

**ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI:
INGEGNERE INDUSTRIALE
I SESSIONE 2014 - 18 GIUGNO 2014
SEDE SVOLGIMENTO: POLITECNICO DI MILANO**

III COMMISSIONE - SETTORE INDUSTRIALE

SEZIONE A

**PROVA SCRITTA
(PROVA DI SETTORE)**

TEMA N. 1

Il Testo Unico sulla sicurezza (Dlgs 81/08 e successive modifiche) riconosce la presunzione di esecuzione a "regola d'arte" di qualsivoglia opera ingegneristica se effettuata in conformità alle normative tecniche vigenti. D'altro canto il rapporto tra normativa tecnica e norma giuridica è un problema atavico nel sistema legislativo italiano, dovuto anche alla loro diversa velocità evolutiva. Con tale problema l'ingegnere è spesso costretto a confrontarsi dovendo gestire frequentemente dubbi e incoerenze che rendono talora problematica l'individuazione di un percorso inequivocabilmente corretto. Il candidato illustri, con esempi pratici, le proprie considerazioni in merito, inquadrando da un punto di vista sistemico le caratteristiche dei due ambiti normativi ed il ruolo dell'ingegnere negli stessi.

**ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI:
INGEGNERE INDUSTRIALE
I SESSIONE 2014 - 18 GIUGNO 2014
SEDE SVOLGIMENTO: POLITECNICO DI MILANO**

III COMMISSIONE - SETTORE INDUSTRIALE

SEZIONE A

**PROVA SCRITTA
(PROVA DI SETTORE)**

TEMA N. 2

L'uso razionale dell'energia è un obiettivo che ha acquisito una rilevanza sempre crescente negli ultimi anni ed in settori sempre più ampi del mondo industriale e dell'economia in generale. Al fine di pervenire ad un uso razionale dell'energia è necessario effettuare preliminarmente una diagnosi energetica. Il candidato individui un ambito applicativo di sua scelta e descriva in maniera puntuale lo svolgimento del processo diagnostico applicato al contesto prescelto, facendo in particolare riferimento agli aspetti di valutazione tecnico economica relativi all'ottimizzazione energetica.

**ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI:
INGEGNERE INDUSTRIALE
I SESSIONE 2014- 18 GIUGNO 2014
SEDE SVOLGIMENTO: POLITECNICO DI MILANO**

III COMMISSIONE - SETTORE INDUSTRIALE

SEZIONE A

**SECONDA PROVA SCRITTA
(PROVA DI CLASSE)**

TEMA N. 1

Il candidato discuta gli obiettivi della sperimentazione, introduca il concetto di misure, strumenti e strumentazione, di procedure e trasduttori.

Discuta, inoltre, il concetto di errore e di incertezza di misura e i possibili approcci per contenerne e gestirne gli effetti.

Progetti e presenti criticamente la architettura di un sistema di misura caratteristico del contesto aeronautico o spaziale, analizzandone i vari aspetti software e hardware che la compongono.

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI:
INGEGNERE INDUSTRIALE
I SESSIONE 2014- 18 GIUGNO 2014
SEDE SVOLGIMENTO: POLITECNICO DI MILANO

III COMMISSIONE - SETTORE INDUSTRIALE

SEZIONE A

SECONDA PROVA SCRITTA
(PROVA DI CLASSE)

TEMA N. 2

Descrivere i principali metodi di analisi e gli strumenti necessari per la progettazione e la validazione di un dispositivo biomedico a contatto con il sangue.
In relazione al dispositivo scelto si evidenzino i principi di funzionamento, le scelte progettuali, le possibili problematiche ed eventuali soluzioni alternative.

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI:
INGEGNERE INDUSTRIALE
I SESSIONE 2014- 18 GIUGNO 2014
SEDE SVOLGIMENTO: POLITECNICO DI MILANO

III COMMISSIONE - SETTORE INDUSTRIALE

SEZIONE A

SECONDA PROVA SCRITTA
(PROVA DI CLASSE)

TEMA N. 3

Si consideri un sistema lineare a tempo-discreto, tempo-invariante, descritto dalla seguente equazione matriciale:

$$x(t + 1) = Ax(t) + Bu(t) + w(t)$$

dove A e B sono opportune matrici di sistema e dove è presente il disturbo generico $w(t)$.

1. Nel caso in cui lo stato del sistema sia direttamente accessibile (cioè nel caso in cui la variabile di uscita $y(t)$ sia definita come $y(t) = x(t)$) si indichi ed illustri una metodologia di controllo che si ritiene adeguata per attenuare l'effetto del disturbo nonché si descrivano le ipotesi sul disturbo $w(t)$ sotto le quali tale metodologia è considerata adeguata. Si specifichino le ipotesi sul sistema necessarie affinché la metodologia di controllo prescelta possa essere applicata.
2. Nel caso in cui lo stato del sistema non sia direttamente accessibile (cioè nel caso in cui la variabile di uscita $y(t)$ sia definita come $y(t) = Cx(t) + v(t)$, dove $v(t)$ è rumore di misura) si indichi ed illustri una metodologia di stima dello stato che si ritiene opportuna nonché si descrivano le ipotesi sui disturbi $w(t)$ e $v(t)$ sotto le quali tale metodologia è considerata adeguata. Si specifichino le ipotesi sul sistema necessarie affinché la metodologia di stima prescelta possa essere applicata.
3. Si disegni lo schema a blocchi corrispondente al sistema di controllo complessivo comprendente lo stimatore dello stato considerato al punto 2. Esistono ipotesi aggiuntive, rispetto a quelle specificate nei punti 1. e 2., che garantiscono l'asintotica stabilità dello schema complessivo? Si giustifichi la risposta.
4. Si illustrino i concetti sopra descritti con riferimento a un processo, un impianto o una apparecchiatura specifica scelta dal candidato.

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI:
INGEGNERE INDUSTRIALE
I SESSIONE 2014- 18 GIUGNO 2014
SEDE SVOLGIMENTO: POLITECNICO DI MILANO

III COMMISSIONE - SETTORE INDUSTRIALE

SEZIONE A

SECONDA PROVA SCRITTA
(PROVA DI CLASSE)

TEMA N. 4

IL CANDIDATO ILLUSTRI LA PROBLEMATICHE DELLE LIMITAZIONI DIFFUSIVE AL TRASPORTO DI MATERIA INTERFASE E INTRAFASE IN REATTORI CATALITICI GAS-SOLIDO.

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI:
INGEGNERE INDUSTRIALE
I SESSIONE 2014- 18 GIUGNO 2014
SEDE SVOLGIMENTO: **POLITECNICO DI MILANO**

III COMMISSIONE - SETTORE INDUSTRIALE

SEZIONE A

SECONDA PROVA SCRITTA
(PROVA DI CLASSE)

TEMA N. 5

Le problematiche dell'innovazione tecnologica nel settore elettrico: il candidato partendo dalla situazione attuale illustri le prospettive nel breve e medio termine. Può essere sviluppata in maggior dettaglio una specifica linea tecnologica di interesse.

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI:
INGEGNERE INDUSTRIALE
I SESSIONE 2014- 18 GIUGNO 2014
SEDE SVOLGIMENTO: POLITECNICO DI MILANO

III COMMISSIONE - SETTORE INDUSTRIALE

SEZIONE A

SECONDA PROVA SCRITTA
(PROVA DI CLASSE)

TEMA N. 6

1. SI IMMAGINI DI ESSERE L'ENERGY MANAGER DI UN'IMPRESA PRODUTTRICE DI CARTONE. L'IMPRESA HA A DISPOSIZIONE UNA COPERTURA PIANA SU CUI E' POSSIBILE INSTALLARE UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO. ILLUSTRARE I CRITERI CHE UTILIZZERESTE PER DIMENSIONARE L'IMPIANTO (OSSIA PER DETERMINARE LA POTENZA INSTALLATA OTTIMALE) IN MODO DA PRODURRE IL MASSIMO BENEFICIO ECONOMICO PER L'IMPRESA.
2. SI IMMAGINI DI ESSERE L'ENERGY MANAGER DI UN'IMPRESA OPERANTE NEL SETTORE DELLA PRODUZIONE DI COMPONENTISTICA PER AUTOMOBILI, CHE HA DECISO DI INSTALLARE UN IMPIANTO DI TRIGENERAZIONE PER SODDISFARE PARTE DEL PROPRIO FABBISOGNO ENERGETICO. ILLUSTRARE I CRITERI CHE UTILIZZERESTE PER PROGETTARE UN SISTEMA DI GESTIONE DEI RISCHI ASSOCIATI ALL'INSTALLAZIONE ED ALL'ESERCIZIO DELL'IMPIANTO.
3. SI IMMAGINI DI ESSERE IL RESPONSABILE DELLA PRODUZIONE DI UN'IMPRESA FARMACEUTICA. ILLUSTRARE I CRITERI CHE UTILIZZERESTE PER STABILIRE SE E' CONVENIENTE PER L'IMPRESA SOSTITUIRE UN VECCHIO IMPIANTO IMPIEGATO PER IL CONFEZIONAMENTO DEI FARMACI CON UN NUOVO IMPIANTO (CHE CONSENTE DI RIDURRE LO SFRIDO DEI MATERIALI DI CONFEZIONAMENTO ED IL CONSUMO DI ENERGIA PER ASSICURARNE IL FUNZIONAMENTO). ALTERNATIVAMENTE, L'IMPRESA PUO' CONTINUARE AD UTILIZZARE IL VECCHIO IMPIANTO FINO A ROTTAMAZIONE.
4. SI IMMAGINI DI ESSERE IL RESPONSABILE ACQUISTI DI UN'IMPRESA CHE REALIZZA MACCHINE UTENSILI E CHE HA STIPULATO UN CONTRATTO DI ASSISTENZA TECNICA E MANUTENZIONE DECENNALE CON UN NUOVO FORNITORE LOCALE. ILLUSTRARE CHE TIPO DI ANALISI CONDURRESTE SUL BILANCIO DEL NUOVO FORNITORE PER VALUTARE LA SUA SOLIDITA' ED ACCERTARVI CHE SIA IN GRADO DI OTTEMPERARE AGLI OBBLIGHI ASSUNTI CON LA VOSTRA IMPRESA.

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI:
INGEGNERE INDUSTRIALE
I SESSIONE 2014- 18 GIUGNO 2014
SEDE SVOLGIMENTO: POLITECNICO DI MILANO

III COMMISSIONE - SETTORE INDUSTRIALE

SEZIONE A

SECONDA PROVA SCRITTA
(PROVA DI CLASSE)

TEMA N. 7

Esaminati gli aspetti tecnici, energetici, economici ed ambientali dei sistemi con pompa di calore, il candidato ne descriva le possibili integrazioni con le varie fonti di energia, illustrando una specifica applicazione per un edificio residenziale.

**ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI:
INGEGNERE INDUSTRIALE
I SESSIONE 2014- 18 GIUGNO 2014
SEDE SVOLGIMENTO: POLITECNICO DI MILANO**

III COMMISSIONE - SETTORE INDUSTRIALE

SEZIONE A

**SECONDA PROVA SCRITTA
(PROVA DI CLASSE)**

TEMA N. 8

IL CANDIDATO REDIGA UNA RELAZIONE PROGETTUALE GENERALE RIGUARDANTE UN NASTRO TRASPORTATORE PER BAGAGLI DA INSTALLARE IN UNA STAZIONE AEROPORTUALE.

LA RELAZIONE DEVE DISCUTERE IN MODO ESAUSTIVO DI:

1. DATI DI PROGETTO
2. EVENTUALI IPOTESI PROGETTUALI
3. CRITERI ASSUNTI PER LA CORRETTA PROGETTAZIONE
4. EVENTUALI NORMATIVE DI RIFERIMENTO
5. ACCORGIMENTI E DISPOSITIVI NECESSARI AL FUNZIONAMENTO IN SICUREZZA DI TALE SISTEMA
6. POSSIBILI COLLAUDI EFFETTUABILI.

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI:
INGEGNERE INDUSTRIALE
I SESSIONE 2014- 18 GIUGNO 2014
SEDE SVOLGIMENTO: POLITECNICO DI MILANO

III COMMISSIONE - SETTORE INDUSTRIALE

SEZIONE A

SECONDA PROVA SCRITTA
(PROVA DI CLASSE)

TEMA N. 9

Si descrivano le principali forme di corrosione dei materiali metallici, spiegando quali rischi possano insorgere per l'integrità di un componente strutturale esposto all'attacco corrosivo. Inoltre, si illustrino i criteri progettuali e gli interventi atti a prevenire la corrosione sotto sforzo.

**ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI:
INGEGNERE INDUSTRIALE
I SESSIONE 2014 - 11 SETTEMBRE 2014
SEDE SVOLGIMENTO: POLITECNICO DI MILANO**

III COMMISSIONE - SETTORE INDUSTRIALE

SEZIONE A

PROVA PRATICA

TEMA N. 1

Con riferimento ad un velivolo da turismo caratterizzato dai dati riportati nel seguito, il candidato progetti gli organi di atterraggio ed in particolare:

- identifichi le soluzioni progettuali per la geometria del carrello
- dimensioni i componenti principali (freni e ammortizzatore) sapendo che:
 - MLW: 56 t
 - velocità verticale all'atterraggio: 2,1 m/s.

n.b. il candidato assuma opportunamente i dati necessari non forniti.

Oppure

Con riferimento ad un satellite in orbita bassa terrestre caratterizzato dai dati riportati di seguito, il candidato progetti il sottosistema di controllo termico, in particolare:

- giustifichi la scelta della tecnologia di controllo termico selezionata per lo scenario corrente
- dimensioni il sottosistema sapendo che:
 - il satellite si trova in orbita eliosincrona circolare a quota 800km, LTAN 10:30 am
 - il range termico piu stringente da assicurare durante tutto il ciclo di vita è: [-30; 40] °C
 - la potenza termica dissipata internamente al satellite is 300W in luce e 200W in eclisse.
 - il corpo del satellite ha dimensioni: 1,5x1,5x1 m

n.b. il candidato assuma opportunamente i dati necessari non forniti.

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI:
INGEGNERE INDUSTRIALE
I SESSIONE 2014 - 11 SETTEMBRE 2014
SEDE SVOLGIMENTO: POLITECNICO DI MILANO

III COMMISSIONE - SETTORE INDUSTRIALE

SEZIONE A

PROVA PRATICA

TEMA N. 2

In campo ortopedico, vengono principalmente impiegati acciai inossidabili, titanio e sue leghe, leghe di cobalto, allumina e zirconia.

1. Il candidato illustri quali sono i principali impieghi di ciascuno di questi materiali, facendo eventualmente riferimento ai valori dei principali parametri meccanici riportati in tabella 1.

Tabella 1 – Principali caratteristiche meccaniche dei materiali metallici impiegati in campo biomedico

	E (GPa)	σ_y (MPa)	σ_r (MPa)	ϵ_r (%)
AISI 316L	200	220	517	50
Ti c.p. grado 2	110	230	345	20
Ti6Al4V	110	780	860	10
CoCrMo	230	450	655	8
Allumina	375	-	- ¹	-
Zirconia²	200	-	- ³	-
UHMWPE⁴		21	35	300

¹ Resistenza meccanica a flessione = 345 MPa; resistenza a compressione = 2585 MPa

² Stabilizzata con 9% MgO

³ Resistenza meccanica a flessione = 690 MPa; resistenza a compressione = 1860 MPa

(Da W.Smith, Scienza e tecnologia dei materiali, McGraw-Hill ed.)

⁴ da SM Kurtz, The Required Mechanical Properties of Hip and Knee Components

2. Il candidato valuti la forza risultante F sul collo del femore nel caso il soggetto sia in condizioni di appoggio bipodalico e in condizioni di appoggio monopodalico (vedi figura 1). Fare le opportune ipotesi per stimare tale forza e per valutare la configurazione anatomica del femore. Si consideri un soggetto avente massa corporea pari a 62 kg.
3. Considerando l'osso come materiale omogeneo e isotropo, si calcoli lo sforzo agente nella parte corticale della diafisi del femore. Si ipotizzi che l'articolazione del ginocchio sia assente e che l'arto inferiore si possa considerare un'unica asta di sezione costante.

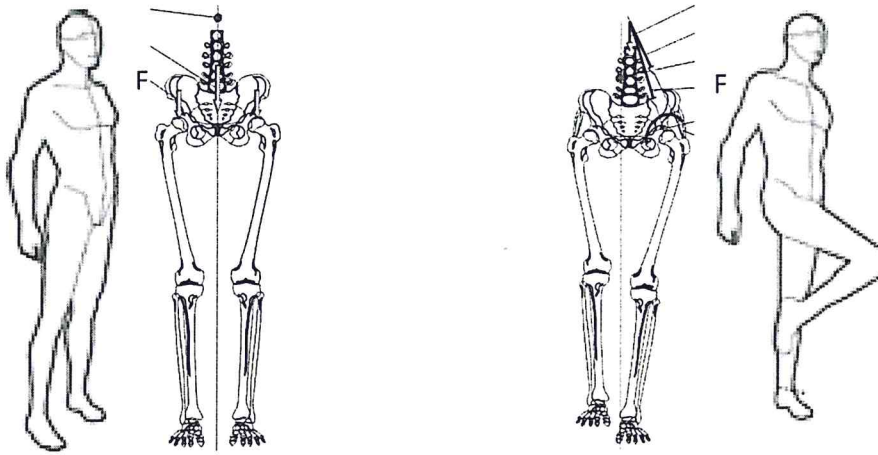


figura 1

4. Si ipotizzi di inserire una protesi d'anca nel soggetto in questione con la direzione della forza lungo l'asse del collo del femore (vedi figura). Si assuma la protesi d'anca come la composizione di due cilindri di diversa sezione rappresentanti rispettivamente lo stelo femorale e il colletto della protesi e che sia nulla la componente medio-laterale (F_x).
5. Il candidato illustri quali sono i principali requisiti di progetto richiesti nella progettazione della protesi femorale e quali sono le proprietà che tale dispositivo deve possedere. Si selezioni il materiale con il quale si intende realizzare la protesi in esame giustificando la scelta. Inoltre, si disegni, in modo approssimativo, la curva sforzo/deformazione per il materiale/i metallico/i selezionato/i, indicando quali sono i parametri meccanici di interesse per la realizzazione dei due componenti della protesi e l'intervallo sforzo/deformazione in cui i componenti dovrebbero lavorare.
6. Il candidato esegua:
 - il dimensionamento della protesi femorale;
 - il calcolo delle reazioni vincolari e lo stato di sollecitazione nella protesi femorale o almeno per uno dei suoi componenti
 - la verifica di resistenza statica per la protesi femorale o per uno dei suoi componenti,
 - impostare e stimare la verifica di resistenza a fatica per la protesi, indicando come determinare il numero di cicli di carico sopportati dal colletto.

F Forza articolare
 F_x componente medio-laterale
 F_y componente postero-anteriore (o sagittale)
 F_z componente verticale

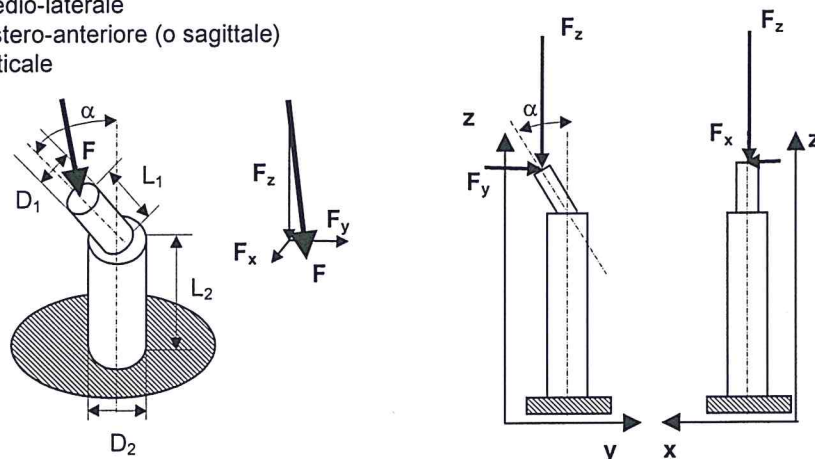


figura 2

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI:
INGEGNERE INDUSTRIALE
I SESSIONE 2014 - 11 SETTEMBRE 2014
SEDE SVOLGIMENTO: POLITECNICO DI MILANO

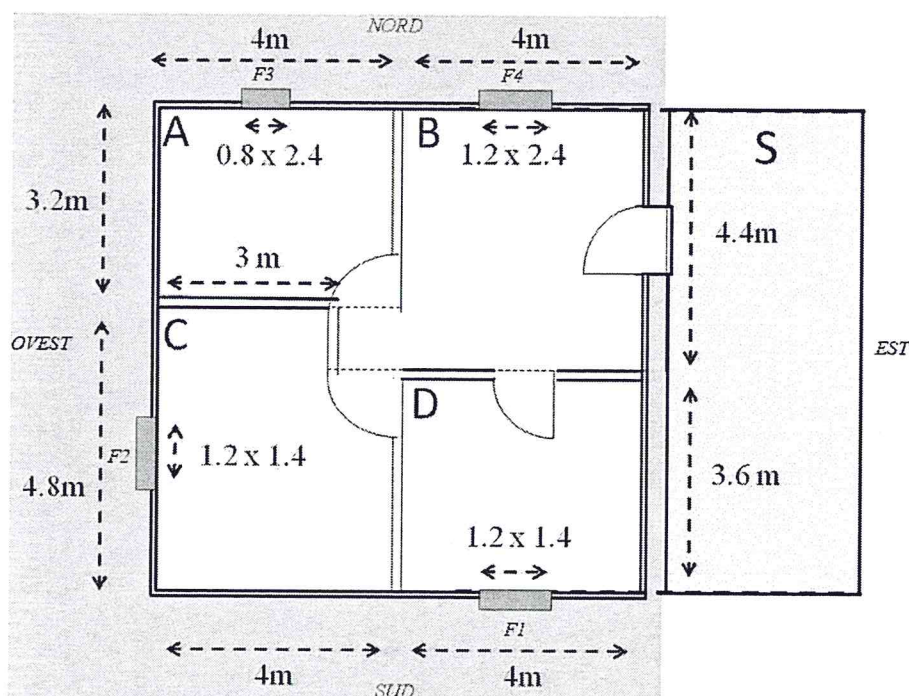
III COMMISSIONE - SETTORE INDUSTRIALE

SEZIONE A

PROVA PRATICA

TEMA N. 3

Si consideri la pianta dell'appartamento mostrato nella seguente figura, composto da quattro stanze adiacenti tra loro e collegate tramite porte. Le stanze B e D sono adiacenti (ad Est) alla scala (S) del condominio, mentre le pareti dell'appartamento rivolte a Sud, Nord e Ovest sono dotate di finestre F1, ..., F4, come mostrato in figura.



Si supponga che le stanze siano dotate di apparecchi di riscaldamento. Lo scopo del presente lavoro è quello di progettare un sistema di controllo efficiente in grado di mantenere la temperatura delle stanze costante ed al valore desiderato, a fronte di presenza di persone e apparecchi elettronici, scambi termici con l'esterno, irraggiamento solare e altri disturbi (per esempio apertura delle porte e delle finestre).

Si assuma, per semplicità, che il soffitto e il pavimento siano perfettamente isolati. Le principali variabili di interesse sono le seguenti:

- T_A, T_B, T_C, T_D : temperature dell'aria (K) nelle stanze A, B, C, D, ipotizzate omogenee;
- T_{COND} : temperatura (K) della scala condominiale, ipotizzata omogenea;

- T_{AMB} : temperatura esterna (K) , ipotizzata omogenea;
- I_{NORD} , I_{SUD} , I_{OVEST} : irradianza (W/m^2) agente sulle pareti rivolte, rispettivamente, a Nord, Sud, Ovest;
- Q_A , Q_B , Q_C , Q_D : potenze (W) erogate dagli impianti di riscaldamento presenti, rispettivamente, nelle stanze A, B, C, D (ingressi manipolabili).

1. Ricordando che il calore specifico e la densità dell'aria sono, rispettivamente, pari a $c_{ARIA} = 1005 J/KgK$ e $\rho_{ARIA} = 1.225 Kg/m^3$, si scriva un modello matematico dinamico del sistema, che descriva adeguatamente i fenomeni termici in gioco, considerando i seguenti termini:

- scambio termico attraverso le pareti (le pareti perimetrali hanno trasmittanza $U_e=0.6 W/m^2K$, le pareti, le porte interne - comprese quelle di collegamento con la scala condominiale - $U_i=2.5W/m^2K$) e le finestre (aventi trasmittanza $U_f=2 W/m^2K$). Le dimensioni delle pareti e delle finestre sono specificate in figura (altezza soffitto $h=3.5m$);
- irraggiamento attraverso le pareti e le finestre, dove la potenza trasmessa attraverso una generica superficie è data dalla formula $I \cdot A \cdot \vartheta$ (dove si trascura la perdita dovuta all'irraggiamento da parte delle pareti verso l'esterno), I rappresenta l'irradianza (W/m^2), A è l'area della superficie di irraggiamento coinvolta, e ϑ è un fattore di riduzione dipendente dal coefficiente di assorbimento e dalla resistenza liminare esterna (per semplicità si assuma $\vartheta_{FINESTRA}=0.06$ e $\vartheta_{PARETE}=0.01$);

Siano $Q_A=Q_B=Q_1/2$ e $Q_C=Q_D=Q_2/2$, e siano Q_1 , Q_2 le due variabili di controllo del sistema. Le variabili di uscita siano T_1 e T_2 , definite come le temperature medie, rispettivamente, tra T_A e T_B e tra T_C e T_D , cioè $T_1=(T_A+T_B)/2$ e $T_2=(T_C+T_D)/2$.

2. Dimensionare gli apparecchi di riscaldamento in modo che possano garantire temperature adeguate a fronte di condizioni atmosferiche e temperature sfavorevoli (il candidato è libero di determinare il significato di "temperature adeguate" e "condizioni atmosferiche e temperature sfavorevoli" in base alla propria esperienza).

3. Dato quindi il sistema MIMO (due ingressi e due uscite) descritto, si desidera progettare un sistema di controllo nello spazio di stato. Il candidato:

3.a. dato il modello matematico sviluppato al punto 1, calcoli le matrici ($A, B, G_{AMB}, G_{COND}, G_{IRR}, C$) del sistema lineare ottenuto:

$$\dot{x} = Ax + Bu + G_{AMB}T_{AMB} + G_{COND}T_{COND} + G_{IRR}I + w$$

$$y = Cx$$

dove $x=[T_A, T_B, T_C, T_D]'$ è il vettore di stato, $u = [Q_1, Q_2]'$ è il vettore di ingresso, $y = [T_1, T_2]'$ è il vettore di uscita, $I=[I_{NORD}, I_{SUD}, I_{OVEST}]'$ è il vettore delle irradianze (che, insieme alle variabili T_{AMB} e T_{COND} , costituiscono i disturbi misurabili del sistema) e $w=[w_A, w_B, w_C, w_D]'$ è un generico vettore di disturbi (non misurati e quindi non noti al sistema di controllo) che comprendono la presenza di persone e apparecchi elettronici, nonché l'apertura delle porte e delle finestre e altri generici disturbi;

3.b. disegni lo schema a blocchi relativo ad un sistema di controllo (usando la descrizione nello spazio di stato) che consenta l'inseguimento di segnali di riferimento costanti per il vettore

di uscita e di reiettare disturbi w costanti (suggerimento: si preveda l'inserimento di integratori nello schema), comprendente un ricostruttore dello stato per il sistema dato;

3.c. discuta brevemente quale tecnica ritiene più idonea per il progetto di un sistema di controllo dedicato e ne descriva brevemente una possibile implementazione.

4. Si desidera progettare un sistema di controllo decentralizzato per il sistema. A tal fine si considerino le seguenti funzioni di trasferimento, ottenute dal sistema, a meno di cancellazioni polo/zero e di lievi approssimazioni numeriche:

$$G_{11}(s) = \frac{7.6 \cdot 10^{-6}(s + 0.001)}{(s + 0.0005)(s + 0.0015)}, G_{12}(s) = \frac{4 \cdot 10^{-9}}{(s + 0.0005)(s + 0.0015)}$$

$$G_{21}(s) = \frac{4 \cdot 10^{-9}}{(s + 0.0005)(s + 0.0015)}, G_{22}(s) = \frac{7.3 \cdot 10^{-6}(s + 0.001)}{(s + 0.0005)(s + 0.0015)}$$

dove $G_{ij}(s)$ è la funzione di trasferimento tra l'ingresso Q_j e l'uscita T_i . Le funzioni di trasferimento (semplificate) che descrivono il legame tra i disturbi misurabili T_{AMB} , T_{COND} , I_{NORD} , I_{SUD} , I_{OVEST} e le uscite T_1 e T_2 sono:

$$G_{1,AMB}(s) = \frac{0.0004}{(s + 0.0005)}, G_{2,AMB}(s) = \frac{0.0003}{(s + 0.0005)}$$

$$G_{1,COND}(s) = \frac{0.0002}{(s + 0.0005)}, G_{2,COND}(s) = \frac{0.0003}{(s + 0.0005)}$$

$$G_{1,NORD}(s) = \frac{4 \cdot 10^{-6}}{(s + 0.0005)}, G_{2,NORD}(s) = \frac{2 \cdot 10^{-9}}{(s + 0.0005)(s + 0.0015)}$$

$$G_{1,OVEST}(s) = \frac{1 \cdot 10^{-6}}{(s + 0.0005)}, G_{2,OVEST}(s) = \frac{2 \cdot 10^{-6}}{(s + 0.0005)}$$

$$G_{1,SUD}(s) = \frac{1.5 \cdot 10^{-9}}{(s + 0.0005)(s + 0.0015)}, G_{2,SUD}(s) = \frac{3 \cdot 10^{-6}}{(s + 0.0005)}$$

Inoltre, si definiscano $w_1=(w_A+w_B)$ e $w_2=(w_C+w_D)$. Le funzioni di trasferimento che descrivono la risposta di T_i al disturbo non misurabile w_i ($i=1,2$) sono:

$$G_{1,w1}(s) = G_{2,w2}(s) = \frac{1}{(s + 0.0005)}$$

mentre, per semplicità, si consideri trascurabile l'effetto di w_1 su T_2 e l'effetto di w_2 su T_1 .

4.a. Si calcoli la matrice dei guadagni relativi RGA e, in base a questa, si determinino gli accoppiamenti tra le variabili di ingresso e uscita.

4.b. Si disegni lo schema a blocchi relativo ad un sistema di controllo decentralizzato complessivo (costituito da due anelli di controllo determinati in base agli accoppiamenti individuati al punto precedente), e si progettino i controllori dei singoli anelli in modo indipendente tra loro tale da garantire:

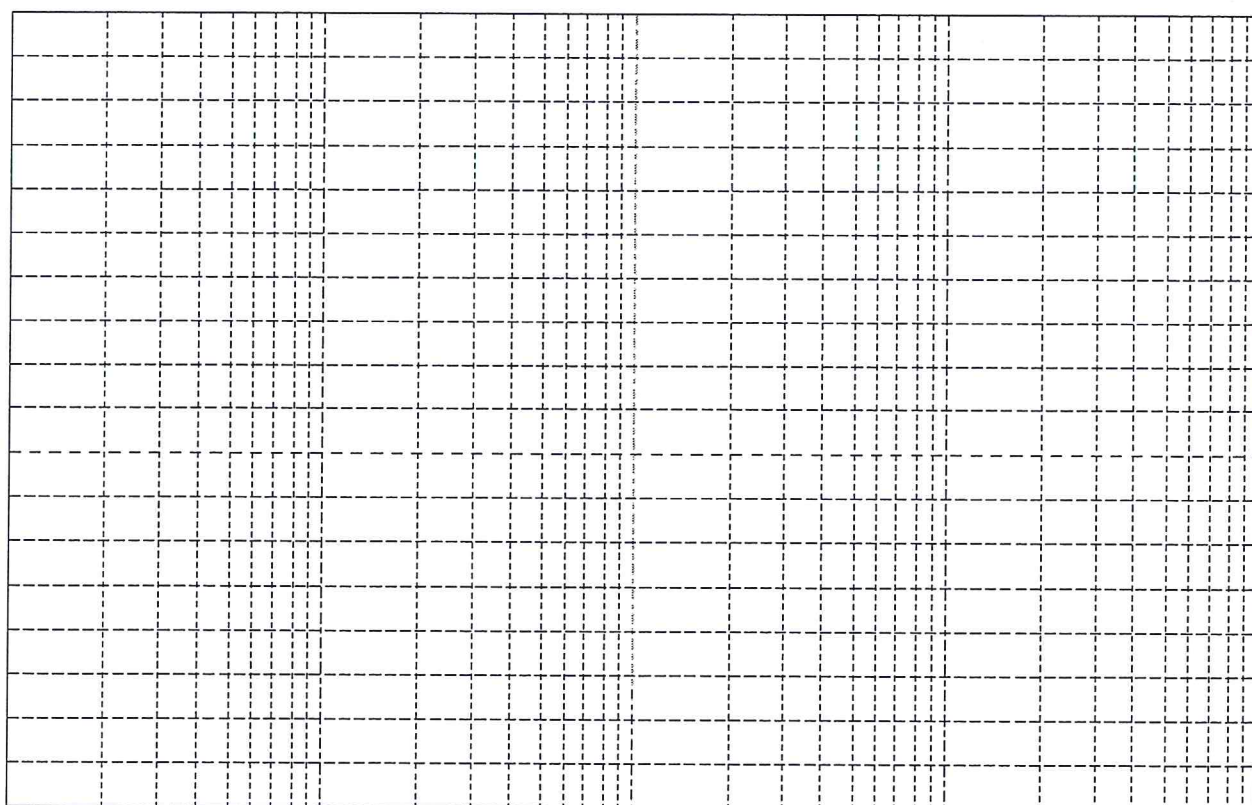
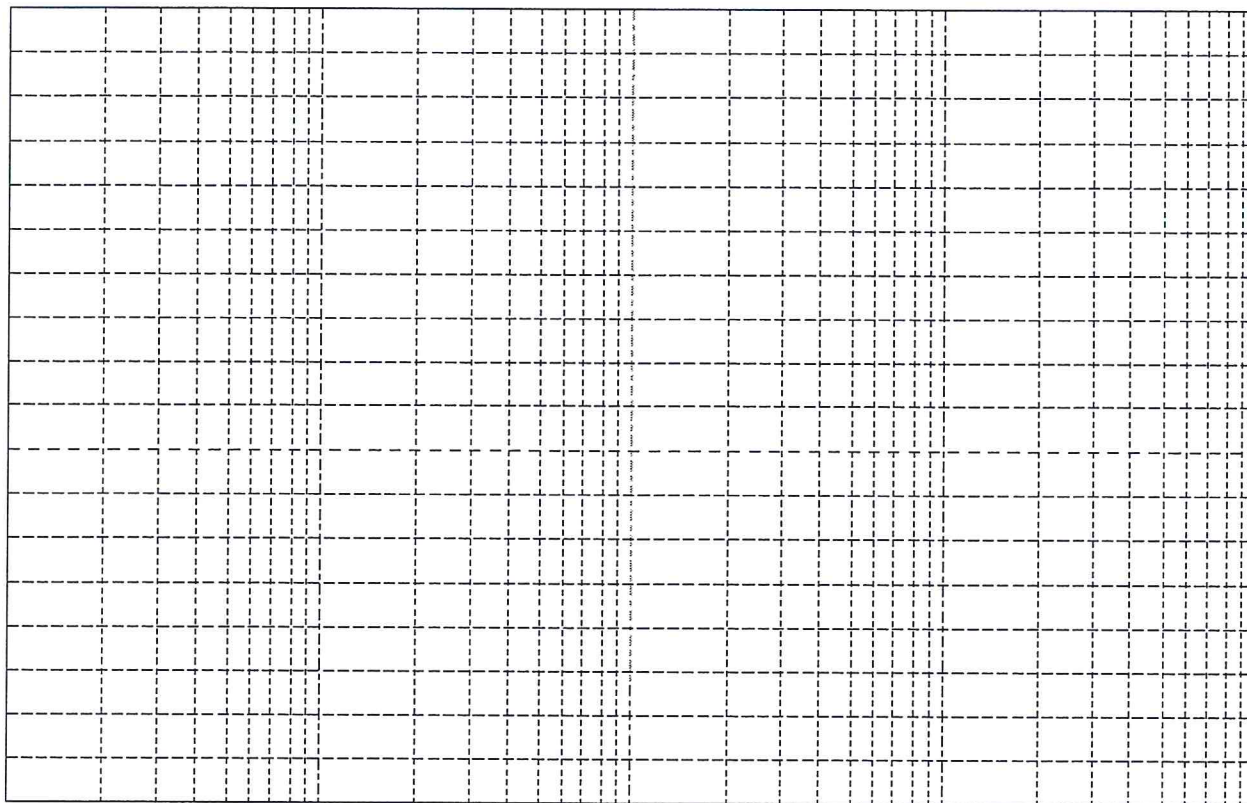
- errore di inseguimento nullo a transitorio esaurito a fronte di variazioni a scalino del valore di riferimento per le due variabili - temperature - di uscita;

- errore di inseguimento nullo a transitorio esaurito a fronte di disturbi w_i a scalino (accensione di apparecchi, etc.);
- tempo di salita $\tau_s < 30$ minuti e sovraelongazione percentuale $5\% < 5\%$ a fronte di variazioni a scalino del valore di riferimento per le due variabili di uscita:
- attenuazione almeno corrispondente a -30dB di disturbi sinusoidali di periodo giornaliero della temperatura esterna T_{AMB} ;

4.c. Si completi lo schema di controllo progettato con compensatori dei disturbi misurabili (eventualmente statici) e si progettino opportunamente i suddetti compensatori.

4.d. Si risponda ad una delle due seguenti domande:

- 4.d.1. Lo schema progettato garantisce a priori asintotica stabilità del sistema di controllo complessivo? Si giustifichi la risposta;
- 4.d.2. Immaginando di avere a disposizione il materiale hardware necessario (controllori e dispositivi per la trasmissione dati), si disegni, commentandola, l'architettura dell'intero sistema di controllo cablato nell'appartamento, indicando la disposizione di sensori (misuratori di temperatura), attuatori (generazione di potenza termica), controllori e scelta della tipologia della rete di trasmissione dati nonché del protocollo di comunicazione.



ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI:
INGEGNERE INDUSTRIALE
I SESSIONE 2014 - 11 SETTEMBRE 2014
SEDE SVOLGIMENTO: POLITECNICO DI MILANO

III COMMISSIONE - SETTORE INDUSTRIALE

SEZIONE A

PROVA PRATICA
(PROVA DI CLASSE)

TEMA N. 4

SI DEVE SCALDARE UNA SOLUZIONE ACQUOSA DI ZUCCHERO AL 20% MASSIVO DA 40°C A 60°C. TALE CORRENTE È DISPONIBILE IN RAGIONE DI 30 KG/S. COME MEZZO RISCALDANTE SI INTENDE UTILIZZARE VAPORE D'ACQUA CONDENSANTE ALLA PRESSIONE DI 1.34 ATM (ASSOLUTE). IN IMPIANTO È DISPONIBILE IL SEGUENTE SCAMBIATORE:

12''ID_{SHELL};

1 PASSAGGIO LATO MANTELLO,

2 PASSAGGI LATO TUBI;

76 TUBI; ¾'' OD_{TUBE}; 16 BWG (ID_{TUBE} 0.62'');

LUNGHEZZA TUBO 16' 0'';

1'' PASSO QUADRATO – PRIVO DI SETTI LATO MANTELLO.

CONSIDERATE LE CONDIZIONI DI PROCESSO, SI DECIDE DI INVIARE IL FLUIDO FREDDO LATO MANTELLO.

SULLA BASE DEI DATI RIPORTATI, IL CANDIDATO SVOLGA VALUTAZIONI E CALCOLI INTESI A STABILIRE SE LO SCAMBIATORE DISPONIBILE È IDONEO AL SERVIZIO, IN RELAZIONE ALLE ESIGENZE DI PROCESSO. SI TENGA PRESENTE CHE LE PERDITE DI CARICO MASSIME AMMISSIBILI LATO FLUIDO FREDDO SONO 0.7 BAR, MENTRE IL FATTORE DI SPORCAMENTO COMPLESSIVO RICHIESTO È PARI A $5.28 \cdot 10^{-4} \text{ M}^2\text{K/W}$.

DATI

1) ACQUA LIQUIDA:

$CP_L = 4.186 \text{ KJ/KG/K}$ – DENSITÀ LIQUIDA: 1000 KG/M^3

VISCOSITÀ FASE LIQUIDA (VISCOSITÀ IN [CP] E TEMPERATURA IN [K]):

$$\ln \mu_L = -24.71 + 4209/T + 4.527 \cdot 10^{-2} T - 3.376 \cdot 10^{-5} T^2$$

CONDUCIBILITÀ FASE LIQUIDA (CONDUCIBILITÀ IN [W/M/K] E TEMPERATURA IN [K]):

$$k_L = -0.3838 + 5.254 \cdot 10^{-3} T - 6.369 \cdot 10^{-6} T^2$$

2) SOLUZIONE DI ZUCCHERO AL 20%:

$CP_L = 3.2 \text{ KJ/KG/K}$ – DENSITÀ LIQUIDA: 1080 KG/M^3

LA VISCOSITÀ DELLA FASE LIQUIDA DELLA SOLUZIONE DI ZUCCHERO AL 20% È STIMABILE COME 2 VOLTE QUELLA DELL'ACQUA ALLA STESSA TEMPERATURA.

LA CONDUCIBILITÀ DELLA FASE LIQUIDA DELLA SOLUZIONE DI ZUCCHERO AL 20% È STIMABILE COME 0.85 VOLTE QUELLA DELL'ACQUA ALLA STESSA TEMPERATURA.

3) VAPOR D'ACQUA SATURO A 1.34 ATM:

$T_B = 108.4^\circ\text{C}$ – ENTALPIA DI VAPORIZZAZIONE: 2233.2 KJ/KG – VISCOSITÀ: $1.28 \times 10^{-5} \text{ PA S}$

DATA L'ASSENZA DI SETTI NEL MANTELLO, È POSSIBILE FARE USO DELLA SEGUENTE CORRELAZIONE PER IL CALCOLO DEL NUMERO DI NUSSELT LATO MANTELLO:

$$Nu_s = 0.023 Re_s^{0.8} Pr^{1/3}$$

DEFINITO USANDO COME GRANDEZZA CARATTERISTICA DIAMETRO EQUIVALENTE LATO MANTELLO IN *RELAZIONE AL SOLO SCAMBIO TERMICO* (I.E., IL PERIMETRO È QUELLO RELATIVO AL SOLO SCAMBIO TERMICO).

IL COEFFICIENTE DI SCAMBIO LIMINARE LATO VAPORE CONDENSANTE È STIMABILE IN PRIMA APPROSSIMAZIONE PARI A $8500 \text{ W/M}^2/\text{K}$.

PER IL CALCOLO DEI FATTORI DI FRIZIONE SI FACCIA USO DELLA SEGUENTE CORRELAZIONE:

$$f = 0.0576 Re^{-0.2}$$

IL DIAMETRO EQUIVALENTE NELLA PRECEDENTE ESPRESSIONE È DEFINITO IN RELAZIONE AL PERIMETRO BAGNATO IN *SENSO IDRAULICO*.

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI:
INGEGNERE INDUSTRIALE
I SESSIONE 2014 - 11 SETTEMBRE 2014
SEDE SVOLGIMENTO: POLITECNICO DI MILANO

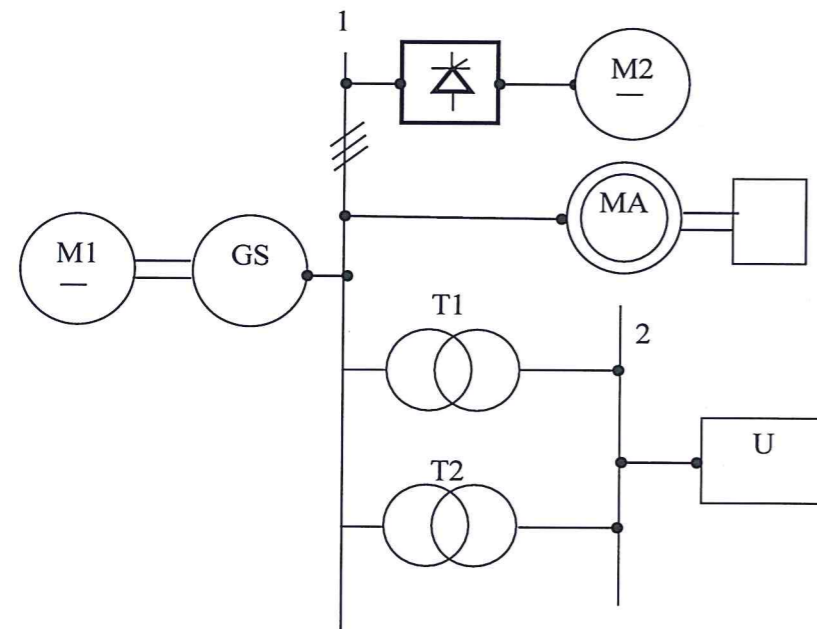
III COMMISSIONE - SETTORE INDUSTRIALE

SEZIONE A

PROVA PRATICA

TEMA N. 5

L'impianto elettrico di un'attività industriale presenta lo schema rappresentato in figura.
Il generatore sincrono (GS) è mosso dal motore in corrente continua a eccitazione indipendente M1.
Tale generatore alimenta un motore asincrono MA, attraverso un ponte di Graetz trifase total controllato alimenta un motore in corrente continua M2 e, attraverso i due trasformatori T1 e T2, alimenta un carico trifase U.



Sono noti i dati riportati nel seguito

Generatore sincrono GS

Potenza nominale $A_n = 3$ MVA

Tensione nominale $V_n = 10$ kV

Numero coppie polari = 2

Frequenza nominale = 50 Hz
Reattanza sincrona percentuale $x_s\% = 180\%$
Tensione a vuoto di eccitazione nominale $V_0 = 10$ kV
Corrente di eccitazione nominale $I_{eccn} = 80$ A (si consideri una caratteristica di magnetizzazione lineare).
Trascurare gli attriti e la resistenza di statore.

Motore in corrente continua M1

Corrente nominale $I_n = 260$ A
Potenza nominale $P_n = 4$ MW
Resistenza di armatura $R_a = 70$ m Ω
Velocità nominale $N_n = 3000$ giri/min
Si trascurino gli attriti

Motore Asincrono MA

Potenza nominale	[kW]	270
Tensione nominale	[kV]	8
Numero di poli	:	6
Frequenza nominale	[Hz]	50
Velocità nominale	[giri/min]	980
Collegamento avvolgimenti di statore	:	stella

Rotore a gabbia

Resistenza di una fase di statore	[Ω]	0.035
-----------------------------------	--------------	-------

Prova a vuoto

Tensione	[kV]	8
Corrente	[A]	3
Potenza assorbita	[W]	3370

Prova a rotore bloccato effettuate a corrente nominale

Tensione di corto circuito percentuale	[%]	31.5
Corrente	[A]	27
Potenza assorbita	[W]	15000

coppia di carico del motore

$Cr(s) = 50 + 15 \cdot 10^{-4} (1-s)^2 n_0^2$ [nm]

dove s è lo scorrimento e n_0 è la velocità di sincronismo in giri/minuto

Trasformatore T1

Potenza nominale $A_n = 630$ kVA

Tensioni nominali 8 kV/400 V

Tensione di corto circuito percentuale $v_{cc}\% = 6\%$

Potenza di corto circuito: $P_{cc} = 6200$ W

Corrente a vuoto percentuale $i_0\% = 0.8\%$

Potenza a vuoto $P_0 = 1100$ W

Trasformatore T2

Potenza nominale $A_n = 315$ kVA

Tensioni nominali 8 kV/400 V

Tensione di corto circuito percentuale $v_{cc}\% = 6\%$

Potenza di corto circuito: $P_{cc} = 5800$ W

Corrente a vuoto percentuale $i_0\% = 1\%$

Potenza a vuoto $P_0 = 950$ W

Carico U

Tensione nominale $V_n = 400 \text{ V}$

Corrente nominale $I_n = 800 \text{ A}$

Fattore di potenza nominale $\cos \varphi_n = 0.7$.

Motore in corrente continua M2

Tensione nominale $V_n = 6000 \text{ V}$

Potenza nominale $P_n = 50 \text{ kW}$

Rendimento nominale $\eta_n = 0.92$

Il candidato risponda ai seguenti quesiti:

- Determinare l'angolo di ritardo di accensione del ponte total controllato nell'ipotesi che la macchina a corrente continua M2 lavori in condizioni nominali e la tensione di sbarra 1 sia pari a 8 kV.
- Considerando lineare la caratteristica di coppia del motore asincrono MA (tra il valore della coppia nominale e il punto di funzionamento a vuoto) determinare la corrente assorbita dal motore MA in regime permanente nell'ipotesi di alimentazione a tensione nominale
- Determinare la batteria di condensatori da collegare alla sbarra 1 al fine di garantire un fattore di potenza pari a $\cos \varphi = 0.9$ e considerando che il carico U assorba la corrente nominale a fattore di potenza nominale, ipotizzando che la tensione di sbarra 1 sia pari a 8 kV.
- Considerando i condensatori di rifasamento inseriti, determinare la corrente erogata dal generatore sincro e la corrente di eccitazione nell'ipotesi di caratteristica di magnetizzazione lineare.
- Determinare la tensione di armatura del motore in corrente continua M1, funzionante in condizioni di eccitazione nominali.

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI:
INGEGNERE INDUSTRIALE
I SESSIONE 2014 - 11 SETTEMBRE 2014
SEDE SVOLGIMENTO: POLITECNICO DI MILANO

III COMMISSIONE - SETTORE INDUSTRIALE

SEZIONE A

PROVA PRATICA

TEMA N. 6

LA CLAYTON S.P.A. È UN'IMPORTANTE IMPRESA CON SEDE A VARESE CHE PRODUCE E VENDE ENERGIA ELETTRICA, NATA DOPO LA LIBERALIZZAZIONE DEL MERCATO ITALIANO AVVENUTA NEL 1999. PER SODDISFARE I REQUISITI DI PRODUZIONE DI ENERGIA DA FONTI RINNOVABILI IMPOSTI ALLE IMPRESE ITALIANE DAL PROTOCOLLO DI KYOTO, NEL DICEMBRE DEL 2007 LA CLAYTON HA APPROVATO E DATO VITA AL PROGETTO DI COSTRUZIONE DI UNA CENTRALE SOLARE TERMODINAMICA DI POTENZA NOMINALE PARI A 10 MW.

IL PROGETTO HA COMPORTATO, NEL DICEMBRE DEL 2007, LA REALIZZAZIONE DI OPERE DI FONDAMENTA PER UN COSTO DI 1.000.000 € E L'ACQUISTO DI SPECCHI SOLARI PER 3.000.000 €. ENTRAMBI QUESTI ASSET, IL CUI CORRISPETTIVO ECONOMICO È STATO PAGATO PRONTA CASSA, SONO STATI ISCRITTI A BILANCIO NELLA VOCE "IMMOBILI, IMPIANTI E MACCHINARI" E AMMORTIZZATI, A PARTIRE DAL 01 GENNAIO 2008, SU UN ORIZZONTE DI 5 ANNI, A QUOTE LINEARI E COSTANTI. L'INVESTIMENTO È STATO FINANZIATO INTERAMENTE CON CAPITALE PROPRIO (IL COSTO DEL CAPITALE PROPRIO DELLA CLAYTON S.P.A., AL NETTO DELLE IMPOSTE, È PARI AL 12%), ED È PREVISTO CHE L'IMPIANTO ENTRI IN FUNZIONE A PARTIRE DAL 01 GENNAIO 2010. AL MOMENTO DELL'APPROVAZIONE DEL PROGETTO, IL TOP MANAGEMENT DELLA CLAYTON AVEVA STIMATO CHE L'IMPIANTO POTESSE PRODURRE ANNUALMENTE 10.000 MWH, CON COSTI OPERATIVI ANNUI COMPLESSIVI DI 100.000 € (DA PAGARSI ANNUALMENTE PRONTA CASSA).

L'ENERGIA PRODOTTA AVREBBE POTUTO ESSERE VENDUTA, SU UN ORIZZONTE DI 5 ANNI, A 0,10 €/KWH¹, RICEVENDO UN INCENTIVO ADDIZIONALE, PREVISTO DAL GOVERNO ITALIANO PER PROMUOVERE LA PRODUZIONE DI ENERGIA DA SOLARE TERMODINAMICO, PARI A 0,30 €/KWH. ALL'ATTO DELLA VALUTAZIONE DELLA BONTÀ DELL'INVESTIMENTO SI RITENEVA INFINE CHE L'IMPIANTO NEL SUO COMPLESSO (FONDAMENTA E SPECCHI) POTESSE ESSERE ROTTAMATO ALLA FINE DELL'ORIZZONTE QUINQUENNALE DI VALUTAZIONE (AL 31 DICEMBRE 2014).

NEL DICEMBRE 2008, TUTTAVIA, IL GOVERNO ITALIANO HA STABILITO CHE L'INCENTIVO ALLA PRODUZIONE DI ENERGIA DA SOLARE TERMODINAMICO VENISSE RIDOTTO DEL 50% PER TUTTI GLI IMPIANTI CHE SAREBBERO ENTRATI IN

¹ KWH E MWH SONO UNITÀ DI MISURA DELL'ENERGIA PRODOTTA DA UN IMPIANTO. 1 MWH = 1.000 KWH.

FUNZIONE A PARTIRE DAL 01 LUGLIO 2009. PER QUESTO MOTIVO, IL TOP MANAGEMENT DELLA CLAYTON S.P.A. DECISE, NEL DICEMBRE 2008, DI SOTTOPORRE AD UNA NUOVA VALUTAZIONE IL PROGETTO DI COSTRUZIONE DELLA CENTRALE TERMODINAMICA. DATO CHE LA DECISIONE DEL CDA DELLA CLAYTON DI DOTARSI DI UNA NUOVA CENTRALE DA 10 MW CHE SFRUTTI ENERGIE RINNOVABILI È IRREVOCABILE, IL TOP MANAGEMENT DELL'IMPRESA SI TROVA A VALUTARE LA CONVENIENZA DI INTERROMPERE IL PROGETTO DI COSTRUZIONE DELLA CENTRALE TERMODINAMICA PER ATTIVARE INVECE LA COSTRUZIONE DI UN PIÙ CONVENZIONALE IMPIANTO FOTOVOLTAICO DELLA STESSA POTENZA NOMINALE².

SE LA CLAYTON DECIDESSE DI ATTIVARE IL PROGETTO PER LA COSTRUZIONE DELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO:

- POTREBBE UTILIZZARE LE FONDAMENTA GIÀ REALIZZATE PER L'IMPIANTO TERMODINAMICO;
- DOVREBBE ACQUISTARE NUOVI MODULI FOTOVOLTAICI E STRUTTURE DI SUPPORTO IL 30 GIUGNO 2009 PER UN INVESTIMENTO COMPLESSIVO DI 20.000.000 €, DA PAGARSI PER IL 50% PRONTA CASSA E PER LA RESTANTE PARTE A DISTANZA DI 12 MESI. TALI BENI SAREBBERO ISCRITTI A BILANCIO IL 01 LUGLIO 2009 E AMMORTIZZATI A PARTIRE DALLA STESSA DATA PER 5 ANNI A QUOTE LINEARI E COSTANTI;
- L'ACQUISTO DEI MODULI E DELLE STRUTTURE DI SUPPORTO SAREBBE FINANZIATO INTERAMENTE CON L'ACCENSIONE IL 30 GIUGNO 09 DI UN DEBITO DEL VALORE DI 20.000.000 €. È PREVISTO IL PAGAMENTO DEGLI INTERESSI DI COMPETENZA DI OGNI ANNO (IL TASSO DI INTERESSE ANNUO È PARI AL 4% AL LORDO DELLE IMPOSTE) AL 31 DICEMBRE DELLO STESSO ANNO. LA RESTITUZIONE DEL DEBITO È PREVISTA PER IL 31 DICEMBRE 2014;
- POTREBBE VENDERE AL 30 GIUGNO 2009 GLI SPECCHI SOLARI ACQUISTATI PER L'IMPIANTO TERMODINAMICO AD UN VALORE DI MERCATO SUPERIORE DEL 50% DEL VALORE DI BILANCIO.

L'IMPIANTO FOTOVOLTAICO VERREBBE COMPLETATO IL 30 GIUGNO 2010 E COMINCEREBBE A PRODURRE ENERGIA A PARTIRE DAL 01 GENNAIO 2011, SU UN ORIZZONTE COMPLESSIVO DI 4 ANNI E PER UN TOTALE DI 18.000 MWH/ANNO. È POSSIBILE PREVEDERE, SU QUESTO ORIZZONTE QUADRIENNALE DI PIANIFICAZIONE (2011-2014), UN PREZZO DI VENDITA DELL'ENERGIA ELETTRICA DI 0,10 €/KWH, A CUI SI AGGIUNGE UN INCENTIVO INTRODOTTO DAL COSIDDETTO NUOVO CONTO ENERGIA³ PARI A 0,40 €/KWH.

IL COSTO DI MANUTENZIONE DELL'IMPIANTO SAREBBE PARI A 150.000 €/ANNO, MENTE IL COSTO COMPLESSIVO DI ASSICURAZIONE DELLO STESSO AMMONTEREBBE A 10.000 €/ANNO. ENTRAMBI QUESTI COSTI VERREBBERO PAGATI ANNUALMENTE, PRONTA CASSA. ALLA FINE DELL'ORIZZONTE DI PIANIFICAZIONE (31 DICEMBRE 2014), SAREBBE POSSIBILE VENDERE L'INTERO IMPIANTO FOTOVOLTAICO (FONDAMENTA E SPECCHI CON STRUTTURE DI SUPPORTO) A 1.000.000 €.

² SI NOTI COME L'ALTERNATIVA DI COSTRUIRE UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO NON POTESSE ESSERE PRATICATA NEL DICEMBRE 2007 PER MOTIVI DI MANCANZA DI COMPETENZE TECNICHE INTERNE.

³ IL NUOVO CONTO ENERGIA È UN SISTEMA DI INCENTIVAZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA PRODOTTA DA IMPIANTI FOTOVOLTAICI INTRODOTTO NEL FEBBRAIO 2007.

L'UTILE LORDO DELLA CLAYTON S.P.A. DERIVANTE DALLE SUE ATTIVITÀ RELATIVE ALLE ENERGIE NON RINNOVABILI È PREVISTO ESSERE AMPIAMENTE POSITIVO NEGLI ANNI OGGETTO DELL'ANALISI DI INVESTIMENTO.

SI INTRODUCANO TUTTE LE ASSUNZIONI CHE SI RITENGONO NECESSARIE PER RISPONDERE ALLE SEGUENTI DOMANDE.

DOMANDA 1

SAPENDO CHE L'ALiquOTA FISCALE DELLA CLAYTON S.P.A. È PARI AL 40%:

- VALUTARE LA BONTÀ DELLA SCELTA PRESA DALLA CLAYTON S.P.A. NEL DICEMBRE 2007, QUANDO DECISE DI INTRAPRENDERE IL PROGETTO DI REALIZZAZIONE DELLA CENTRALE SOLARE TERMODINAMICA;
- VALUTARE SE PER LA CLAYTON S.P.A. È CONVENIENTE, A DICEMBRE 2008, DECIDERE DI INTERROMPERE LA COSTRUZIONE DELL'IMPIANTO TERMODINAMICO ED INTRAPRENDERE LA REALIZZAZIONE DELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO.

PER EFFETTUARE LA VALUTAZIONE SI UTILIZZINO L'NPV, L'IRR ED IL TEMPO DI PAY BACK.

DOMANDA 2

CALCOLARE IL LEVELIZED ENERGY COST (LEC) DELLA CENTRALE SOLARE TERMODINAMICA CHE LA CLAYTON S.P.A. HA DECISO DI REALIZZARE NEL DICEMBRE 2007. IL LEC DI UN IMPIANTO DI PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA È DEFINITO COME IL COSTO MEDIO DEL KWH PRODOTTO NELL'ARCO DELLA VITA UTILE DELL'IMPIANTO.

DOMANDA 3

L'IMPRESA CHE LA CLAYTON HA CONTATTATO PER LA REALIZZAZIONE E COSTRUZIONE DELL'IMPIANTO, LA EYRING S.P.A., PRESENTA LA SEGUENTE SITUAZIONE PATRIMONIALE NEL 2007 (I DATI SONO ESPRESSI IN MIGLIAIA DI EURO). TRA LE DUE IMPRESE È STATO STIPULATO UN ACCORDO DECENNALE DI ASSISTENZA TECNICA E MANUTENZIONE PREVENTIVA.

ATTIVITÀ NON CORRENTI	28.000	PATRIMONIO NETTO	52.000
IMMOBILI, IMPIANTI E MACCHINARI	20.000	CAPITALE EMESSO	40.000
INVESTIMENTI IMMOBILIARI	-	RISERVA DA SOVRAPPREZZO	-
AVVIAMENTO E ATTIVITÀ IMM. A VITA NON DEFINITA	1.000	RISERVA DA RIVALUTAZIONE	300
ATTIVITÀ IMMATERIALI A VITA DEFINITA	5.000	ALTRE RISERVE	5.000
PARTECIPAZIONI	2.000	UTILI / PERDITE PORTATI A NUOVO	2.000
ALTRE ATTIVITÀ FINANZIARIE	-	UTILI / PERDITE DELL'ESERCIZIO	4.700
ATTIVITÀ PER IMPOSTE ANTICIPATE	-	PASSIVITÀ NON CORRENTI	33.000
ATTIVITÀ CORRENTI	72.000	OBBLIGAZIONI IN CIRCOLAZIONE	-
CREDITI COMMERCIALI E VARI	20.000	DEBITI VERSO BANCHE	20.000
RIMANENZE	10.000	ALTRE PASSIVITÀ FINANZIARIE	-
LAVORI IN CORSO SU ORDINAZIONE	-	FONDI PER RISCHI ED ONERI	4.000
ATTIVITÀ FINANZIARIE CORRENTI	2.000	TFR E ALTRI FONDI RELATIVI AL PERSONALE	9.000
CASSA E DISPONIBILITÀ LIQUIDE EQUIVALENTI	40.000	FONDO IMPOSTE DIFFERITE	-
ATTIVITÀ CESSATE/DESTINATE AD ESSERE CEDUTE	0	PASSIVITÀ CORRENTI	15.000
		OBBLIGAZIONI IN CIRCOLAZIONE	-
		DEBITI VERSO BANCHE	12.000
		DEBITI VERSO FORNITORI	3.000
		ANTICIPI SU LAVORI IN CORSO SU ORDINAZIONE	-
		ALTRE PASSIVITÀ FINANZIARIE CORRENTI	-
		DEBITI TRIBUTARI	-
		ALTRE PASSIVITÀ CORRENTI	-
		PASSIVITÀ CORRELATE AD ATTIVITÀ CESSATE/DESTINATE AD ESSERE CEDUTE	0
TOTALE ATTIVITÀ	100.000	TOTALE PASSIVITÀ E PATRIMONIO NETTO	100.000

SI IDENTIFICHINO E DISCUTANO I CRITERI CHE UTILIZZERESTE PER ANALIZZARE QUESTI DOCUMENTI CONTABILI PER VALUTARE LA SOLIDITÀ DEL FORNITORE E LA SUA CAPACITÀ DI OTTEMPERARE AL CONTRATTO STIPULATO.

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI:
INGEGNERE INDUSTRIALE
I SESSIONE 2014 - 11 SETTEMBRE 2014
SEDE SVOLGIMENTO: POLITECNICO DI MILANO

III COMMISSIONE - SETTORE INDUSTRIALE

SEZIONE A

PROVA PRATICA

TEMA N. 7

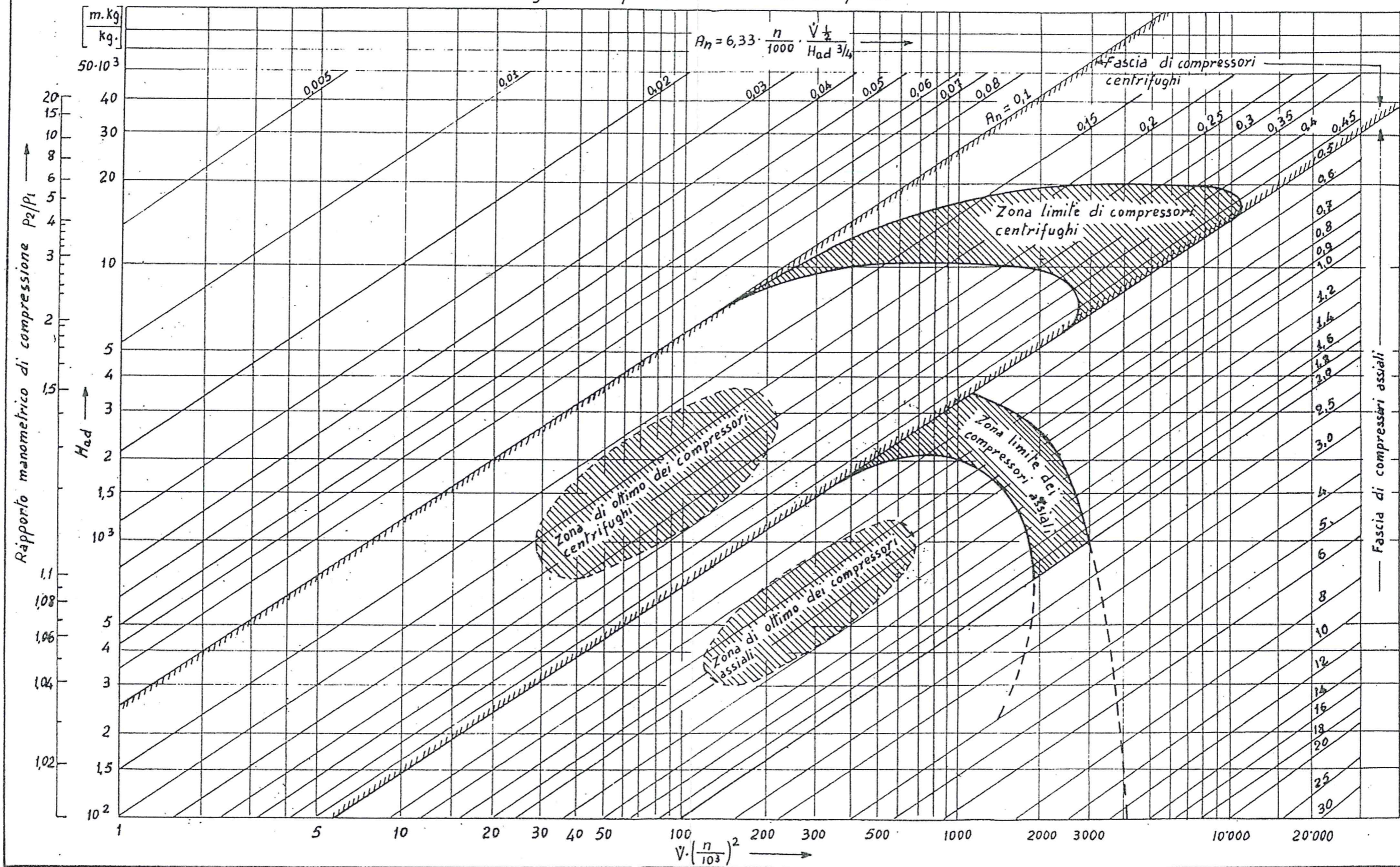
Si intende scegliere e dimensionare un compressore industriale destinato alla fornitura di aria compressa, avente le seguenti caratteristiche:

portata di aria da comprimere	10 kg·s ⁻¹
pressione di aspirazione	1.013 bar
pressione di mandata	4.5 bar
temperatura di aspirazione	20 °C

Per tale impianto si dovranno determinare, ai fini di una corretta ottimizzazione economica complessiva, le seguenti caratteristiche:

- a) lavoro reale, numero di stadi e pressione di inter-refrigerazione per un compressore di tipo centrifugo e per un compressore di tipo assiale. Si verifichi che la temperatura di uscita dal primo gruppo di stadi sia compatibile con la scelta di acqua come liquido refrigerante;
- b) potenza elettrica assorbita dal compressore, nei due casi;
- c) il numero di giri ottimale e la configurazione di flusso per un compressore centrifugo e per uno assiale (per questo punto si veda il diagramma allegato);
- d) supponendo che la scelta di ottimo economico dell'impianto si debba orientare sul tipo centrifugo, si dimensionino il diametro esterno della girante del primo stadio del primo gruppo.

Diagramma per la scelta dei compressori



**ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI:
INGEGNERE INDUSTRIALE
I SESSIONE 2014 - 11 SETTEMBRE 2014
SEDE SVOLGIMENTO: POLITECNICO DI MILANO**

III COMMISSIONE - SETTORE INDUSTRIALE

SEZIONE A

PROVA PRATICA

TEMA N. 8

IN FIGURA È RAPPRESENTATO LO SCHEMA FUNZIONALE DI UNA SEGA ALTERNATIVA VERTICALE A TAGLIO SOTTILE, PER LA PRODUZIONE DI LAMELLE IN LEGNO PER PORTE PAVIMENTI ETC. ESSA È COSTITUITA DA UN MOTORE, UN RIDUTTORE E UN MECCANISMO BIELLA MANOVELLA PER LA REALIZZAZIONE DEL MOTO ALTERNATIVO DELLA SEGA.

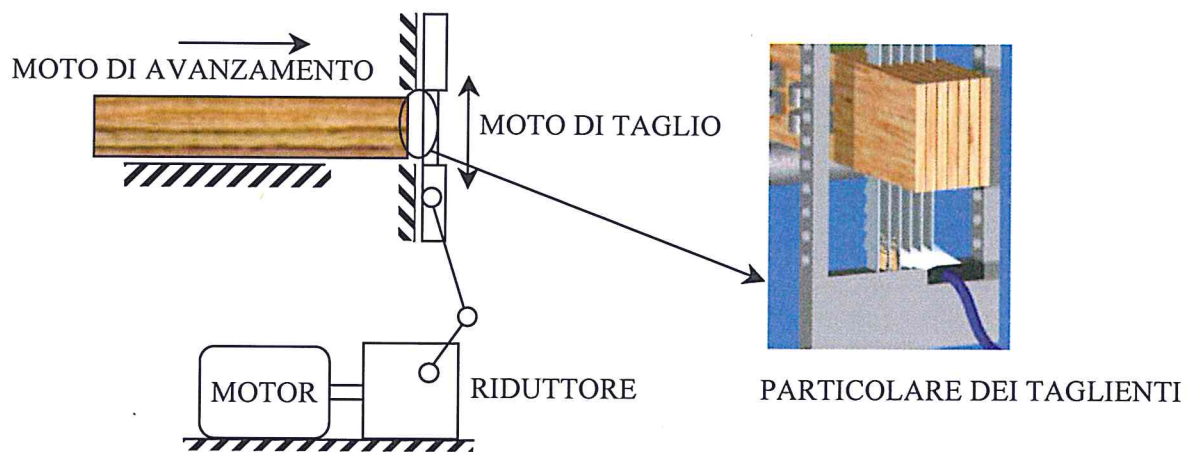
SONO NOTI I SEGUENTI DATI:

- CORSA DI TAGLIO: 20 CM
- FORZA DI TAGLIO NELLA CORSA DI ANDATA: 3000N
- FORZA DI TAGLIO NELLA CORSA DI RITORNO: 0N
- CORSE AL MINUTO: 550
- MASSA IN MOTO ALTERNO (SEGHETTI+CORSOIO): 10KG
- LARGHEZZA MASSIMA DEI BLOCCHI DA SEGARE: 15 CM

SI RICHIEDE DI:

1. DETERMINARE LE DIMENSIONI CARATTERISTICHE DEL MANOVELLISMO E PROPORNE UNO SCHEMA COSTRUTTIVO, PREVEDENDO LA REGOLAZIONE DELLA CORSA E IL BILANCIAMENTO DELLE FORZE D'INERZIA ALTERNATIVE
2. SCEGLIERE IL MOTORE E IL RIDUTTORE
3. DIMENSIONARE UN VOLANO IN MODO CHE L'IRREGOLARITÀ PERIODICA SIA AL MASSIMO PARI A 0.05, VALUTANDO LA POSIZIONE PIÙ OPPORTUNA PER L'INSERIMENTO (SUL MOTORE, A VALLE DEL RIDUTTORE)
4. INFINE, IPOTIZZANDO DI UTILIZZARE UNA TRASMISSIONE A CINGHIA COME RIDUTTORE, DETERMINARE IL PRECARICO NECESSARIO PER EVITARE LO SLITTAMENTO ED INDICARE I PASSI PER LA SCELTA E IL DIMENSIONAMENTO DEI COMPONENTI DELLA TRASMISSIONE

IL CANDIDATO HA FACOLTÀ DI SCEGLIERE LIBERAMENTE, PUR COMMENTANDOLI ADEGUATAMENTE, TUTTI I DATI DI PROGETTO NON RIPORTATI.



ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI:
INGEGNERE INDUSTRIALE
I SESSIONE 2014 - 11 SETTEMBRE 2014
SEDE SVOLGIMENTO: **POLITECNICO DI MILANO**

III COMMISSIONE - SETTORE INDUSTRIALE

SEZIONE A

PROVA PRATICA

TEMA N. 9

Si consideri la formatura superplastica di un tubo a sezione circolare, in lega di alluminio. Il tubo ha diametro esterno iniziale di 2 cm e spessore iniziale di 2 mm; la deformazione avviene a 500 °C, immettendo un gas in pressione all'interno del tubo per aumentarne il diametro.

Si assuma la seguente relazione tra lo sforzo (σ) e la velocità di deformazione reale ($\dot{\epsilon}$) nella parete del tubo:

$$\sigma = K(\dot{\epsilon})^{0,8} d$$

dove K è pari a $2 \cdot 10^8 \text{ MPa s}^{0,8} \text{ m}^{-1}$ e d è la dimensione media del grano nel materiale.

Per calcolare lo sforzo tangenziale, si applichi l'approssimazione di tubo a parete sottile. Con questa approssimazione, si valuti la deformazione radiale assumendo che durante l'espansione del tubo il volume del materiale si mantenga costante. Si consideri trascurabile la deformazione assiale.

- 1) Si determini l'andamento nel tempo della pressione interna che permetta di mantenere costante la velocità di deformazione reale, pari a 10^{-3} s^{-1} . La pressione esterna è sempre uguale a 1 bar. Si valuti il tempo necessario per raddoppiare il diametro del tubo e si calcoli il valore che raggiunge la pressione interna quando è trascorso questo tempo.

Si determini l'andamento nel tempo e il valore finale della pressione in due casi:

- la dimensione media del grano è $8 \mu\text{m}$ e non varia durante la deformazione,
- la dimensione media del grano varia nel tempo (t) secondo la relazione $d^2 = d_0^2 + \alpha \cdot t$ dove d_0 è la dimensione iniziale ($8 \mu\text{m}$) e α vale $9 \cdot 10^{-15} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$.

- 2) Si determini l'andamento nel tempo della velocità di deformazione reale che si ottiene applicando una pressione interna costante, pari a 10 bar. La pressione esterna è sempre uguale a 1 bar. Si valuti il tempo necessario per raddoppiare il diametro del tubo e si calcoli il valore che raggiunge la velocità di deformazione reale quando è trascorso questo tempo.

Si assuma che la dimensione media del grano sia uguale a $8 \mu\text{m}$ e che rimanga costante durante la deformazione.

- 3) Si spieghi come è possibile rallentare o inibire la crescita del grano durante la deformazione.
- 4) Si descriva un processo tecnologico idoneo per realizzare il tubo con le dimensioni iniziali e con la microstruttura adatta alla successiva deformazione superplastica.