazione lavora per esso, come fornitore interno.



ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE

PRIMA SESSIONE 2017 – SEZIONE A

SETTORE INDUSTRIALE

PROVA PRATICA DI PROGETTAZIONE

TEMA N. 7: GESTIONALE - ECONOMICO

Metodi di schedulazione e di lavoro

Sia le squadre di manutenzione che quelle di riparazione lavorano indipendentemente con limitate comunicazioni durante la giornata lavorativa fra i tecnici e fra i loro supervisori.

La scheda di controllo (Check Card) fornisce una traccia dei compiti che i tecnici di manutenzione compiono ogni mese, ed è conservata nella cabina dell'ascensore presso il cliente. La frequenza delle attività riportate sulla Check Card non ha però relazione con i livelli di utilizzo degli ascensori, che è la determinante fondamentale dell'intervallo medio di guasto (Mean Time Between Failures, MTBF). La Check Card inoltre non tiene conto delle differenze fra i vari tipi di impianto o del diverso tempo occorrente per svolgere la stessa attività su impianti diversi. Per questo motivo, spesso i tecnici modificano le loro routine di manutenzione, aggiornando la Check Card semplicemente con un segno, dopo aver eseguito la procedura.

In via orientativa, le ore di manutenzione effettive per gli ascensori di piccola e media portata (che costituiscono, come si è detto, il 93% del parco mantenuto) sono circa 22, che includono le circa 6 ore per la certificazione annuale. Delle 16 ore rimanenti, 10 sono dedicate alle revisioni mensili della cabina e alle ispezioni mensili del vano ascensore, 6 alla manutenzione del motore e delle funi. Tali operazioni sono mediamente semestrali (3 ore uomo per semestre), ma possono essere più frequenti per uso dell'ascensore intenso o più rade in caso di uso infrequente. La sostituzione delle funi o la loro revisione non viene considerata manutenzione ordinaria, ma una forma di ammodernamento, che richiede un preventivo specifico.

I soli controlli formali che assicurano che i tecnici di manutenzione hanno compiuto le attività appropriate sono le ispezioni annuali, eseguite dal supervisore di manutenzione, e gli aggiornamenti giornalieri delle richieste di intervento (Callback) relative ad ogni impianto, disponibili sul sistema PRISMALINE. I supervisori di manutenzione sono responsabilizzati sui Callback della loro zona attraverso criteri di valutazione della carriera, revisioni salariali, incentivazioni che premiano la riduzione dei Callback.

Il servizio di pronto intervento PRISMALINE comprende un ciclo articolato su più fasi (fig. 2). Il ciclo di pronto intervento è molto rapido e molto apprezzato dai clienti, con un tempo di risposta inferiore alle 3 ore (meno di 1 ora nei casi di emergenza), 24 ore al giorno e 365 giorni all'anno.

Un tecnico di manutenzione, responsabile di una grande zona rurale, osserva: "Eseguire manutenzione di qualità è cruciale per ridurre i Callback e tenere i costi bassi, ma non sempre è facile eseguire manutenzioni ben fatte ed efficienti quando il 50% del tuo tempo è assorbito dai Callback e non hai modo di programmare il tuo tempo. Se ricevi due richieste ai due capi della città, puoi scordarti di fare manutenzione per quel giorno."



ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE

PRIMA SESSIONE 2017 – SEZIONE A

SETTORE INDUSTRIALE

PROVA PRATICA DI PROGETTAZIONE

TEMA N. 7: GESTIONALE - ECONOMICO

1. I clienti telefonano al numero verde PRISMALINE; il centralinista identifica, consultando l'archivio degli ascensori installati, l'ascensore guasto, verifica la posizione contrattuale del cliente, predefinisce, consultando un archivio storico, l'intervento da compiere, ne concorda la scadenza, registra tutte le informazioni sul cartellino di richiesta di intervento (callback). Alla fine del colloquio con il cliente, il centralinista stampa un modulo cartaceo che passa all'operatore tecnico che lavora al suo fianco.

1. L'operatore avvisa immediatamente il tecnico di manutenzione con un messaggio su cercapersone o cellulare.

2. Il tecnico di manutenzione smette il lavoro in corso, contatta il centralino PRISMALINE ed ottiene una serie di spiegazioni che annota su un foglietto. Il tecnico decide il livello di urgenza e, se necessario, parte, in generale lasciando a metà il lavoro in corso.

3. Il tecnico si reca alla località dove deve effettuare l'intervento viaggiando con la propria auto.

4. Arrivato sul posto, il tecnico esegue la diagnosi, consultando anche la check card. Il tecnico può contattare il centro PRISMALINE e/o i colleghi operanti in zona per avere supporto e richiedere pareri.

5. Il tecnico risolve il problema. La casistica è molto varia: il problema può essere risolto direttamente dal tecnico di manutenzione chiamato, con o senza l'aiuto di colleghi, oppure richiedere l'intervento di tecnici di riparazione per risolvere problematiche specifiche. I guasti non riparabili immediatamente sono comunicati alla base ed innescano un procedura di eccezione.

6. Il tecnico può tornare o non tornare alla località dove stava precedentemente lavorando.

7. Una volta alla settimana, i tecnici rientrano alla direzione regionale e consegnano i

Figura 2 Richiesta di intervento (Callback): flusso

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE

PRIMA SESSIONE 2017 – SEZIONE A

SETTORE INDUSTRIALE

PROVA PRATICA DI PROGETTAZIONE

TEMA N. 7: GESTIONALE - ECONOMICO

Comunicazioni sul campo

Le comunicazioni sul campo fra tecnici e supervisor sono complesse e si basano sull'utilizzo di ricetrasmittenti per le comunicazioni a voce e terminali radio per messaggi e istruzioni (talvolta anche cellulari). Il tecnico riceve l'avviso di chiamata e si mette in comunicazione con il chiamante. I messaggi possono essere mandati al o dal personale sul campo attraverso PRISMALINE che serve come centro di smistamento messaggi. Occorrono però quasi due ore per inviare un messaggio ed avere una risposta da un altro collega.

In generale l'unico modo efficace con cui tecnici e supervisor possono comunicare è quello di parlarsi faccia a faccia. Un supervisore di manutenzione nota "Anche se resto in contatto con il mio tecnico con il telefono veicolare o il telefono dell'ufficio, voglio incontrare il tecnico una volta alla settimana, soprattutto se sono stato all'altro capo della città a lavorare su qualche impianto".

La comunicazione è particolarmente importante poiché il numero di prodotti nuovi è aumentato dieci volte negli ultimi anni. Infatti, per rispondere alla minaccia dei concorrenti internazionali che hanno introdotto la tecnologia del microprocessore in sostituzione di quella tradizionale elettromeccanica, Prisma ha introdotto a sua volta un'ampia gamma di prodotti controllati da microprocessore. Nonostante vengano svolti programmi di addestramento per insegnare ai tecnici come riparare e mantenere l'intera gamma di impianti (elettromeccanici e con microprocessore), molti tecnici non padroneggiano ogni tipo di impianto e ricorrono quindi al supporto di altri colleghi esperti.

L'innovazione del processo

Di fronte alle sfide competitive, è evidente che i processi di manutenzione e riparazione vanno innovati sul fronte dei sistemi, delle strutture e delle competenze.

Ma prima di ciò, vanno analizzate e valutate le prestazioni del processo di efficienza ed efficacia e vanno mappati il flusso e l'organizzazione del processo della situazione attuale. Ciò permetterebbe di valutare le criticità e gli obiettivi rispetto alle attese del cliente, rispetto alla concorrenza ed infine rispetto alle attese del management e degli azionisti. Su questa base si può impostare successivamente il piano dell'innovazione.

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE

PRIMA SESSIONE 2017 – SEZIONE A

SETTORE INDUSTRIALE

PROVA PRATICA DI PROGETTAZIONE

TEMA N. 8: GESTIONALE IMPIANTI

PARTE A

L'azienda *TuttoCasa Snc* è leader da anni nel settore di elettrodomestici per uso domestico. Da una recente analisi effettuata dall'Ufficio Marketing dell'azienda, con a capo l'ing. Morandi, è emersa una crescente sensibilità delle famiglie europee verso una sana alimentazione. Tale tendenza si è tradotta nell'acquisto di prodotti alimentari provenienti da aziende agricole locali e nell'utilizzo di tali prodotti per la produzione domestica di confetture, succhi di frutta e prodotti dolciari.

Alla luce dei risultati di tale indagine, l'azienda ha deciso di investire nella nuova centrifuga *TaglioSano* per la produzione di succhi di frutta, la quale è dotata di un particolare componente adibito al taglio della frutta che consente di preservarne le principali proprietà nutritive. A questo proposito, l'azienda deve decidere se produrre internamente il nuovo prodotto o se appoggiarsi ad un fornitore esterno.

La produzione interna richiederebbe un costo per il set-up delle macchine pari a 80 € e un costo di produzione del singolo pezzo pari a 40 €. La capacità produttiva ipotizzata sarebbe pari a 8800 pezzi/anno mentre l'Ufficio Vendite ha stimato una domanda annua pari a 4000 pezzi. Tuttavia, il principale concorrente già da qualche anno produce una centrifuga avente caratteristiche simili a *TaglioSano* eccezion fatta per il nuovo componente di taglio brevettato da *TuttoCasa Snc*. A seguito di una riunione tra i dirigenti delle due aziende, il concorrente si è offerto per la fornitura delle centrifughe, ad un costo di 48,5 €/pezzo, riadattate con l'alloggio per il nuovo componente di taglio, la cui produzione rimarrebbe interna a *TuttoCasa Snc*. Il costo di emissione di un ordine è pari a 15 € e il lead time di approvvigionamento è pari a 5 giorni. Considerando, inoltre, un costo di giacenza pari a 8 €/pezzi*anno, un costo di rottura di stock pari a 300 €/pezzo e che l'azienda lavora per 220 giorni/anno, al candidato Ingegnere si chiede di supportare l'azienda in questa importante decisione, determinando:

1. l'entità dei lotti economici di acquisto e di produzione;
2. la politica economicamente più conveniente;
3. il livello di riordino associato a tale politica.

PARTE B

Nell'ipotesi di produzione interna, la centrifuga *TaglioSano* è composta da 8 parti (P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8), di cui 5 (P1, P2, P3, P4, P5) realizzate nel reparto di lavorazioni meccaniche e 3 (P6, P7, P8) sono componenti di minuteria. Tali parti saranno poi assemblate per realizzare 5 diverse varianti della centrifuga (A, B, C, D, E) che differiscono tra loro per colori, forma e dimensioni. In particolare, sono già presenti all'interno del reparto di produzione 3 clusters di macchine (Tabella 1) necessari per la realizzazione delle parti da P1 a P5. A partire dai cicli di lavoro (Tabella 2), ai candidati Ingegneri si chiede di:

4. eseguire l'assegnazione parti-macchine e rappresentare la matrice di incidenza diagonalizzata relativamente alle parti da P1 a P5 e alle macchine da M1 a M6;



ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE

PRIMA SESSIONE 2017 – SEZIONE A

SETTORE INDUSTRIALE

PROVA PRATICA DI PROGETTAZIONE

TEMA N. 8: GESTIONALE IMPIANTI

5. calcolare gli indici di performance della clusterizzazione (Problem Density e Grouping Efficiency);

Come già specificato, tutte le parti (da P1 a P8) sono successivamente assemblate in un'area dedicata del reparto di produzione per costituire le cinque diverse varianti di centrifuga. A partire dalle distinte basi delle cinque tipologie di *TaglioSano* (Figura 1), ai candidati Ingegneri si chiede di:

6. costruire la matrice di incidenza prodotti-componenti;
7. costruire la matrice di similarità tra le diverse tipologie di *TaglioSano*, utilizzando l'indice di Jaccard;
8. applicare l'algoritmo di clustering UPGMA;
9. costruire il dendogramma ed indicare il valore di similarità che determina la formazione di 3 clusters di prodotti, comparando i risultati ottenuti con quelli che si otterrebbero considerando un taglio in corrispondenza di un valore di similarità pari a 0,38.

C1	M5
	M6
C2	M1
	M3
	M4
C3	M2

Tabella 1. Clusters di macchine

PARTE	CICLI DI LAVORO
P1	M1-M3-M5-M2 (85 pz; 5-2-3-1 min)
P2	M1-M2-M3-M4 (40 pz; 2-7-6-2 min)
P3	M3-M1-M6 (100 pz; 4-7-6 min)
P4	M2-M4-M6-M1-M5 (26 pz; 3-6-5-6-2 min)
P5	M6-M4-M1-M3 (52 pz; 4-2-1-5 min)

Tabella 2. Cicli di lavoro

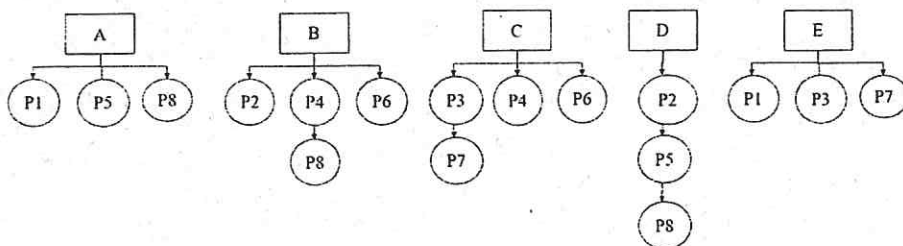


Figura 1. Distinte basi dei prodotti

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE

PRIMA SESSIONE 2017 – SEZIONE A

SETTORE INDUSTRIALE

PROVA PRATICA DI PROGETTAZIONE

TEMA N. 8: GESTIONALE IMPIANTI

PARTE C

L'Ing. Strambelli, appena assunto, deve occuparsi di schedulare le attività per la realizzazione del nuovo sistema di taglio di *TaglioSano*. In particolare, i *job* devono essere schedulati su 2 *macchine parallele ed identiche* (N1 e N2). Si riportano in Tabella 3 i *job* con i rispettivi tempi di esecuzione e le rispettive date di consegna, espressi in ore.

Job _j	t _j	d _j
1	7	18
2	5	23
3	13	50
4	24	30
5	11	17
6	8	15
7	6	10

Tabella 3. Dati significativi dei jobs

Al candidato Ingegnere, si chiede di supportare l'Ing. Strambelli nel progetto di schedulazione delle macchine necessarie per la realizzazione del componente. In particolare, si chiede di:

10. svolgere completamente la schedulazione secondo il modello di Nunnikhoven & Emmons, ordinando cioè i *job* sia secondo la regola EDD (Earliest Due Date) che secondo la regola MST (Minimum Slack Time);
11. determinare la schedulazione ottimale in termini di lateness medio;
12. determinare la schedulazione ottimale in termini di makespan;
13. commentare opportunamente e criticamente i risultati ottenuti.

PARTE D

Da ultimo, un'altra questione rilevante per l'azienda è lo sviluppo di un progetto di ingegnerizzazione del processo di assemblaggio manuale del nuovo modello di macchina impastatrice *PanPizza*. In questa fase, l'Ing. Pelloni, addetto allo sviluppo del progetto, sta analizzando i risultati delle misure sul campo delle diverse attività di assemblaggio per determinare il tempo complessivo di transito in linea del prodotto. L'Ing. Pelloni ha analizzato i dati di ognuna delle attività necessarie per la realizzazione dell'impastatrice, ottenendo i seguenti risultati, espressi in minuti (Tabella 4).

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE

PRIMA SESSIONE 2017 – SEZIONE A

SETTORE INDUSTRIALE

PROVA PRATICA DI PROGETTAZIONE

TEMA N. 8: GESTIONALE IMPIANTI



Attività	Durata ottimistica	Durata tipica	Durata pessimistica	Vincoli precedenza
A	1	2	4	-
B	3	6	7	A
C	4	4	4	A
D	3	6	9	A
E	7	11	13	D
F	7	8	9	D
G	1	2	3	E-F
H	3	4	5	C
I	6	6	6	E-H
J	4	7	9	I
K	8	9	12	B-H
L	2	4	6	G-J-K

Tabella 4. Dati significativi delle attività

Al candidato Ingegnere si chiede di:

14. costruire il diagramma delle precedenze tecnologiche delle attività di assemblaggio;
15. applicare il metodo Program Evaluation & Review Technique (PERT) per calcolare il tempo atteso di assemblaggio di ogni prodotto e la deviazione standard su tale valore;
16. evidenziare le attività a cui prestare maggiore attenzione per evitare ritardi nel completamento dell'operazione di assemblaggio determinando gli slittamenti liberi, concatenati e totali;
17. discutere l'impatto di un raddoppiamento dei tempi di esecuzione dell'attività K sul tempo totale di assemblaggio di ogni prodotto;
18. commentare opportunamente e criticamente i risultati ottenuti.

Nota. Per ogni dato mancante nel testo fare riferimento alle regole del buon progetto.



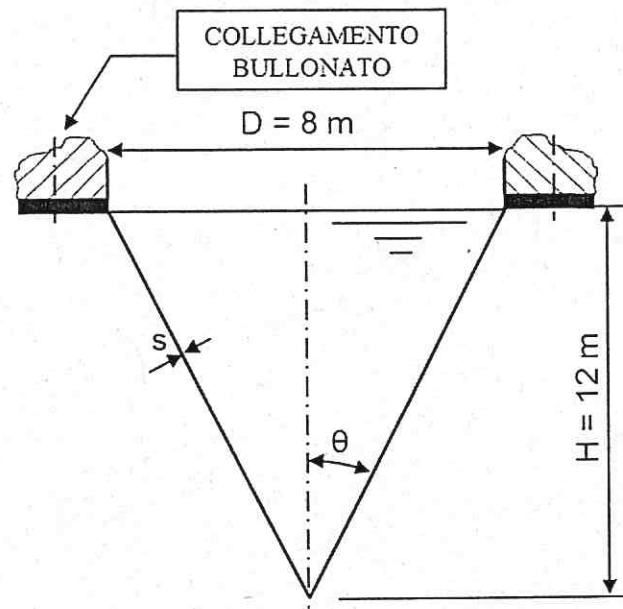
ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE

PRIMA SESSIONE 2017 – SEZIONE A

SETTORE INDUSTRIALE

PROVA PRATICA DI PROGETTAZIONE

TEMA N. 9: MECCANICA – COSTRUZIONE DI MACCHINE



Il **serbatoio conico**, riportato schematicamente in figura, risulta aperto superiormente e completamente riempito di **fluido incompressibile** (liquido) avente peso specifico $\gamma = 15.000 \text{ N/m}^3$. Conoscendo l'altezza H , il diametro massimo D ed il materiale con cui è realizzato (**S235** in conformità alle UNI EN 10025-2) si chiede al candidato di:

- 1) determinare lo spessore s delle pareti del serbatoio, adottando un coefficiente di sicurezza **CS** pari a **3**;
- 2) dopo aver scelto il numero opportuno di viti di **classe 8.8**, dimensionare il collegamento bullonato a soffitto affinché sia ancora in funzione dopo **50 anni di servizio**, considerando che il serbatoio viene riempito e svuotato completamente **50 volte al giorno per 365 giorni all'anno**;
- 3) effettuare, infine, il **disegno costruttivo del serbatoio** (indicando la presenza di eventuali aperture, corrispondenti a bocchelli, attacchi per strumenti di misura, finestre di ispezione,...), illustrandone anche il processo realizzativo (calandratura a caldo o a freddo, disposizione dei cordoni di saldatura, ...).

Eventuali ulteriori dati necessari a scelta del candidato.

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE

PRIMA SESSIONE 2017 – SEZIONE A

SETTORE INDUSTRIALE

PROVA PRATICA DI PROGETTAZIONE

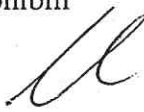
TEMA N. 10: MECCANICA – IMPIANTI

Si voglia dimensionare un gruppo frigorifero a compressione semplice con accumulo freddo a supporto del raffreddamento di macchine inserite in un processo industriale mediante acqua refrigerata. Si considerino i seguenti dati per la progettazione:

- Il numero di macchine presenti nello stabilimento è pari a 17 e la potenza frigorifera nominale utilizzata è pari a 10 kW ciascuna. Si consideri un fattore di contemporaneità pari a 0.7.
- Lo stesso gruppo frigorifero viene utilizzato per il raffrescamento estivo di un edificio, la cui potenza frigorifera nominale è pari a 150 kW.
- Il gruppo frigorifero utilizza come fluido refrigerante R134a ed il rendimento di compressione è pari a 0.73. Le temperature di evaporazione e condensazione sono assunte pari a 2 C e 40 C rispettivamente.
- Temperatura nominale di bulbo umido dell'aria pari a 24 C;
- Temperatura nominale dell'aria entrante nella torre di raffreddamento pari a 33 C e umidità relativa pari al 50%.

Considerando una temperatura dell'acqua refrigerata in ingresso ed uscita dall'evaporatore rispettivamente pari a 12 C e 7 C, il candidato:

- 1) Calcoli la potenza frigorifera nominale richiesta al gruppo frigorifero.
- 2) Definisca il P&ID di impianto identificando i componenti presenti e i collegamenti idraulici necessari per l'esercizio del gruppo frigorifero con accumulo freddo e torre di raffreddamento.
- 3) Considerando come fluido frigorifero R134a, il candidato rappresenti il ciclo frigorifero sul diagramma p-H assegnato. Si calcoli inoltre la potenza elettrica spesa al compressore e l'Energy Efficiency Ratio (EER) del ciclo.
- 4) Dimensiona la torre di raffreddamento a supporto considerando un'efficienza della torre pari al 80%, una temperatura dell'acqua calda in arrivo dal condensatore pari a 35 C e una temperatura del reintegro pari a 12 C. Si calcolino inoltre la temperatura fredda dell'acqua, le portate di acqua evaporata, trascinata dalla torre (coefficiente di trascinamento pari a 0.15) e la portata di spurgo, supponendo che tutta l'aria esca dalla torre di raffreddamento in condizioni di saturazione. Il candidato utilizzi il diagramma psicrometrico assegnato e consideri una concentrazione media in torre pari a 150 ppm e una concentrazione del reintegro pari a 75 ppm.
- 5) Dimensiona le tubature fra torre e gruppo frigorifero (sezioni di passaggio e pompa presente) considerando una perdita di carico complessiva (distribuita e concentrate) pari a 0.12 MPa con una velocità di attraversamento pari a 1.5 m/s. Si consideri un rendimento della pompa pari a 0.75.
- 6) Si consideri la possibilità di installare un gruppo frigorifero ad assorbimento a bromuro di litio in alternativa al gruppo frigorifero a compressione semplice essendo disponibili

15 

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE

PRIMA SESSIONE 2017 – SEZIONE A

SETTORE INDUSTRIALE

PROVA PRATICA DI PROGETTAZIONE

TEMA N. 10: MECCANICA – IMPIANTI

cascami termici a 95 C nell'impianto. La potenza termica disponibile sia pari a 400 kW. Il candidato definisca il P&ID del gruppo frigorifero ad assorbimento.

- 7) Considerando un COP pari a 0.7 il candidato valuti se la sorgente termica a disposizione è sufficiente per lo scopo definendo la taglia della torre di raffreddamento a supporto;
- 8) Considerando di dover decidere se implementare la soluzione con gruppo frigorifero a compressione semplice o gruppo frigorifero ad assorbimento, il candidato valuti il Valore Attuale Netto (VAN) delle due soluzioni impiantistiche in un arco temporale di 10 anni; si trascuri nel calcolo dei due VAN il costo della torre di raffreddamento.

Per lo svolgimento il candidato utilizzi i seguenti dati:

- Costo specifico gruppo frigorifero ad assorbimento: 250 Euro/kW;
- Costo specifico gruppo frigorifero a compressione semplice: 100 Euro/kW;
- Numero di ore di funzionamento impianto al giorno: 16 h/giorno;
- Numero di giorni di esercizio impianto alla settimana: 5 giorni/settimana;
- Numero di settimane di esercizio impianto all'anno: 50 settimane/anno;
- Numero di settimane di raffrescamento uffici all'anno: 10 settimane/anno;
- Costo di acquisto energia elettrica: 0.17 Euro/kWh;
- Costo di manutenzione gruppi frigoriferi a compressione semplice e ad assorbimento: 2% dell'investimento iniziale all'anno;
- Coefficiente di ammortamento: 140%;
- Aliquota fiscale: 31.4%;
- Tasso di attualizzazione del denaro: 2%.

Si ricorda che l'efficienza della torre di raffreddamento è definita come:

$$\eta = \frac{T_c - T_f}{T_c - T_{bu}}$$

Dove T_c è la temperatura dell'acqua in arrivo dal condensatore [C], T_f è la temperatura dell'acqua in uscita dalla torre di raffreddamento [C] e T_{bu} è la temperatura di bulbo umido dell'aria [C].

Per ogni dato mancante fare riferimento a criteri di buon progetto.



ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE

PRIMA SESSIONE 2017 – SEZIONE A

SETTORE INDUSTRIALE

PROVA PRATICA DI PROGETTAZIONE

TEMA N. 10: MECCANICA – IMPIANTI

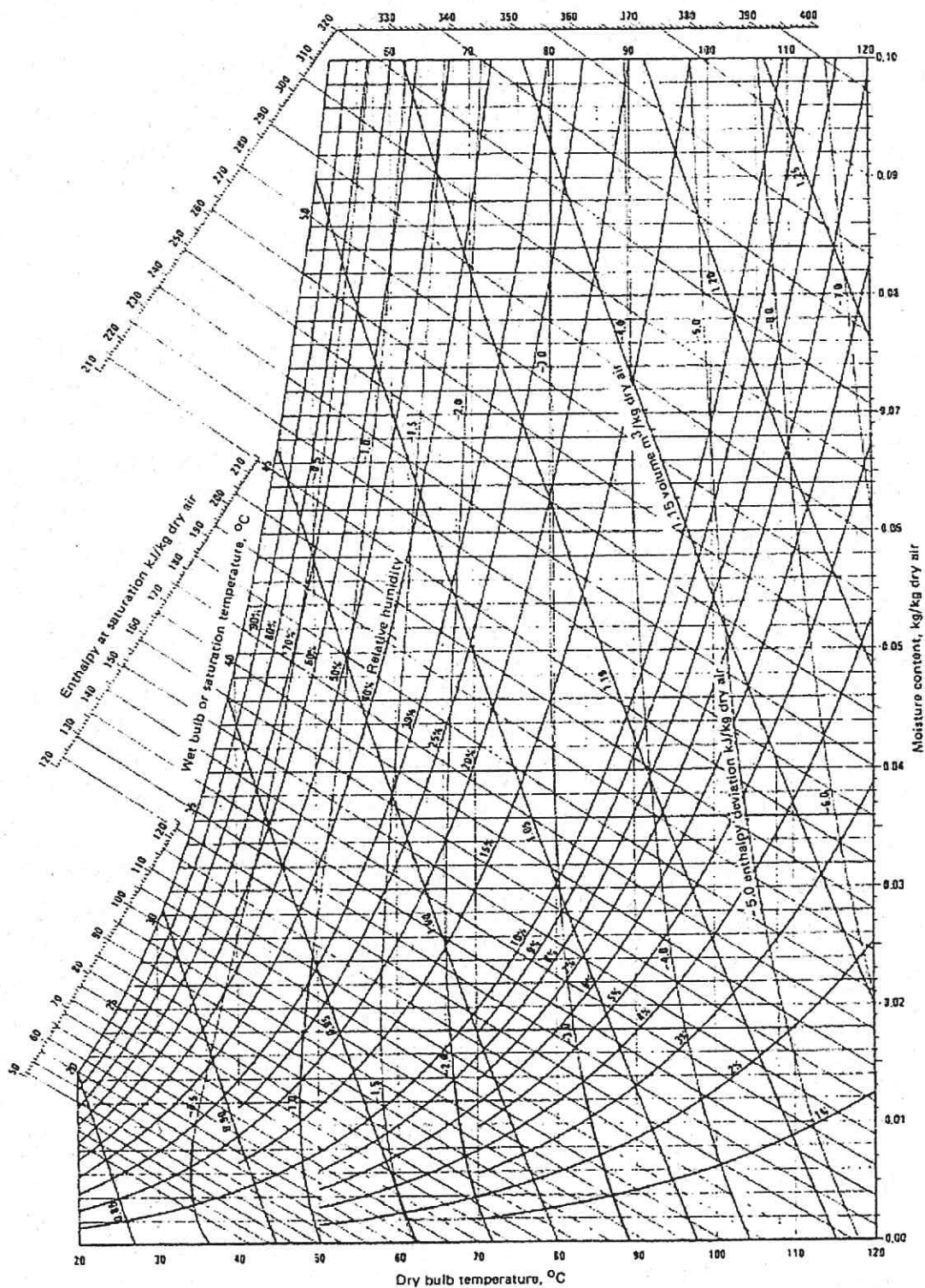


Figura 1. Diagramma psicrometrico dell'aria.

[Handwritten signatures]

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE

PRIMA SESSIONE 2017 – SEZIONE A

SETTORE INDUSTRIALE

PROVA PRATICA DI PROGETTAZIONE

TEMA N. 10: MECCANICA – IMPIANTI

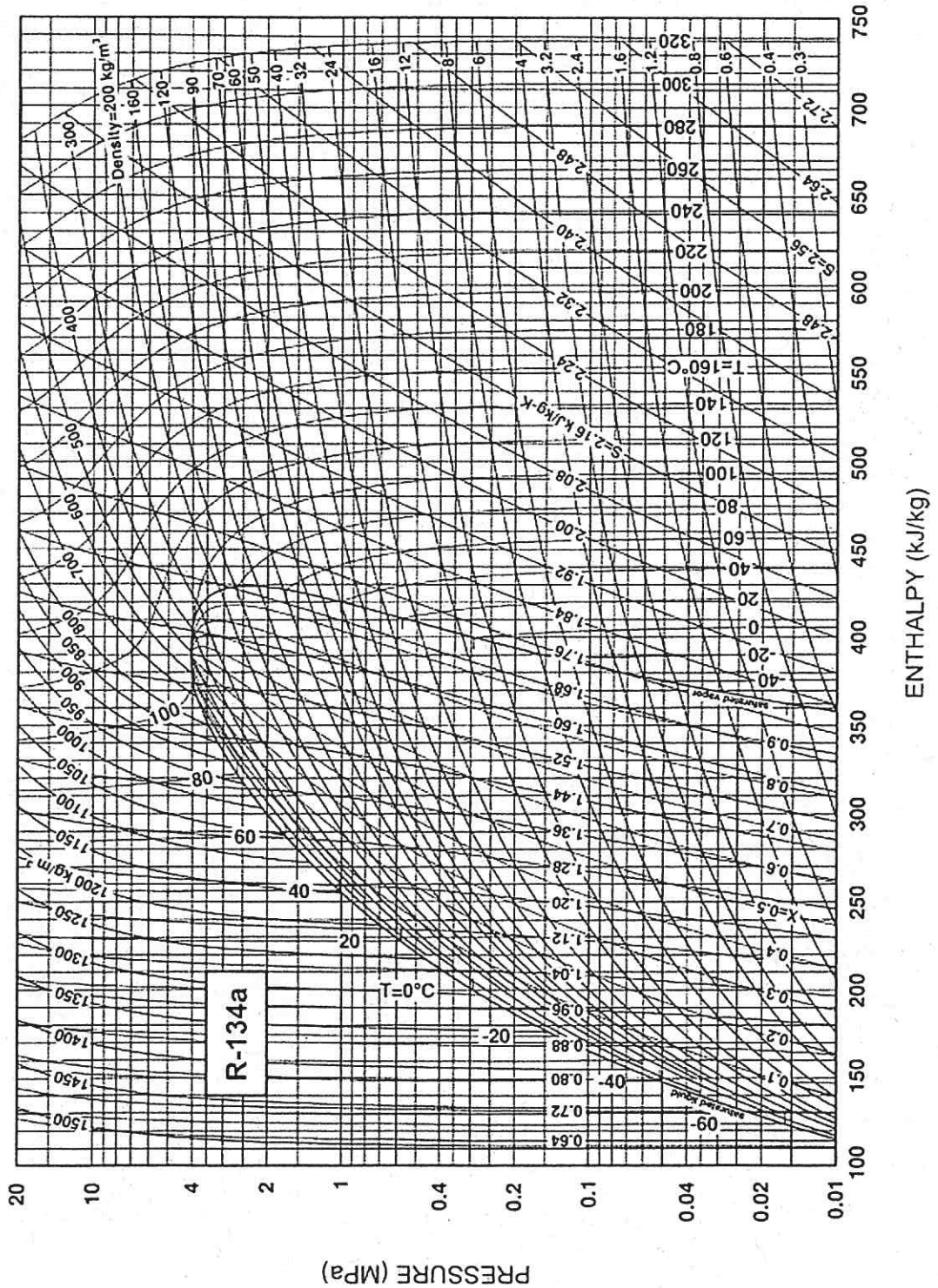


Figura 2. Diagramma p-H del fluido R-134a.

Handwritten signatures or initials.

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE

PRIMA SESSIONE 2017 – SEZIONE A

SETTORE INDUSTRIALE

PROVA PRATICA DI PROGETTAZIONE

TEMA N. 11: TEMA DI MECCANICA- MACCHINE

Si consideri un sistema di propulsione navale composto da un motore a gasolio provvisto di un impianto di alimentazione combustibile composto da due stadi di compressione.

- Primo stadio: aspirazione da un serbatoio a pressione atmosferica e pressurizzazione del combustibile fino a 5 bar per mezzo di una pompa centrifuga
- Secondo stadio: pressurizzazione del combustibile da 5bar a 180 bar tramite una pompa volumetrica.

Il motore presenta le seguenti caratteristiche:

- 8 cilindri
- Alesaggio: 1600 mm
- Corsa: 3200 mm
- Rendimento volumetrico= 0.92

Viene fatto operare alle seguenti condizioni:

- Regime: 150 giri/min
- Rapporto in massa aria/combustibile: 16.6

Si precisa inoltre che viene alimentato con un combustibile con $\rho: 750 \text{ kg/m}^3$.

Si richiede di dimensionare la pompa centrifuga del primo stadio di pressurizzazione, sapendo che la macchina presenta le seguenti specifiche:

- Regime di funzionamento: 5600 giri/min
- Rendimento meccanico: 0.96
- Rendimento volumetrico: 0.95
- Perdite fluidodinamiche interne della pompa pari al 12% della prevalenza generata

Eeguire il dimensionamento seguendo i seguenti punti:

1. Calcolo della portata da elaborare
2. Calcolo della potenza assorbita dalla macchina e del suo indice caratteristico
3. Calcolo delle dimensioni principali seguendo lo schema in allegato
4. Calcolo dei triangoli di velocità in ingresso e in uscita.

A valle della progettazione valutare se, nel caso fosse presente una perdita di carico tra il serbatoio e l'aspirazione della pompa pari a 0.4 bar, si presenti il pericolo di cavitazione (si consideri per esempio una pressione di saturazione T_v del fluido pari a 0.2 bar).

Il candidato giustifichi eventuali scelte progettuali e/o assunzioni effettuate.



ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE

PRIMA SESSIONE 2017 – SEZIONE A

SETTORE INDUSTRIALE

PROVA PRATICA DI PROGETTAZIONE

TEMA N. 11: TEMA DI MECCANICA-MACCHINE

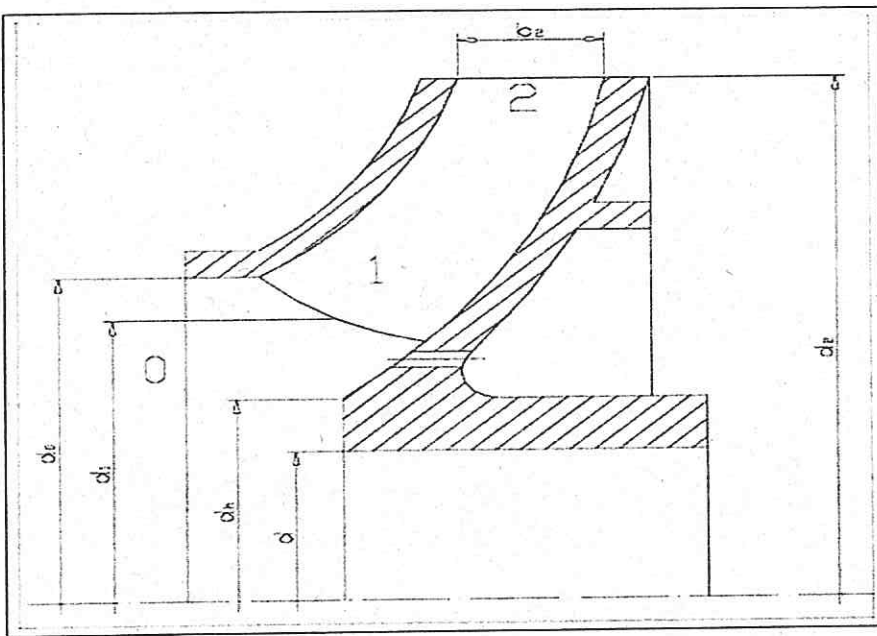


Figura 1: Schema di massima della girante di una pompa centrifuga

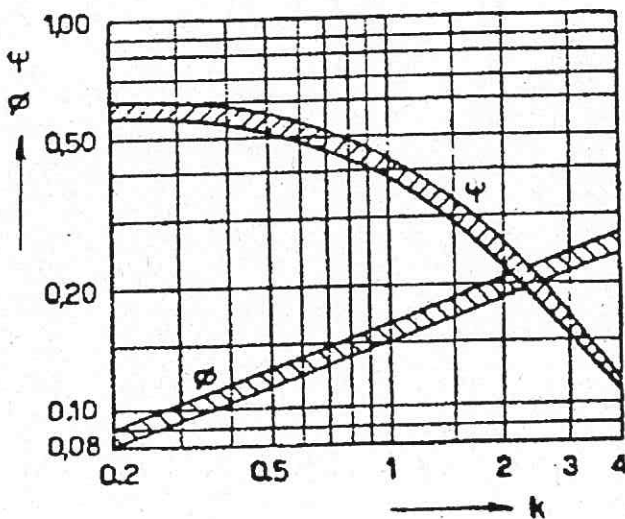


Figura 2: Variazione del numero di prevalenza (ψ) e di portata (Φ) in funzione dell'indice caratteristico K

$$\nu = \frac{r_{1i}}{r_{1e}} = 0.3 \div 0.5$$

$$\Phi = \frac{Q}{n D^3} = \frac{c_2 \text{ Rad}}{u_2}$$

$$\Phi_i = \sqrt{\frac{1 - \nu^2}{2}} = \frac{c_1 \text{ Rad}}{u_1}$$

$$c_{u2} = \frac{u_2 \psi}{\eta_i}$$

NT

kl

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE

PRIMA SESSIONE 2017 – SEZIONE A

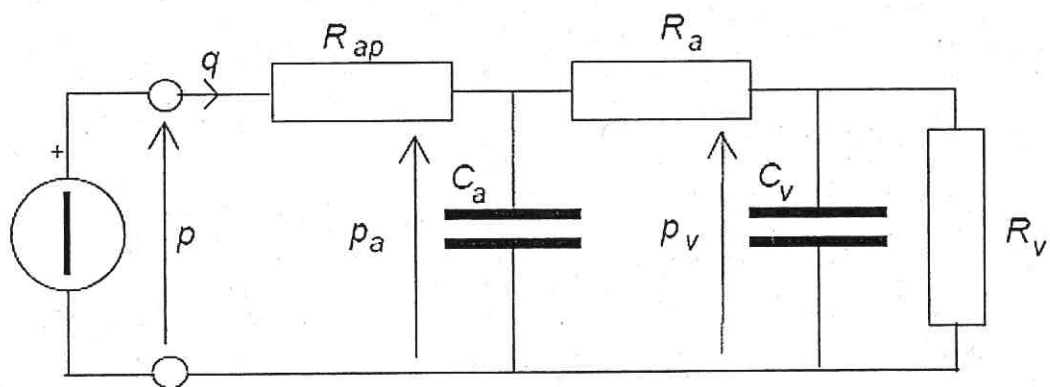
SETTORE INDUSTRIALE

PROVA PRATICA DI PROGETTAZIONE

TEMA N. 12: BIOMEDICA

ESERCIZIO 2

Si suppone che la circolazione del sangue in un arto sia approssimativamente descritta dall'analogo elettrico di figura,



dove

- R_{ap} è la resistenza delle arterie prossimali;
- R_a è la resistenza dei vasi più periferici (arteriole e capillari);
- R_v è la resistenza venosa;
- C_a è la compliance arteriosa;
- C_v è la compliance venosa;
- $p(t)$ è la pressione arteriosa a monte dell'arto;
- $q(t)$ è la portata ematica istantanea totale *entrante* nell'arto;
- $p_a(t)$ è la pressione arteriosa distale;
- $p_v(t)$ è la pressione venosa distale.

Al candidato è richiesto di:

- 1) Scrivere le equazioni di stato del sistema, in forma canonica, con $p(t)$ variabile di ingresso, $p_a(t)$ e $p_v(t)$ variabili di uscita; specificare inoltre le matrici **A**, **B**, **C** e **D**;
- 2) discutere la stabilità nel senso di Liapounoff del sistema (sistema asintoticamente stabile);
Supponendo trascurabile la compliance arteriosa, cioè $C_a \rightarrow 0$,
- 3) ricavare la corrispondente matrice di trasferimento;
- 4) introdurre la retroazione

$$p = k \int_0^t [p_r(\xi) - p_v(\xi)] d\xi$$

dove k è una costante prefissata e p_r è la pressione di riferimento. Studiare la stabilità della funzione di trasferimento $p_r \rightarrow p_v$; si utilizzi il criterio di Nyquist e si consideri $-\infty < k < +\infty$;

M. M.

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE

PRIMA SESSIONE 2017 – SEZIONE A

SETTORE INDUSTRIALE

PROVA PRATICA DI PROGETTAZIONE

TEMA N. 12: BIOMEDICA

- 5) scrivere le equazioni di stato e di uscita (con variabili di uscita p_a e p_v) del sistema in retroazione descritto al punto 4;
- 6) scrivere le equazioni di stato del sistema a tempo discreto che si ottiene applicando il metodo di Eulero modificato (cioè approssimando le derivate prime con il rapporto incrementale all'indietro) per l'integrazione numerica del sistema continuo descritto al punto 1, con $C_a \rightarrow 0$.

AT M

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE

PRIMA SESSIONE 2017 – SEZIONE A

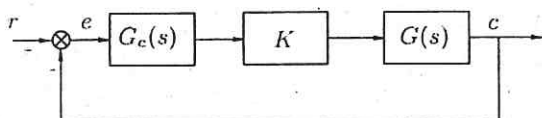
SETTORE INDUSTRIALE

PROVA PRATICA DI PROGETTAZIONE

TEMA N. 13: AUTOMAZIONE

Esercizio (1)

Si consideri il sistema in retroazione rappresentato dal diagramma a blocchi di Fig.1.



$$G(s) = \frac{1000}{(s + 100)(s^2 + 2s + 10)}$$

Fig. 1: Sistema in retroazione.

- Assumendo $G_c(s) = 1$, si determini il luogo delle radici del sistema in retroazione al variare del parametro $K > 0$.
- Assumendo $G_c(s) = 1$, si determini l'intervallo di valori di K per i quali il sistema in retroazione è stabile asintoticamente.
- Assumendo $G_c(s) = 1$ e $K = 1$, si traccino i diagrammi asintotici di Bode (delle ampiezze e delle fasi) della funzione guadagno d'anello del sistema.
- Assumendo $K = 1$, si progetti il compensatore $G_c(s)$ in modo tale che il sistema ad anello chiuso soddisfi le seguenti specifiche:
 - risposta al gradino unitario caratterizzata da transitorio di tipo non oscillatorio e da errore a regime nullo;
 - risposta alla rampa unitaria caratterizzata da errore a regime costante e uguale a 0,05. A questo scopo, si suggerisce di impiegare un regolatore PID progettato effettuando opportune cancellazioni polo-zero e scegliendo la costante di guadagno proporzionale in modo da rendere soddisfatta la specifica sull'errore a regime nella risposta alla rampa.
- Con riferimento al sistema introdotto al punto a), in cui si assume $K = 2000$ e

$$G(s) = \frac{1}{s(s + 100)}$$

si progetti la rete ritardatrice che assegna al sistema compensato margine di fase uguale a 60° alla pulsazione $\omega = 10$ rad/sec. A questo scopo si suggerisce di utilizzare le formule di inversione¹.

¹Si ricorda che le formule di inversione per la rete anticipatrice,

$$\alpha = \frac{M \cos \varphi - 1}{M(M - \cos \varphi)}, \quad \omega T = \frac{M - \cos \varphi}{\sin \varphi},$$

valgono anche per la rete ritardatrice purché si considerino l'inverso di M e l'opposto di φ .

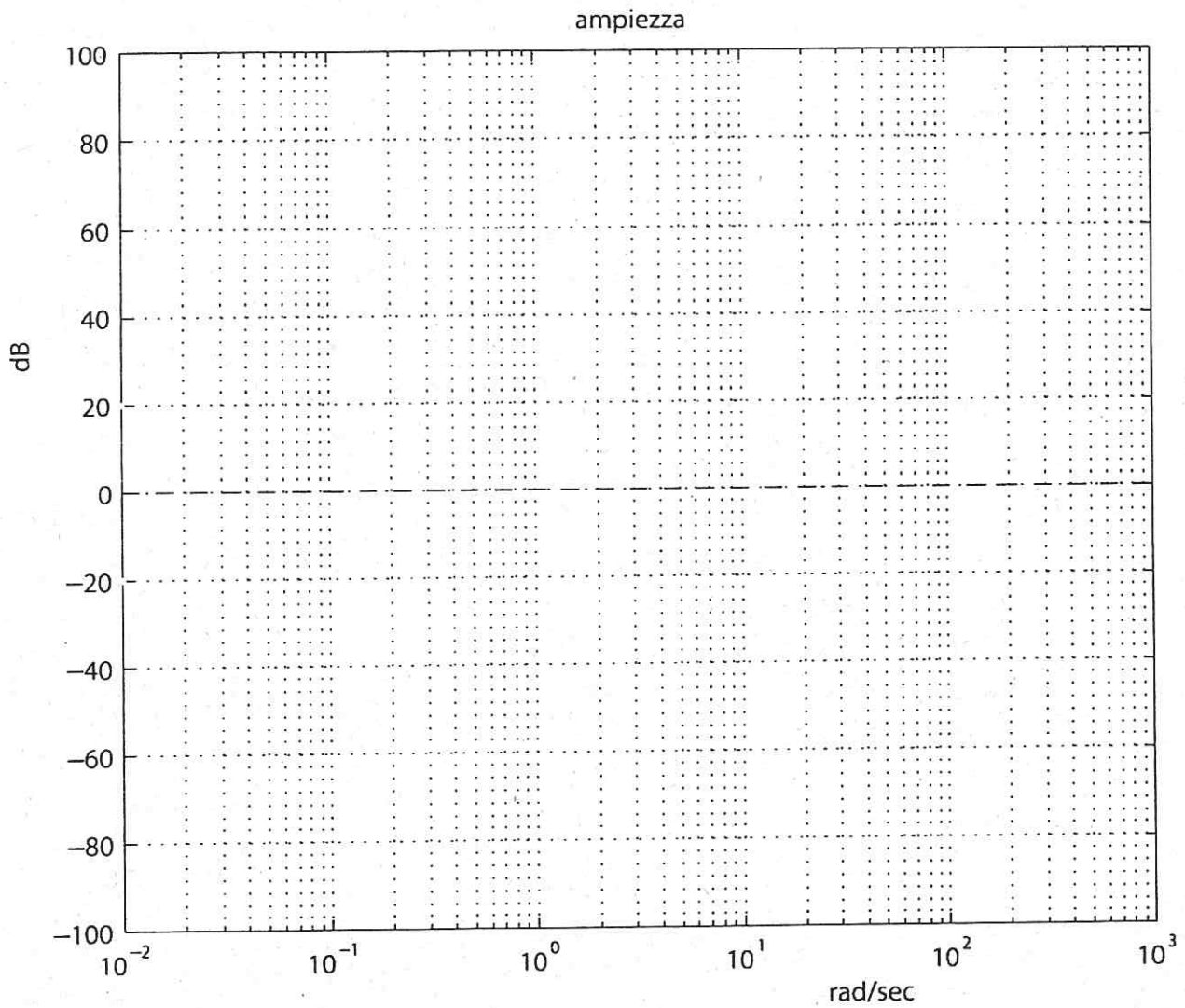
ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE

PRIMA SESSIONE 2017 – SEZIONE A

SETTORE INDUSTRIALE

PROVA PRATICA DI PROGETTAZIONE

TEMA N. 13: AUTOMAZIONE



↑

u

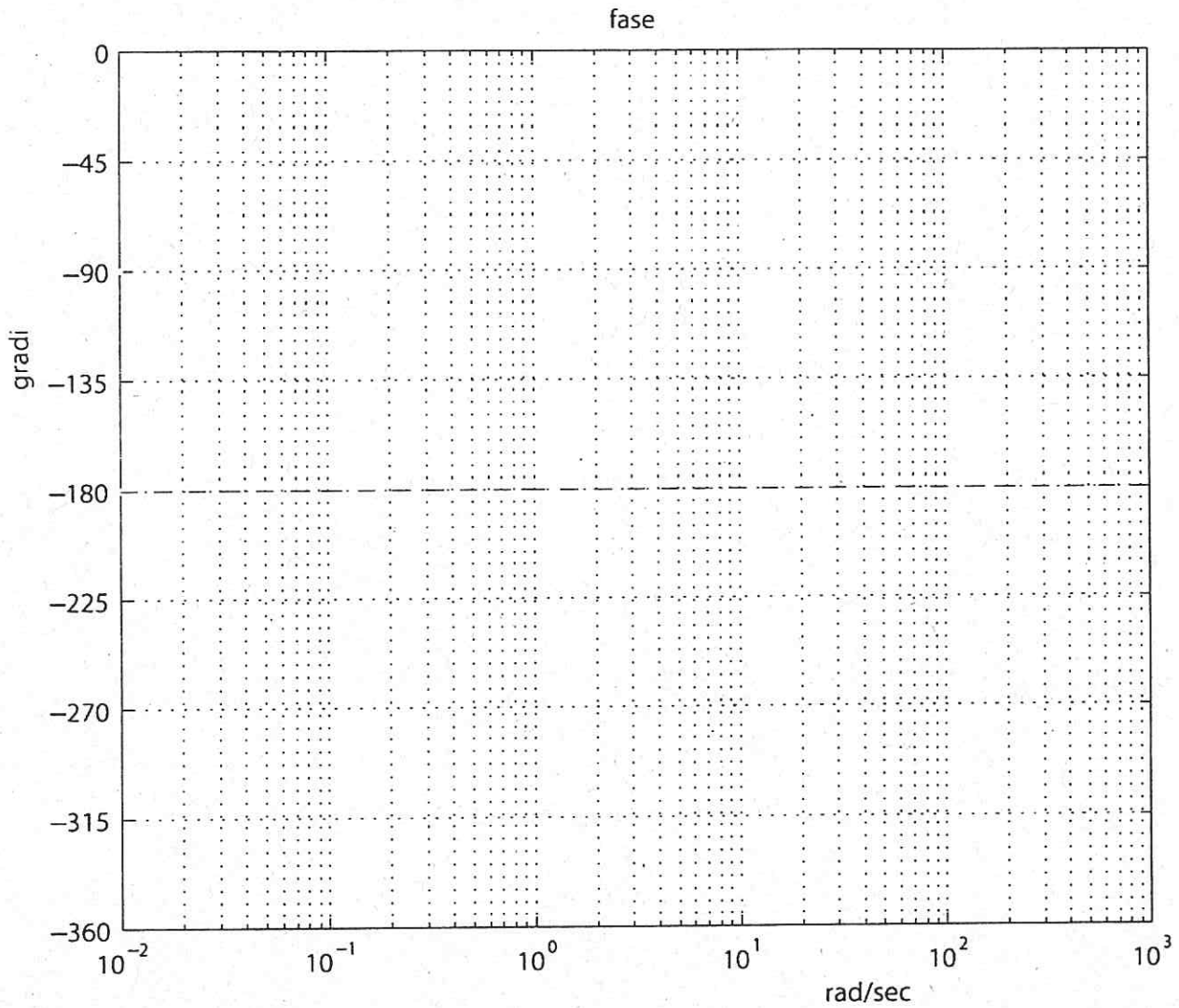
ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE

PRIMA SESSIONE 2017 – SEZIONE A

SETTORE INDUSTRIALE

PROVA PRATICA DI PROGETTAZIONE

TEMA N. 13: AUTOMAZIONE



Handwritten marks/signatures

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE

PRIMA SESSIONE 2017 – SEZIONE A

SETTORE INDUSTRIALE

PROVA PRATICA DI PROGETTAZIONE

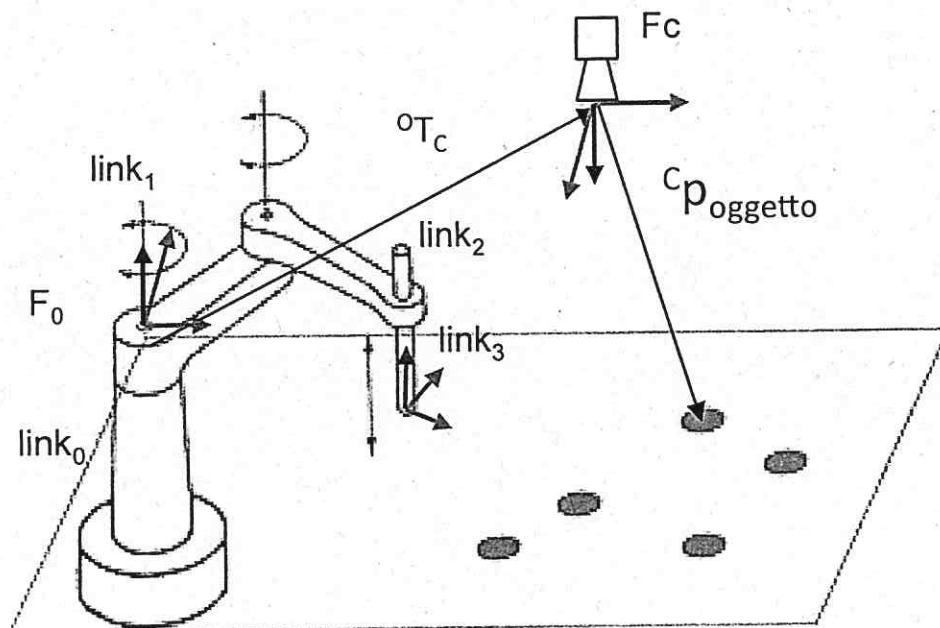
TEMA N. 13: AUTOMAZIONE

Esercizio (2)

Una stazione robotizzata è utilizzata per trasferire dei pezzi posti alla rinfusa su un piano a un nastro trasportatore. La posa dei pezzi è rilevata da un sistema di visione. La posa relativa fra la base del robot e la camera 0T_C è nota. Il robot utilizzato ha due giunti rotoidali con assi di rotazione paralleli e un giunto prismatico. Sia gli assi di rotazione che quello di traslazione sono paralleli alla direzione ortogonale al piano di appoggio. Quando il robot è nella posizione di riposo, ovvero con $q=[0,0,0]$, i $link_1$ e $link_2$ sono allineati con l'asse x di F_0 , e l'end-effector si trova a una quota lungo l'asse z di -0.05 m rispetto all'origine di F_0 . Le lunghezze del $link_0$ e del $link_1$ sono rispettivamente 0.7 m e 0.6 m. Il verso positivo per la rotazione dei primi due giunti è quello antiorario, mentre la direzione positiva per il terzo giunto è uscente dal piano di appoggio.

Determinare la configurazione di giunto che il robot deve assumere per prelevare un pezzo quando il sistema di visione indica che la sua posizione è ${}^C p_{oggetto} = [-0.2, 0.45, 1.75]$ m.

$${}^0T_C = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & -1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & -1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$



RT M

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE

PRIMA SESSIONE 2017 – SEZIONE A

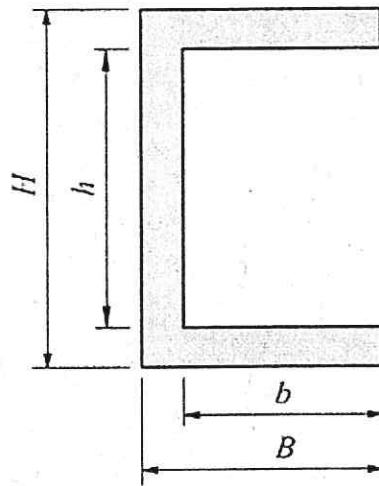
SETTORE INDUSTRIALE

PROVA PRATICA DI PROGETTAZIONE

TEMA N. 14: AEROSPAZIALE

- la rastremazione dell'ala è tale da mantenere normale al piano di mezzeria sia il longherone anteriore 3-4 che la superficie costituita dall'insieme delle corde alari, di cui l'asse X rappresenta la traccia nel piano di mezzeria del velivolo
 - il rapporto tra **tutte** le dimensioni caratteristiche della sezione all'estremità alare e in mezzeria è pari al rapporto di rastremazione alare
 - l'ala del velivolo non presenta svergolamento
 - il materiale con cui è realizzata l'ala è una lega di alluminio con sforzo normale ammissibile a rottura di 520 MPa e sforzo di taglio ammissibile a rottura di 455 MPa.
- b) Con riferimento ai pannelli e ai correnti costituenti una generica struttura alare, il candidato esponga almeno una fonte di criticità cui sono soggetti gli elementi posti all'intradosso alare e una a cui sono soggetti gli elementi posti all'estradosso, evidenziando come ciò influenzi il dimensionamento degli elementi stessi.

2) Si consideri un corrente avente sezione trasversale come in figura:



Le dimensioni della sezione sono $B=120$ mm, $b=100$ mm, $H=160$ mm, $h=120$ mm e la lunghezza del corrente è pari a 1600 mm. Sapendo che esso è realizzato in una lega di alluminio 7075, si analizzi l'instabilità a compressione del corrente e si calcoli il carico critico euleriano.

m *u*

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE

PRIMA SESSIONE 2017 – SEZIONE A

SETTORE INDUSTRIALE

PROVA PRATICA DI PROGETTAZIONE

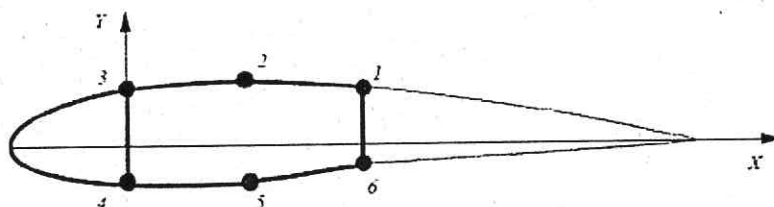
TEMA N. 14: AEROSPAZIALE

Il candidato risolva i seguenti esercizi, descrivendo le motivazioni a monte delle scelte risolutive intraprese, utilizzando disegni esplicativi ove necessario ed esplicitando i calcoli eseguiti:

1) Si consideri un velivolo con le seguenti caratteristiche:

- Superficie alare: 24 m^2
- Allungamento alare: 8
- Rastremazione alare: 0.75

La sezione alare del velivolo in mezzeria è mostrata in figura:



La sezione resistente, evidenziata in grassetto, è costituita da una struttura bicella a sei correnti. I dati relativi alla sezione ridotta a modello a semiguscio sono illustrati nelle seguenti tabelle:

Corrente	Area [mm ²]	X [mm]	Y [mm]
1	300	400	140
2	400	210	150
3	450	0	140
4	450	0	-100
5	400	210	-100
6	300	400	-80

Pannello	Lunghezza [mm]	Spessore [mm]
1-2	200	1
2-3	230	1
3-4	240	1
3-4 _{curvo}	380	1
4-5	220	1
5-6	230	1
6-1	220	1

a) Si verifichi a rottura la sezione alare posta in corrispondenza della mezzeria del velivolo sapendo che:

- su tale sezione agiscono i seguenti carichi:
 - un taglio normale alla corda di 30 kN applicato verso l'alto in corrispondenza del longherone anteriore 3-4
 - un momento torcente di modulo pari a 10 kN·m applicato in senso antiorario
 - un momento flettente di -200 kN·m calcolato rispetto all'asse x baricentrico, parallelo a X e con lo stesso verso

M U

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALL'ESERCIZIO DELLA PROFESSIONE DI INGEGNERE INDUSTRIALE SEZ. A

1[^]sess.
2017

PROVA ORALE

Esempi di domande: Battery management system/ Sistemi di accumulo per la regolazione della potenza nei sistemi elettrici/ deposito tramite plasma su polimeri/ normativa sulla cogenerazione/ i componenti degli impianti PVR/ i quattro fattori di Fermi...

CRITERI DI VALUTAZIONE

Prima prova scritta

Sarà valutata la capacità di rispondere a un quesito a scelta tra quelli formulati nell'ambito delle materie caratterizzanti il settore. Il voto sarà assegnato sulla base del livello di approfondimento di tale risposta.

Seconda prova scritta

Sarà valutata la capacità del candidato di sviluppare un tema relativo a una delle materie nell'ambito del percorso formativo.

Prova pratica di progettazione

Sarà valutata la capacità del candidato di sviluppare un progetto nell'ambito del percorso formativo. Il voto sarà assegnato sulla base della qualità del progetto e del numero delle sue parti effettivamente sviluppate.

Prova orale

Si valuterà la cultura generale del candidato nel campo dell'ingegneria e la sua competenza specifica nell'ambito prescelto.