



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI BRESCIA
Facoltà di Ingegneria

ESAME DI STATO DI ABILITAZIONE ALL'ESERCIZIO DELLA PROFESSIONE DI INGEGNERE
(Lauree Specialistiche D.M. 509/99 - Lauree Magistrali D.M. 270/04)

SEZIONE A - Prima sessione 2011

PRIMA PROVA SCRITTA DEL 15 giugno 2011

SETTORE INDUSTRIALE

Tema 1

Il candidato descriva i principali impianti energetici per la produzione di energia elettrica a partite da combustibile fossile mettendone in luce le caratteristiche principali dal punto di vista impiantistico e termodinamico.

Tema 2

Il candidato, dopo aver descritto le caratteristiche fenomenologiche e microstrutturali del meccanismo di cedimento per fatica, spieghi quali sono le valutazioni che vanno affrontate dal punto di vista della scelta dell'acciaio, dei trattamenti termici e superficiali prima della messa in opera di componenti che andranno soggetti a fatica.

Tema 3

Il candidato consideri il problema progettuale di scelta della tecnologia di azionamento più idonea per le movimentazioni presenti in una macchina automatica.

Si chiede di illustrare i criteri che portano alla scelta di una specifica tecnologia.

Soffermandosi sugli azionamenti elettromeccanici, si chiede di confrontare a livello funzionale le differenti soluzioni che la tecnica al momento attuale offre.

Tema 4

Con riferimento alla produzione industriale, il candidato esponga una panoramica dei principi, delle metodologie e delle tecniche utilizzati nella gestione della qualità.

Tema 5

Nella definizione della propria strategia corporate, un'impresa single-business si trova di fronte ad un ventaglio di opzioni strategiche.

Si chiede al candidato di illustrare tali opzioni, discutendo come l'impresa possa orientare le proprie scelte tra strategie di sviluppo, di stabilità e di contrazione a partire dall'analisi dell'attrattività del settore in cui essa opera e della propria posizione competitiva nel settore. Si chiede inoltre al candidato di approfondire l'analisi delle strategie di sviluppo, discutendo logiche, vantaggi e svantaggi delle diverse opzioni strategiche.

Si chiede al candidato di esemplificare le diverse opzioni strategiche man mano illustrate facendo riferimento ad un'ipotetica impresa produttrice di lavabiancheria e frigoriferi.



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI BRESCIA
Facoltà di Ingegneria

ESAME DI STATO DI ABILITAZIONE ALL'ESERCIZIO DELLA PROFESSIONE DI INGEGNERE
(Lauree Specialistiche D.M. 509/99 - Lauree Magistrali D.M. 270/04)

SEZIONE A - Prima sessione 2011

SECONDA PROVA SCRITTA DEL 23 giugno 2011

SETTORE INDUSTRIALE
(classi di laurea appartenenti al settore: 29/S - Ingegneria dell'automazione)

Tema n. 1

Il candidato illustri come si effettua la verifica dello slittamento della cinghia sulla puleggia nelle trasmissioni a cinghia ed affronti l'esempio applicativo di seguito riportato.

Una trasmissione a cinghia viene impiegata per trasmettere il moto da un motore ad un utilizzatore.

Il motore è montato su di una mensola incernierata in un punto C, in modo che il peso complessivo del motore e della mensola mantenga tesa la cinghia.

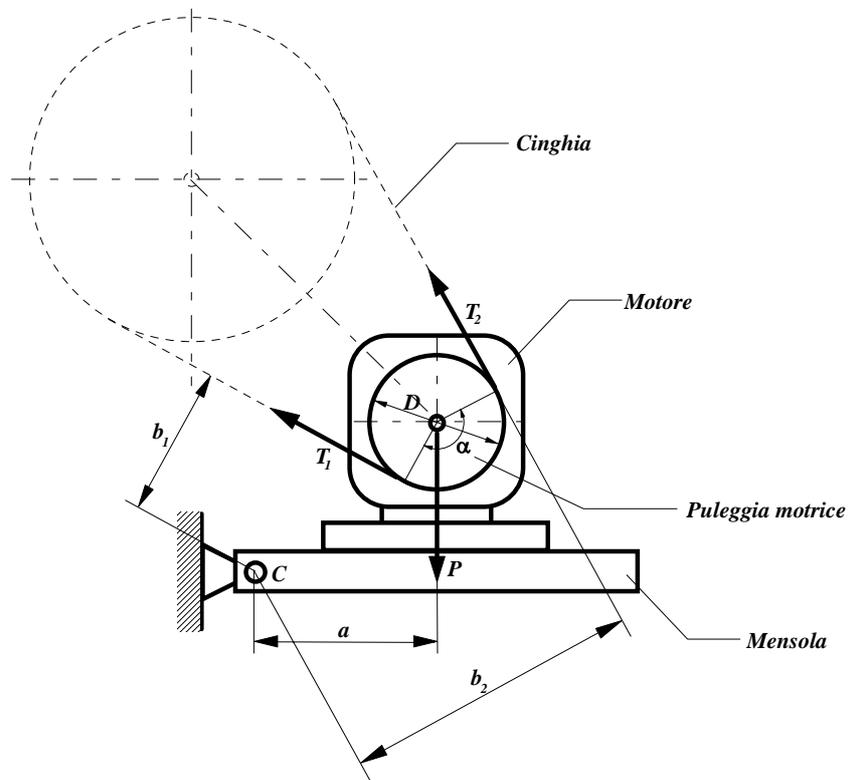
Supponendo che il sistema stia funzionando in condizioni di regime si chiede di:

1 - calcolare per ciascuno dei due versi di rotazione del motore la coppia massima effettivamente trasmissibile e stabilire per quale verso di rotazione il motore può fornire la coppia maggiore senza che la cinghia slitti.

2 - verificare se è possibile trasmettere la potenza di 4.4 kW supponendo che la velocità tangenziale della cinghia sia pari a 18 m/s (eseguire la verifica per entrambi i versi di rotazione).

Dati

- Peso del gruppo motore-mensola-puleggia $P = 450 \text{ N}$
- Coefficiente d'attrito equivalente fra cinghia e puleggia $f^* = 0.6$
- Angolo di avvolgimento della puleggia motrice $\alpha = 165^\circ$
- Diametro della puleggia motrice $D = 260 \text{ mm}$
- Braccio del peso rispetto al punto C $a = 295 \text{ mm}$
- Distanza del ramo inferiore della cinghia dal punto C $b_1 = 280 \text{ mm}$
- Distanza del ramo superiore della cinghia dal punto C $b_2 = 520 \text{ mm}$



Tema n. 2

Il candidato discuta, motivandone i passi, la procedura di dimensionamento del gruppo motore/riduttore per la movimentazione di un carico che lavora a regime, con velocità regolabile all'interno di un dato intervallo, adottando un motore elettrico asincrono trifase con inverter.

Il candidato applichi la suddetta procedura al caso pratico di seguito riportato.

Un carico che deve funzionare ad una velocità N_r compresa tra 15 e 350 [giri/min] e richiede una coppia costante di 30 [Nm]. Si scelga il motore asincrono tra quelli del catalogo allegato ed il riduttore tra quelli della tabella 1 con il criterio dell'esubero di coppia.

τ	η
1/5	0.8
1/8	0.8
1/12	0.8
1/20	0.8

Tabella 1 – Dati tecnici riduttori

Il campo di funzionamento del motore con inverter è riportato in figura 1.

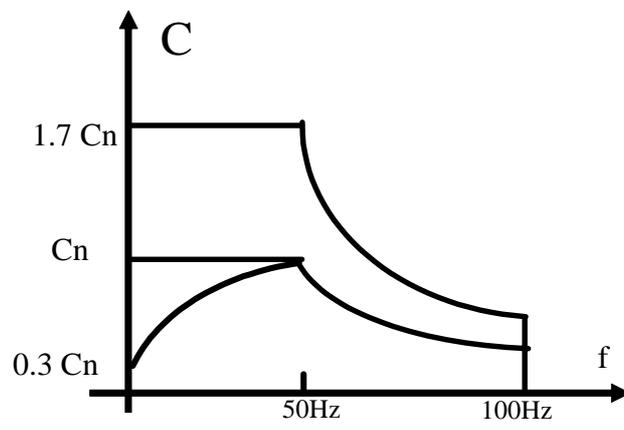


Figura 1 – Campo di funzionamento motore asincrono con inverter



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI BRESCIA
Facoltà di Ingegneria

ESAME DI STATO DI ABILITAZIONE ALL'ESERCIZIO DELLA PROFESSIONE DI INGEGNERE
(Lauree Specialistiche D.M. 509/99 - Lauree Magistrali D.M. 270/04)

SEZIONE A - Prima sessione 2011

SECONDA PROVA SCRITTA DEL 23 giugno 2011

SETTORE INDUSTRIALE

(classi di laurea appartenenti al settore: 34/S - Ingegneria gestionale)

Tema n. 1

Il candidato descriva la procedura per la valutazione del rischio per la salute e la sicurezza dei lavoratori derivante dall'esecuzione di attività che richiedono movimenti e sforzi ripetuti degli arti superiori.

In particolare:

- indichi quali sono gli ambiti lavorativi nei quali ci si può attendere la presenza del rischio in questione;
- indichi quali sono i riferimenti dal punto di vista legislativo e da quello delle norme tecniche per la valutazione del rischio;
- descriva i fattori dai quali dipende il rischio derivante dall'esecuzione di attività che richiedono movimenti e sforzi ripetuti degli arti superiori;
- faccia infine anche un cenno alle misure che è possibile mettere in campo per la riduzione di tale rischio.

Tema n. 2

Si discutano sinteticamente i criteri di progettazione per l'introduzione di un sistema di analisi dei costi in un'impresa che realizza prodotti in lotti di media dimensione.

La società R&R realizza lavastoviglie per uso domestico. Le lavorazioni sono effettuate in due reparti distinti, Fabbricazione e Assemblaggio.

Nel mese di maggio 2011 la R&R ha completato tre lotti di produzione, relativi a tre diversi modelli di lavastoviglie: il lotto 124, di 100 pezzi, e i lotti 125 e 126, di 150 pezzi ciascuno. La produzione del lotto 124 era già iniziata nel mese precedente e a fine aprile il suo valore era stato contabilizzato in 20.000 euro, mentre i lotti 125 e 126 sono stati lanciati in produzione nel corso del mese.

Alla fine del mese (maggio 2011) il reparto Fabbricazione ha registrato costi indiretti di produzione per 40.000 euro, mentre al reparto Assemblaggio sono imputati costi indiretti di produzione per 30.000 euro. Inoltre, per ciascuno dei diversi lotti sono stati annotati nel corso del mese di luglio i seguenti costi (espressi in euro):

	Fabbricazione		Assemblaggio	
	Materiali diretti	Lavoro diretto	Materiali diretti	Lavoro diretto
Lotto 124	2.000	2.000	–	–
Lotto 125	18.000	5.000	15.000	10.000
Lotto 124	2.000	2.000	10.000	2.500
Lotto 126	8.000	3.000	15.000	2.500

1. Calcolare il costo di fabbricazione unitario per ciascuno dei tre modelli di lavatrice, utilizzando dapprima un coefficiente di allocazione dei costi indiretti unico per i due reparti e quindi coefficienti di allocazione differenziati per ciascun reparto. Commentare quindi i risultati ottenuti.
2. Calcolare quale sarebbe stato l'aggravio unitario sui costi di produzione di ogni singola unità nelle due seguenti ipotesi:
 - aumento del 10% dei costi dei materiali diretti;
 - aumento del 10% del costo del lavoro diretto.



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI BRESCIA
Facoltà di Ingegneria

ESAME DI STATO DI ABILITAZIONE ALL'ESERCIZIO DELLA PROFESSIONE DI INGEGNERE
(Lauree Specialistiche D.M. 509/99 - Lauree Magistrali D.M. 270/04)

SEZIONE A - Prima sessione 2011

SECONDA PROVA SCRITTA DEL 23 giugno 2011

SETTORE INDUSTRIALE

(classi di laurea appartenenti al settore: 36/S - Ingegneria meccanica)

Tema n. 1

Il candidato illustri come si effettua la verifica dello slittamento della cinghia sulla puleggia nelle trasmissioni a cinghia ed affronti l'esempio applicativo di seguito riportato.

Una trasmissione a cinghia viene impiegata per trasmettere il moto da un motore ad un utilizzatore.

Il motore è montato su di una mensola incernierata in un punto C, in modo che il peso complessivo del motore e della mensola mantenga tesa la cinghia.

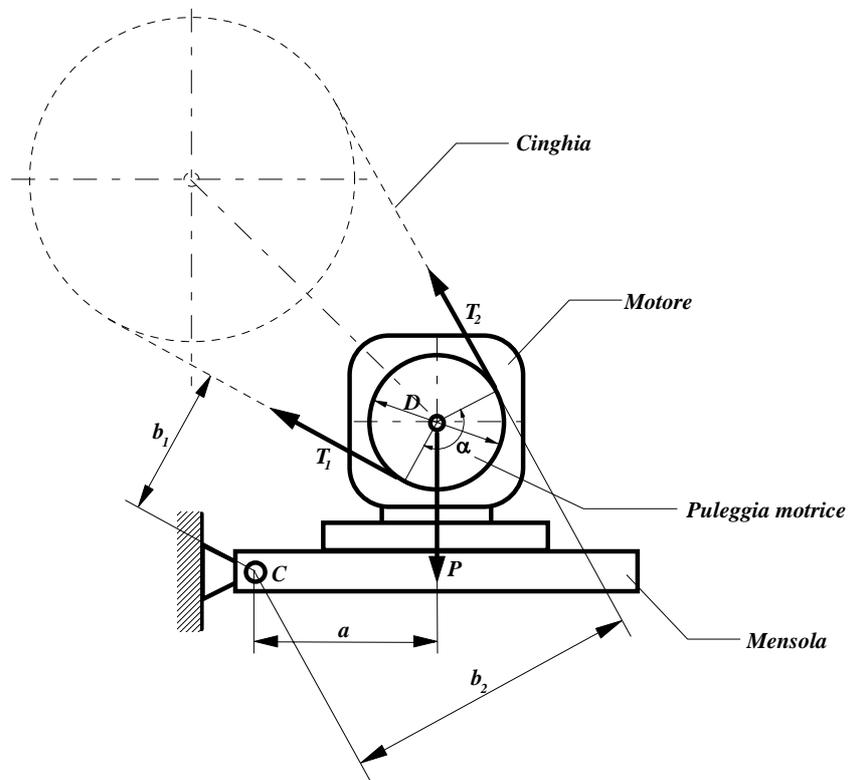
Supponendo che il sistema stia funzionando in condizioni di regime si chiede di:

1 - calcolare per ciascuno dei due versi di rotazione del motore la coppia massima effettivamente trasmissibile e stabilire per quale verso di rotazione il motore può fornire la coppia maggiore senza che la cinghia slitti.

2 - verificare se è possibile trasmettere la potenza di 4.4 kW supponendo che la velocità tangenziale della cinghia sia pari a 18 m/s (eseguire la verifica per entrambi i versi di rotazione).

Dati

- Peso del gruppo motore-mensola-puleggia $P = 450 \text{ N}$
- Coefficiente d'attrito equivalente fra cinghia e puleggia $f^* = 0.6$
- Angolo di avvolgimento della puleggia motrice $\alpha = 165^\circ$
- Diametro della puleggia motrice $D = 260 \text{ mm}$
- Braccio del peso rispetto al punto C $a = 295 \text{ mm}$
- Distanza del ramo inferiore della cinghia dal punto C $b_1 = 280 \text{ mm}$
- Distanza del ramo superiore della cinghia dal punto C $b_2 = 520 \text{ mm}$



Tema n. 2

Il candidato illustri i metodi per il dimensionamento di massima di scambiatori di calore con particolare riferimento ai metodi della differenza di temperatura media logaritmica ed al metodo dell'efficienza.

Tema n. 3

Il candidato discuta, motivandone i passi, la procedura di dimensionamento del gruppo motore/riduttore per la movimentazione di un carico che lavora a regime, con velocità regolabile all'interno di un dato intervallo, adottando un motore elettrico asincrono trifase con inverter.

Il candidato applichi la suddetta procedura al caso pratico di seguito riportato.

Un carico che deve funzionare ad una velocità N_r compresa tra 15 e 350 [giri/min] e richiede una coppia costante di 30 [Nm]. Si scelga il motore asincrono tra quelli del catalogo allegato ed il riduttore tra quelli della tabella 1 con il criterio dell'esubero di coppia.

τ	η
1/5	0.8
1/8	0.8
1/12	0.8
1/20	0.8

Tabella 1 – Dati tecnici riduttori

Il campo di funzionamento del motore con inverter è riportato in figura 1.

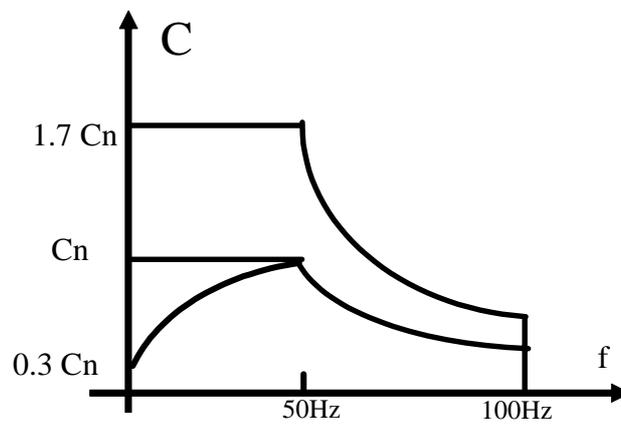


Figura 1 – Campo di funzionamento motore asincrono con inverter

Tema n. 4

Il candidato rediga una relazione di carattere generale per il progetto di massima di un impianto di captazione e trattamento dei fumi prodotti in un'acciaieria, illustrando i criteri e le metodologie utilizzate per minimizzare le emissioni di polveri e di sostanze tossiche.



Motori asincroni trifase serie T
T Series three-phase induction motors
Moteurs asynchrones triphasés série T
Drehstrom-Asynchronmotoren Serie T

2 POLI 3000 rpm - Volt 230/400/50 Hz

	TIPO TYPE	Potenza Power		rpm	In 400 Volt	Rend%	Cosφ	Ia/In	Ca/Cn	Cmax/Cn	Cn Nm	J kgm ²	Peso Weight Kg
		kw	hp										
	T50A •	0,06	0,08	2710	0,26	49,0	0,69	2,3	2,4	2,5	0,22	0,00008	2,2
	T50B •	0,09	0,12	2750	0,39	49,0	0,71	2,8	2,4	2,5	0,32	0,00010	2,4
	T56A	0,09	0,12	2730	0,40	44,4	0,75	3,0	3,1	3,9	0,32	0,00012	2,6
	T56B	0,14	0,18	2750	0,60	52,4	0,61	3,0	4,1	4,0	0,46	0,00015	3,2
	T63A	0,18	0,25	2770	0,60	58,0	0,74	3,7	3,3	3,5	0,63	0,00025	3,7
	T63B	0,25	0,35	2820	0,80	63,6	0,77	4,0	2,8	3,2	0,90	0,00030	4,3
	T63C •	0,37	0,50	2800	1,10	66,5	0,77	4,1	3,0	2,9	1,30	0,00035	5,6
	T71A	0,37	0,50	2860	1,20	64,1	0,72	4,6	3,5	5,2	1,30	0,00038	5,8
	T71B	0,55	0,75	2860	1,60	68,5	0,72	5,4	4,0	5,3	1,80	0,00046	6,2
	T71C •	0,75	1,00	2810	2,00	70,7	0,79	4,3	2,8	3,7	2,60	0,00057	7,4
	T80A	0,75	1,00	2860	2,00	71,2	0,78	4,8	2,8	3,3	2,50	0,00080	8,5
EFF2	T80B	1,10	1,50	2850	2,60	78,0	0,80	6,1	3,5	3,0	3,80	0,00097	9,8
	T80C •	1,50	2,00	2870	3,40	80,0	0,80	6,4	4,1	3,5	5,00	0,00120	10,5
	T80D •	1,80	2,50	2800	4,00	78,3	0,85	5,1	2,7	2,9	6,20	0,00130	11,5
EFF2	T90S	1,50	2,00	2880	3,40	79,8	0,82	6,2	2,9	2,7	5,10	0,00150	12,0
EFF2	T90L	2,20	3,00	2850	5,00	78,7	0,81	5,1	2,8	2,7	7,50	0,00230	13,5
	T90LB •	3,00	4,00	2880	7,10	77,8	0,79	5,9	3,2	2,8	10,00	0,00280	15,5
EFF2	T100A	3,00	4,00	2910	6,20	83,0	0,84	7,1	3,0	2,8	9,90	0,00530	18,5
	T100B •	4,00	5,50	2920	8,60	83,3	0,81	7,2	2,7	3,5	13,20	0,00850	21,0
EFF2	T112A	4,00	5,50	2930	8,70	84,0	0,81	6,7	3,1	3,5	13,20	0,00900	27,0
	T112B •	5,50	7,50	2920	12,00	79,7	0,83	5,1	3,2	2,9	18,10	0,01200	32,0
	T112BL •	7,50	10,00	2930	15,80	82,9	0,83	3,7	2,6	2,6	24,50	0,01300	34,0
EFF2	T132S	5,50	7,50	2930	11,90	84,0	0,82	5,4	3,4	3,2	18,00	0,01300	45,0
EFF2	T132SL	7,50	10,00	2920	14,60	85,5	0,88	4,7	2,4	2,5	24,50	0,02000	48,0
	T132M •	11,00	15,00	2940	21,50	87,1	0,85	4,9	2,6	2,4	36,00	0,02800	54,0
	T132ML •	15,00	20,00	2940	28,60	88,6	0,85	3,9	2,2	2,3	48,80	0,03000	58,0
EFF2	T160MA	11,00	15,00	2970	22,40	87,0	0,83	5,7	3,8	3,9	35,40	0,03200	75,0
EFF2	T160MB	15,00	20,00	2960	28,60	88,5	0,87	4,5	2,8	2,9	48,50	0,03600	88,0
EFF2	T160L	18,50	25,00	2960	35,40	89,3	0,85	4,5	2,6	2,7	60,20	0,04000	99,0
EFF2	T180M	22,00	30,00	2940	39,00	91,0	0,90	7,1	2,3	3,0	71,49	0,07500	110,0
EFF2	T200LA	30,00	40,00	2945	53,00	92,0	0,89	7,2	2,3	2,7	97,33	0,14000	130,0
EFF2	T200LB	37,00	50,00	2940	65,00	92,0	0,89	7,5	2,3	2,7	120,24	0,16000	150,0

Motori asincroni trifase serie T
T Series three-phase induction motors
Moteurs asynchrones triphasés série T
Drehstrom-Asynchronmotoren Serie T



4 POLI 1500 rpm - Volt 230/400/50 Hz

TIPO TYPE	Potenza Power		rpm	In 400 Volt	Rend%	Cosφ	Ia/In	Ca/Cn	Cmax/Cn	Cn Nm	J kgm ²	Peso Weight Kg
	kw	hp										
T50A •	0,03	0,05	1340	0,27	31,0	0,53	1,5	2,3	2,4	0,21	0,0008	2,2
T50B •	0,06	0,08	1230	0,40	35,6	0,64	1,5	1,4	1,5	0,47	0,0010	2,4
T56A	0,06	0,08	1410	0,40	42,0	0,58	2,2	3,5	3,6	0,43	0,00015	2,5
T56B	0,09	0,12	1340	0,40	47,5	0,70	2,2	2,3	2,4	0,65	0,00015	2,6
T56C	0,11	0,15	1310	0,50	48,7	0,69	2,1	2,2	2,3	0,80	0,00020	3,2
T63A	0,13	0,18	1340	0,50	51,5	0,75	2,0	1,5	1,9	0,95	0,00028	3,7
T63B	0,18	0,25	1360	0,70	54,3	0,68	2,6	2,2	2,2	1,30	0,00040	4,3
T63C •	0,22	0,30	1360	0,80	59,2	0,69	2,5	2,3	2,0	1,60	0,00040	4,3
T63D	0,37	0,50	1340	1,30	58,4	0,74	2,6	2,1	2,0	2,70	0,00050	5,3
T71A	0,25	0,35	1410	0,80	60,1	0,78	3,5	1,8	2,9	1,70	0,00050	5,8
T71B	0,37	0,50	1370	1,00	63,8	0,84	3,4	1,7	2,3	2,60	0,00080	6,2
T71C •	0,55	0,75	1400	1,50	70,0	0,78	3,6	2,0	2,4	3,80	0,00090	7,4
T80A	0,55	0,75	1430	1,60	64,3	0,76	4,3	2,1	2,7	3,70	0,00140	8,5
T80B	0,75	1,00	1430	2,00	72,0	0,75	5,0	2,7	2,7	5,10	0,00170	9,8
T80C •	0,88	1,20	1410	2,20	69,0	0,83	4,7	2,3	2,2	6,00	0,00200	10,5
T80D •	1,10	1,50	1400	2,70	72,0	0,83	4,2	2,3	2,6	7,50	0,00230	11,0
EFF2 T90S	1,10	1,50	1430	2,80	77,6	0,75	4,6	2,3	2,6	7,50	0,00330	12,0
EFF2 T90L	1,50	2,00	1430	3,70	78,6	0,77	4,8	2,1	2,9	10,20	0,00400	13,5
T90LB •	1,80	2,50	1430	4,60	78,3	0,75	4,6	2,4	2,8	12,50	0,00500	15,5
EFF2 T100A	2,20	3,00	1430	4,80	82,0	0,81	5,3	2,1	2,8	14,80	0,00750	19,0
EFF2 T100B	3,00	4,00	1430	6,40	82,9	0,83	5,6	2,4	2,8	20,20	0,00850	21,0
T100BL •	4,00	5,50	1430	8,50	84,3	0,81	5,4	2,3	2,5	26,90	0,00110	23,0
EFF2 T112A	4,00	5,50	1440	8,20	84,4	0,84	5,6	2,0	2,4	26,80	0,01300	29,0
T112BL •	5,50	7,50	1440	11,00	88,1	0,82	6,0	2,2	2,4	36,50	0,01600	35,0
EFF2 T132S	5,50	7,50	1460	11,30	86,4	0,82	5,8	2,3	2,2	36,40	0,02400	43,0
EFF2 T132M	7,50	10,00	1460	14,90	87,9	0,83	5,5	2,3	2,1	49,50	0,03300	52,0
T132ML •	9,20	12,50	1460	18,00	89,1	0,82	4,2	2,4	2,1	60,40	0,03400	54,0
EFF2 T160M	11,00	15,00	1470	25,00	87,0	0,77	4,1	2,3	2,2	74,30	0,06200	90,0
EFF2 T160L	15,00	20,00	1480	32,50	88,0	0,78	5,0	2,3	2,2	98,30	0,07400	100,0
EFF2 T180M	18,50	25,00	1470	36,60	89,5	0,82	5,2	2,2	2,3	121,00	0,13000	120,0
EFF2 T180L	22,00	30,00	1480	44,30	91,5	0,79	5,3	1,9	2,1	143,30	0,15000	135,0
EFF2 T200L	30,00	40,00	1460	56,00	91,4	0,85	7,2	2,1	2,5	196,32	0,24000	155,0



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI BRESCIA
Facoltà di Ingegneria

ESAME DI STATO DI ABILITAZIONE ALL'ESERCIZIO DELLA PROFESSIONE DI INGEGNERE

(Lauree Specialistiche D.M. 509/99 - Lauree Magistrali D.M. 270/04)

SEZIONE A - Prima sessione 2011

PROVA PRATICA DI PROGETTAZIONE DEL 23 settembre 2011

SETTORE INDUSTRIALE

(classi di laurea appartenenti al settore: 29/S - Ingegneria dell'automazione; 34/S - Ingegneria gestionale; 36/S - Ingegneria meccanica)

Tema n°1

Un'acciaiera che produce billette necessita, per altri processi produttivi ed altre utenze, energia elettrica e vapore d'acqua.

Attualmente, l'energia elettrica è acquistata a 0.15 €/kWh ed il vapore viene prodotto mediante ebollizione, e successivo riscaldamento, di una corrente di acqua. Il gas è acquistato a 0.4 €/Nm³ ed ha un potere calorifico inferiore pari 8250 kcal/Nm³. Il numero di ore annue in cui l'impianto è in funzione è pari a 3000.

In un'ottica di ri-modernizzazione e di ottimizzazione energetica, la dirigenza sta considerando la possibilità di recuperare il calore ceduto durante il raffreddamento delle billette al fine di produrre l'elettricità ed il vapore d'acqua necessari. Lo schema di impianto è riportato in figura.

L'impianto produce 10 billette al minuto, ciascuna di 500 kg e con calore specifico pari a 0.5 kJ/kg K.

Ogni billetta entra nello scambiatore Sc1 a 1000°C ed esce a 380°C. L'ottanta per cento dell'energia ceduta dalle billette allo scambiatore di calore è trasferita ad un flusso di aria compressa (comportamento di gas perfetto con $c_p=1\text{kJ/kg K}$ e $R=0.289\text{ kJ/kg K}$) prelevata dall'ambiente in condizioni $T_{amb}=25^\circ\text{C}$ e $p_{amb}=1\text{atm}$. L'aria è utilizzata all'interno di un ciclo Joule-Brayton aperto. Infine l'aria scaricata dalla turbina T (a pressione atmosferica) è utilizzata all'interno dello scambiatore di calore SC2 per produrre vapore di processo.

- Se la potenza elettrica di cui necessita l'impianto è pari a 1 MW, determinare la portata d'aria che deve essere elaborata, supponendo che il compressore abbia rendimento

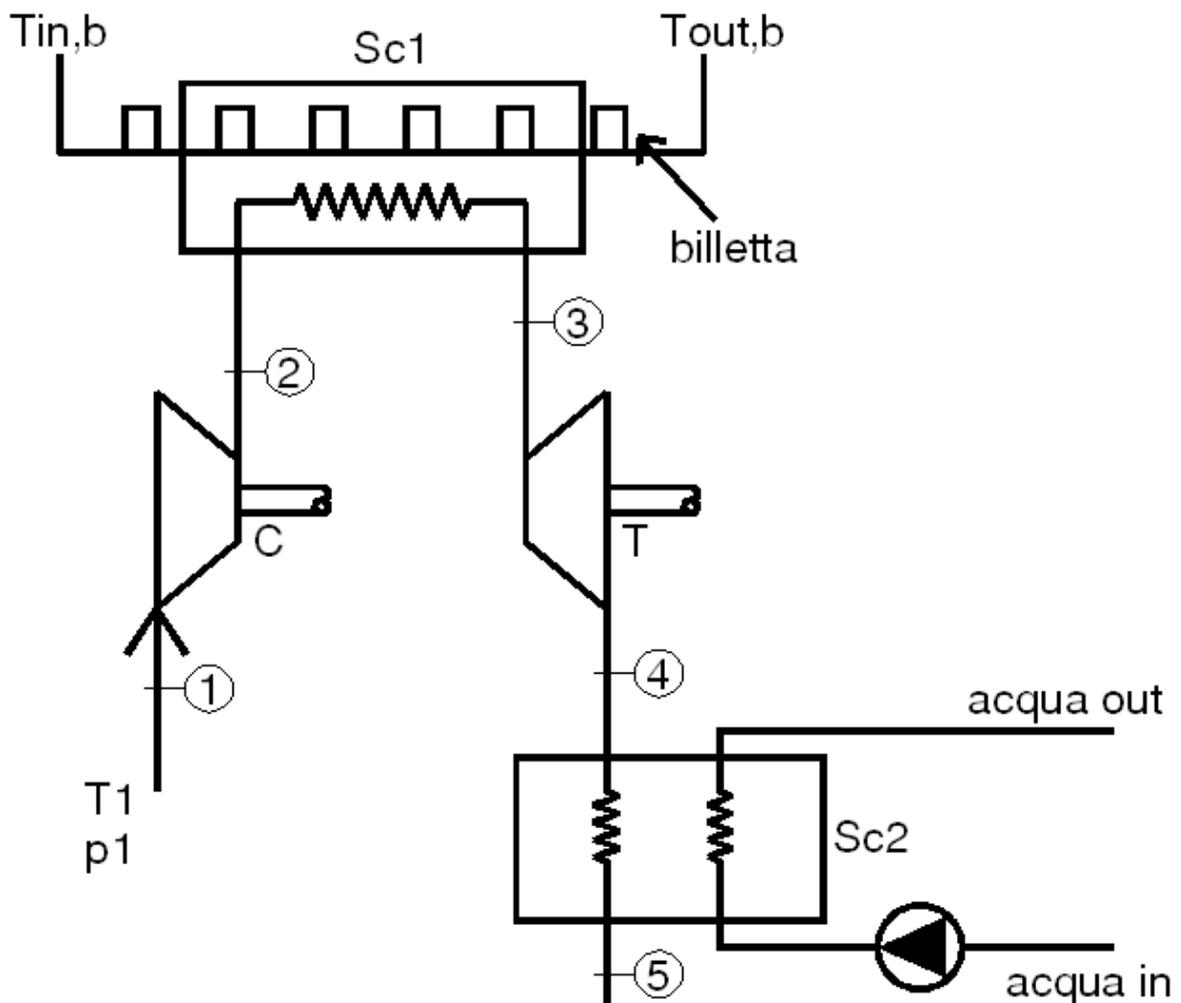
$\eta_c=0.85$ e la turbina $\eta_T=0.9$. Il rapporto di compressione è fissato pari a 4; si trascuri la potenza assorbita dalla pompa P.

- Supponendo che la portata di vapore richiesta sia 7 kg/min alle condizioni $T_{vap}=250^\circ\text{C}$ e $p_{vap}=2$ bar, determinare la temperatura dell'aria in uscita dallo scambiatore SC2 (l'acqua sia presa dalla rete idrica alla pressione di 3 atm e alla temperatura di 12°C).
- Con riferimento ai punti precedenti, determinare il rendimento di secondo principio dell'impianto.

Supponendo, infine, che

- la vita utile dell'impianto di cogenerazione sia pari a 20 anni,
- il costo complessivo dell'impianto sia stimato pari a 2.000.000 €,
- il tasso di attualizzazione del denaro sia pari all'8%,
- i costi di manutenzione siano pari a 0.012 €/kWelettrico prodotto,

il candidato valuti la convenienza economica della soluzione proposta rispetto alla soluzione attualmente utilizzata utilizzando i principali indici economici (tempo di pay-back, NPV ed eventualmente altri che ritiene utili).



$p = 200 \text{ kPa}$								
T	v	u	h	s	c_v	c_p	κ_T	α_p
$^{\circ}\text{C}$	$\frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$	$\frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$	$\frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$	$\frac{\text{kJ}}{\text{kg K}}$	$\frac{\text{kJ}}{\text{kg K}}$	$\frac{\text{kJ}}{\text{kg K}}$	$\frac{10^{-6}}{\text{kPa}}$	$\frac{10^{-6}}{\text{K}}$
cong -0.01	0.0010001	-0.0807	0.1193	-0.00030	4.217	4.219	0.5087	-67.56
15	0.0010009	62.971	63.171	0.22443	4.174	4.188	0.4672	151.3
30	0.0010043	125.71	125.91	0.43670	4.117	4.180	0.4476	303.3
45	0.0010098	188.40	188.60	0.63853	4.050	4.180	0.4414	422.5
60	0.0010170	251.13	251.33	0.83120	3.976	4.185	0.4448	523.2
75	0.0010258	313.96	314.16	1.0157	3.899	4.193	0.4561	612.9
90	0.0010359	376.93	377.14	1.1928	3.820	4.205	0.4742	696.5
105	0.0010474	440.12	440.33	1.3633	3.742	4.222	0.4991	777.2
liq sat 120.21	0.0010605	504.49	504.70	1.5302	3.665	4.244	0.5318	858.8
"fg" →	0.88462	2024.6	2201.5	5.5967				
sat vap 120.21	0.88568	2529.1	2706.2	7.1269	1.618	2.178	5135	2872
125	0.89781	2537.0	2716.6	7.1531	1.598	2.148	5125	2809
150	0.95986	2577.1	2769.1	7.2810	1.546	2.066	5090	2553
175	1.0206	2616.1	2820.2	7.3984	1.526	2.029	5068	2362
200	1.0805	2654.6	2870.7	7.5081	1.521	2.013	5054	2207
250	1.1989	2731.4	2971.2	7.7100	1.530	2.011	5035	1965
300	1.3162	2808.8	3072.1	7.8941	1.551	2.026	5024	1778
350	1.4330	2887.3	3173.9	8.0644	1.578	2.049	5018	1626
400	1.5493	2967.1	3277.0	8.2236	1.608	2.076	5013	1500
500	1.7814	3131.4	3487.7	8.5152	1.672	2.138	5008	1301
600	2.0130	3302.2	3704.8	8.7792	1.741	2.205	5005	1150
700	2.2443	3479.9	3928.8	9.0220	1.811	2.275	5003	1030
800	2.4755	3664.7	4159.8	9.2479	1.882	2.345	5002	933.6
900	2.7066	3856.3	4397.6	9.4598	1.951	2.413	5001	853.5
1000	2.9375	4054.8	4642.3	9.6599	2.017	2.479	5001	786.2

$p = 500 \text{ kPa}$								
T	v	u	h	s	c_v	c_p	κ_T	α_p
$^{\circ}\text{C}$	$\frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$	$\frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$	$\frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$	$\frac{\text{kJ}}{\text{kg K}}$	$\frac{\text{kJ}}{\text{kg K}}$	$\frac{\text{kJ}}{\text{kg K}}$	$\frac{10^{-6}}{\text{kPa}}$	$\frac{10^{-6}}{\text{K}}$
cong -0.03	0.0010000	-0.1595	0.3405	-0.00058	4.215	4.218	0.5084	-66.77
25	0.0010028	104.79	105.29	0.36710	4.136	4.180	0.4520	257.7
50	0.0010119	209.26	209.76	0.70358	4.025	4.180	0.4412	457.7
75	0.0010256	313.89	314.40	1.0155	3.898	4.192	0.4557	612.5
100	0.0010433	418.94	419.47	1.3069	3.768	4.215	0.4896	750.0
125	0.0010648	524.73	525.26	1.5813	3.641	4.251	0.5431	884.3
liq sat 151.83	0.0010925	639.54	640.09	1.8604	3.515	4.312	0.6271	1038
"fg" →	0.37372	1921.2	2108.0	4.9603				
sat vap 151.83	0.37481	2560.7	2748.1	6.8207	1.759	2.410	2105	2933
175	0.39948	2601.6	2801.4	6.9427	1.640	2.224	2076	2603
200	0.42503	2643.3	2855.8	7.0610	1.594	2.143	2058	2370
250	0.47443	2723.8	2961.0	7.2724	1.566	2.079	2037	2051
300	0.52261	2803.2	3064.6	7.4614	1.572	2.067	2025	1829
350	0.57015	2883.0	3168.1	7.6346	1.591	2.076	2018	1660
400	0.61730	2963.7	3272.3	7.7955	1.617	2.096	2013	1523
500	0.71094	3129.0	3484.5	8.0892	1.677	2.149	2008	1313
600	0.80409	3300.4	3702.5	8.3543	1.744	2.212	2005	1156
700	0.89696	3478.5	3927.0	8.5977	1.813	2.279	2003	1034
800	0.98966	3663.6	4158.4	8.8240	1.883	2.348	2002	936.1
900	1.0823	3855.4	4396.6	9.0362	1.951	2.416	2001	855.3
1000	1.1748	4054.0	4641.4	9.2364	2.017	2.481	2001	787.4



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI BRESCIA
Facoltà di Ingegneria

ESAME DI STATO DI ABILITAZIONE ALL'ESERCIZIO DELLA PROFESSIONE DI INGEGNERE

(Lauree Specialistiche D.M. 509/99 - Lauree Magistrali D.M. 270/04)

SEZIONE A - Prima sessione 2011

PROVA PRATICA DI PROGETTAZIONE DEL 23 settembre 2011

SETTORE INDUSTRIALE

(classi di laurea appartenenti al settore: 29/S - Ingegneria dell'automazione; 34/S - Ingegneria gestionale; 36/S - Ingegneria meccanica)

Tema n°2

Si consideri un forno elettrico trifase da 100 MVA, con diametro nominale di 5.5 metri, posizionato all'interno di una elephant-house alta 12 metri. Il forno è in grado di caricare ogni ora 100 ton di rottame con la seguente composizione media:

%C	%Si	%Mn	%P	%S	%Fe
0.2	0.4	0.4	0.06	0.035	resto

Il forno è dotato di una lancia ad ossigeno supersonica con portata di 2000 Nm³/h.

- Calcolare il tempo richiesto alla lancia per ossidare l'acciaio e portarlo alla composizione finale dello spillaggio, considerando un calo dell'acciaio del 3% sul totale caricato.
- Calcolare la quantità teorica di energia elettrica che è necessario fornire per fondere e surriscaldare il rottame, tenendo conto solo delle reazioni esotermiche di ossidazione (vedi Tab. 1) e delle perdite dalle pareti e dalla volta raffreddata ad acqua.
- In condizioni di power-on, la tensione media dell'arco è di 450V e il $\cos\phi$ è pari a 0.8, stimare il consumo specifico di elettrodo di sublimazione e di ossidazione.
- Valutare il risparmio energetico che deriverebbe dall'utilizzo della post-combustione nel caso di PCR = 80%.
- Dimensionare la cappa secondaria in modo da garantire un'aspirazione conforme alle normative vigenti.

Composizione dell'acciaio allo spillaggio:

%C	%Si	%Mn	%P	%S	%O	%Fe
0.05	0.15	0.08	0.005	0.02	0.12	resto

L'acciaio viene spillato in una siviera con un diametro di 2.6 metri e un'altezza di 3.5 metri e dotata di stirring gassoso con portata di 0.1 m³/ton.

- Calcolare il tempo di stirring necessario per abbassare il contenuto di ossigeno totale al livello di 80 ppm.
- Determinare una composizione della scoria tale da garantire un coefficiente di ripartizione dello zolfo pari a 250 (Tab. 2) e calcolare il quantitativo di scoria minimo necessario per desolfurare fino allo 0.008%.

Dopo l'aggiunta delle ferroleghie la composizione finale dell'acciaio risulta:

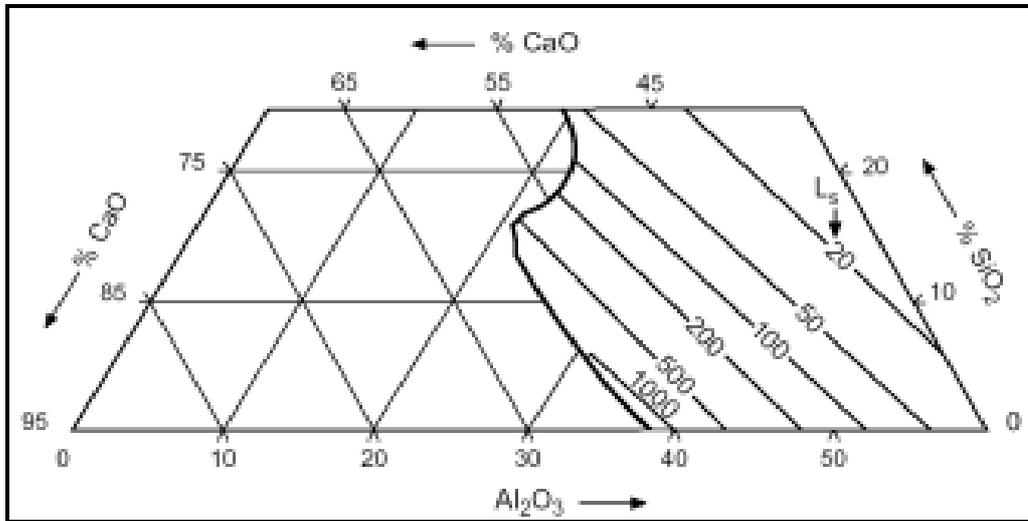
%C	%Si	%Cr	%Mn	%P	%S	%Fe
0.30	0.70	1.20	1.40	0.005	0.008	resto

- Calcolare la potenza che deve erogare l'arco elettrico per compensare le cadute termiche dovute all'aggiunta delle ferroleghie e dei flussanti.

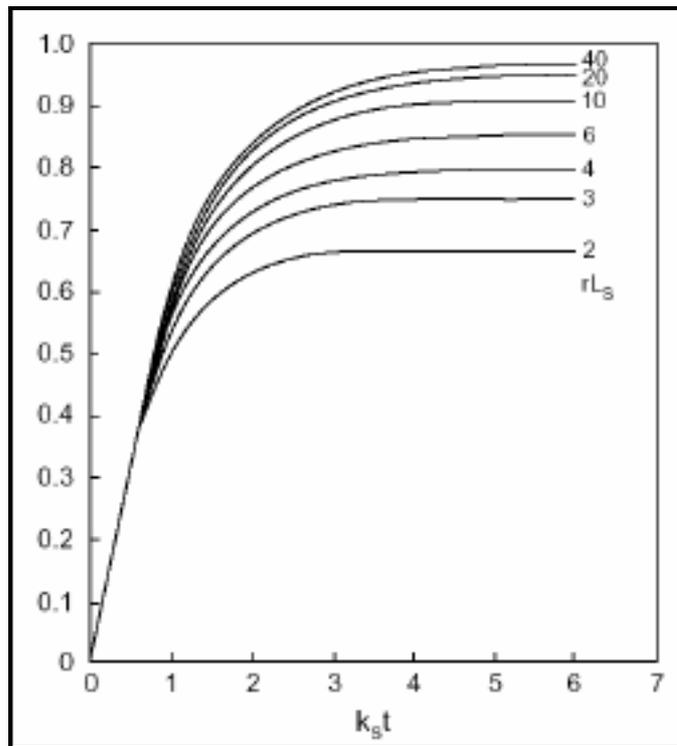
Per quanto riguarda eventuali dati non specificatamente indicati, il candidato effettui, giustificandole, le scelte che ritiene più opportune.

$2\text{Cr} + 3\text{O} \leftrightarrow \text{Cr}_2\text{O}_3$	-59 Kcal/mole di ossido
$\text{Si} + 2\text{O} \leftrightarrow \text{SiO}_2$	-202 Kcal/mole di ossido
$2\text{Al} + 3\text{O} \leftrightarrow \text{Al}_2\text{O}_3$	-400 Kcal/mole di ossido
$\text{C} + \text{O} \leftrightarrow \text{CO}$	-26 Kcal/mole di ossido
$\text{Fe} + \text{O} \leftrightarrow \text{FeO}$	-64 Kcal/mole di ossido
$\text{Mn} + \text{O} \leftrightarrow \text{MnO}$	-92 Kcal/mole di ossido
$2\text{P} + 5\text{O} \leftrightarrow \text{P}_2\text{O}_5$	-180 Kcal/mole di ossido

Tab 1



Tab.2



Tab. 3



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI BRESCIA
Facoltà di Ingegneria

ESAME DI STATO DI ABILITAZIONE ALL'ESERCIZIO DELLA PROFESSIONE DI INGEGNERE
(Lauree Specialistiche D.M. 509/99 - Lauree Magistrali D.M. 270/04)

SEZIONE A - Prima sessione 2011

PROVA PRATICA DI PROGETTAZIONE DEL 23 settembre 2011

SETTORE INDUSTRIALE

(classi di laurea appartenenti al settore: 29/S - Ingegneria dell'automazione; 34/S - Ingegneria gestionale; 36/S - Ingegneria meccanica)

Tema n°3

In una macchina automatica, si deve movimentare un carico rotativo con momento d'inerzia stimato pari a $0.8 \text{ [kg}\cdot\text{m}^2]$. La curva caratteristica del carico è stata rilevata sperimentalmente.

In tabella 1 sono riportati i valori di coppia resistente misurata alle differenti velocità a cui sono state effettuate le prove.

ω_r [rad/s]	C_r [Nm]
0	9
10	25,2
20	45,3
40	74,3
50	98,3
60	110,5
80	147
90	165,4
100	189,2

Tab.1- Rilevazioni sperimentali per la caratterizzazione del carico

Il carico deve funzionare prevalentemente a regime a velocità all'incirca pari a 550 [giri/min], ad una temperatura approssimativamente costante e pari a 20°C , con un servizio di 16 ore giornaliere. Viene avviato a inizio turno e spento alla fine del turno.

Si tollera un errore sulla velocità a regime non superiore all' 8%.

Sono allegati i cataloghi di alcuni motori c.c., asincroni, brushless e di riduttori epicicloidali.

Il candidato deve:

1. determinare analiticamente e diagrammare l'andamento della curva caratteristica del carico;
2. scegliere la tipologia di motore elettrico che ritiene più idonea per l'applicazione in studio, motivando la scelta;
3. dimensionare il motore ed il riduttore per l'applicazione, effettuando una scelta ottimizzata;
4. stimare l'errore di velocità a regime;
5. stimare l'accelerazione massima in avviamento e dimensionare un volano calettato sull'albero motore, che consenta di limitare l'accelerazione in avviamento al valore 500 rad/s^2 .

Motori asincroni trifase serie T
 T Series three-phase induction motors
 Moteurs asynchrones triphasés série T
 Drehstrom-Asynchronmotoren Serie T



2 POLI 3000 rpm - Volt 230/400/50 Hz

TIPO TYPE	Potenza Power		rpm	In 400 Volt	Rend%	Cosφ	Ia/In	Ca/Cn	Cmax/Cn	Cn Nm	J kgm ²	Peso Weight Kg
	kw	hp										
T50A •	0,06	0,08	2710	0,26	49,0	0,69	2,3	2,4	2,5	0,22	0,00008	2,2
T50B •	0,09	0,12	2750	0,39	49,0	0,71	2,8	2,4	2,5	0,32	0,00010	2,4
T56A	0,09	0,12	2730	0,40	44,4	0,75	3,0	3,1	3,9	0,32	0,00012	2,6
T56B	0,14	0,18	2750	0,60	52,4	0,61	3,0	4,1	4,0	0,46	0,00015	3,2
T63A	0,18	0,25	2770	0,60	58,0	0,74	3,7	3,3	3,5	0,63	0,00025	3,7
T63B	0,25	0,35	2820	0,80	63,6	0,77	4,0	2,8	3,2	0,90	0,00030	4,3
T63C •	0,37	0,50	2800	1,10	66,5	0,77	4,1	3,0	2,9	1,30	0,00035	5,6
T71A	0,37	0,50	2860	1,20	64,1	0,72	4,6	3,5	5,2	1,30	0,00038	5,8
T71B	0,55	0,75	2860	1,60	68,5	0,72	5,4	4,0	5,3	1,80	0,00046	6,2
T71C •	0,75	1,00	2810	2,00	70,7	0,79	4,3	2,8	3,7	2,60	0,00057	7,4
T80A	0,75	1,00	2860	2,00	71,2	0,78	4,8	2,8	3,3	2,50	0,00080	8,5
EFF2 T80B	1,10	1,50	2850	2,60	78,0	0,80	6,1	3,5	3,0	3,80	0,00097	9,8
T80C •	1,50	2,00	2870	3,40	80,0	0,80	6,4	4,1	3,5	5,00	0,00120	10,5
T80D •	1,80	2,50	2800	4,00	78,3	0,85	5,1	2,7	2,9	6,20	0,00130	11,5
EFF2 T90S	1,50	2,00	2880	3,40	79,8	0,82	6,2	2,9	2,7	5,10	0,00150	12,0
EFF2 T90L	2,20	3,00	2850	5,00	78,7	0,81	5,1	2,8	2,7	7,50	0,00230	13,5
T90LB •	3,00	4,00	2880	7,10	77,8	0,79	5,9	3,2	2,8	10,00	0,00280	15,5
EFF2 T100A	3,00	4,00	2910	6,20	83,0	0,84	7,1	3,0	2,8	9,90	0,00530	18,5
T100B •	4,00	5,50	2920	8,60	83,3	0,81	7,2	2,7	3,5	13,20	0,00850	21,0
EFF2 T112A	4,00	5,50	2930	8,70	84,0	0,81	6,7	3,1	3,5	13,20	0,00900	27,0
T112B •	5,50	7,50	2920	12,00	79,7	0,83	5,1	3,2	2,9	18,10	0,01200	32,0
T112BL •	7,50	10,00	2930	15,80	82,9	0,83	3,7	2,6	2,6	24,50	0,01300	34,0
EFF2 T132S	5,50	7,50	2930	11,90	84,0	0,82	5,4	3,4	3,2	18,00	0,01300	45,0
EFF2 T132SL	7,50	10,00	2920	14,60	85,5	0,88	4,7	2,4	2,5	24,50	0,02000	48,0
T132M •	11,00	15,00	2940	21,50	87,1	0,85	4,9	2,6	2,4	36,00	0,02800	54,0
T132ML •	15,00	20,00	2940	28,60	88,6	0,85	3,9	2,2	2,3	48,80	0,03000	58,0
EFF2 T160MA	11,00	15,00	2970	22,40	87,0	0,83	5,7	3,8	3,9	35,40	0,03200	75,0
EFF2 T160MB	15,00	20,00	2960	28,60	88,5	0,87	4,5	2,8	2,9	48,50	0,03600	88,0
EFF2 T160L	18,50	25,00	2960	35,40	89,3	0,85	4,5	2,6	2,7	60,20	0,04000	99,0
EFF2 T180M	22,00	30,00	2940	39,00	91,0	0,90	7,1	2,3	3,0	71,49	0,07500	110,0
EFF2 T200LA	30,00	40,00	2945	53,00	92,0	0,89	7,2	2,3	2,7	97,33	0,14000	130,0
EFF2 T200LB	37,00	50,00	2940	65,00	92,0	0,89	7,5	2,3	2,7	120,24	0,16000	150,0

Motori asincroni trifase serie T
 T Series three-phase induction motors
 Moteurs asynchrones triphasés série T
 Drehstrom-Asynchronmotoren Serie T



4 POLI 1500 rpm - Volt 230/400/50 Hz

TIPO TYPE	Potenza Power		rpm	In 400 Volt	Rend%	Cosφ	Ia/In	Ca/Cn	Cmax/Cn	Cn Nm	J kgm ²	Peso Weight Kg
	kw	hp										
T50A •	0,03	0,05	1340	0,27	31,0	0,53	1,5	2,3	2,4	0,21	0,00008	2,2
T50B •	0,06	0,08	1230	0,40	35,6	0,64	1,5	1,4	1,5	0,47	0,00010	2,4
T56A	0,06	0,08	1410	0,40	42,0	0,58	2,2	3,5	3,6	0,43	0,00015	2,5
T56B	0,09	0,12	1340	0,40	47,5	0,70	2,2	2,3	2,4	0,65	0,00015	2,6
T56C	0,11	0,15	1310	0,50	48,7	0,69	2,1	2,2	2,3	0,80	0,00020	3,2
T63A	0,13	0,18	1340	0,50	51,5	0,75	2,0	1,5	1,9	0,95	0,00028	3,7
T63B	0,18	0,25	1360	0,70	54,3	0,68	2,6	2,2	2,2	1,30	0,00040	4,3
T63C •	0,22	0,30	1360	0,80	59,2	0,69	2,5	2,3	2,0	1,60	0,00040	4,3
T63D	0,37	0,50	1340	1,30	58,4	0,74	2,6	2,1	2,0	2,70	0,00050	5,3
T71A	0,25	0,35	1410	0,80	60,1	0,78	3,5	1,8	2,9	1,70	0,00050	5,8
T71B	0,37	0,50	1370	1,00	63,8	0,84	3,4	1,7	2,3	2,60	0,00080	6,2
T71C •	0,55	0,75	1400	1,50	70,0	0,78	3,6	2,0	2,4	3,80	0,00090	7,4
T80A	0,55	0,75	1430	1,60	64,3	0,76	4,3	2,1	2,7	3,70	0,00140	8,5
T80B	0,75	1,00	1430	2,00	72,0	0,75	5,0	2,7	2,7	5,10	0,00170	9,8
T80C •	0,88	1,20	1410	2,20	69,0	0,83	4,7	2,3	2,2	6,00	0,00200	10,5
T80D •	1,10	1,50	1400	2,70	72,0	0,83	4,2	2,3	2,6	7,50	0,00230	11,0
EFF2 T90S	1,10	1,50	1430	2,80	77,6	0,75	4,6	2,3	2,6	7,50	0,00330	12,0
EFF2 T90L	1,50	2,00	1430	3,70	78,6	0,77	4,8	2,1	2,9	10,20	0,00400	13,5
T90LB •	1,80	2,50	1430	4,60	78,3	0,75	4,6	2,4	2,8	12,50	0,00500	15,5
EFF2 T100A	2,20	3,00	1430	4,80	82,0	0,81	5,3	2,1	2,8	14,80	0,00750	19,0
EFF2 T100B	3,00	4,00	1430	6,40	82,9	0,83	5,6	2,4	2,8	20,20	0,00850	21,0
T100BL •	4,00	5,50	1430	8,50	84,3	0,81	5,4	2,3	2,5	26,90	0,01110	23,0
EFF2 T112A	4,00	5,50	1440	8,20	84,4	0,84	5,6	2,0	2,4	26,80	0,01300	29,0
T112BL •	5,50	7,50	1440	11,00	88,1	0,82	6,0	2,2	2,4	36,50	0,01600	35,0
EFF2 T132S	5,50	7,50	1460	11,30	86,4	0,82	5,8	2,3	2,2	36,40	0,02400	43,0
EFF2 T132M	7,50	10,00	1460	14,90	87,9	0,83	5,5	2,3	2,1	49,50	0,03300	52,0
T132ML •	9,20	12,50	1460	18,00	89,1	0,82	4,2	2,4	2,1	60,40	0,03400	54,0
EFF2 T160M	11,00	15,00	1470	25,00	87,0	0,77	4,1	2,3	2,2	74,30	0,06200	90,0
EFF2 T160L	15,00	20,00	1480	32,50	88,0	0,78	5,0	2,3	2,2	98,30	0,07400	100,0
EFF2 T180M	18,50	25,00	1470	36,60	89,5	0,82	5,2	2,2	2,3	121,00	0,13000	120,0
EFF2 T180L	22,00	30,00	1480	44,30	91,5	0,79	5,3	1,9	2,1	143,30	0,15000	135,0
EFF2 T200L	30,00	40,00	1460	56,00	91,4	0,85	7,2	2,1	2,5	196,32	0,24000	155,0

MOTOR BRUSHLESS

Vca 345 V_{RMS}

MOTOR	Code	Stall torque $\Delta T=105K$	Stall torque $\Delta T=65K$	Max torque	Inertia	Maximum speed with T_{n1}	Maximum speed with $2 \times T_{n1}$	Maximum speed with T_p	Stall current $\Delta T=105K$	Stall current $\Delta T=65K$	BEMF $T=20^\circ C$	Resistance $T=20^\circ C$	Inductance	N° Poles	Thermal time constant	Weight
		T_{n1} [Nm]	T_{n2} [Nm]	T_p [Nm]	J [kgcm ²]	n_{max1} [RPM]	n_{max2} [RPM]	n_{max3} [RPM]	i_{n1} [Arms]	i_{n2} [Arms]	E^* [V/RPM]	R^* [Ohm]	L^* [mH]		τ_{th} [min]	W [kg]

BLQ 46 S	30	1.6	1.4	4.8	1.0	3000	2520	1930	1.2	1.0	92	31.6	62.7	6	15	3
	50	1.6	1.4	4.8	1.0	5000	4400	3680	1.8	1.5	60	13.0	26.2	6	15	3
BLQ 46 M	30	2.8	2.5	8.4	2.0	3000	2650	2230	1.9	1.7	99	12.9	35.1	6	22	4
	50	2.8	2.5	8.4	2.0	5000	4350	3810	3.0	2.7	65	5.3	15.1	6	22	4
BLQ 46 L	30	3.9	3.5	11.7	3.0	3000	2700	2340	2.6	2.4	102	7.8	24.5	6	29	5
	50	3.9	3.5	11.7	3.0	5000	4980	4480	4.5	4.1	60	2.6	8.3	6	29	5
BLQ 46 P	30	4.9	4.5	14.7	4.0	3000	2760	2450	3.5	3.2	102	5.0	18.2	6	36	6
	50	4.9	4.5	14.7	4.0	5000	4820	4370	5.6	5.1	62	1.9	6.8	6	36	6

BLQ 66 S	30	5.2	4.4	15.6	4.7	3000	2910	2430	3.9	3.3	92	4.5	23.6	6	40	8
	50	5.2	4.4	15.6	4.7	5000	4640	3970	5.8	4.9	60	2.0	10.2	6	40	8
BLQ 66 M	30	7.6	6.4	22.8	6.6	3000	2790	2370	5.2	4.4	99	2.8	17.9	6	43	11
	50	7.6	6.4	22.8	6.6	5000	4780	4150	8.5	7.1	60	1.0	6.6	6	43	11
BLQ 66 L	30	10	8.5	30.0	8.5	3000	2730	2350	6.5	5.5	104	1.9	14.4	6	47	13
	50	10	8.5	30.0	8.5	5000	4850	4320	9.5	8.0	61	0.9	5.1	6	47	13
BLQ 66 P	30	12	10.2	36.0	10.5	3000	2850	2480	8.2	6.9	101	1.3	10.8	6	51	15
	50	12	10.2	36.0	10.5	5000	4760	4200	13.0	11.1	62	0.5	4.2	6	51	15

BLQ 84 S	25					2500	1810	1280	6.9	5.1	106	1.66	35	6	60	20
	30	11.5	8.4	35	26	3000	2120	1490	8.2	6.1	91	1.22	25.5			
	40					4000	2780	1980	10.4	7.7	70	0.76	15.4			
BLQ 84 M	25					2500	1900	1350	10.2	7.4	106	0.93	22.3	6	67	25
	30	16	11.9	48	38	3000	2220	1580	12.1	8.8	90	0.66	16.5			
	40					4000	2980	2130	16.2	11.7	68	0.38	9.2			
BLQ 84 L	25					2500	1870	1350	13.2	9.3	110	0.85	17.4	6	74	30
	30	21.5	16	65	50	3000	2320	1660	15.0	11.2	90	0.44	11.5			
	40					4000	3010	2180	20.6	14.4	70	0.26	7			
BLQ 84 P	20					2000	1500	1080	13.2	9.3	138	0.77	21	6	81	35
	30	27	20	81	62	3000	2430	1770	20.6	14.4	88	0.31	8.5			
	40					4000	3210	2340	27.2	19.0	67	0.18	4.9			

BLQ 104 S	23					2300	1590	1100	19.8	14.1	111	0.37	15.0	6	85	52
	30	32	23	96	120	3000	2030	1410	25.8	18.3	87	0.22	9.1			
BLQ 104 M	18					1800	1290	910	19.2	13.7	148	0.44	18.1	6	90	60
	28	41	29	123	160	2800	1960	1380	28.9	20.6	98	0.19	8.1			
BLQ 104 L	15					1500	1070	770	18.9	13.2	186	0.50	21.3	6	95	68
	23	50	36	150	200	2300	1640	1170	28.7	20.1	123	0.22	9.4			
	28					2800	2310	1660	39.2	27.4	89	0.12	4.9			
BLQ 104 P	12					1200	920	660	18.7	12.7	223	0.57	24.4	6	100	76
	19	59	43	177	240	1900	1410	1020	28.0	19.0	148	0.25	10.9			
	26					2600	1970	1430	38.7	26.3	107	0.14	5.7			
BLQ 104 X	16					1600	1210	880	28.7	18.4	173	0.28	12.2	6	105	84
	20	68	49	204	280	2000	1590	1220	39.8	28.5	125	0.15	6.4			

* Tolleranza $\pm 8\%$

Le coppie di stallo si riferiscono a regime termico raggiunto (a caldo) con motore montato orizzontale accoppiato su flangia, non raffreddata, di dimensioni analoghe alla flangia motore.

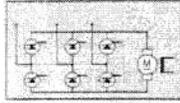
* Tollerance $\pm 8\%$

Stall torque data refer to horizontal motor which are coupled to a noncooled flange having dimensions similar to the motor flange.

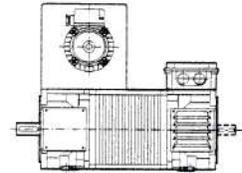
QCCAS 100

DC motors

P.T.I.C.



IP 23S - IC 06



100SA QCCAS	Peso Weight				Inerzia Inertia				Eccitazione Field							
	440 V				400 V				110-200-330 Vdc P 280 W K 130 ms							
	P	N	I	η	P	N	I	η	M (S1)	I Max. 15"-5'	Arm. max.	N max.	Ind. L	Res. 115°C	Cod. Arm.	Spaz. Brush
	kW	rpm	A	%	kW	rpm	A	%	Nm	A	V	rpm	mH	Ω	--	nr.
	6.5	3080	17.0	86.2	5.9	2800	17.2	85.2	20.0	26	480	3400	21	3.0	D6	2
5.9	2600	15.7	85.1	5.3	2370	15.8	84.5	21.6	24	480	2900	27	3.7	E2	2	
4.8	2100	13.0	84.4	4.4	1900	13.1	84.0	22.0	20	500	2400	43	5.7	F4	2	
3.8	1600	10.5	81.2	3.4	1450	10.6	80.2	22.4	16	500	1800	80	9.0	H4	2	

100S QCCAS	Peso Weight				Inerzia Inertia				Eccitazione Field							
	440 V				400 V				110-200-330 Vdc P 310 W K 160 ms							
	P	N	I	η	P	N	I	η	M (S1)	I Max. 15"-5'	Arm. max.	N max.	Ind. L	Res. 115°C	Cod. Arm.	Spaz. Brush
	kW	rpm	A	%	kW	rpm	A	%	Nm	A	V	rpm	mH	Ω	--	nr.
	9.6	3360	24.7	88.3	8.7	3050	24.9	87.7	27.3	37	480	3600	15	1.9	C4	2
7.6	2600	19.8	87.2	6.9	2370	20.0	86.3	27.9	30	480	2850	18	2.8	D2	2	
6.3	2100	16.6	85.7	5.7	1900	16.7	85.3	28.5	25	500	2400	29	3.9	E2	2	
4.9	1600	13.3	83.2	4.3	1450	13.5	80.0	29.1	20	500	1800	56	6.5	F8	2	

100M QCCAS	Peso Weight				Inerzia Inertia				Eccitazione Field							
	440 V				400 V				110-200-330 Vdc P 330 W K 190 ms							
	P	N	I	η	P	N	I	η	M (S1)	I Max. 15"-5'	Arm. max.	N max.	Ind. L	Res. 115°C	Cod. Arm.	Spaz. Brush
	kW	rpm	A	%	kW	rpm	A	%	Nm	A	V	rpm	mH	Ω	--	nr.
	11.7	3230	29.6	89.5	10.6	2950	29.7	89.2	34.5	44	480	3500	8.9	1.3	B6	4
9.7	2640	24.9	88.8	8.8	2400	25.1	88.0	35.2	37	480	2900	16	1.9	C2	2	
7.9	2100	20.4	88.1	7.2	1900	20.5	87.7	36.0	31	500	2400	25	3.0	D0	2	
6.3	1600	16.6	86.8	5.8	1450	16.7	86.4	37.8	25	500	1800	42	5.2	D6	2	

100L QCCAS	Peso Weight				Inerzia Inertia				Eccitazione Field							
	440 V				400 V				110-200-330 Vdc P 360 W K 210 ms							
	P	N	I	η	P	N	I	η	M (S1)	I Max. 15"-5'	Arm. max.	N max.	Ind. L	Res. 115°C	Cod. Arm.	Spaz. Brush
	kW	rpm	A	%	kW	rpm	A	%	Nm	A	V	rpm	mH	Ω	--	nr.
	14.6	3150	36.4	91.2	13.3	2870	36.6	90.5	44.3	55	480	3500	7.5	0.90	B0	4
12.3	2600	30.9	90.1	11.1	2370	31.1	89.5	45.0	46	480	2900	11	1.3	B4	4	
9.8	2050	25.2	88.7	8.9	1860	25.3	88.2	45.8	38	500	2400	19	1.9	C0	2	
7.6	1550	19.6	88.2	6.9	1410	19.8	87.4	46.9	29	500	1800	32	4.0	D0	2	

Criterio di selezione

How to use it



Criterio di selezione

Per calcolare la massima potenza in ingresso necessaria ad azionare la macchina è importante considerare le seguenti condizioni applicative:

c_1 = Fattore di servizio: è funzione del numero di avviamenti orari e della durata giornaliera del ciclo di lavoro
 c_2 = Fattore di temperatura: è funzione della temperatura ambiente. La potenza di ingresso P viene quindi calcolata come segue:

How to use it

When calculating the maximum required input power P of the machine to be driven, the following application conditions have to be observed:

c_1 = Shock factor - this depends on the „starts per hour“ and on the „duration of operation“
 c_2 = Ambient temperature the required input power P can then be calculated as follows:

$$P = P_1 \times c_1 \times c_2 \text{ [kW]}$$

$$P = P_1 \times c_1 \times c_2 \text{ [kW]}$$

Fattore di temperatura (Tabella 2)

Ambient temperature factor (Table 2)

Fattore di servizio (Tabelle 1)

Shock factor (Table 1)

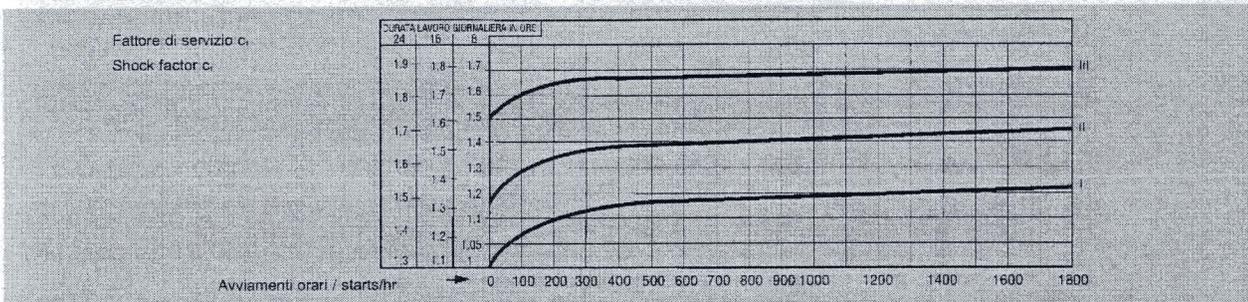
Potenza nominale

Nominal power

Potenza di ingresso calcolata

Input power calculated

Tabella 1/ Table 1



Servizio della macchina

I carico uniforme (variazione della coppia +10 %) effetti inerziali trascurabili.

II carico con urti moderati brevi sovraccarichi (variazione della coppia +25 %) effetti inerziali importanti.

III carico con urti forti brevi sovraccarichi (variazione della coppia + 100 %) effetti inerziali preponderanti.

Operating mode of the machine

I uniformly (torque change +10 %) no masses to be accelerated.

II medium shocks short term overload (torque change + 25 %) larger masses to be accelerated.

III heavy shocks short term overload (torque change + 100 %) very large masses to be accelerated.

Tabella 2 / Table 2

Temperatura ambiente Ambient temperature	Fattore C_2 Factor
10° C	1,0
20° C	1,0
30° C	1,1
40° C	1,2
50° C	1,4

Selezione del riduttore

Partendo dalla potenza di ingresso calcolata P [kW] si ricava la coppia di uscita T_2 del **riduttore Vogel**.

n_2 = velocità di uscita del riduttore [giri/min].

$$T_2 = \frac{9550 \times P \times i_1}{n_2} \text{ [Nm]}$$

Selecting the right size

From the calculated input power P [kW] of the machine to be driven, the output torque T_2 of the **Vogel gearbox** can be found.

n_2 = output speed of the gearbox [rpm]

$$T_2 = \frac{9550 \times P \times i_1}{n_2} \text{ [Nm]}$$

Nella tabella successiva è possibile quindi selezionare la taglia idonea partendo da T_2 e i .

With T_2 and i in the following table the size can be found.

Riduttore epicicloidale

Planetary gearboxes

Taglia / size		04	08	16	32	64	128	256
Rapporto / Ratio		Coppia in uscita / output torque T ₂ [Nm]						
monostadio 1-stage	3,4	600	1 000	2 000	3 800	7 500	13 000	26 000
	4	600	1 000	2 000	3 800	7 500	13 000	26 000
	5	450	800	1 800	3 800	7 500	13 000	26 000
	7	320	500	1 200	2 500	4 600	8 000	12 000
	9	250	400	700	1 500	3 100	6 000	9 000
bistadio 2-stage	13,6	600	1 000	2 000	3 800	7 500	13 000	26 000
	16	600	1 000	2 000	3 800	7 500	13 000	26 000
	20	600	800	2 000	3 800	7 500	13 000	26 000
	25	450	800	1 800	3 800	7 500	13 000	26 000
	35	450	700	1 800	2 800	6 000	12 000	23 000
tristadio 3-stage	46,25	600	1 000	2 000	3 400	7 500	13 000	26 000
	68	450	1 000	1 800	3 800	7 500	13 000	26 000
	100	600	800	2 000	3 800	7 500	13 000	26 000
	125	450	800	1 800	3 800	7 500	13 000	26 000
	175	450	700	1 800	3 700	7 500	12 000	26 000
	245	450	800	1 800	2 500	6 000	12 000	23 000

Riduttore epicicloidale con coppia conica

Bevel planetary gearboxes

Taglia / size		04	08	16	32	64	128	256
Rapporto / Ratio		Coppia in uscita / output torque T ₂ [Nm]						
tristadio 3-stage	60	600	1 000	2 000	3 800	7 500	13 000	24 000
	80	600	1 000	2 000	3 800	7 500	13 000	24 000
	100	600	1 000	2 000	3 800	7 500	13 000	26 000
	125	450	800	1 800	3 800	7 500	13 000	26 000
	175	450	800	1 800	3 800	7 500	13 000	26 000
	210	450	700	1 600	2 800	6 000	12 000	23 000

Per una breve durata sono accettabili sovraccarichi pari a 1,8 volte la coppia nominale (max 5% ED).

The nominal output torque you can overload a short time with factor 1,8.



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI BRESCIA
Facoltà di Ingegneria

ESAME DI STATO DI ABILITAZIONE ALL'ESERCIZIO DELLA PROFESSIONE DI INGEGNERE

(Lauree Specialistiche D.M. 509/99 - Lauree Magistrali D.M. 270/04)

SEZIONE A - Prima sessione 2011

PROVA PRATICA DI PROGETTAZIONE DEL 23 settembre 2011

SETTORE INDUSTRIALE

(classi di laurea appartenenti al settore: 29/S - Ingegneria dell'automazione; 34/S - Ingegneria gestionale; 36/S - Ingegneria meccanica)

Tema n.4

Effettuare un'analisi di fattibilità economica inerente l'investimento per la realizzazione di una centrale a ciclo combinato di elevata taglia destinata alla sola produzione di energia elettrica e di un impianto di teleriscaldamento minimale.

ANALISI DI FATTIBILITA' ECONOMICA: Centrale a Ciclo Combinato

Il ciclo combinato rappresenta una tecnologia utilizzata principalmente per la generazione di energia elettrica. Con la schematizzazione proposta risultano visibili le due parti principali, ovvero il Turbogas e la caldaia a recupero. L'aria viene aspirata attraverso un filtro e compressa mediante l'apposito compressore assiale; all'interno del combustore, avviene la combustione e si formano dei gas combusti in pressione ($T\ 1400^{\circ}\text{C}$), in condizioni nominali di funzionamento. I gas caldi, espandendosi all'interno della turbina a gas, vengono portati pressoché alla pressione ambiente. L'energia liberata viene convertita in un movimento rotatorio meccanico il quale alimenta il compressore e il generatore elettrico mediante il quale vengono prodotti circa i 2/3 dell'energia elettrica totale del ciclo combinato. I gas combusti che escono turbina a gas ($T\ 600^{\circ}\text{C}$) vengono convogliati all'interno della caldaia a recupero dove, mediante gli appositi scambiatori di calore, cedono gran parte del proprio contenuto energetico all'acqua-vapore circolante nel circuito a vapore.

A questo punto il vapore surriscaldato prodotto viene fatto espandere all'interno della apposita turbina mediante la quale si produce la restante porzione di energia elettrica. La portata di vapore in uscita dalla turbina viene condensata attraverso l'opportuno condensatore.

Nota quindi la tecnologia e conclusa la fattibilità tecnica, sono a disposizione le informazioni di carattere economico.

CCGT - Combined Cycle Gas Turbine Power Plant

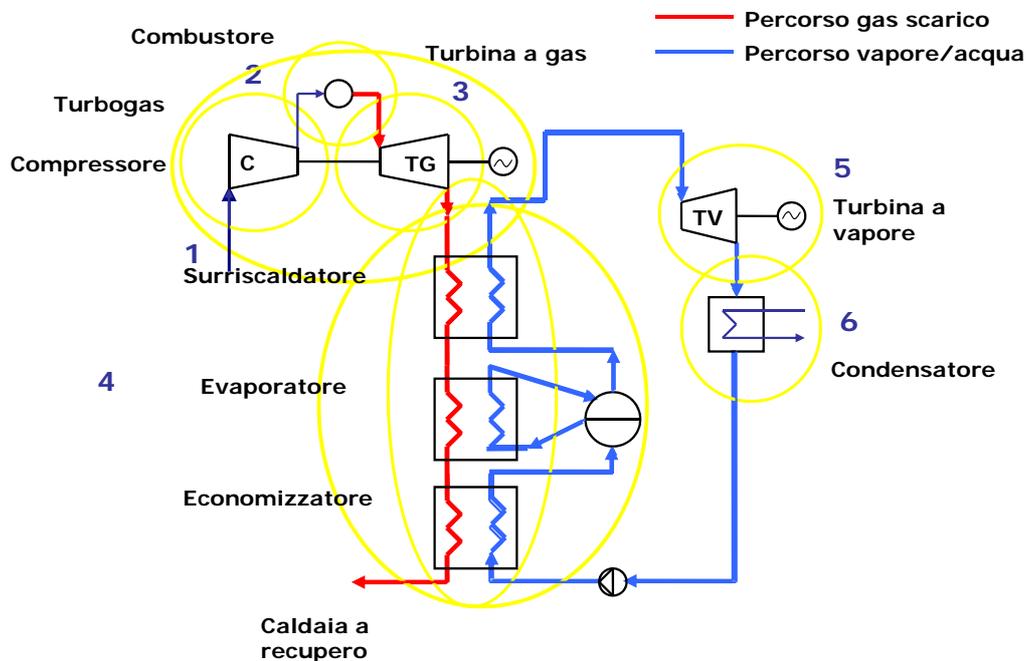


Figura 1: Ciclo combinato

L'investimento iniziale verrà effettuato l'anno prossimo e l'impianto, la cui vita utile è pari a 20 anni, entrerà in attività l'anno successivo all'anno di realizzazione.

Per quantificare l'energia elettrica prodotta annualmente ($Q_{EL,TOT}$) utilizzare i valori di potenza elettrica nominale dell'impianto (W_{EL}) e il fattore di utilizzo (FU_{EL}), rispettivamente pari a 382.75 MW e 5000 ore/anno.

$$Q_{EL,TOT} = W_{EL} \cdot FU_{EL}$$

Nel caso di impianto a ciclo combinato destinato alla sola produzione di energia elettrica i ricavi sono costituiti unicamente dalla cessione dell'energia elettrica prodotta alla rete nazionale. Il costo di cessione è stimabile in circa 75 €/al MWh_{EL} (per semplicità assumere tale valore come costante durante l'intera vita utile del progetto). Per quantificare quindi il ricavo annuo (R_{EL}) utilizzare il prezzo di cessione dell'energia elettrica alla rete.

$$R_{EL} = Q_{EL,TOT} \cdot c_{EL}$$

Per il calcolo della quantità annua di combustibile (metano) richiesta dall'impianto (Q_{COMB}) considerare un rendimento del ciclo combinato (η_{CICLO}) pari al 56% e un potere calorifico inferiore del metano (PCI_{METANO}) pari a 9.56 kWh/Smc. Per quantificare il costo annuo del

combustibile (C_{COMB}) utilizzare il prezzo di acquisto del metano (c_{COMB}) pari a 0.31 euro/Smc (per semplicità tale valore viene mantenuto costante durante tutta la vita utile del progetto di investimento).

Il costo del combustibile necessario per la produzione di un MWh_{EL} è quindi pari a:

$$Q_{COMB} = \frac{Q_{EL,TOT}}{\eta_{CICLO} \cdot PCI_{METANO}}$$

$$C_{COMB} = Q_{COMB} \cdot c_{COMB}$$

Considerato che l'impianto utilizza combustibile fossile per la produzione di energia elettrica, la legislazione italiana obbliga l'azienda a produrre annualmente, mediante fonti rinnovabili, una quota ($\%_{RIN}$) di tale energia elettrica ($Q_{EL,TOT}$). Se l'azienda non è in grado di produrre autonomamente tale quantitativo di energia rinnovabile è possibile acquistarla, all'interno di un apposito mercato energetico gestito dal Gestore Servizi Elettrici (GSE), sottoforma di opportuni Certificati Verdi della taglia unitaria di un MWh_{EL} . Tale quota varia nel tempo mediante un aumento annuo definito all'interno della Finanziaria 2008. In particolare l'articolo 146 definisce l'aumento annuo di tale quota per il periodo 2007-2012, pari allo 0.75% annuo. Non risulta ancora definito l'andamento di tale quota di energia rinnovabile per gli anni successivi al 2012. In corrispondenza dell'anno 2012 la quota è pari a 7.55%. La finanziaria del 2008, articolo 148, definisce inoltre che i certificati verdi emessi dal GSE vengono collocati sul mercato a un prezzo (C_{CV}) riferito al MWh_{EL} , pari alla differenza tra il valore di riferimento, fissato in sede di prima applicazione in 180 euro/ MWh , e il valore medio annuo del prezzo di cessione dell'energia elettrica, che si ricorda essere pari a 75 Euro/ MWh_{EL} (per semplicità mantenere tale valore costante nel tempo).

Considerando che le centrali per la produzione elettrica mediante ciclo combinato rappresentano ormai una tecnologia consolidata e standardizzata, è possibile definire il costo specifico di impianto riguardante tale tecnologia (c_{IMP}) pari a 500 Euro/kW. L'ammortamento è a quote costanti della durata di 20 anni.

Approssimare il costo annuo di manutenzione dell'impianto ($C_{O\&M}$) all'1% dell'investimento iniziale (INV). Tale costo comprende anche i costi per il personale.

L'inflazione è pari al 2%.

Le imposte vengono definite all'interno della Finanziaria 2008 e sono composte dall'IRES (27.5% del reddito operativo) e dall'IRAP (3.9% di reddito operativo e costi del personale) e vengono pagate l'anno successivo a quello di competenza.

Anno	Quota energia rinnovabile % _{SR} [%]	Energia elettrica prodotta da fonte fossile $Q_{EL,TOT}$ [MWh]	Quota di energia elettrica da fonte rinnovabile Q_{SR} [MWh]	Valore Certificati Verde c_{CV} [€/MWh]	Costo certificati verdi C_{CV} [€]
2004	2.35	1,913,750	42,623	97.39	4,151,066
2005	2.7	1,913,750	48,971	108.92	5,333,949
2006	3.05	1,913,750	55,319	125.28	6,930,411
2007	3.8	1,913,750	68,923	137.49	9,476,155
2008	4.55	1,913,750	82,526	105.00	8,665,191
2009	5.3	1,913,750	96,129	105.00	10,093,519
2010	6.05	1,913,750	109,732	105.00	11,521,847
2011	6.8	1,913,750	123,335	105.00	12,950,175
2012	7.55	1,913,750	136,938	105.00	14,378,503
2013	5	1,913,750	90,688	105.00	9,522,188
2014	5	1,913,750	90,688	105.00	9,522,188
2015	5	1,913,750	90,688	105.00	9,522,188
2016	5	1,913,750	90,688	105.00	9,522,188
2017	5	1,913,750	90,688	105.00	9,522,188
2018	5	1,913,750	90,688	105.00	9,522,188
2019	5	1,913,750	90,688	105.00	9,522,188
2020	5	1,913,750	90,688	105.00	9,522,188
2021	5	1,913,750	90,688	105.00	9,522,188
2022	5	1,913,750	90,688	105.00	9,522,188
2023	5	1,913,750	90,688	105.00	9,522,188
2024	5	1,913,750	90,688	105.00	9,522,188
2025	5	1,913,750	90,688	105.00	9,522,188
2026	5	1,913,750	90,688	105.00	9,522,188
2027	5	1,913,750	90,688	105.00	9,522,188
2028	5	1,913,750	90,688	105.00	9,522,188
2029	5	1,913,750	90,688	105.00	9,522,188
2030	5	1,913,750	90,688	105.00	9,522,188
2031	5	1,913,750	90,688	105.00	9,522,188
2032	5	1,913,750	90,688	105.00	9,522,188
2033	5	1,913,750	90,688	105.00	9,522,188
2034	5	1,913,750	90,688	105.00	9,522,188
2035	5	1,913,750	90,688	105.00	9,522,188
2036	5	1,913,750	90,688	105.00	9,522,188
2037	5	1,913,750	90,688	105.00	9,522,188
2038	5	1,913,750	90,688	105.00	9,522,188

Tabella 1: Certificati verdi e energia rinnovabile

ANALISI DI FATTIBILITA' ECONOMICA: teleriscaldamento minimale

**Modellizzazione utenza termica
"Teleriscaldamento minimale"**

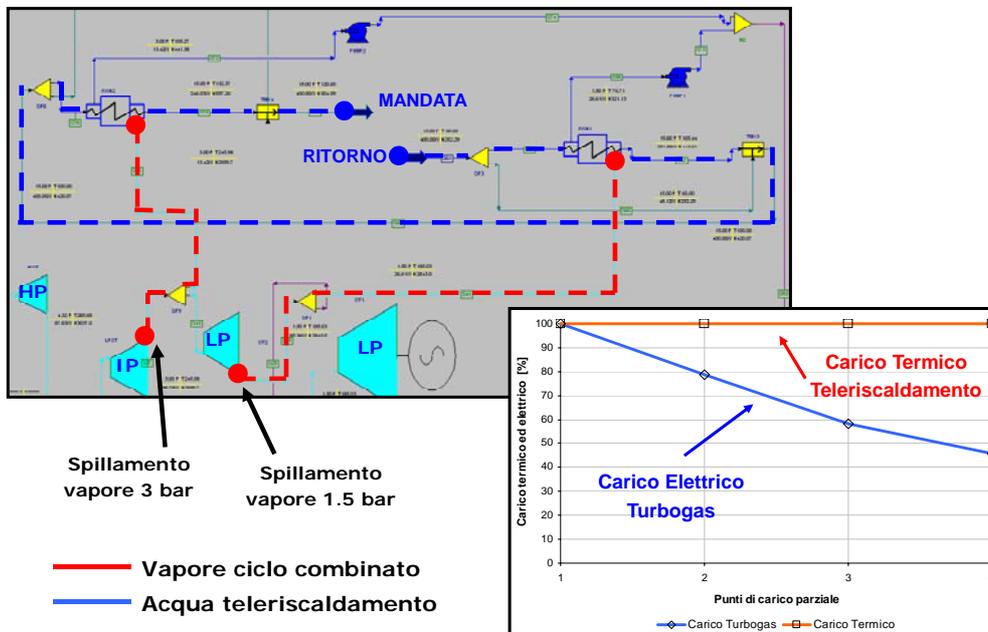


Figura 2: Modellizzazione utenza termica, teleriscaldamento minimale

La seconda analisi di fattibilità economica riguarda l'investimento derivante dalla costruzione della rete di teleriscaldamento minimale la cui modellizzazione è riportata in Figura 2. In tale analisi sono considerati tutti i flussi di cassa derivanti dall'aggiunta della rete di teleriscaldamento all'impianto a ciclo combinato, ovvero si deve considerare il differenziale tra la soluzione base rappresentata dalla singola centrale per la sola produzione di elettricità e la soluzione rappresentata dalla stessa centrale connessa alla rete di teleriscaldamento.

Poichè l'impianto viene considerato cogenerativo solo se possiede una sufficiente produzione di energia termica annua e poichè tale produzione si ottiene solo con l'utilizzo della totalità della rete di teleriscaldamento minimale, si consideri totalmente costruita tale rete fin dal primo anno di attività dell'impianto. La volumetria allacciata è pari a circa 10.800.000 m³. Grazie quindi all'aggiunta del ciclo combinato della rete del teleriscaldamento l'impianto risulta essere cogenerativo. A differenza del singolo impianto per la produzione della sola energia elettrica non è quindi più necessario immettere in rete la quantità annua di energia rinnovabile, ovvero non risulta più necessario acquistare la quota corrispondente di certificati verdi.

Il costo di cessione di un MWh_{EL} alla rete e il costo del combustibile necessario per la produzione sono i medesimi del caso precedente.

L'energia termica annua erogata all'utenza ($Q_{TH,TOT}$) è pari a circa 327.000 MWh_{th}. Per quantificare il relativo ricavo annuo (R_{TH}) utilizzare il prezzo di cessione del calore (c_{TH}) pari a 0.073575 Euro/kWh e ipotizzarlo costante lungo tutta la vita utile:

Per quanto riguarda la minor produzione di energia elettrica dell'impianto a causa dell'inserimento della rete del "Teleriscaldamento minimale" si è considerata la potenza elettrica persa dalla centrale (W_{PERSA}), rispetto al valore di 382.75 MW nominali (potenza del ciclo combinato puramente elettrico). Poichè l'andamento della potenza termica richiesta dalla rete durante l'anno risulta molto variabile (massima in corrispondenza di gennaio), lo è di conseguenza anche la perdita di potenza elettrica. Ovvero, in corrispondenza dei carichi termici parziali, non si ha la stessa perdita di potenza elettrica che si ha in corrispondenza della massima potenza termica richiesta dall'utenza. Nello specifico, utilizzare il valore di potenza elettrica persa in corrispondenza del massimo valore di potenza termica. Per calcolare la potenza elettrica persa in in tali condizioni utilizzare il valore di R.P. relativo. Mediante questo ragionamento si introduce una approssimazione, ovvero si sovrastima la potenza elettrica persa. Si penalizza quindi la reale produzione di energia elettrica della centrale cogenerativa considerando, rispetto alla realtà, una maggiore quantità annua di energia elettrica non prodotta. Viene così introdotto un coefficiente di sicurezza. Assumete lo stesso fattore di utilizzo elettrico (FU_{EL}) dell'impianto cogenerativo considerato nelle analisi precedenti riguardanti l'impianto puramente elettrico:

$$W_{PERSA} = \frac{W_{PICCO}}{R.P.}$$

$$Q_{EL,TOT} = W_{PERSA} \cdot FU_{EL}$$

$$C_{EL,PERSA} = Q_{PERSA} \cdot c_{EL}$$

L'inserimento della rete di teleriscaldamento implica l'inserimento di una serie di caldaie semplici mediante le quali si produce una quantità di energia termica pari al 10% del calore immesso in rete annualmente dal ciclo combinato. E' necessario quindi calcolare il costo del combustibile utilizzato annualmente dalle caldaie semplici per tale produzione di energia termica. Per il calcolo della quantità di combustibile necessario considerare un rendimento di caldaia pari a 85% e un PCI = 9.56 kWh/Smc. Assumere lo stesso costo specifico considerato nella precedente trattazione (0.31 euro/Smc) e ipotizzarlo costante nel tempo:

$$Q_{COMB} = \frac{E_{TH,CALDAIE}}{\eta_{CICLO} \cdot PCI_{GASNATURALE}}$$

$$C_{COMB} = Q_{COMB} \cdot c_{COMB}$$

L'investimento per la costruzione della rete di teleriscaldamento minimale ammonta a 55 MEuro. L'investimento per la centrale che comprende le caldaie semplici, il pompaggio, un accumulatore di calore e il sistema di reintegro rete, ammonta invece a 16 MEuro.

La vita utile dell'impianto è pari a 20 anni. Tale scelta deriva dal fatto che per un impianto cogenerativo, reso tale mediante l'implementazione di una rete di teleriscaldamento, il lasso di anni in cui, secondo la legislazione vigente a livello nazionale, rimarrebbero inalterati i limiti minimi dei parametri cogenerativi (IRE – LT) è pari a 20 anni (Delibera 42/02 articolo 3).

Il costo annuo di manutenzione della rete di teleriscaldamento è pari al 3% dell'investimento iniziale mentre il costo annuo di manutenzione della centrale di cogenerazione è pari all'1% dell'investimento iniziale. Entrambe i costi di manutenzione comprendono anche i costi per il personale.

Il costo industriale annuo rappresenta un margine di sicurezza che viene solitamente inserito in questo tipo di analisi, ovvero un costo salvagente, ed è assunto pari al 15% dei ricavi.

L'inflazione è pari al 2%.

Le imposte vengono definite all'interno della Finanziaria 2008 e sono composte dall'IRES (27.5% del reddito operativo) e dall'IRAP (3.9 % di reddito operativo e costi del personale) e vengono pagate l'anno successivo a quello di competenza.

DOMANDE

In riferimento all'investimento per la realizzazione della rete di teleriscaldamento minimale annessa alla centrale a ciclo combinato e all'investimento relativo al ciclo combinato e alla luce dei risultati della fattibilità tecnica, i cui parametri sono stati precedentemente riportati, si conduca una analisi di fattibilità economica per i due progetti, in particolare:

- 1- Determinare i flussi di cassa relativi al periodo di investimento considerato.
- 2- Attualizzare tali flussi mediante il tasso di sconto opportunamente scelto.
- 3- Rappresentare la cumulata dei flussi di cassa attualizzati e non.
- 4- Calcolare il valore aggiunto netto (VAN), il tasso interno di rendimento (TIR) e il tempo di pay-back (TPB) attualizzato e non.
- 5- Effettuare una analisi di sensibilità (rispetto a VAN, TIR e TPB) rispetto ai parametri ritenuti critici, in particolare al variare della quota di energia rinnovabile.
- 6- Concludere e argomentare la valutazione economica dell'intero progetto di investimento.

Effettuare tutte le ipotesi necessarie per concludere la valutazione economica dei due progetti.