

Sapienza - Università degli Studi di Roma

Esame di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione di Ingegnere – Sezione Industriale - I Sessione 2017

Sezione A
PROVA PRATICA
22 Settembre 2017

Tema n° 1 – Sicurezza e Protezione Civile

Si analizzi con un modello di analisi di rischio di tipo Event Tree un evento di incendio nel magazzino di stoccaggio (seta, lana, altre fibre animali, vegetali o artificiali, fibre sintetiche, carta) di una azienda manifatturiera di preparazione e filatura di fibre tessili.

Il magazzino è dotato di dispositivi di rivelazione incendio e allarme uniformemente distribuiti nell'area.

I sensori costituenti il sistema di rivelazione sono caratterizzati da una probabilità di guasto pari a:

$$p_f = 8 \cdot 10^{-3}.$$

Il tempo di ritorno dell'evento iniziatore (incendio) è pari a: $P(EI) = 5 \cdot 10^2$ [anno].

Il modello di valutazione del rischio (ETA) prevede di considerare la risposta, eventualmente condizionata, dei seguenti sistemi:

- Sistema di rivelazione incendio e allarme (di seguito Sistema 1)
- Sistema di spegnimento automatico, dipendente dal sistema di rivelazione (di seguito Sistema 2)

I due sistemi, se funzionanti efficacemente, sono preposti a garantire la salvabilità degli addetti presenti nei vari reparti di lavorazione. Il modello considera, quindi, anche:

- Autosoccorso (fuga degli addetti) dipendente dai sistemi 1 e 2 (di seguito Sistema 3).

Il funzionamento del sistema di spegnimento automatico è indicato come segue:

- la probabilità di corretto funzionamento del sistema di spegnimento automatico, in caso di mancato funzionamento del sistema di rivelazione, è: $P(E_2 | \bar{E}_1) = 5 \cdot 10^{-3} \cdot P(E_2 | E_1)$

- la probabilità di malfunzionamento del sistema di spegnimento automatico, in caso di corretto funzionamento del sistema di rivelazione dell'incendio, è: $P(\bar{E}_2 | E_1) = 10^{-4}$.

Ai fini della valutazione dell'efficacia dell'autosoccorso si consideri che l'evento è condizionato dalla risposta dei sottosistemi preposti alla rivelazione e allo spegnimento.

In caso di corretto funzionamento di entrambi i sottosistemi 1 e 2, la probabilità dell'evento "efficacia dell'autosoccorso" vale: $P(E_3 | E_1 \cap E_2) = 9 \cdot 10^{-1}$

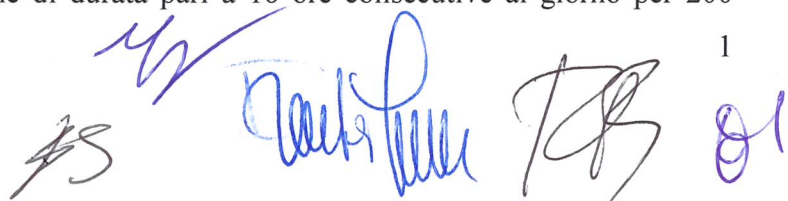
In caso di mancato funzionamento di uno dei due sistemi 1 e 2, si assume la seguente relazione: $P(E_3 | E_1 \cap \bar{E}_2) = P(E_3 | \bar{E}_1 \cap E_2) = 9.5 \cdot 10^{-2}$.

Infine, in caso di risposta inefficace dei sottosistemi 1 e 2, la probabilità dell'evento "efficacia dell'autosoccorso" vale:

$$P(E_3 | \bar{E}_1 \cap \bar{E}_2) = 10^{-3}.$$

Ai fini dell'esposizione al pericolo di incendio e della valutazione del danno conseguente si consideri che l'azienda realizza un ciclo di produzione di durata pari a 16 ore consecutive al giorno per 200

1



giorni lavorativi nell'anno. Il numero complessivo di addetti impiegati nella produzione è pari a 28.

I turni lavorativi sono della durata di 8 h:

- I Turno: 6.00-14.00 – numero di addetti presenti (n) pari al numero complessivo di addetti impiegati nella produzione
- II Turno: 14.00-22.00 – numero di addetti presenti (n) pari al 50% del numero complessivo di addetti impiegati nella produzione.

Il danno alle persone (addetti presenti in azienda), conseguente allo sviluppo completo di uno scenario di incendio, dipende dall'inefficacia dell'autosoccorso comunque condizionato e può essere stimato in funzione del numero degli esposti come segue:

$$d(n) = 0.7 \cdot \sqrt{n}$$

dove n rappresenta il numero di addetti presenti così come indicato al punto precedente.

Si rappresenti l'albero degli eventi, descrittivo delle condizioni di evoluzione del flusso del pericolo, tenuto conto dell'evento iniziatore e dei sottoeventi descritti.

Si valutino le probabilità di fine ramo che caratterizzano l'evoluzione del flusso del pericolo condizionata alla risposta di tutti i sistemi valutati ai punti precedenti.

Si calcoli il valore atteso della variabile aleatoria danno $E[D]$

Si determini e si rappresenti la distribuzione retrocumulata $F(D) = P(D \geq D^*)$ della variabile aleatoria danno.

Sapienza - Università degli Studi di Roma

Esame di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione di Ingegnere –
Sezione Industriale - I Sessione 2017

Sezione A
PROVA PRATICA
22 Settembre 2017

Tema n° 2 – Chimica

8000 kg/h di vapori di metanolo, saturi alla pressione di 1 atm ($T = 65.3^{\circ}\text{C}$) vanno condensati utilizzando come refrigerante acqua industriale.

Dimensionare l'apparecchio e valutare le perdite di carico incontrate dai fluidi, commentando criticamente i risultati ottenuti.

<i>Proprietà fisiche</i>	<i>metanolo liquido</i>	<i>metanolo vapore</i>	<i>acqua</i>
<i>Densità (kg/m^3)</i>	745	1.174	995
<i>Calore specifico ($\text{J/kg}^{\circ}\text{C}$)</i>	3891	1485	4180
<i>Viscosità (mPa s)</i>	0.3	0.01	0.77
<i>Conducibilità termica (W/mK)</i>	0.189	0.019	0.62
<i>Calore di vaporizzazione (kJ/kg)</i>	1202		






Sapienza - Università degli Studi di Roma

Esame di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione di Ingegnere –
Sezione Industriale - I Sessione 2017

Sezione A
PROVA PRATICA
22 Settembre 2017

Tema n° 3 – Aeronautica/Aerospaziale

Tema Propulsivo

Un propulsore aeronautico deve fornire una spinta al decollo di 300kN.

Il candidato, indicando il tipo di propulsore che intende adottare e il tipo di componenti che lo costituiscono, effettui un dimensionamento di massima del propulsore e dei suoi principali componenti e determini in particolare il consumo specifico, la portata d'aria e il rendimento termodinamico.

Il candidato consideri poi, che il propulsore in esame verrà utilizzato in una configurazione quadrimotore su un aereo di linea (per un totale di 1200kN). Si dia quindi una stima di massima del peso globale del velivolo al decollo.

[Handwritten signatures in blue ink]

Sapienza - Università degli Studi di Roma

Esame di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione di Ingegnere –
Sezione Industriale - I Sessione 2017

Sezione A

PROVA PRATICA

22 Settembre 2017

Tema n° 4 – Aeronautica/Aerospaziale

Tema di Impianti Aeronautici

Il candidato descriva l'impianto elettrico di un recente aereo bimotore wide-body privo di impianto pneumatico.

Una volta identificati i principali utilizzatori, si stimino le probabilità di perdita delle diverse funzionalità tramite analisi ad albero.

Il progetto finale dovrà mostrare una probabilità di perdita delle diverse funzionalità identificate non maggiore di 10^{-9} .

Il candidato inserisca i valori per i tassi di guasto dei principali componenti discutendo le scelte fatte.

Handwritten signatures in blue ink:
Dario Furlan
PB ES
01
m

Sapienza - Università degli Studi di Roma

Esame di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione di Ingegnere –
Sezione Industriale - I Sessione 2017

Sezione A
PROVA PRATICA
22 Settembre 2017

Tema n° 5 – Aeronautica/Aerospaziale

Tema Strutturale

Si consideri un velivolo da trasporto civile. Valutare lo spessore minimo di un pannello di fusoliera in modo che possa resistere, staticamente, al carico di pressione, valutato tra una faccia e l'altra del pannello, caratteristico della missione tipica. A tale scopo, assumere il pannello realizzato in lega leggera avente dimensioni $2,00 \times 1,20$ [m], ed un opportuno coefficiente di sicurezza. Si determini, inoltre, la posizione nel pannello ed il valore della deflessione massima a cui è soggetta tale struttura. Si confronti, infine, tale soluzione progettuale con quella che si avrebbe qualora il pannello di fusoliera, soggetto ai medesimi vincoli dimensionali, condizioni al contorno e resistenza statica, fosse realizzato in materiale composito.

The block contains several handwritten signatures in blue ink. At the top right, there is a large, stylized signature. Below it, to the left, is another signature. To the right of that is a smaller, more compact signature. Further down, there is a signature that looks like '81' or '87'. At the bottom, there is a signature that appears to be 'M' or 'N'.

Sapienza - Università degli Studi di Roma

Esame di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione di Ingegnere –
Sezione Industriale - I Sessione 2017

Sezione A
PROVA PRATICA
22 Settembre 2017

Tema n° 6 – Astronautica/Spaziale

Tema Propulsivo

Si consideri un endoreattore caratterizzato da un carico utile di 1000 kg e da una massa strutturale di 450 kg.

Il candidato valuti la massa di propellente necessaria ad effettuare una prima manovra orbitale con $\Delta V = 4000$ m/s, quindi una successiva con $\Delta V = 250$ m/s e quindi una terza con $\Delta V = 100$ m/s. Il candidato scelga opportunamente la temperatura in camera di combustione e il rapporto d'area dell'ugello.



Sapienza - Università degli Studi di Roma

Esame di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione di Ingegnere –
Sezione Industriale - I Sessione 2017

Sezione A
PROVA PRATICA
22 Settembre 2017

Tema n° 7 – Astronautica/Spaziale

Tema di meccanica del volo spaziale e sistemi spaziali

Il candidato descriva la manovra di immissione in orbita geostazionaria partendo da una stazione di lancio posta a 5 gradi di latitudine.

In particolare si valutino i ΔV necessari per:

- passare dall'orbita di parcheggio, a quella di trasferimento
- passare dall'orbita di trasferimento a quella geostazionaria
- cambiare la posizione sull'orbita geostazionaria di 45 gradi nel verso concorde alla velocità del satellite.
- mantenere la posizione in un box di 0.1 gradi di lato, descrivendo e dando una stima approssimativa delle principali perturbazioni orbitali che agiscono su tale regime orbitale.

Infine si dimensionino le batterie per il supporto nella fase di eclisse di tale satellite, considerando una potenza al bus necessaria di 2000 watt continui.

Il candidato inserisca nello svolgimento i valori significativi per i calcoli discutendo la scelta.



Sapienza - Università degli Studi di Roma

Esame di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione di Ingegnere –
Sezione Industriale - I Sessione 2017

Sezione A
PROVA PRATICA
22 Settembre 2017

Tema n° 8 – Astronautica/Spaziale

Tema Strutturale

Si consideri un lanciatore di satelliti universitari durante i primi secondi della missione. Il candidato ne caratterizzi lo stato delle sollecitazioni strutturali tipiche in tale fase di volo, dopo il lancio. Assumendo che la struttura del lanciatore sia realizzata in lega di alluminio ed abbia una sezione di raggio 4.5 [m], spessore 2.5 [mm] e lunghezza 3 [m], valutare la capacità di assorbimento dello sforzo massimo di compressione assiale, nonché l'eventuale lunghezza della semionda di deformazione elastica in corrispondenza dell'insorgere dell'instabilità di compressione. Corredare il dimensionamento preliminare con l'indicazione dell'eventuale pressurizzazione a cui sottoporre la struttura per ridurre del 15% il valore dello sforzo massimo. Fornire indicazioni su possibili modifiche progettuali se si decidesse di realizzare il lanciatore in materiale composito.



Sapienza - Università degli Studi di Roma


Esame di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione di Ingegnere –
Sezione Industriale - I Sessione 2017

Sezione A
PROVA PRATICA
22 Settembre 2017

Tema n° 9 – Ingegneria Energetica
Macchine Elettriche

Due trasformatori trifase sono collegati in parallelo. Gli avvolgimenti di AT sono connessi ad una sbarra MT a tensione 10.7 kV, 50 Hz, I secondari dei due trasformatori alimentano un carico trifase equilibrato, modellabile come una impedenza costante; questo carico, se alimentato con tensione concatenata di 400 V, assorbirebbe 280kW con fattore di potenza 0.75 in ritardo. Nella condizione di alimentazione in M.T. sopra specificata, si determini il rendimento di ognuno dei due trasformatori. Si calcoli inoltre la capacità di fase di un banco di condensatori con le fasi a triangolo da collegare in parallelo alla sbarra di M.T. per portare a 0.96 il fattore di potenza complessivo dell'impianto.

	TA	TB
Potenza nominale	220kVA	140kVA
Rapporto di trasformazione	10 kV/400V	10 kV/400V
Collegamento delle fasi	Dy11	Dy11
$v_{cc}\%$	4.4%	5.2%
$p_{cc}\%$	2.2%	2.6%
$p_0\%$	0.8%	1.0%
$\cos\varphi_0$	0.16	0.14



Sapienza - Università degli Studi di Roma

Esame di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione di Ingegnere –
Sezione Industriale - I Sessione 2017

Sezione A
PROVA PRATICA
22 Settembre 2017

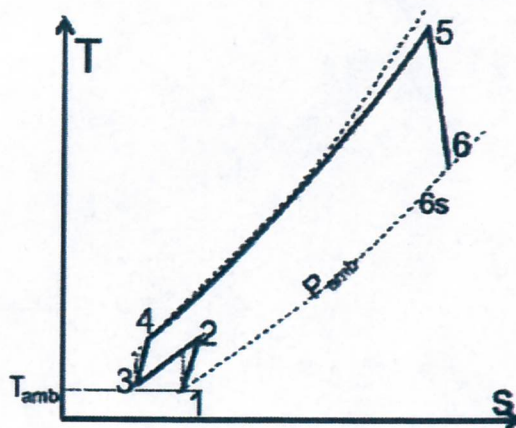
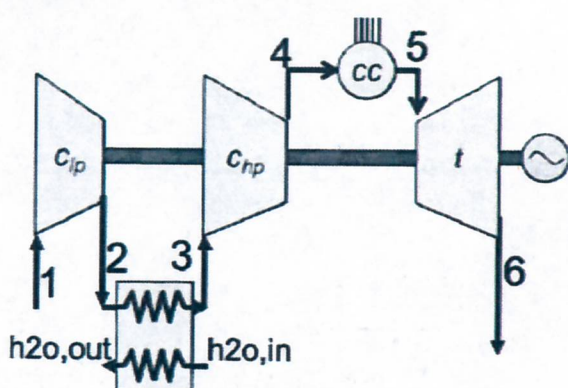
Tema n° 10 – Energetica

Si consideri un impianto turbogas monoalbero con inter-refrigerazione. L'impianto aspira aria alle condizioni ISO (1 atmosfera e 15°C) con calore specifico $c_{p,a}=1004.0$ (J/kg K) e costante dei gas $R_a=287$ (J/kg K). Il rapporto di compressione complessivo è pari a $\beta_c=20$. La compressione è suddivisa in due fasi, con uguali rapporti di compressione, da una inter-refrigerazione dell'aria elaborata. Lo scambiatore sfrutta acqua alla temperatura ambiente, e la differenza di temperatura minima (pinch point) è di 18°C e la variazione di temperatura massima dell'acqua è di 10°C. La perdita di pressione lato aria nello scambiatore di calore è pari al 3% della pressione di ingresso. I due compressori sono caratterizzati da un rendimento isentropico $\eta_{c,is}=0,88$.

In camera di combustione viene impiegata una portata m_f di gas naturale con potere calorifero inferiore di 47450 kJ/kg che consente di raggiungere la temperatura massima $T_5=1400$ K. I gas subiscono una perdita di carico ΔP_{cc} del 4%; si può assumere un rendimento di combustione $\eta_c=0,996$.

I fumi in uscita, caratterizzati da un calore specifico $c_{p,g}=1200$ J/(kg K) e da una costante dei gas $R_g=291$ J/(kg K), si espandono fino alla pressione atmosferica in una turbina con rendimento isoentropico $\eta_{t,is}=0,90$.

Si ricavano i valori di temperatura e pressione in tutti i punti del ciclo termodinamico, le portate di aria e combustibile ed il rendimento dell'impianto, sapendo che la sua potenza complessiva è pari a 50 MW.



[Handwritten signatures and initials in blue ink]

Sapienza - Università degli Studi di Roma

Esame di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione di Ingegnere – Sezione Industriale - I Sessione 2017

Sezione A
PROVA PRATICA
22 Settembre 2017

Tema n° 11 – Energetica Nucleare

Si deve dimensionare il nocciolo di un reattore ad acqua pressurizzata, il cui combustibile ha le seguenti caratteristiche:

- combustibile: UO_2 sinterizzato al 95.5% D.T.
- diametro pellet: 0.81915 cm
- gap diametrale: 0.165 mm
- spessore guaina: 0.572 mm
- materiale guaina: Zircalloy-4
- passo fra le barrette: 1.26 cm
- altezza attiva: 4.267 m
- FA: 17 x 17
- Posizioni inattive: 24 per le CR e 1 per la strumentazione
- Flusso neutr. medio: $2.427 \cdot 10^{13} \text{ n/cm}^2\text{s}$
- Arricchimento: 2.35%, 3.4%, 4.45% (tre regioni di uguale estensione)
- Fp totale: 2.6 – flusso assialmente cosinusoidale ($F_{pA} = 1.57$)

La potenza termica del nocciolo è di 3400 MWt, il burn-up di progetto è di 60000 MWd/ t_u , il fattore di utilizzazione è 95%. Dal punto di vista termoidraulico:

- pressione nominale: 15.513 MPa
- portata di bypass: 5.9%
- temperatura di ingresso **vessel**: 280.67 °C
- salto termico attraverso il **vessel**: 40.44 °C

Determinare la configurazione geometrica del nocciolo ed i principali parametri prestazionali; i profili di temperatura (refrigerante, guaina, combustibile) nel sottocanale "caldo", la potenza lineare di fusione del combustibile.

Nei calcoli si tenga conto che:

- Le distanze estrapolate possono essere trascurate.
- La temperatura di fusione del combustibile fresco è di 2805 °C e diminuisce di 32 °C/10000 MWd/ t_u
- La potenza generata nel combustibile è il 97.4% della potenza totale del nocciolo.
- Il coefficiente di scambio termico del refrigerante può essere calcolato con la formula di Dittus-Boelter.
- La conducibilità termica UO_2 al 95.5% in **W/cm K** e **T in °C**:

$$K_{\text{UO}_2} = \frac{1}{11.8 + 0.0238T} + 8.77510^{-13}T^3$$

- La conducibilità termica delle leghe di zirconio può essere calcolata con la formula:

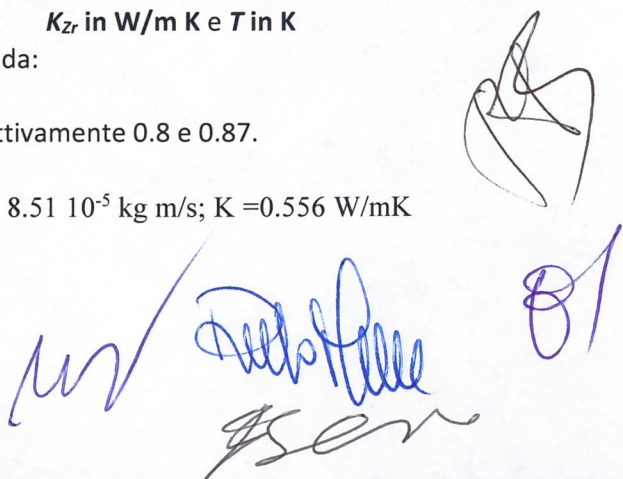
$$K_{\text{Zr}} = 7.51 + 2.0910^{-2}T - 1.4510^{-5}T^2 + 7.6710^{-9}T^3 \quad K_{\text{Zr}} \text{ in W/m K e T in K}$$

- La conducibilità termica dell'elio di riempimento è data da:

$$K_{\text{He}} = 15.810^{-6}T^{0.79} \quad K_{\text{He}} \text{ in W/cm K e T in K}$$

- Le emissività della guaina e del combustibile sono rispettivamente 0.8 e 0.87.
- Utilizzare le seguenti proprietà medie dell'acqua:

$$h_{\text{in}} = 1236.2 \text{ kJ/kg}; h_{\text{out}} = 1460.3 \text{ kJ/kg}; c_p = 5542 \text{ J/kgK}; \mu = 8.51 \cdot 10^{-5} \text{ kg m/s}; K = 0.556 \text{ W/mK}$$



Sapienza - Università degli Studi di Roma

Esame di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione di Ingegnere –
Sezione Industriale - I Sessione 2017

Sezione A
PROVA PRATICA
22 Settembre 2017

Tema n° 12 – Ingegneria Elettrotecnica
Macchine Elettriche

In un impianto trifase, la cui frequenza di lavoro è 100 Hz, è presente una linea che alimenta un motore asincrono a 6 poli, del tipo a rotore avvolto. La linea ha resistenza e induttanza di fase rispettivamente pari a 0.9Ω e 1.8 mH . Il motore asincrono assorbe una corrente efficace di 65 A. In tale condizione di carico, all'asse del motore è presente una coppia di 200 Nm alla velocità di 1910 giri/min; le perdite nel ferro sono pari a 1250W, le perdite nell'avvolgimento statorico sono pari a 1410W e ai terminali dell'avvolgimento statorico il fattore di potenza è pari a 0.85. Dai dati di specifica del motore si è calcolato che il rapporto tra coppia massima e coppia all'avviamento è pari a 3; l'induttanza di dispersione dell'avvolgimento rotorico vale $810 \mu\text{H}$.

Determinare:

- la tensione di alimentazione alla partenza della linea cui è collegato il motore;
- il rendimento del motore nella condizione di carico sopra descritta (che le perdite meccaniche possono ritenersi trascurabili);
- la corrente che, nelle condizioni di carico sopra indicate, circola nell'avvolgimento rotorico;
- la resistenza di fase di un reostato di avviamento da collegare in serie alle fasi dell'avvolgimento rotorico per ottenere una coppia di avviamento pari alla coppia massima.



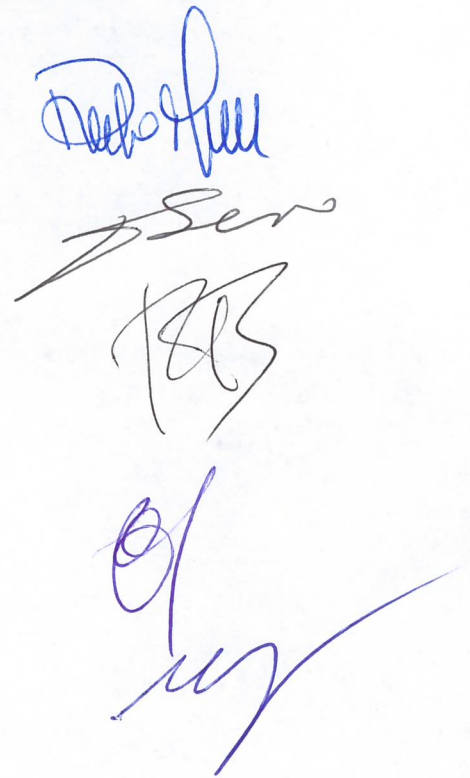
Sapienza - Università degli Studi di Roma

Esame di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione di Ingegnere –
Sezione Industriale - I Sessione 2017

Sezione A
PROVA PRATICA
22 Settembre 2017

Tema n° 13 – Nanotecnologie

Il Candidato esponga, mediante grafici, schemi e tabelle quantitative, un esempio di catena di misura impiegato nelle Nanotecnologie per rilevare una grandezza fisica in scala micro o nano, in ambiente di laboratorio, prototipazione o processo tecnologico, di interesse per il settore Aerospaziale, Meccanico, Elettronico o Biotecnologico.



Sezione A
PROVA PRATICA
22 Settembre 2017

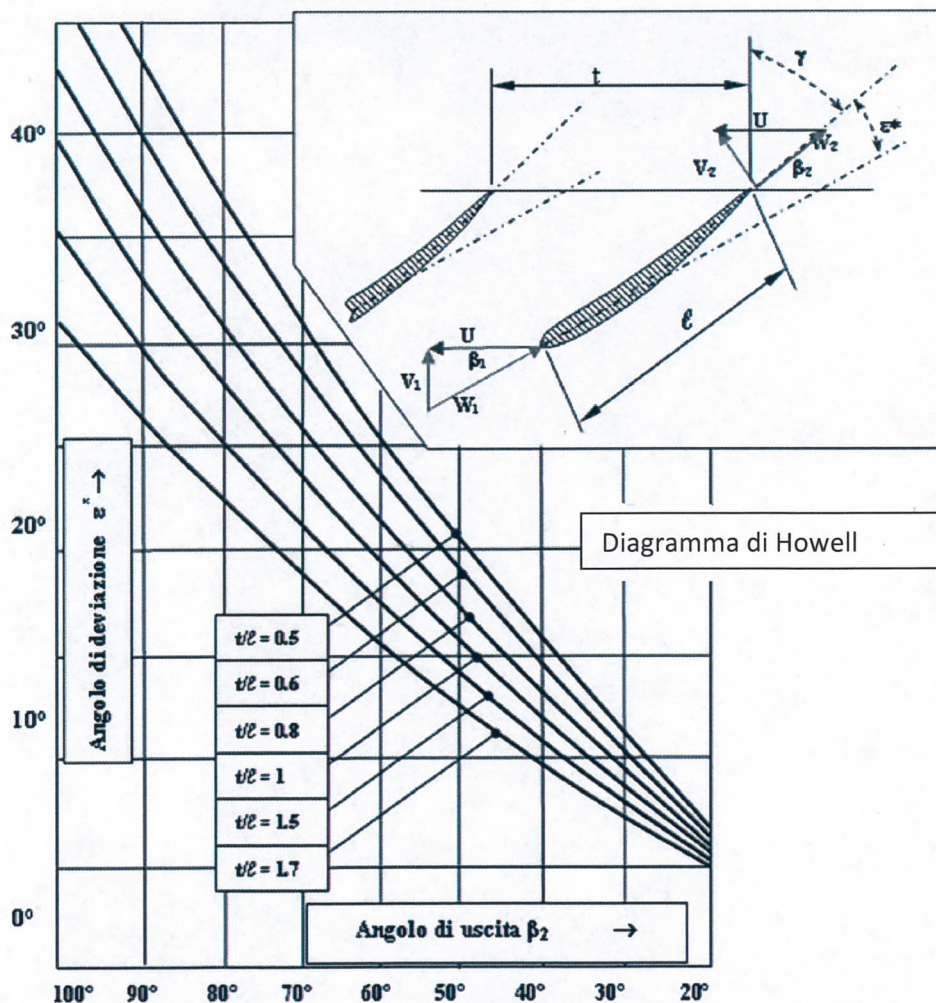
Tema n° 14 – Meccanica (Calda)

Un turbocompressore assiale opera con le seguenti caratteristiche:

$m = 20 \text{ kg/s};$
 $T_1 = 273 \text{ K};$
 $p_1 = 81.5 \text{ kPa},$
 $V_1 = 142 \text{ m/s};$
 $\beta = 1.28;$
 $R = 287 \text{ J/kg K};$
 $\eta_i = 0.87;$
 $\eta_0 = 0.98;$
 $\kappa = 1.4$

Si richiede di:

1. Definire del ciclo termodinamico
2. Dimensionare preliminarmente il compressore
3. Tracciare i triangoli di velocità
4. Determinare del numero di pale
5. Determinare l'angolo di calettamento delle pale (Stagger)
6. Determinare lo Svergolamento palare



Handwritten signatures and marks in blue ink.

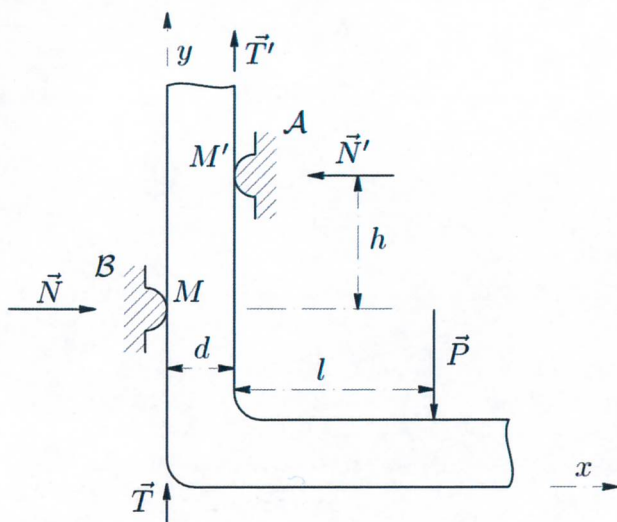
Sapienza - Università degli Studi di Roma

Esame di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione di
Ingegnere – Sezione Industriale - I Sessione 2017

Sezione A
PROVA PRATICA
22 Settembre 2017

Tema n° 15 – Meccanica (Fredda)

Il sistema meccanico riportato in Figura schematizza un dispositivo di autofrenaggio per attrito ed è costituito da una barra a sezione rettangolare piegata ad angolo retto, la cui parte verticale striscia sulle sporgenze **A** e **B**. Trascurando il peso della barra, se ne determini la larghezza d per la quale essa è in equilibrio statico per qualunque posizione del carico $P = 9 \text{ kN}$, ove si assuma un coefficiente di aderenza $f_0 = 0.6$ tra le superfici a contatto ed $h = 20 \text{ cm}$. Supponendo noto il materiale ed il coefficiente di sicurezza, si provveda al dimensionamento di massima della sezione delle due barre (orizzontale e verticale).



Handwritten signatures and initials in blue ink:
1. A signature that appears to be "Dario".
2. The initials "gser".
3. The initials "RBS".
4. A circular stamp or mark.
5. A signature that appears to be "m".

Sapienza - Università degli Studi di Roma

Esame di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione di Ingegnere –
Sezione Industriale - I Sessione 2017

Sezione A
PROVA PRATICA
22 Settembre 2017

Tema n° 16 – Biomedica (Impianti Ospedalieri)

Dimensionare i componenti dell'unità di trattamento dell'aria di un impianto di climatizzazione a doppio canale a portata costante a sola aria esterna a servizio di un reparto consistente di 10 ambienti uguali di dimensioni pari a $8\text{ m} \times 8\text{ m} \times 3\text{ m}$.

Si assuma che i carichi termo-frigoriferi estremi stagionali di ciascuno di tali ambienti siano pari a 1200 W in inverno (dispersioni) e 2000 W in estate (comprensivi di trasmissioni, irraggiamento solare e carichi interni). Si assuma, inoltre, che il carico latente di ciascuno dei dieci ambienti sia pari a 100 W e che il minimo numero di ricambi di aria esterna richiesto sia pari a 6 vol/h.

Le condizioni climatiche esterne di progetto siano:

$t = 0^\circ\text{C}$ e $UR = 40\%$, in inverno;

$t = 35^\circ\text{C}$ e $UR = 50\%$, in estate.

Le condizioni termo-igrometriche che devono essere garantite all'interno di ciascuno degli ambienti siano:

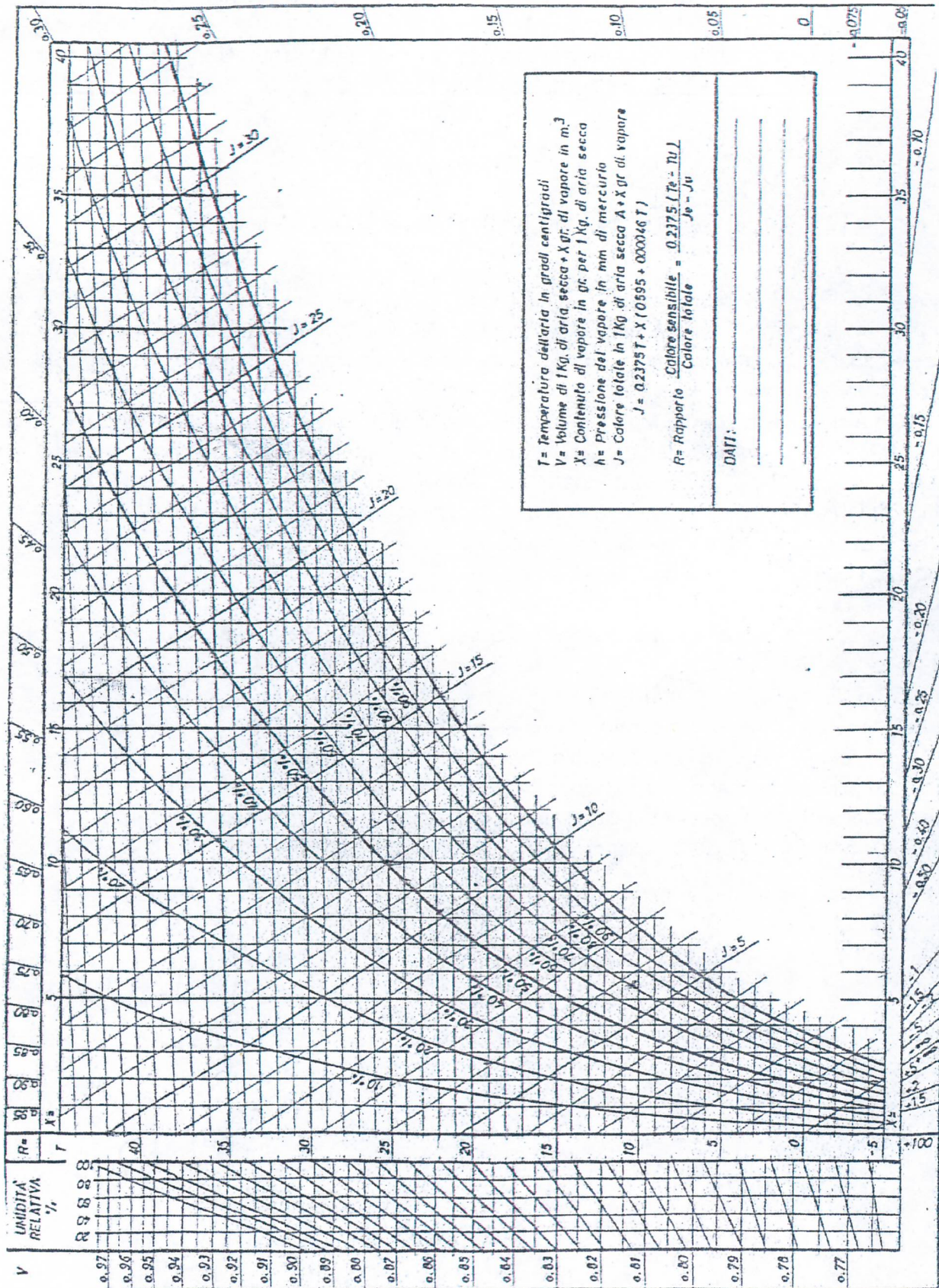
$t = 20^\circ\text{C}$ e $UR = 40\text{--}60\%$ in inverno;

$t = 26^\circ\text{C}$ e $UR = 40\text{--}60\%$ in estate.

Ai fini del calcolo, si ipotizzi che al termine dei pre-trattamenti l'aria umida si trovi in condizioni di saturazione e che il criterio di regolazione previsto per i pre-trattamenti dell'aria sia del tipo "a punto fisso". Il volume specifico dell'aria umida può essere assunto pari a $0.8\text{ m}^3/\text{kg}_a$.

Il candidato illustri, inoltre, i principi di regolazione dell'impianto in oggetto.

Si allega il diagramma psicrometrico.



Sapienza - Università degli Studi di Roma

Esame di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione di Ingegnere –
Sezione Industriale - I Sessione 2017

Sezione A PROVA PRATICA 22 Settembre 2017

Tema n° 17 – Biomedica (Strumentazione Biomedica)

Il candidato dimensiona il trasduttore di uno spirometro, denominato pneumotacografo di Fleisch, nel quale la perdita di carico ΔP è generato da un insieme di capillari di raggio r a sezione circolare posti in direzione parallela al verso di percorrenza del flusso di aria inspirato o espirato dal paziente e contenuti all'interno di un cilindro a sezione circolare di raggio R . Si consideri per il flusso d'aria un range di valori tra 0,02 e 16 ℓ/s , con densità ρ e viscosità dinamica μ a 37 °C rispettivamente pari a 1,295 kg/m^3 ed $1,93 \cdot 10^{-5}$ Pa·s.

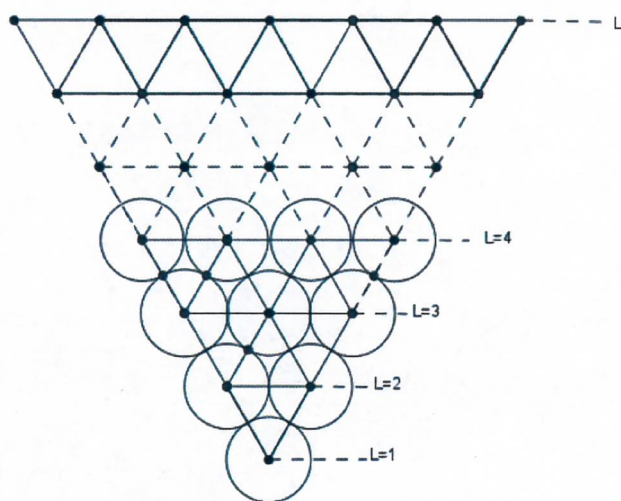
In particolare ai fini del dimensionamento:

- si calcoli il raggio r e numero n dei capillari;
- si calcoli la lunghezza L_p del pacco capillare;
- si verifichi che la variazione di pressione ΔP sia compresa nel range 1000-2000 Pa.

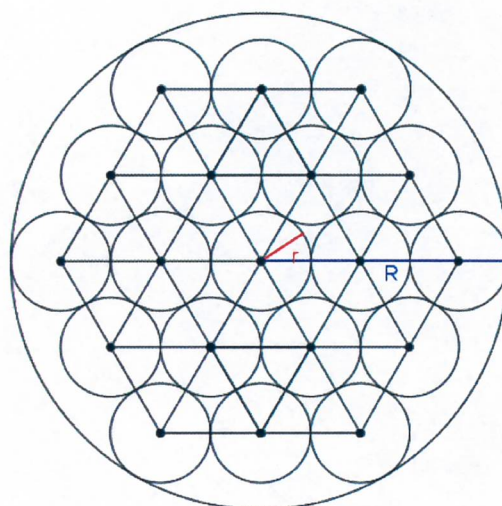
Per quanto attiene il numero n dei capillari inseribili all'interno del cilindro di raggio R devono essere garantite le seguenti condizioni di progetto:

- $R = (2L+1) \cdot r$
- $n = 3L \cdot (L + 1) + 1$

ove L è un numero intero che definisce il grado della struttura triangolare a traliccio.



a)



b)

Figura – a) struttura generica a traliccio di grado L ; b) sezione del pacco capillare di raggio r .

Il candidato altresì massimizzi il fattore di riempimento F_r , definito come rapporto tra la superficie degli n capillari e la superficie del cilindro di raggio R , atteso che per questa tipologia costruttiva il massimo valore ottenibile è 75 %.

Handwritten signatures and marks at the bottom of the page.

Esame di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione di Ingegnere –
Sezione Industriale - I Sessione 2017

Sezione A
PROVA PRATICA
22 Settembre 2017

Tema n° 18 – Automazione

Si vuole controllare la temperatura di un liquido all'interno di un serbatoio chiuso. Il principio di conservazione dell'energia porta all'individuazione della seguente equazione differenziale che regola l'evoluzione della temperatura $T(t)$ del liquido nel serbatoio

$$C \dot{T}(t) + q c_s (T(t) - T_i) + \frac{1}{R} (T(t) - T_a) = Q_{in}(t)$$

con $Q_{in}(t)$ manipolabile. Le varie grandezze sono riportate in Tabella 1.

Tabella 1			
Simbolo	Unità di misura	Descrizione	Valore
$Q_{in}(t)$	J/s	flusso di calore immesso	
$T_i(t)$	K	temperatura liquido in ingresso	
$T_a(t)$	K	temperatura esterna	
q	kg/s	Flusso costante del liquido in transito	0.05
c_s	J/(kg.K)	calore specifico del liquido	2000
C	J/K	capacità termica	20
R	K.s/J o K/W	resistenza termica delle pareti del serbatoio	10

1) Individuare una rappresentazione nello spazio di stato – senza sostituire i valori numerici - del sistema considerando $T(t)$ misurabile e $T_i(t)$, $T_a(t)$ disturbi. Individuare le funzioni di trasferimento di interesse.

2) Sempre in forma simbolica, discutere come varia la dinamica del sistema serbatoio, al variare singolarmente di C , R e q e fornire un'interpretazione fisica. Il valore finale della temperatura a regime in corrispondenza di una variazione costante al flusso di calore $Q_{in}(t)$ dipende dalla capacità del serbatoio? Spiegare il risultato.

3) Con i valori riportati in Tabella 1, confrontare qualitativamente l'effetto del disturbo $T_a(t)$ rispetto a $T_i(t)$ quando entrambi i segnali hanno un incremento a gradino simile.

3) Si vuole controllare la temperatura $T(t)$ del liquido all'interno del serbatoio.

3.1 Individuare uno schema di controllo per la regolazione di $T(t)$ e disegnare il corrispondente schema a blocchi.

3.2 Supponendo che i disturbi T_i e T_a siano costanti, individuare delle specifiche ragionevoli. Si discutano le varie opzioni e come possono essere soddisfatte. Fornire due esempi distinti di specifiche e il corrispondente controllore. Si ricorda che le temperature sono fornite in gradi Kelvin; si suggerisce di assumere valori ragionevoli per i disturbi (temperatura esterna e del liquido in ingresso) così come per il riferimento. A titolo esemplificativo, il dispositivo è, grossolanamente, simile ad uno scaldabagno.

3.3 La grandezza $Q_{in}(t)$ viene fornita da un dispositivo avente come ingresso una corrente $i(t)$ e caratterizzato da una costante di tempo di 2 s e da un guadagno pari a 1. Qual è l'effetto di un tale dispositivo sulle prestazioni del sistema?

3.4 Oltre ad una componente costante (ad es. pari a 280°K), $T_i(t)$ ha anche una variazione sinusoidale di ± 3 °K con pulsazione compresa tra 0 e 5 rad/s. Qual è, approssimativamente, l'effetto di questa variazione periodica sulla temperatura $T(t)$?

3.5 Discutere l'utilizzo di schemi con la compensazione diretta del disturbo.

Sapienza - Università degli Studi di Roma

Esame di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione di Ingegnere –
Sezione Industriale - I Sessione 2017

Sezione A
PROVA PRATICA
22 Settembre 2017

Tema n° 19 – Ingegneria Elettrica/Elettrotecnica

Si consideri di alimentare un edificio adibito ad uffici in cui è prevista la consegna in MT (20 kV) da parte dell'ente distributore locale.

Considerando che:

- subito a valle del trasformatore è presente un quadro elettrico generale QG che alimenta 4 quadri di distribuzione (Q1, Q4);
- le linee in cavo in bassa tensione che alimentano tali quadri di distribuzione hanno rispettivamente le seguenti lunghezze: L_{Q1} : 60 m, L_{Q2} : 130 m, L_{Q3} : 40 m; L_{Q4} : 90 m;
- i carichi elettrici in ciascun quadro sono così suddivisi:
 - Q1
 - illuminazione a led: 70 kW
 - illuminazione di emergenza: 4 kW
 - prese: 200 kW
 - impianto di condizionamento: 150 kW
 - n. 2 ascensori, di cui ciascuno ha: potenza di 11 kW, \square_n : 0,87 e $\cos\varphi_n$: 0,84
 - Q2
 - illuminazione a led: 30 kW
 - illuminazione di emergenza: 2 kW
 - prese: 100 kW
 - impianto di condizionamento: 50 kW
 - Q3
 - illuminazione a led: 50 kW
 - prese: 150 kW
 - servizi generali: 10 kW
 - Q4
 - dépendance: 10 kW
 - illuminazione esterna: 7 kW

Si richiede al candidato di:

1. dimensionare opportunamente il trasformatore MT/bt;
2. dimensionare le linee L1, L2, L3 e L4 con i rispettivi sistemi di protezione;
3. tracciare lo schema elettrico unifilare dell'impianto;
4. prevedere dei sistemi per incrementare l'affidabilità di tutto l'impianto eventualmente anche modificando lo schema generale.

Nel caso di eventuali dati mancanti, il Candidato assuma valori e faccia scelte "ragionevoli" giustificando le valutazioni effettuate.

