



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

**ESAMI DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI
INGEGNERE INDUSTRIALE**

**Prima sessione 2016
Prova pratica del 22 giugno 2016**

TEMA

Si calcoli il Δv necessario per inserire in orbita attorno a Giove (arrivo alla Sfera d'influenza) un satellite a partire da un'orbita circolare di 400 km di altezza attorno alla Terra.

Si esegua il dimensionamento preliminare del sistema propulsivo a combustibile solido (singolo o multistadio a seconda delle esigenze operative) da impiegare per realizzare il Δv richiesto, fornendo un disegno di massima dell'assemblato, il disegno del grano propellente un budget di massa il profilo di spinta atteso, la frazione di massa inerte. Il sistema deve essere realizzato per soddisfare i seguenti requisiti:

- 1) accelerazione costante pari a 5g,
- 2) massimo impulso specifico di sistema.

Il candidato scelga tra i seguenti combustibili giustificando la scelta.

Propellente	Densità [kg/m ³]	c* [m/s]	T _c [K]	Range di pressione [MPa]	Regression rate $a \cdot P_c^n$ [cm/s]	
					a	n
A	1840	1541	3636	2.75-7.0	0.415	0.31
B	1760	1568	3392	2.75-7.0	0.561	0.35
C	1680	1511	3288	2.7-10.0	0.41	0.39

Si assuma $k=c_p/c_v=1.2$ per tutte le tipologie di propellente



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

***ESAMI DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI
INGEGNERE INDUSTRIALE***

Prima sessione 2016

Prova pratica del 22 giugno 2016

TEMA Bioingegneria

Il candidato elabori il piano progettuale di una ricerca dedicata allo sviluppo di un dispositivo biomedicale che ritenga di interesse per uno o più aspetti innovativi rispetto allo stato dell'arte. In particolare, il candidato delinea con opportuno dettaglio i seguenti punti:

- definizione del nuovo dispositivo biomedicale;
- descrizione dei limiti attuali di eventuali dispositivi simili già presenti nel mercato;
- vantaggi derivanti dal nuovo dispositivo biomedicale;
- descrizione delle attività da sviluppare per raggiungere l'obiettivo progettuale;
- organizzazione del gruppo di lavoro da destinare al progetto, con indicazione dei ruoli dei singoli partecipanti;
- costi del progetto e sostenibilità economica tramite eventuali finanziamenti.



**ESAMI DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI
INGEGNERE INDUSTRIALE**

**Prima sessione 2016
Prova pratica del 22 giugno 2016**

TEMA Chimica

Ad un reattore per steam reforming che opera in regime isoterma alla pressione di 1 atm vengono alimentate 100 kmol/h di CH₄; le reazioni che avvengono sono le seguenti:



Si vuole che il CH₄ entrante venga trasformato per il 90% in CO e che la conversione totale del CH₄ sia del 98%. I gas entrano nel reattore già preriscaldati alla temperatura di reazione.

Calcolare, nell'ipotesi che si raggiunga l'equilibrio termodinamico:

1. la temperatura a cui viene condotta la reazione
2. la portata di H₂O entrante
3. la composizione, in termini di frazioni molari, dei gas uscenti
4. la quantità di calore da fornire/sottrarre affinché la reazione avvenga isotermicamente

Il candidato disegni inoltre uno schema semplificato dell'impianto e discuta dei vantaggi e degli svantaggi che si avrebbero se il processo fosse condotto a pressione inferiore o superiore alla pressione atmosferica.

Altri dati:

Valori delle costanti di equilibrio (keq) delle reazioni (a) e (b) alle varie temperature (usando atm come unità di misura per le pressioni)

	T [K]						
	833	900	1000	1075	1150	1200	1250
keq (a)	0.107	1.343	28.214	201.020	1040.000	2714.286	6041.667
keq (b)	3.477	2.340	1.348	0.990	0.769	0.699	0.661

Entalpie standard di formazione

	CH ₄	CO ₂	CO	H ₂ O
$\Delta H_{f,298K}^0$ (J/mol)	-74840	-393510	-110520	-241826

Tabelle delle entalpie (J/mol) in funzione della temperatura (K).

K	H ₂	CO	CO ₂	H ₂ O	K	CH ₄
273	0	0	0	0	273	0
291	516	525	655	603	291	630
298	718	728	912	837	298	879
300	763	786	986	905	300	950
400	3.655	3.699	4.903	4.284	400	4.740
500	6.589	6.652	9.204	7.752	500	9.100
600	9.518	9.665	13.807	11.326	600	14.054
700	12.459	12.748	18.656	15.016	700	19.585
800	15.413	15.899	23.710	18.823	800	25.652
900	18.384	19.125	28.936	22.760	900	32.204
1,000	21.388	22.413	34.308	26.823	1,000	39.204
1,100	24.426	25.760	39.802	31.011	1,100	46.567
1,200	27.509	29.154	45.404	35.312	1,200	54.308
1,300	30.626	32.593	51.090	39.722	1,300	62.383
1,400	33.789	36.070	56.860	44.237	1,400	70.709
1,500	36.994	39.576	62.676	48.848	1,500	79.244
1,750	45.275	48.459	77.445	60.751	1,600	88.031
2,000	53.680	57.488	92.466	73.136	1,800	106.064
2,250	62.341	66.567	107.738	85.855	2,000	124.725
2,500	71.211	75.772	123.176	98.867	2,200	143.804
2,750	80.290	85.018	138.699	112.089	2,500	173.050
3,000	89.453	94.265	154.347	125.520		
3,500	108.030	112.968	185.895	152.799		
4,000	127.528	131.796	217.777	180.414		

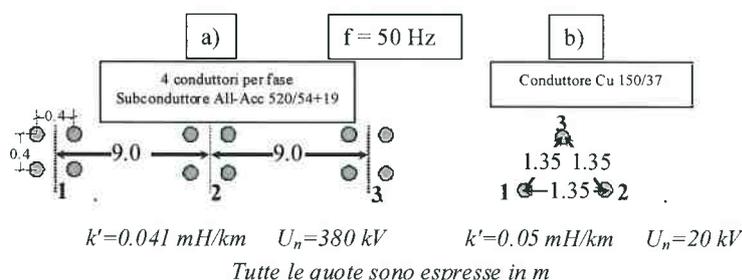


**ESAMI DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI
INGEGNERE INDUSTRIALE**

**Prima sessione 2016
Prova pratica del 22 giugno 2016**

TEMA Elettrica

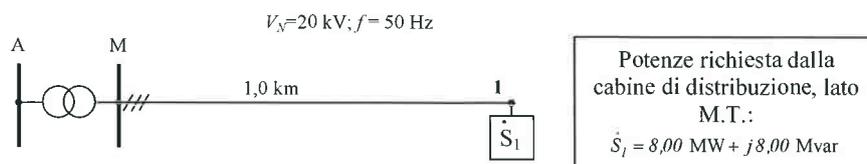
1) Con riferimento alla figura, si calcolino l'impedenza longitudinale chilometrica e l'ammettenza trasversale chilometrica delle due configurazioni a) (la linea è trasposta) e b).
Si assuma per la conduttanza trasversale valore nullo in entrambi i casi.



Si calcolino inoltre l'impedenza caratteristica, la costante di propagazione e l'impedenza totale alla sequenza zero considerando che: la linea in altissima tensione (neutro a terra) è lunga complessivamente 300 km e la resistività del terreno è 100 Ωm . Considerando la linea a costanti uniformemente distribuite alimentata alla tensione nominale, si calcoli il modulo della tensione a vuoto.

Per il caso b) si calcoli l'impedenza totale alla sequenza zero considerando che la linea è a neutro isolato, che l'altezza media sul terreno $H_m = 12 \text{ m}$ e che è lunga complessivamente 6 km. Supponendo che tutta una rete MT sia costituita da linee del tipo in figura b) e che il loro sviluppo complessivo sia 200 km quanto vale la corrente di corto circuito monofase.

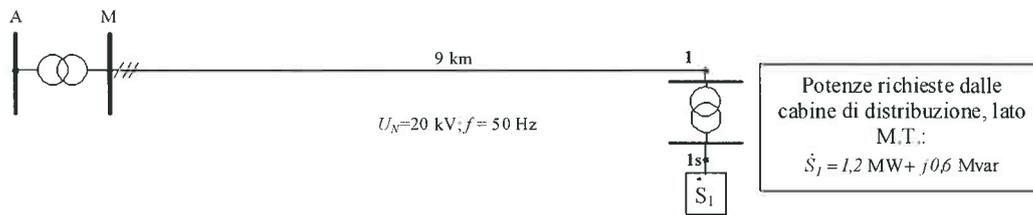
2) Con riferimento alla linea trifase di figura, esercita a tensione nominale $U_n = 20 \text{ [kV]}$, si richiede di:



- dimensionare la linea in cavo ARG7H1RX ($\rho_{20^\circ} = 0.03 \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$) sapendo che si prevede l'utilizzo di tre cavi unipolari posati a trifoglio a contatto direttamente interrati in terreno a resistività termica pari a 100 $^\circ\text{Ccm/W}$ e che la massima caduta di tensione ammissibile deve essere del 2 %;
- dopo il dimensionamento, calcolare la massima caduta di tensione percentuale;
- calcolare le perdite elettriche Joule complessive e quelle dielettriche ($\tan\delta = 5 \cdot 10^{-3}$);

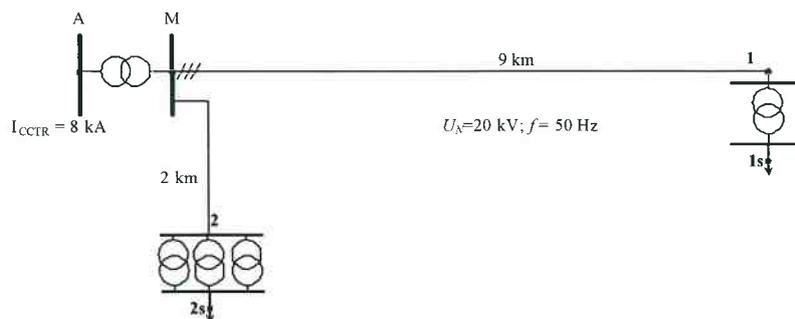
- d) supponendo che le protezioni della conduttura in cavo intervengano in $t=0,1$ s e che la corrente di corto circuito massima termicamente equivalente per tutto il tempo t sia 12,5 kA, verificare se la sezione scelta è adeguata ($\vartheta_{esercizio}=90^{\circ}\text{C}$, $\vartheta_{massima}=250^{\circ}\text{C}$);
- e) supponiamo che il cliente 1 voglia rifasare il proprio carico fino a $\cos\varphi_N=0.99$. Si calcoli la potenza del gruppo di rifasamento, si scelga il livello di tensione su cui installarlo e il collegamento.
- f) Quale sarebbe la sezione del cavo di cui al punto a) se la temperatura del terreno fosse 40°C invece che 20°C ?

3) Con riferimento alla rete trifase radiale (a neutro isolato) di figura, esercita a tensione nominale $U_N=20$ [kV], si richiede di:



- a) Dimensionare elettricamente la linea aerea M-1 della rete trifase di distribuzione, in base ai dati stabiliti in figura e considerando *conduttori a corda di lega d'alluminio* ($\rho_{20^{\circ}}=0.033 \Omega\text{mm}^2/\text{m}$) ed una caduta di tensione ammissibile del 2.0 % (si consideri come distanza inter-fase $D = 1.5$ m).
- b) Calcolare la massima caduta di tensione percentuale *prima e dopo* aver rifasato localmente il carico S_1 fino a $\cos\varphi=0.97$.
- c) Nell'ipotesi del punto b), specificare il collegamento dei banchi di rifasamento e calcolare la capacità.

4) Si supponga che tutta la linea M-1 di figura sia costituita da conduttori in lega di alluminio con induttanza chilometrica $\ell = 1.1$ [mH/km] e resistenza chilometrica (a 50°C) $r = 0.1797$ [Ω/km] e che la linea in cavo M-2 abbia $r = 0.566$ [Ω/km] (a 90°C) e reattanza chilometrica $x = 0.13$ [Ω/km]:



I trasformatori derivati nei punti 1, 2 sono del gruppo Dyn/11 e hanno le seguenti caratteristiche:

Potenza	U_1	U_2	$u_{cc} \%$	$\cos\varphi_{cc}$
1600 [kVA]	20 [kV]	400 [V]	6.0	0.22

Si supponga inoltre che la sbarra MT M sia alimentata da un trasformatore 132 kV/20 kV (**gruppo Yy6**; $P = 10 \text{ MVA}$; $u_{cc} = 13 \%$; $\cos\varphi_{cc} = 0.04$ e che la corrente di corto circuito trifase nella sbarra AT (132 kV) sia pari a $I_{CCTr} = 8 \text{ kA}$ ($\cos\varphi_{cc} = 0$).

- a) Si calcolino la corrente di guasto al secondario e il valore corrispondente al primario nel caso di cortocircuito monofase in 1s.
- b) Si calcolino la corrente di guasto al secondario e il valore corrispondente al primario nel caso di cortocircuito monofase in 2s.
- c) Si risolva il caso a) secondo le norme CEI 11-25 calcolando quindi, per un corto circuito minimo monofase, oltre alla corrente simmetrica subtransitoria, anche il valore di quella di cresta al secondario.

Domanda n. 1

a) $\underline{z} =$ $\underline{k} =$ Tensione a vuoto =	$\underline{y} =$ $\underline{Z}_c =$	b) $\underline{z} =$	$\underline{y} =$
Impedenza alla seq. Zero della linea a) $\underline{Z}_0 =$		Impedenza alla seq. Zero della linea b) $\underline{Z}_0 =$ $I_{cc\text{-monofase}} =$	

Domanda n. 2

a)	Sezione commerciale del cavo	[mm ²]	
	Grado di isolamento		
b)	Cdt percentuale	[%]	
c)	Perdite complessive Joule	kW	
	Perdite complessive dielettriche	kW	
d)	La sezione scelta idonea perché il cavo (in condizioni adiabatiche di corto circuito) sopporta kA.		
e)	Q= ; installato in ; collegata a		
f)	Sezione commerciale del cavo	[mm ²]	
	Grado di isolamento		

Domanda n. 3

	a) Max cdt	[%]	
	b) Max cdt con rif. distrib. a $\cos\varphi = 0.97$	[%]	
	c) Tipo di collegamento per S1		
	c) Capacità per banco in S1	[μF]	

Domanda n 4

Domanda n. a	Corrente di guasto a secondario	[A]		
CORTO IN 1S	Corrente di guasto a primario	[A]		
Domanda n. b	Corrente di guasto a secondario	[A]		
CORTO IN 2S	Corrente di guasto a primario	[A]		
Domanda n. c CEI 11-25	Corrente di guasto a secondario	[A]		
CORTO IN 1S	Corrente di guasto a primario	[A]		
	Corrente di cresta a secondario	[a]		

TEMA

Progettare un motore asincrono trifase a 8 poli con rotore avvolto, per servizio continuativo, di potenza nominale $P=120\text{kW}$, alimentato ad una tensione nominale $V_n = 400\text{ V}$, e frequenza 50 Hz .

E' richiesto: $T_{\max} \geq 2.5 T_{\text{nom}}$ e $T_{\text{spunto}} \geq T_{\text{nom}}$ ed un fattore di potenza nominale $\cos\phi > 0.85$.

Presentare il progetto completo di calcoli, disegni ed avvolgimento, compilando la seguente tabella riassuntiva:

Scelte progettuali		Statore			
Flusso magnetico per polo		Diametro interno			
Induzione al traferro		Lunghezza assiale			
Carico elettrico (A/m)		Altezza cava/dente			
Densità di corrente statore		Larghezza dente			
Densità di corrente rotore		Altezza corona			
		Diametro esterno			
Rotore		Avvolgimenti di statore e di rotore			
Spessore traferro		Numero di Cave		Numero di Cave	
Altezza cava/dente		N.conduttori / fase		N.conduttori / fase	
Larghezza dente		Paralleli cava		Paralleli cava	
Tipo conduttore e dimensioni		Paralleli macchina		Paralleli macchina	
Diametro albero		Tipo conduttore e dimensioni		Tipo conduttore e dimensioni	
Circuito magnetico (V_n)		Pesi e perdite		VERIFICHE	
FMM (traferro)		Rame Statore		Perdite totali	
FMM (denti)		Conduttore rotore		Rendimento	
FMM (corona)		Ferro statore		scorrimento nom.	
FMM (rotore)		Ferro rotore		cos ϕ nominale	
Corr.Magnetizz. %		Perdite Joule stat.		$T_{\max} / T_{\text{nom}}$	
		Perdite Joule rot.		$T_{\text{spunto}} / T_{\text{nom}}$	
		Perdite ferro			
		Perdite meccanic.		Reostato	



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

**ESAMI DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI
INGEGNERE INDUSTRIALE**

**Prima sessione 2016
Prova pratica del 22 giugno 2016**

TEMA Energetica

Un'azienda richiede la fornitura di 16 t/h di vapore saturo a 10 bar per 24 ore al giorno e 320 giorni l'anno. La potenza elettrica richiesta dall'azienda è pari a 2500 kW.

Per garantire questa produzione di vapore si analizzino due tipi di investimento:

- Soluzione #1: impiego di una caldaia a metano che riscalda l'olio diatermico e questo a sua volta, tramite scambiatori a recupero, produce vapore. Si stima che il costo dell'impianto relativo a questa soluzione sia pari a $C=500,000$ €. La caldaia presenta un rendimento termodinamico pari a 85%.
- Soluzione #2: utilizzo di un impianto di cogenerazione costituito ad una turbina a gas, avente le seguenti caratteristiche:
 - potenza $P_{TG} = 11250$ kW;
 - rendimento $\eta_{TG} = 31.4\%$;
 - portata dei gas: $m_g = 47.5$ kg/s
 - temperatura dei gas all'uscita dalla turbina: $T_g = 477$ °C
 - calore specifico dei gas: $c_{p,g} = 1200$ J/(kgK);
 - costo: $C_{TG} = 5,217,000$ €

I gas esausti della turbina entrano in una caldaia a recupero ad un livello di pressione ($p_{CR} = 80$ bar) e producono vapore che espande in una turbina in contropressione fino alla pressione richiesta dall'utenza. Si stima che il costo della caldaia a recupero, della turbina a vapore e dell'alternatore siano rispettivamente pari a $C_{CR} = 1,400,000$ €, $C_{TV} = 891,000$ € e $C_{Alt} = 886,000$ €

In entrambe le soluzioni, le condense ritornano alla caldaia alla pressione di 1 bar e vengono recuperato al 80%.

Si consideri un costo del metano ($H_u = 34325$ KJ/Sm³) pari a $c_{fuel} = 0.26$ €/Sm³ e un costo dell'energia elettrica pari a $c_{el} = 0.1033$ €/kWh. L'energia elettrica eventualmente venduta al Gestore dei Mercati Energetici, si consideri remunerata per un importo pari all'80% del costo di acquisto.

Per la stima economica, si consideri una vita utile dell'impianto pari a 20 anni e un tasso di interesse pari a $i=9\%$. Il costo annuo per la manutenzione dell'impianto sia stimato pari 4% del costo di investimento iniziale dell'impianto.

Vengano assunti altri dati mancanti in modo ragionevole in linea con l'attuale standard tecnologico.

Condizioni di saturazione

P	T	v_{cli}	v_{cls}	h_{cli}	h_{cls}	s_{cli}	s_{cls}
bar	°C	m^3/kg	m^3/kg	kJ/kg	kJ/kg	kJ/kgK	kJ/kgK
1.00	99.61	0.00104	1.6940	417.44	2674.95	1.3026	7.3588
1.10	102.29	0.00105	1.5496	428.77	2679.18	1.3328	7.3268
1.20	104.78	0.00105	1.4284	439.30	2683.06	1.3608	7.2976
1.30	107.11	0.00105	1.3254	449.13	2686.65	1.3867	7.2708
1.40	109.29	0.00105	1.2366	458.37	2689.99	1.4109	7.2460
1.50	111.35	0.00105	1.1594	467.08	2693.11	1.4335	7.2229
1.60	113.30	0.00105	1.0914	475.34	2696.04	1.4549	7.2014
1.80	116.91	0.00106	0.9775	490.67	2701.42	1.4944	7.1620
2.00	120.21	0.00106	0.8857	504.68	2706.24	1.5301	7.1269
2.50	127.41	0.00107	0.7187	535.35	2716.50	1.6072	7.0524
3.00	133.53	0.00107	0.6058	561.46	2724.89	1.6718	6.9916
3.50	138.86	0.00108	0.5242	584.31	2731.97	1.7275	6.9401
4.00	143.61	0.00108	0.4624	604.72	2738.06	1.7766	6.8954
4.50	147.91	0.00109	0.4139	623.22	2743.39	1.8206	6.8560
5.00	151.84	0.00109	0.3748	640.19	2748.11	1.8606	6.8206
6.00	158.83	0.00110	0.3156	670.50	2756.14	1.9311	6.7592
7.00	164.95	0.00111	0.2728	697.14	2762.75	1.9921	6.7070
8.00	170.41	0.00111	0.2403	721.02	2768.30	2.0460	6.6615
9.00	175.36	0.00112	0.2149	742.72	2773.04	2.0944	6.6212
10.00	179.89	0.00113	0.1943	762.68	2777.12	2.1384	6.5850
12.00	187.96	0.00114	0.1632	798.50	2783.77	2.2163	6.5217
14.00	195.05	0.00115	0.1408	830.13	2788.89	2.2839	6.4675
16.00	201.38	0.00116	0.1237	858.61	2792.88	2.3438	6.4200
18.00	207.12	0.00117	0.1104	884.61	2795.99	2.3978	6.3776
20.00	212.38	0.00118	0.0996	908.62	2798.38	2.4470	6.3392
22.00	217.26	0.00119	0.0907	930.98	2800.20	2.4924	6.3040
24.00	221.80	0.00119	0.0832	951.95	2801.54	2.5344	6.2714
26.00	226.05	0.00120	0.0769	971.74	2802.45	2.5738	6.2411
28.00	230.06	0.00121	0.0714	990.50	2803.02	2.6107	6.2126
30.00	233.86	0.00122	0.0667	1008.37	2803.26	2.6456	6.1858
35.00	242.56	0.00123	0.0571	1049.78	2802.74	2.7254	6.1245
40.00	250.36	0.00125	0.0498	1087.43	2800.90	2.7967	6.0697
45.00	257.44	0.00127	0.0441	1122.14	2798.00	2.8613	6.0198
50.00	263.94	0.00129	0.0394	1154.50	2794.23	2.9207	5.9737
55.00	269.97	0.00130	0.0356	1184.92	2789.72	2.9759	5.9307
60.00	275.59	0.00132	0.0324	1213.73	2784.56	3.0274	5.8901
65.00	280.86	0.00134	0.0297	1241.17	2778.83	3.0760	5.8515
70.00	285.83	0.00135	0.0274	1267.44	2772.57	3.1220	5.8146
75.00	290.54	0.00137	0.0253	1292.70	2765.82	3.1658	5.7792
80.00	295.01	0.00138	0.0235	1317.08	2758.61	3.2077	5.7448

Condizioni di liquido e vapore

P(bar)	1.00			5.00			10.00			15.00			80.00		
T _{sat}	99.61			151.84			179.89			198.30			295.01		
T	v	h	s	v	h	s	v	h	s	v	h	s	v	h	s
°C	m ³ /kg	kJ/kg	kJ/kgK												
CLJ	0.00104	417.44	1.3026	0.00109	640.19	1.8606	0.00113	762.68	2.1384	0.00115	844.72	2.3147	0.00138	1317.08	3.2077
CLS	1.69402	2674.95	7.3586	0.37480	2748.11	6.8206	0.19435	2777.12	6.5850	0.13170	2791.01	6.4431	0.02353	2758.61	5.7448
0.01	0.00100	0.10	0.0000	0.00100	0.51	0.0000	0.00100	1.02	0.0001	0.00100	1.53	0.0001	0.00100	8.10	0.0004
10	0.00100	42.12	0.1511	0.00100	42.51	0.1510	0.00100	42.99	0.1510	0.00100	43.48	0.1510	0.00100	49.79	0.1503
20	0.00100	84.01	0.2965	0.00100	84.39	0.2964	0.00100	84.86	0.2963	0.00100	85.33	0.2962	0.00100	91.42	0.2948
30	0.00100	125.83	0.4368	0.00100	126.20	0.4366	0.00100	126.65	0.4365	0.00100	127.11	0.4363	0.00100	133.02	0.4343
40	0.00101	167.62	0.5724	0.00101	167.98	0.5722	0.00101	168.42	0.5720	0.00101	168.86	0.5719	0.00100	174.61	0.5693
50	0.00101	209.41	0.7036	0.00101	209.76	0.7036	0.00101	210.19	0.7033	0.00101	210.62	0.7031	0.00101	216.22	0.7001
60	0.00102	251.22	0.8312	0.00102	251.56	0.8310	0.00102	251.98	0.8307	0.00102	252.40	0.8304	0.00101	257.85	0.8270
70	0.00102	293.07	0.9550	0.00102	293.40	0.9547	0.00102	293.81	0.9544	0.00102	294.22	0.9541	0.00102	299.53	0.9503
80	0.00103	334.99	1.0754	0.00103	335.31	1.0751	0.00103	335.71	1.0748	0.00103	336.10	1.0744	0.00103	341.26	1.0702
90	0.00104	376.95	1.1925	0.00104	377.30	1.1923	0.00104	377.69	1.1920	0.00104	378.07	1.1916	0.00103	383.11	1.1870
100	1.69596	2675.77	7.3610	0.00104	419.40	1.3057	0.00104	419.77	1.3053	0.00104	420.15	1.3059	0.00104	425.04	1.3009
110	1.74482	2696.32	7.4154	0.00105	461.62	1.4184	0.00105	461.99	1.4179	0.00105	462.35	1.4175	0.00105	467.09	1.4121
120	1.79324	2716.61	7.4676	0.00106	504.00	1.5275	0.00106	504.35	1.5271	0.00106	504.70	1.5266	0.00106	509.28	1.5208
130	1.84132	2736.72	7.5181	0.00107	546.54	1.6344	0.00107	546.88	1.6339	0.00107	547.22	1.6334	0.00107	551.64	1.6272
140	1.88913	2756.70	7.5671	0.00108	589.29	1.7391	0.00108	589.61	1.7386	0.00108	589.94	1.7381	0.00108	594.18	1.7314
150	1.93673	2776.59	7.6147	0.00109	632.27	1.8419	0.00109	632.57	1.8414	0.00109	632.88	1.8408	0.00109	636.93	1.8337
160	1.98414	2796.42	7.6610	0.00110	676.36	1.9423	0.00110	676.65	1.9417	0.00110	676.99	1.9411	0.00110	679.92	1.9341
170	2.03140	2816.21	7.7062	0.00111	720.45	2.0411	0.00111	720.73	2.0405	0.00111	721.07	2.0400	0.00111	723.19	2.0328
180	2.07853	2835.97	7.7503	0.00112	764.54	2.1384	0.00112	764.82	2.1378	0.00112	765.16	2.1373	0.00112	767.27	2.1301
190	2.12556	2855.72	7.7934	0.00113	808.63	2.2352	0.00113	808.91	2.2346	0.00113	809.25	2.2341	0.00113	811.37	2.2260
200	2.17249	2875.46	7.8356	0.00114	852.72	2.3311	0.00114	853.00	2.3305	0.00114	853.34	2.3300	0.00114	855.46	2.3207
210	2.21935	2895.24	7.8769	0.00115	896.81	2.4261	0.00115	897.09	2.4255	0.00115	897.43	2.4250	0.00115	899.55	2.4145
220	2.26614	2915.02	7.9174	0.00116	940.90	2.5211	0.00116	941.18	2.5205	0.00116	941.52	2.5200	0.00116	943.64	2.5074
230	2.31287	2934.83	7.9572	0.00117	985.00	2.6161	0.00117	985.28	2.6155	0.00117	985.62	2.6150	0.00117	987.74	2.5998
240	2.35955	2954.60	7.9962	0.00118	1029.10	2.7111	0.00118	1029.37	2.7105	0.00118	1029.71	2.7100	0.00118	1031.83	2.6918
250	2.40619	2974.54	8.0346	0.00119	1073.20	2.8061	0.00119	1073.47	2.8055	0.00119	1073.81	2.8050	0.00119	1075.93	2.7837
260	2.45279	2994.45	8.0723	0.00120	1117.30	2.9011	0.00120	1117.57	2.9005	0.00120	1117.91	2.9000	0.00120	1119.93	2.8759
270	2.49935	3014.40	8.1094	0.00121	1161.40	2.9961	0.00121	1161.67	2.9955	0.00121	1162.01	2.9950	0.00121	1164.05	2.9687
280	2.54588	3034.40	8.1458	0.00122	1205.50	3.0911	0.00122	1205.77	3.0905	0.00122	1206.11	3.0900	0.00122	1208.17	3.0627
290	2.59239	3054.45	8.1818	0.00123	1249.60	3.1861	0.00123	1249.87	3.1855	0.00123	1250.21	3.1850	0.00123	1252.23	3.1566
300	2.63887	3074.54	8.2171	0.00124	1293.70	3.2811	0.00124	1293.97	3.2805	0.00124	1294.31	3.2800	0.00124	1296.25	3.1505
310	2.68533	3094.69	8.2520	0.00125	1337.80	3.3761	0.00125	1338.07	3.3755	0.00125	1338.41	3.3750	0.00125	1340.19	3.1444
320	2.73176	3114.89	8.2863	0.00126	1381.90	3.4711	0.00126	1382.17	3.4705	0.00126	1382.51	3.4700	0.00126	1384.13	3.1383
330	2.77816	3135.14	8.3202	0.00127	1426.00	3.5661	0.00127	1426.27	3.5655	0.00127	1426.61	3.5650	0.00127	1428.07	3.1322
340	2.82458	3155.45	8.3536	0.00128	1470.10	3.6611	0.00128	1470.37	3.6605	0.00128	1470.71	3.6600	0.00128	1472.01	3.1261
350	2.87097	3175.82	8.3865	0.00129	1514.20	3.7561	0.00129	1514.47	3.7555	0.00129	1514.81	3.7550	0.00129	1516.05	3.1200
360	2.91735	3196.24	8.4190	0.00130	1558.30	3.8511	0.00130	1558.57	3.8505	0.00130	1558.91	3.8500	0.00130	1560.09	3.1139
370	2.96371	3216.73	8.4511	0.00131	1602.40	3.9461	0.00131	1602.67	3.9455	0.00131	1603.01	3.9450	0.00131	1604.13	3.1078
380	3.01006	3237.27	8.4828	0.00132	1646.50	4.0411	0.00132	1646.77	4.0405	0.00132	1647.11	4.0400	0.00132	1648.15	3.1017
390	3.05639	3257.87	8.5141	0.00133	1690.60	4.1361	0.00133	1690.87	4.1355	0.00133	1691.21	4.1350	0.00133	1692.19	3.0956
400	3.10272	3278.54	8.5451	0.00134	1734.70	4.2311	0.00134	1734.97	4.2305	0.00134	1735.31	4.2300	0.00134	1736.17	3.0895
410	3.14904	3299.27	8.5756	0.00135	1778.80	4.3261	0.00135	1779.07	4.3255	0.00135	1779.41	4.3250	0.00135	1780.11	3.0834
420	3.19535	3320.06	8.6059	0.00136	1822.90	4.4211	0.00136	1823.17	4.4205	0.00136	1823.51	4.4200	0.00136	1824.15	3.0773
430	3.24165	3340.91	8.6357	0.00137	1867.00	4.5161	0.00137	1867.27	4.5155	0.00137	1867.61	4.5150	0.00137	1868.09	3.0712
440	3.28795	3361.83	8.6653	0.00138	1911.10	4.6111	0.00138	1911.37	4.6105	0.00138	1911.71	4.6100	0.00138	1912.19	3.0651
450	3.33424	3382.81	8.6945	0.00139	1955.20	4.7061	0.00139	1955.47	4.7055	0.00139	1955.81	4.7050	0.00139	1956.17	3.0590
460	3.38052	3403.86	8.7234	0.00140	2000.00	4.8011	0.00140	2000.27	4.8005	0.00140	2000.61	4.8000	0.00140	2000.97	3.0529
470	3.42679	3424.97	8.7520	0.00141	2044.10	4.8961	0.00141	2044.37	4.8955	0.00141	2044.71	4.8950	0.00141	2045.07	3.0468
480	3.47306	3446.15	8.7803	0.00142	2088.20	4.9911	0.00142	2088.47	4.9905	0.00142	2088.81	4.9900	0.00142	2089.17	3.0407
490	3.51932	3467.40	8.8083	0.00143	2132.30	5.0861	0.00143	2132.57	5.0855	0.00143	2132.91	5.0850	0.00143	2133.27	3.0346
500	3.56558	3488.71	8.8361	0.00144	2176.40	5.1811	0.00144	2176.67	5.1805	0.00144	2177.01	5.1800	0.00144	2177.37	3.0285
510	3.61184	3510.09	8.8635	0.00145	2220.50	5.2761	0.00145	2220.77	5.2755	0.00145	2221.11	5.2750	0.00145	2221.47	3.0224
520	3.65809	3531.53	8.8907	0.00146	2264.60	5.3711	0.00146	2264.87	5.3705	0.00146	2265.21	5.3700	0.00146	2265.57	3.0163
530	3.70433	3553.05	8.9177	0.00147	2308.70	5.4661	0.00147	2308.97	5.4655	0.00147	2309.31	5.4650	0.00147	2309.67	3.0102
540	3.75057	3574.63	8.9444	0.00148	2352.80	5.5611	0.00148	2353.07	5.5605	0.00148	2353.41	5.5600	0.00148	2353.77	3.0041
550	3.79681	3596.28	8.9709	0.00149	2396.90	5.6561	0.00149	2397.17	5.6555	0.00149	2397.51	5.6550	0.00149	2397.87	3.0000
560	3.84304	3618.00	8.9971	0.00150	2441.00	5.7511	0.00150	2441.27	5.7505	0.00150	2441.61	5.7500	0.00150	2441.97	2.9939
570	3.88928	3639.79	9.0231	0.00151	2485.10	5.8461	0.00151	2485.37	5.8455	0.00151	2485.71	5.8450	0.00151	2486.07	2.9878
580	3.93550	3661.65	9.0489	0.00152	2529.20	5.9411	0.00152	2529.47	5.9405	0.00152	2529.81	5.9400	0.00152	2530.17	2.9817
590	3.98173	3683.58	9.0744	0.00153	2573.30	6.0361	0.00153	2573.57	6.0355	0.00153	2573.91	6.0350	0.00153	2574.27	2.9756
600	4.02795	3705.57	9.0998	0.00154	2617.40	6.1311	0.00154	2617.67	6.1305	0.00154	2618.01	6.1300	0.00154	2618.37	2.9695



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

**ESAMI DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI
INGEGNERE INDUSTRIALE**

**Prima sessione 2016
Prova pratica del 22 giugno 2016**

TEMA Gestionale

Prima parte

L'azienda X produce due macchine utensili: A e B. Dopo aver ipotizzato e rappresentato la distinta scalare per ciascuna macchina utensile e il diagramma di flusso logistico, pianificare gli ordini di produzione e acquisto mediante la tecnica del Material Requirements Planning (MRP). A tal fine, ipotizzare i fabbisogni lordi dei due prodotti finiti e i dati di lavoro (lead time, scorte iniziali e politiche di riordino per ciascun codice in distinta base). Dopo aver ipotizzato il ciclo di lavoro e l'operation setback chart delle macchine A e B, calcolare tramite la tecnica del Capacity Requirements Planning (CRP), i piani di capacità.

Infine, ipotizzare e rappresentare il supply network dell'azienda X (azienda focale del supply network).

Seconda parte

Si considerino i seguenti dati di Giacienza di magazzino (2 anni).

Anno 2014

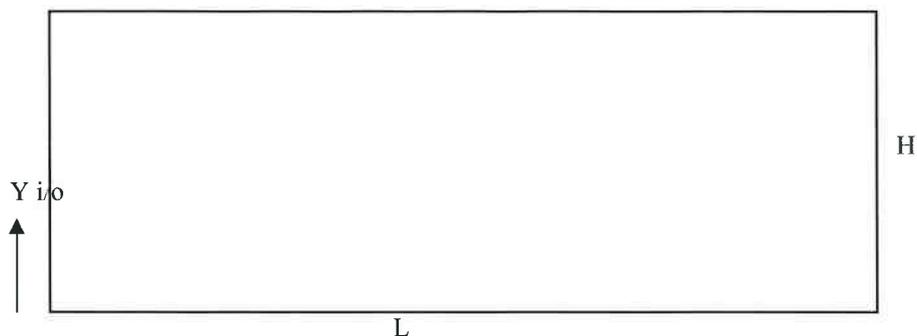
Mese	G UDC	Mese	G UDC
Gen	100	Lug	100
Feb	90	Ago	90
Mar	80	Set	120
Apr	90	Ott	90
Mag	110	Nov	80
Giu	110	Dec	90

Anno 2015

Mese	G UDC	Mese	G UDC
Gen	100	Lug	100
Feb	100	Ago	100
Mar	90	Set	120
Apr	90	Ott	110
Mag	120	Nov	90
Giu	110	Dec	90

Determinare la G di progetto con un rischio max di sottodimensionamento del 10%, costruendo la curva di rischio di sottodimensionamento.

Tale magazzino viene automatizzato con le seguenti caratteristiche



$L=100\text{m}$; $H=20\text{m}$; $Y_{i/o}= 5\text{m}$

Se l'impianto lavora

$H=220$ giorni/anno X 8 ore/gg determinare la potenzialità di movimentazione di 1 traslo utilizzando le norme FEM a ciclo semplice. Se si devono movimentare 150 UDC/ora (150 in 150 out) quanti traslo servono?

Considerare i seguenti dati dinamici ed assumere eventuali dati mancanti: $V_x=4$ m/s, $a_x=2$ m/s²; $V_z=2$ m/s, $a_z=0,75$ m/s², T forche 5 sec.



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

**ESAMI DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE
DI INGEGNERE INDUSTRIALE**

**Prima sessione 2016
Prova scritta/pratica del 22 giugno 2016**

TEMA innovazione del prodotto

- 1) Si consideri un sistema di assemblaggio manuale di tipo Mixed Model a cadenza non imposta nel quale si assemblano 9 diversi modelli di prodotto finito (a-b-c-d-e-f-g-h-i). Il mix di vendita richiesto, i tempi dei task e i vincoli di precedenza tecnologica sono riportati nella tabella. L'azienda lavora su un solo turno giornaliero di 8 ore. Il diagramma combinato delle precedenze tecnologiche è rappresentato dall'ultima colonna della tabella dove sono identificati gli archi uscenti dal nodo (task) considerato (assumere eventuali dati mancanti).

task	tempi (min/pz)										successori immediati
	a	b	c	d	e	f	g	h	i		
1	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2, 3, 4, 5
2	0,0	0,0	5,5	0,0	5,4	5,5	0,0	5,6	5,7		9, 7, 11
3	8,0	8,5	8,4	8,7	8,7	8,7	8,7	8,3	8,7		13
4	0,0	0,0	3,5	0,0	3,5	3,5	0,0	3,5	3,5		13
5	3,4	3,4	0,0	3,4	0,0	0,0	3,4	0,0	0,0		6, 8
6	5,7	5,7	0,0	5,7	0,0	0,0	5,7	0,0	0,0		13, 10
7	0,0	0,0	10,6	0,0	10,4	10,7	0,0	10,9	10,0		12
8	10,6	10,6	0,0	10,6	0,0	0,0	10,6	0,0	0,0		10, 14
9	0,0	0,0	2,5	0,0	2,0	2,5	0,0	2,5	2,5		15
10	8,4	10,5	0,0	8,4	0,0	0,0	10,5	0,0	0,0		15
11	0,0	0,0	4,6	0,0	4,6	4,6	0,0	4,6	4,6		12
12	0,0	0,0	13,4	0,0	13,0	13,6	0,0	13,4	13,4		13
13	2,1	2,3	2,2	2,2	2,2	0,0	1,8	2,2	2,2		15
14	8,5	9,0	0,0	8,6	0,0	0,0	8,6	0,0	0,0		15
15	8,8	9,1	9,2	9,0	9,0	9,2	9,0	9,2	9,2		-
Mix di vendita (pz/turno)	2	12	2	4	2	1	2	12	1		

Si chiede di:

- 1) Graficare il diagramma combinato delle precedenze tecnologiche.
- 2) Definire il Tempo Ciclo medio della Linea come pz/h rispetto alle richieste su turno per ciascun prodotto, impostando Takt Time=Cycle Time.
- 3) Identificare un Virtual Average Model (attività e tempi medi) e impostare (non risolvere) il bilanciamento completo utilizzando l'algoritmo di Petterson (funzione obiettivo, vincoli)
- 4) Si calcoli il lotto economico di acquisto del componente "V100" utilizzato in quantità unitaria durante lo svolgimento del task 15. Calcolare il numero di componenti necessari su turno (da tabella). Il componente è acquistato al prezzo unitario di 5,5 € e l'indice dei costi di giacenza dell'azienda è stimato pari al 25%. Il costo di emissione di un ordine di acquisto è pari a 50 €. L'azienda lavora per 230 giorni (=turni) all'anno.

2) Per una determinata famiglia di prodotti nella tabella seguente è riportata la domanda prevista e la capacità produttiva disponibile su un orizzonte temporale di 8 settimane.

Tutte le quantità sono espresse in tonnellate di prodotto finito.

Il costo di Setup di un lotto per ogni settimana di produzione è pari a 10,000 €.

Il costo di giacenza settimanale di una tonnellata di prodotto finito è pari a 100 €. (assumere eventuali dati mancanti).

Settimane	1	2	3	4	5	6	7	8
Domanda	120	150	80	100	120	100	80	80
Capacità disponibile	250	250	200	200	200	200	200	200

Si chiede di:

- 1) Determinare attraverso l'algoritmo di Wagner-Within l'MPS ottimo.
- 2) Calcolare il costo totale della soluzione proposta



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

**ESAMI DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI
INGEGNERE INDUSTRIALE**

**Prima sessione 2016
Prova pratica del 22 giugno 2016**

TEMA Materiali

Prima parte

Fibre di carburo di silicio (SiC), testate a trazione in aria (in condizioni di carico applicato ad alta velocità), danno i seguenti dati di resistenza:

[dati in GPa]	4.87	4.91	4.97	5.05	5.13	5.18	5.24	5.34	5.41
	5.45	5.52	5.66	5.72	5.82	5.93	6.01	6.12	6.21

Le fibre sono lunghe 100 mm e hanno un diametro di 10 μm .

- nell'ipotesi di una distribuzione di Weibull a due parametri, determinare la resistenza caratteristica σ_0 e il modulo di Weibull, m (risolvere analiticamente e/o graficamente, utilizzando e discutendo, eventualmente, alcune approssimazioni);
- si stimi il massimo sforzo di trazione corrispondente ad una probabilità di rottura non superiore a 0.0001;
- nell'ipotesi di difetti distribuiti volumetricamente, stimare la resistenza caratteristica per fibre di diametro dimezzato;
- se 1000 fibre di SiC (con diametro pari 10 μm) sono impiegate come rinforzo unidirezionale - per una frazione volumetrica del 20% - in un composito a matrice vetroceramica LAS Corning 9608 ($E=86$ GPa), sollecitato in senso parallelo alle fibre, si stimi lo sforzo assegnato alle stesse per romperne almeno una; nell'ipotesi di ottima aderenza tra matrice e fibre (caratterizzate da un modulo elastico $E=200$ GPa) si valuti, in tale condizione, l'integrità della matrice, per cui la deformazione unitaria massima non può superare il valore di 0.09%; valutare lo sforzo agente sul composito corrispondente alla massima deformazione della matrice;
- le fibre manifestano una dipendenza della resistenza dal tempo: si ricordi la correlazione tra il tempo per la rottura in condizioni di sforzo costante e il tempo per la rottura in condizioni di sforzo crescente, linearmente dipendente dal tempo (con sforzo massimo raggiunto solo all'ultimo istante). Calcolare l'esponente di sensibilità della resistenza rispetto al tempo, se lo sforzo medio di rottura passa da 4.83 GPa, per una velocità di carico di 100 MPa/s, a 4.46 GPa, per una velocità di 10 MPa/s;
- stimare lo sforzo medio per una velocità di carico di 1 MPa/s.

Seconda parte

Campioni di zirconia policristallina, testati a trazione, danno luogo ai seguenti dati di resistenza:

[dati in MPa]	249	296	333	342	363	371	375
	382	390	398	402	426	442	466

- a) nell'ipotesi di una distribuzione di Weibull a due parametri, determinare la resistenza caratteristica σ_0 e il modulo di Weibull, m (risolvere analiticamente e/o graficamente, utilizzando e discutendo, eventualmente, alcune approssimazioni);
- b) dai dati di resistenza, stimare lo sforzo corrispondente ad una probabilità di rottura non superiore a 1%; ripetere il calcolo per campioni di volume raddoppiato (nell'ipotesi di difetti distribuiti volumetricamente) e per provini dello stesso volume ma sottoposti a flessione a 3 punti; commentare la variazione della resistenza in base alla configurazione meccanica;
- c) nell'ipotesi dati di resistenza raccolti attraverso prove con velocità di carico pari a 100 MPa/s, calcolare la resistenza caratteristica per una velocità di carico pari a 10 MPa/s, considerando un esponente di sensibilità della resistenza al tempo n pari a 30; commentare il valore dell'esponente n , riportando almeno un caso di materiale più sensibile;
- d) stimare il tempo massimo di esercizio per un campione sottoposto ad uno sforzo di trazione costante di 160 MPa.



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

**ESAMI DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI
INGEGNERE INDUSTRIALE**

**Prima sessione 2016
Prova pratica del 22 giugno 2016**

TEMA Meccanica

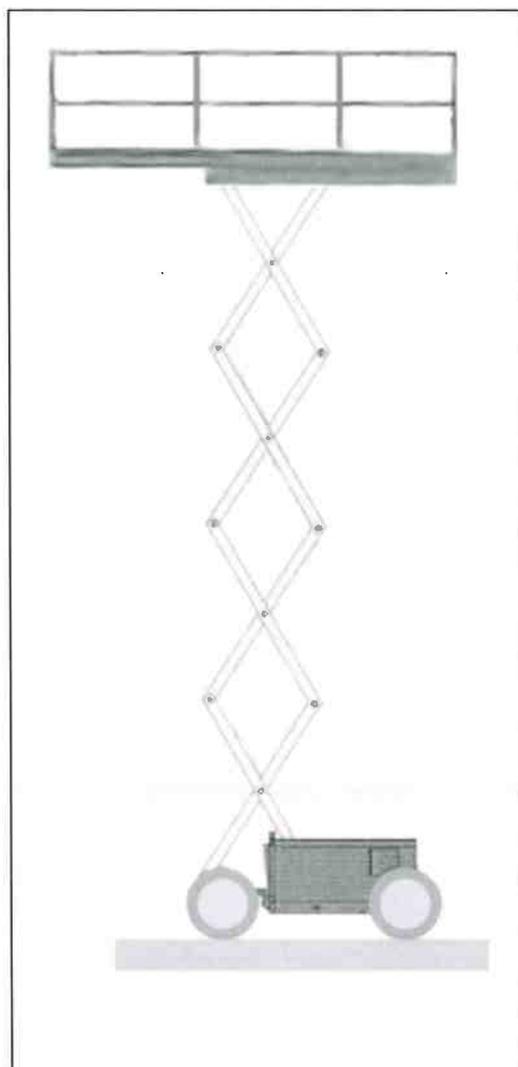
Il candidato rediga il progetto del meccanismo a pantografo per una piattaforma aerea utilizzata per innalzare carichi e persone ad altezze elevate.

Il meccanismo deve garantire lo spostamento massimo di 10 m della piattaforma aerea, partendo dall'altezza minima assunta a riposo sulla unità semovente. Lo spostamento massimo deve avvenire in un tempo compreso tra 60 e 90 s. La massa caricabile sulla piattaforma sia di 500 kg (esclusa la massa propria della piattaforma).

Il progetto deve essere sviluppato secondo i seguenti punti:

1. schema cinematico del meccanismo base a pantografo e suo dimensionamento geometrico;
2. individuazione del numero e della posizione degli attuatori oleodinamici necessari per la movimentazione della piattaforma, e loro inserimento nello schema cinematico base;
3. analisi cinematica di posizione del meccanismo completo di attuatori;
4. determinazione delle forze che devono esercitare gli attuatori per spostare la piattaforma aerea con il carico;
5. determinazione della pressione e portata del sistema di alimentazione dell'olio per gli attuatori oleodinamici;
6. dimensionamento dettagliato strutturale di un attuatore.

Il candidato ha facoltà di scegliere liberamente, ma adeguatamente giustificandoli, tutti i dati di progetto non assegnati in precedenza.





UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

**ESAMI DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI
INGEGNERE INDUSTRIALE**

**Prima sessione 2016
Prova pratica del 22 giugno 2016**

TEMA: Meccatronica

In un impianto industriale, un motore a corrente continua ad eccitazione indipendente, fatto funzionare a flusso induttore costante, trascina un carico meccanico di natura essenzialmente inerziale. La tensione nominale del motore è di 680 V; alla velocità nominale di 1200 giri al minuto esso sviluppa la coppia nominale di 2700 Nm, assorbendo la corrente nominale di 540 A. La coppia di attrito del motore sia trascurabile e l'accoppiamento motore-carico sia rigido.

- A) *Si stimino la forza controelettrica alla velocità nominale e la resistenza d'armatura R_a e si tracci la caratteristica meccanica (coppia T - velocità Ω) del motore, indicando su di essa il punto di lavoro nominale.*

L'induttanza di armatura sia $L_a=14.4$ mH e il momento d'inerzia complessivo di motore e carico sia $J = 390$ kgm². Si costruisca uno schema a blocchi di un azionamento con un anello di controllo per la corrente di armatura ed un anello per la velocità e quindi

- B) *Si tracci lo schema a blocchi del motore e carico e si determinino i parametri del regolatore PI per il controllo a catena chiusa della corrente di armatura, in modo che sia assicurato un margine di almeno 70° e svolgendo le opportune considerazioni progettuali circa la banda passante.*

Nel progetto dell'anello di corrente si assuma che la dinamica del convertitore di tensione che alimenta l'armatura sia modellabile con un blocco di ritardo del primo ordine, con costante di tempo $\tau_c=10$ ms, mentre si trascurino i ritardi presentati dal trasduttore di corrente.

Quindi

- C) *Si imposti il progetto dell'anello di controllo della velocità, discutendo la scelta del regolatore più opportuno, nel soddisfare il necessario vincolo di stabilità. Si assuma un margine di fase minimo di 40°.*

Anche il sensore di velocità sia assunto privo di ritardi di trasduzione. Infine:

- D) *Si prenda in esame la sostituzione nell'impianto del motore in continua con un motore sincrono a magneti permanenti isotropo. Si disegni lo schema a blocchi dettagliato del nuovo azionamento, discutendo in particolare la strategia di controllo della coppia e l'eventuale modifica ai sensori di retroazione.*

Si assumano, durante l'elaborazione, i necessari dati integrativi compatibili alle ipotesi progettuali che si intendono seguire.