

**ESAMI DI STATO**  
**per l'abilitazione all'esercizio della professione di**  
**INGEGNERE INDUSTRIALE**  
**Senior**

**SECONDA SESSIONE 2013**

## **Prova Pratica**

### **Traccia n. 1 (macchine)**

Si vuol realizzare un ciclo combinato Impianto a gas-Impianto a vapore per la produzione di energia elettrica. Sapendo che si dispone di due Turbogas della potenza di 10 MW ciascuno, dopo aver proceduto al dimensionamento di massima del ciclo Joule e del ciclo Rankine, si proceda al dimensionamento degli scambiatori di calore per il recupero del calore dei gas combusti dei Turbogas.

### **Traccia n. 2 (gestionale)**

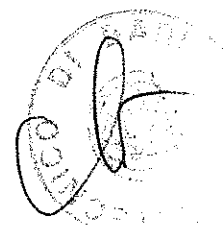
Si consideri uno stabilimento per la produzione di due prodotti, P1 e P2. Sono necessarie tre diverse materie prime, di cui in tabella 1 sono riportati costi unitari, disponibilità, fabbisogno per unità di prodotto. In tabella 2 sono riportati invece i costi di trasformazione delle materie prime ed i prezzi di vendita dei due prodotti. Accordi con i clienti impongono la produzione di almeno 500 unità/settimana di P1 e 200 unità/settimana di P2. Si ritiene tuttavia che non sarebbe possibile collocare sul mercato più di 4000 unità/sett. di P1. I due prodotti saranno realizzati mediante due linee di produzione dedicate, ad eccezione dell'ultima fase del processo produttivo, che sarà realizzata mediante un impianto comune. P2 richiede il 20% di tempo in più rispetto a P1 su tale impianto. Se realizzasse solo P1, la capacità produttiva dell'impianto sarebbe di 5000 unità/settimana.

Tabella 1

Materie prime	Costo unitario (€/kg)	Disponibilità (kg/sett.)	Fabbisogno (kg/unità)	
			P1	P2
A	1,8	1000	0,2	0,3
B	2,1	1300	0,3	0,3
C	2,7	1800	0,6	0,3

Tabella 2

Prodotto	Costo trasf. (€/unità)	Prezzo (€/unità)
P1	0,5	10
P2	0,6	8





## CANDIDATO \_\_\_\_\_

Si determinino:

- 1) il mix di produzione ottimale per lo stabilimento;
- 2) i fattori di produzione esauriti e la disponibilità residua dei fattori non esauriti in corrispondenza di tale mix;
- 3) come si modificherebbe il mix ottimale se la disponibilità delle materie prime aumentasse del 20%.

Si prenda inoltre in esame la linea di produzione del prodotto P1. In tabella 3 sono riportati le durate degli elementi di lavoro nel ciclo tecnologico di P1 ed i vincoli di precedenza tra di essi. Si supponga che, indipendentemente dal mix di produzione ottimale, si sia deciso di realizzare 2250 unità/settimana di P1.

Tabella 3

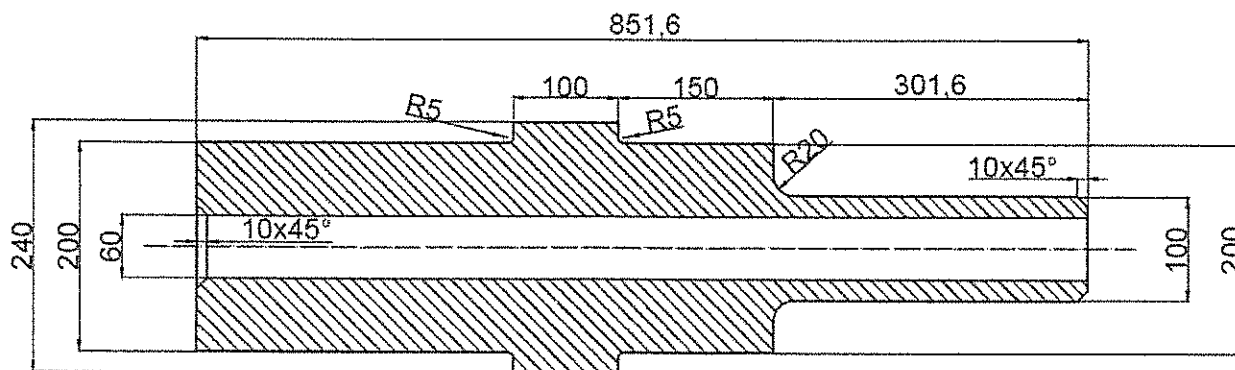
Elemento di lavoro	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l
Durata (min)	3	2	1	2	2	3	4	2	1	3	2	2
Precedenze	-	a	b	b	c,d	-	e,f	-	-	g,h,i	i	j,k

Sapendo che lo stabilimento sarà operativo per 20 turni/settimana (7,5 h/turno):

- 4) si effettui il bilanciamento della linea;
- 5) si valuti l'utilizzazione media del macchinario nella linea.

### Traccia n. 3 (Tecnologia Meccanica)

L'albero in figura (le cui dimensioni sono espresse in mm) è realizzato in acciaio 18NiCrMo5. Al fine di raggiungere la durezza superficiale richiesta, il componente è sottoposto ad un trattamento di carbocementazione gassosa per ottenere una concentrazione in peso di carbonio dello 0.5% ad una distanza di 0.5 mm dalla superficie. Il candidato, utilizzando anche le tabelle sotto riportate, progetti il ciclo di lavorazione comprensivo delle varie fasi di asportazione di truciolo, del trattamento termochimico e del trattamento termico stimandone, per ciascuno di essi, i tempi richiesti. Il candidato effettui inoltre una stima dell'energia richiesta dal ciclo di lavorazione progettato e del relativo costo, ipotizzando un prezzo medio di 0.15 €/kWh. Si riportino, giustificandole, le scelte operate sui processi produttivi e sui relativi parametri di lavorazione e di trattamento.



Specie Diffondente	Metallo ospitante	Costante di Diffusione $D_0$ [m <sup>2</sup> /s]	Energia di Attivazione $Q_a$		Intervallo di temperature [°C]	
			[kJ/mole]	[eV/atom]	Min	Max
Fe	$\alpha$ -Fe (CCC)	$2.8 \times 10^{-4}$	251	2.6	500	900
Fe	$\gamma$ -Fe (CFC)	$5.0 \times 10^{-5}$	284	2.94	900	1100

2



CANDIDATO \_\_\_\_\_

C	$\alpha$ -Fe (CCC)	$6.2 \times 10^{-7}$	80	0.83	500	900
C	$\gamma$ -Fe (CFC)	$2.3 \times 10^{-5}$	148	1.53	900	1200

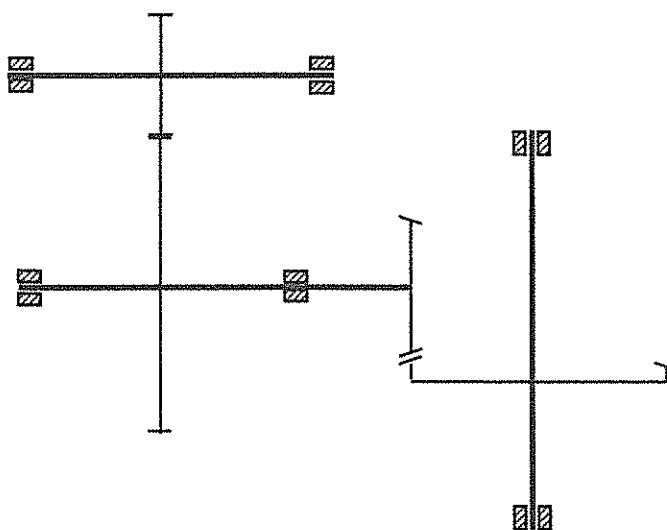
Tabella funzione degli errori (erf)

$z$	$erf(z)$	$z$	$erf(z)$	$z$	$erf(z)$	$z$	$erf(z)$	$z$	$erf(z)$	$z$	$erf(z)$
0.0	0.0	0.25	0.2763	0.55	0.5633	0.85	0.7707	1.30	0.9340	1.90	0.9928
0.025	0.0282	0.30	0.3286	0.60	0.6039	0.90	0.7970	1.40	0.9523	2.00	0.9953
0.05	0.0564	0.35	0.3794	0.65	0.6420	0.95	0.8209	1.50	0.9661	2.20	0.9981
0.10	0.1125	0.40	0.4284	0.70	0.6778	1.00	0.8427	1.60	0.9763	2.40	0.9993
0.15	0.1680	0.45	0.4755	0.75	0.7112	1.10	0.8802	1.70	0.9838	2.60	0.9998
0.20	0.2227	0.50	0.5205	0.80	0.7421	1.20	0.9103	1.80	0.9891	2.80	0.9999

#### Traccia n. 4 (Costruzione di Macchine)

Il rotismo schematizzato in figura deve trasmettere una potenza di 80 kW con velocità di ingresso di 3000 giri/min. Noti i rapporti di trasmissione  $\tau_{CIL}=0.35$  e  $\tau_{CON}=0.45$  ed ipotizzando una durata complessiva di 10000 ore si richiede di:

- 1) Dimensionare tutte le ruote dentate.
  - 2) Dimensionare staticamente e dinamicamente tutti gli alberi.
  - 3) Scegliere i cuscinetti più adatti per i vari alberi e disegnare il relativo montaggio.
  - 4) Scegliere e dimensionare i collegamenti.
- Scegliere il materiale e assumere tutte le dimensioni ed i parametri geometrici ritenuti necessari.





CANDIDATO \_\_\_\_\_

### Traccia n. 5 (Impianti elettrici)

Dimensionare l'impianto elettrico dell'utenza strutturata su più piani come nelle figure riportate di seguito.

Il piano interrato è adibito ad autorimessa, ed include un'area dedicata alle centrali termiche (CT, alimentate a gas e di potenza termica pari a 800 kW) e idriche (CI, pompe idrauliche di potenza elettrica pari a circa 100 kW).

Il piano terra include 1 centro commerciale (CC), che include:

- 5 banchi frigoriferi (f) di potenza pari a 6 kW ciascuno;
- 3 banchi macelleria/salumeria/pescheria (b) con potenza complessiva pari a circa 6 kW ciascuno, con annesso locale frigo di potenza pari a 5 kW
- 2 forni elettrici (o) con potenza pari a circa 8 kW ciascuno
- zona espositiva/dimostrativa di prodotti elettronici quali schermi, PC, audio, telefonia (e) per una potenza installata pari a circa 10 kW

Inoltre, sono presenti altri 4 locali adibiti ad altri servizi (1 laboratorio medico LM, 3 utenze commerciali UC) e servizi igienici (B). Inoltre, il carico di condizionamento complessivo è pari a circa 100 kW. Sono presenti 15 sportelli di cassa forniti di computer e nastro elettrico (potenza complessiva 2 kW per ciascuna postazione).

Il primo piano è costituito da un cinema multisala con 4 sale di proiezione (occupazione di 120 posti), ciascuna con impianto di proiezione di potenza pari a 4,5 kW.

I piani sono collegati tra loro tramite 3 ascensori (potenza nominale 10 kW) e 2 scale mobili (potenza nominale 6 kW). Inoltre, l'impianto di condizionamento dell'intero stabile assorbe una potenza elettrica nominale pari a 500 kW.

Per il calcolo di massima, garantire il livello di illuminamento minimo richiesto dalle norme per i vari tipi di ambiente; assumere un'altezza media dei soffitti pari a 5 m al piano terra ed al primo piano, e pari a 3 m al piano interrato.

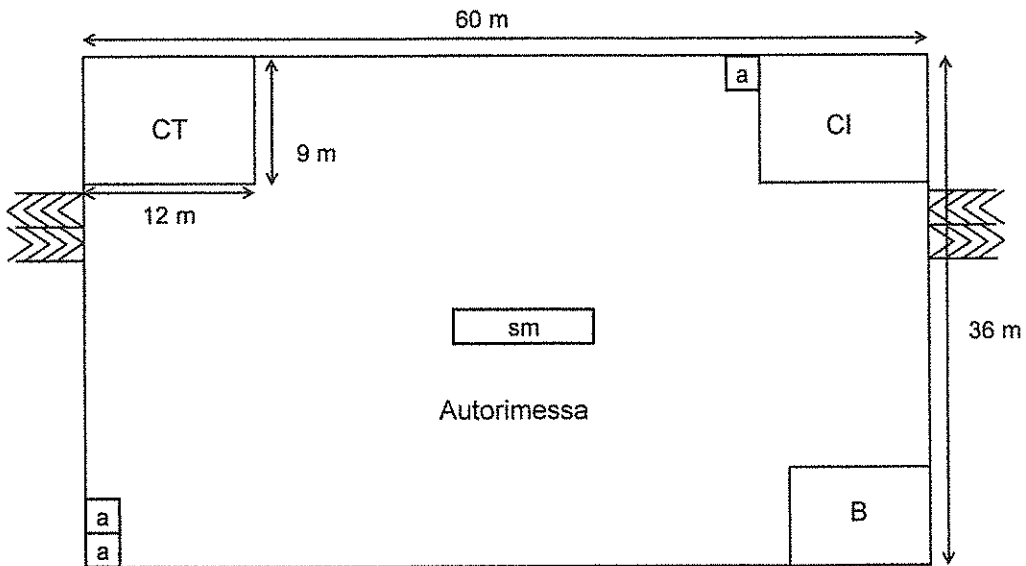
La connessione in M.T. è effettuata ad una distanza di 20 m dal margine dello stabile, ad un livello di tensione pari a 20 kV, con potenza di corto-circuito pari a 500 MVA e fattore di potenza di corto-circuito pari a 0,15. La cabina di trasformazione sarà realizzata nelle adiacenze dello stabile.

Eeguire il dimensionamento di massima dell'impianto di protezione dalle scariche atmosferiche e dell'impianto di terra, assumendo una resistività elettrica del terreno, pari a 150  $\Omega \cdot m$ , nonché dei sistemi di illuminazione di sicurezza.

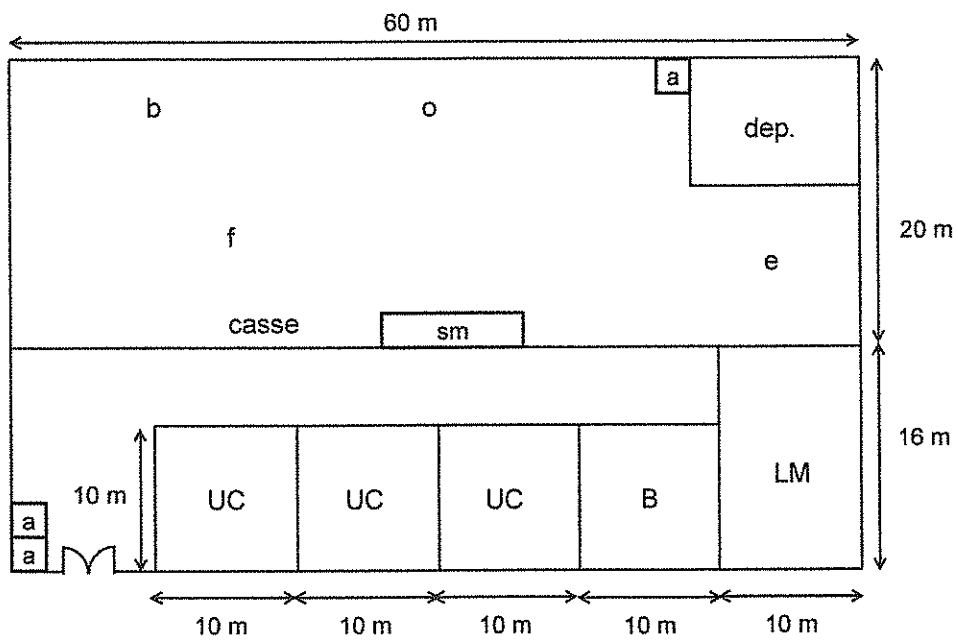


CANDIDATO \_\_\_\_\_

### PIANO INTERRATO



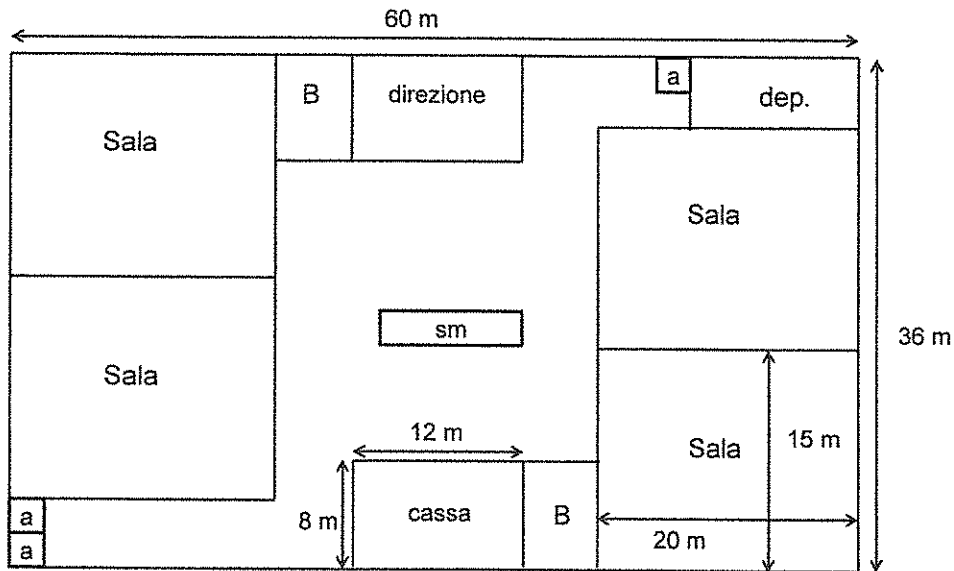
### PIANO TERRA





CANDIDATO \_\_\_\_\_

## PRIMO PIANO



### Tabelle per il dimensionamento dei cavi a MT.

Tipologia: ARE4H1R 18/30 kV

Cavi unipolari rigidi, anima in alluminio, isolante in XLPE, temperatura di funzionamento 90°C e schermatura in rame, dati per posa interrata ad elica visibile alla profondità di 1 m con temperatura di 20°C.

S [mm <sup>2</sup> ]	r [Ω/km]	x [Ω/km]	c [μF/km]	I <sub>b</sub> [A]	
				ρ <sub>t</sub> = 1 m·K/W	ρ <sub>t</sub> = 2 m·K/W
70	0,561	0,14	0,16	212	161
95	0,404	0,13	0,18	252	191
120	0,323	0,13	0,19	288	217
150	0,262	0,12	0,21	321	242
185	0,212	0,12	0,22	364	273
240	0,163	0,11	0,25	422	316
300	0,132	0,11	0,27	475	355
400	0,106	0,11	0,29	543	405
500	0,086	0,10	0,32	618	460



CANDIDATO \_\_\_\_\_

**Traccia n. 6**

Il sistema trifase di figura si trova a regime. Senza considerare il guasto fase-neutro determinare:

1. la potenza trifase attiva, reattiva ed apparente erogata dai tre generatori e assorbita dai carichi a triangolo;
2. le tre correnti erogate dalla terna di generatori di f.e.m. aventi le tensioni  $E_1$ ,  $E_2$  ed  $E_3$ , nonché la rappresentazione vettoriale e la loro espressione nel dominio del tempo.

Si consideri il verificarsi di un guasto franco tra la prima fase ed il neutro, in conseguenza a ciò si determini:

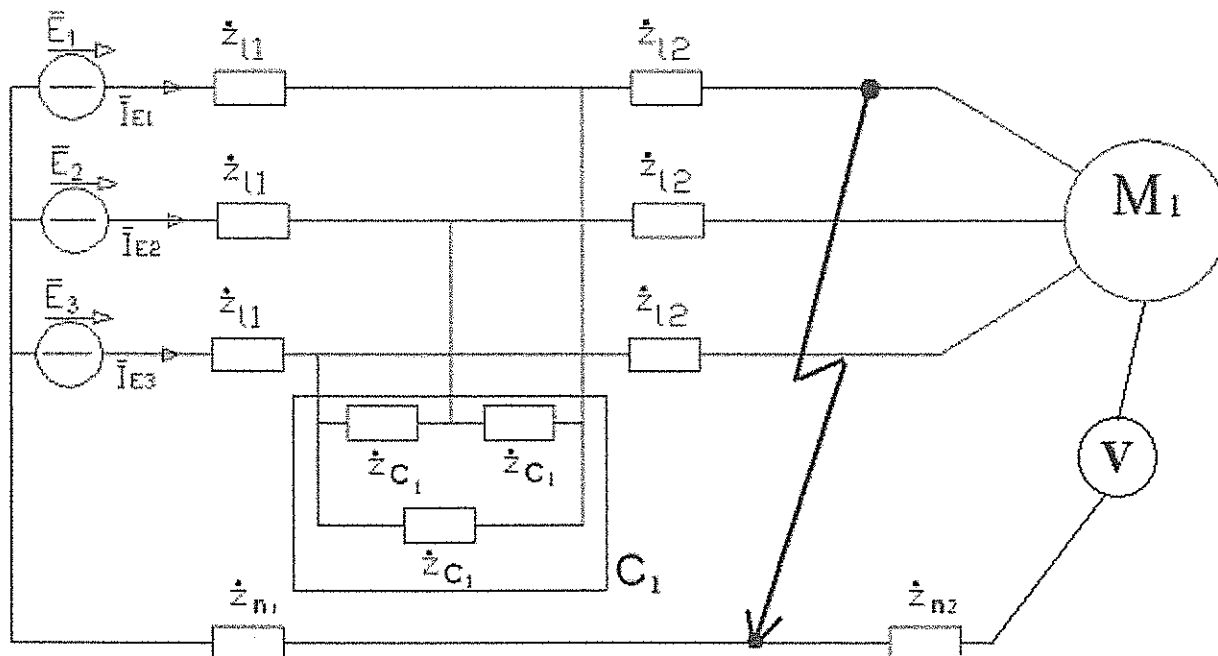
3. le tre correnti erogate dalla terna di generatori di f.e.m. aventi le tensioni  $E_1$ ,  $E_2$  ed  $E_3$ ; nonché la rappresentazione vettoriale e la loro espressione nel dominio del tempo;
4. la potenza complessa assorbita dal carico  $C_1$  e dal motore  $M_1$ ;
5. la tensione misurata dal voltmetro.

$$e_1(t) = \sqrt{2} 230 \sin(\omega t) \text{ V}, e_2(t) = \sqrt{2} 230 \sin(\omega t - 2\pi/3) \text{ V}, e_3(t) = \sqrt{2} 230 \sin(\omega t + 2\pi/3) \text{ V},$$
$$Z_{l1} = Z_{l2} = 0.08 + j0.02 \Omega, R_f = 1 \Omega, R_g = 2 \Omega, X_f = 3 \Omega, X_g = 6 \Omega, \omega = 314 \text{ rad/s}.$$

Carichi:

$$C_1 \rightarrow P_n = 10 \text{ kW}, V_n = 400 \text{ V}, \cos \varphi_{n1} = 0.78.$$

$$M_1 \rightarrow Z_d = 9.8 + j9.8, Z_q = 0.5 + j0.5.$$



*[Handwritten signature]*



CANDIDATO \_\_\_\_\_

**Traccia n. 7**

Un sistema dinamico è rappresentato dalle seguenti equazioni di stato:

$$\dot{x}_1(t) = x_2(t)$$

$$\dot{x}_2(t) = -a_1 x_1(t) - a_2 x_2(t) + bu(t)$$

con  $a_1=0.2479$ ,  $a_2=0.1$ ,  $b=10^{-4}$  (espressi in unità di misura congruenti).

A) Si analizzi la stabilità del sistema e, in caso di stabilità asintotica, si determinino:

- la sovraelongazione percentuale;
- il tempo di assestamento al 5%;
- il periodo delle oscillazioni smorzate in risposta al gradino.

B) Si supponga che l'ingresso  $u(t)$  sia dato alla somma di due contributi: il primo pari ad un ingresso esterno (segnale di riferimento) e il secondo ottenuto mediante una retroazione statica dello stato. Si determini la legge di retroazione che garantisca il rispetto delle seguenti specifiche:

- sovraelongazione percentuale non superiore al 20%;
- tempo di assestamento al 5% non superiore a 21 s;
- periodo delle oscillazioni smorzate in risposta al gradino non inferiore a 25 s.