

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

**Sezione A**  
**PROVA PRATICA**  
**16 Febbraio 2018**

**Tema n° 1 – Sicurezza e Protezione Civile**

In un CED è prevista, ai fini della sicurezza antincendio, l'installazione di un sistema di controllo incendi (rivelazione fumi) realizzato con sensori ottici. A causa di ampliamenti del compartimento ospitante il CED, l'impianto di rivelazione è stato realizzato in fasi successive con sensori provenienti da tre differenti forniture (**a**, **b** e **c**) aventi probabilità di guasto dichiarate (fornitura **a**:  $p_a = 4.0 \cdot 10^{-4}$ ; fornitura **b**:  $p_b = 2.0 \cdot 10^{-3}$ ; fornitura **c**:  $p_c = 9.0 \cdot 10^{-4}$ ). La composizione percentuale è nota: fornitura **a** = 28%, fornitura **c** = 36%.

Il tempo di ritorno dell'evento iniziatore (incendio) è pari a:  $T(EI) = 5.0 \cdot 10^2$  [anno]

Rispetto all'attivazione efficace del sistema di controllo incendi è richiesto, per ogni posizione del focolaio interna alle aree d'influenza dei singoli sensori (raggio di copertura assegnato) e sul contorno delle aree stesse, il funzionamento di **almeno uno** dei rivelatori attivi.

Il rischio incendio può essere valutato rappresentando attraverso un modello "Event Tree Analysis" l'evoluzione del flusso del pericolo sulla base seguenti delle indicazioni.

Per la probabilità dell'evento iniziatore si assuma la condizione di equiprobabilità rispetto alla posizione del focolaio d'incendio nell'area del CED. Ciò comporta che il focolaio d'incendio possa innescarsi in qualsiasi punto dell'area con la medesima probabilità.

Gli eventi esaminati per la rappresentazione dell'ETA sono di seguito indicati:

- Sistema di controllo (rivelazione) incendio (di seguito **Sottosistema 1**);
- Sistema di spegnimento (di seguito **Sottosistema 2**), dipendente dal sistema di rivelazione;
- Evacuazione (fuga degli addetti) dipendente dai sistemi 1 e 2 (di seguito **Sottosistema 3**).

Per l'attribuzione delle probabilità di funzionamento del sistema di spegnimento, si consideri:

- la probabilità di corretto funzionamento del sistema di spegnimento, condizionata all'attivazione manuale dello stesso (in caso di mancato funzionamento del sistema di rivelazione), assegnata:  $P(E_2 | \bar{E}_1) = 10^{-2} \cdot P(E_2 | E_1)$
- la probabilità di malfunzionamento del sistema di spegnimento, condizionata dal corretto funzionamento del sistema di rivelazione dell'incendio, è  $P(\bar{E}_2 | E_1) = 1.35 \cdot 10^{-3}$ ;

Ai fini della valutazione dell'efficacia dell'evacuazione (capacità degli addetti di raggiungere un "luogo sicuro" rispetto alla pianificazione dell'emergenza predisposta nel laboratorio) si consideri che l'evento è condizionato dalla risposta dei sottosistemi preposti alla rivelazione e allo spegnimento.

In caso di corretto funzionamento di entrambi i sottosistemi 1 e 2, la probabilità dell'evento "efficacia dell'evacuazione" vale:  $P(E_3 | E_1 \cap E_2) = 8.5 \cdot 10^{-1}$ .

In caso di mancato funzionamento di uno dei due sottosistemi 1 e 2, ai fini della valutazione della probabilità dell'evento "efficacia dell'evacuazione", in prima approssimazione l'effetto dell'efficacia del sistema di rivelazione dell'incendio si considera equivalente all'effetto dell'efficacia del sistema di spegnimento automatico:

$$P(E_3 | E_1 \cap \bar{E}_2) = P(E_3 | \bar{E}_1 \cap E_2) = 7.5 \cdot 10^{-1}.$$



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

$$P(E_3 | \bar{E}_1 \cap \bar{E}_2) = 8.5 \cdot 10^{-3}.$$

Assumendo che:

La presenza di addetti (**Evento 4**) all'interno dell'area di lavoro è determinata dallo svolgimento di due turni lavorativi giornalieri:

- **turno lavorativo: 6.00-14.00** – con  $N = 14$  addetti;
- **turno lavorativo: 12.00-20.00** – con  $N = 10$  addetti;
- **turno lavorativo: 20.00-6.00** – con  $N = 3$  addetti

dove,  $N$  indica il numero di addetti presente all'interno dell'area di lavoro durante il turno.

La **probabilità dell'evento**  $\bar{E}_4$  (presenza di addetti) sia coerentemente attribuita in funzione della durata dei turni (le giornate lavorative annue sono pari a 254).

- 1) Si calcoli la probabilità di malfunzionamento del sistema di controllo incendio rispetto alle posizioni del focolaio che implicano l'attivazione di uno o più sensori proponendo anche uno schema di rappresentazione.
- 2) Si calcoli la probabilità dell'evento  $\bar{E}_4$
- 3) Si rappresenti l'albero degli eventi tenuto conto dell'evento iniziatore e dei sottoeventi descritti.
- 4) Si valutino le probabilità di fine ramo che caratterizzano l'evoluzione del flusso del pericolo condizionata alla risposta di tutti i sistemi valutati ai punti precedenti. Ai fini della risoluzione dell'albero degli eventi si attribuisca la probabilità di malfunzionamento del sistema di controllo incendi rispetto alla condizione più gravosa tra quelle individuate al punto 1.

Per l'attribuzione del danno associato agli scenari di fine ramo, si consideri che, in caso di **inefficacia dell'evacuazione** comunque condizionata, l'esito è sempre la morte di tutti gli esposti.

In tutti gli altri casi non si registrano conseguenze per gli esposti.

- 5) Si calcoli il valore atteso della variabile aleatoria danno  $E[D]$
- 6) Si determini la distribuzione retrocumulata  $F(D) = P(D \geq D^*)$  della variabile aleatoria danno.
- 7) Si rappresenti la distribuzione retrocumulata su un piano ALARP definendo il criterio di accettabilità del rischio e commentando il risultato.

*Autore*  
*B. Ser*  
*E. Napoli*  
*RTK*  
*Giuseppe*



SAPIENZA  
UNIVERSITÀ DI ROMA

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

**Sezione A**  
**PROVA PRATICA**  
**16 Febbraio 2018**

**Tema n° 2 – Chimica**

40000 kg/h di vapori di pentano, che si trovano alla pressione di 2 atm e alla temperatura di saturazione, pari a 58.0 °C, vanno condensati, utilizzando come refrigerante acqua industriale.

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

| <i>Proprietà fisiche</i>                | <i>pentano liquido</i> | <i>pentano vapore</i> | <i>acqua industriale</i> |
|---|------------------------|-----------------------|--------------------------|
| <i>Densità (kg/m<sup>3</sup>)</i>       | 587                    | 5.67                  | 995                      |
| <i>Calore specifico (J/kg°C)</i>        | 2518                   | 1847                  | 4180                     |
| <i>Viscosità (mPa s)</i>                | 0.182                  | 0.0077                | 0.77                     |
| <i>Conducibilità termica (W/mK)</i>     | 0.101                  | 0.018                 | 0.62                     |
| <i>Calore di vaporizzazione (kJ/kg)</i> | 346                    |                       |                          |

*[Handwritten signatures and notes in blue ink]*  
Eto/ant  
RAB  
Zurich



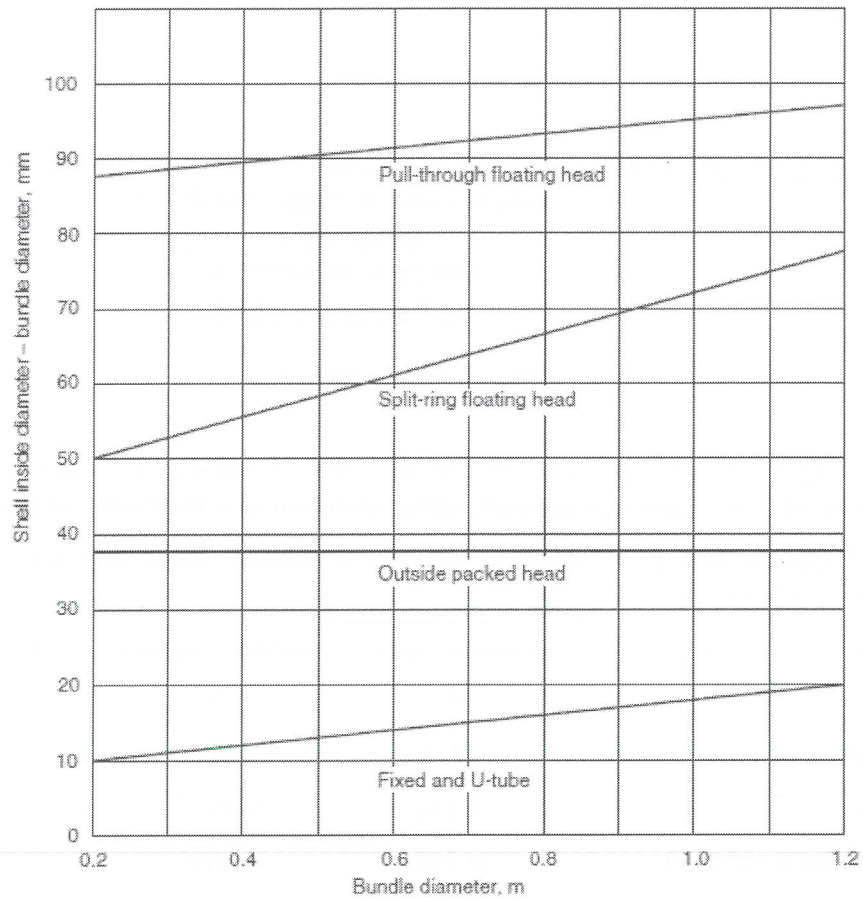


Figure 12.10. Shell-bundle clearance

$$D_b = d_o \left( \frac{N_t}{K_1} \right)^{1/n_1}$$

where  $N_t$  = number of tubes,

$D_b$  = bundle diameter, mm,

$d_o$  = tube outside diameter, mm.

Table 12.4. Constants for use in equation 12.3

| Triangular pitch, $p_t = 1.25d_o$ |       |       |       |        |
|-----------------------------------|-------|-------|-------|--------|
| No. passes                        | 1     | 2     | 4     | 6      |
| $K_1$                             | 0.319 | 0.249 | 0.175 | 0.0743 |
| $n_1$                             | 2.142 | 2.207 | 2.285 | 2.499  |



### ***Coefficients for water***

$$h_i = \frac{4200(1.35 + 0.02t)u_t^{0.8}}{d_i^{0.2}} \quad (12.17)$$

where  $h_i$  = inside coefficient, for water,  $\text{W/m}^2\text{°C}$ ,

$t$  = water temperature,  $\text{°C}$ ,

$u_t$  = water velocity,  $\text{m/s}$ ,

$d_i$  = tube inside diameter,  $\text{mm}$ .

### **12.10.2. Condensation outside horizontal tubes**

Using Kern's method, the mean coefficient for a tube bundle is given by:

$$(h_c)_b = 0.95k_L \left[ \frac{\rho_L(\rho_L - \rho_v)g}{\mu_L \Gamma_h} \right]^{1/3} N_r^{-1/6} \quad (12.50)$$

where  $\Gamma_h = \frac{W_c}{LN_t}$

and  $L$  = tube length,

$W_c$  = total condensate flow,

$N_t$  = total number of tubes in the bundle,

$N_r$  = average number of tubes in a vertical tube row.

$N_r$  can be taken as two-thirds of the number in the central tube row.

### ***Pressure drop***

#### ***Tube-side***

$$\Delta P_t = N_p \left[ 8j_f \left( \frac{L}{d_i} \right) \left( \frac{\mu}{\mu_w} \right)^{-m} + 2.5 \right] \frac{\rho u_t^2}{2} \quad (12.20)$$

where  $\Delta P_t$  = tube-side pressure drop,  $\text{N/m}^2$  (Pa),

$N_p$  = number of tube-side passes,

$u_t$  = tube-side velocity,  $\text{m/s}$ ,

$L$  = length of one tube.

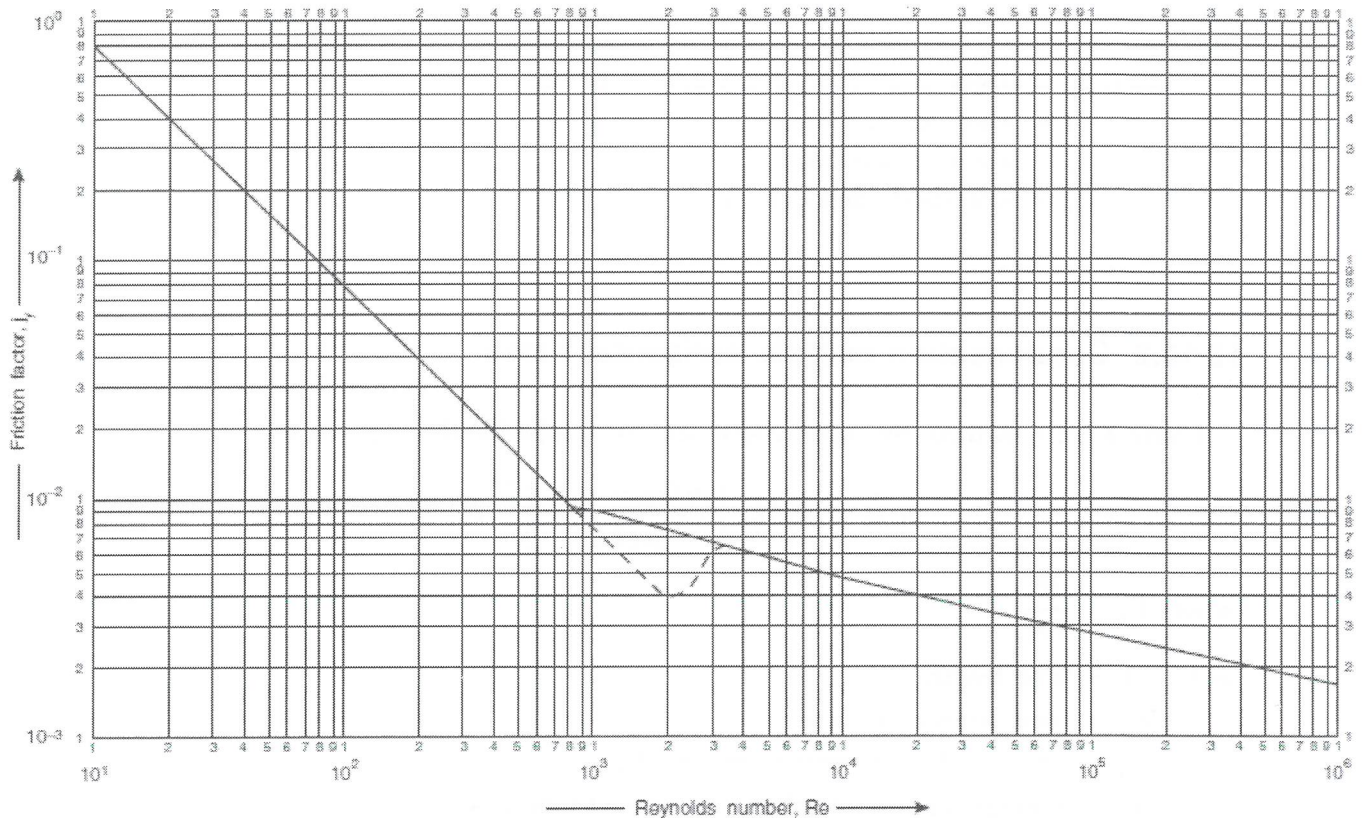


Figure 12.24. Tube-side friction factors

### 12.10.9. Pressure drop in condensers

A common practice is to calculate the pressure drop using the methods for single-phase flow and apply a factor to allow for the change in vapour velocity. For total condensation, Frank (1978) suggests taking the pressure drop as 40 per cent of the value based on the inlet vapour conditions; Kern (1950) suggests a factor of 50 per cent.

$$\Delta P_s = 8j_f \left( \frac{D_s}{d_e} \right) \left( \frac{L}{l_B} \right) \frac{\rho u_s^2}{2} \left( \frac{\mu}{\mu_w} \right)^{-0.14} \quad \text{where } L = \text{tube length,} \\ l_B = \text{baffle spacing}$$

$$G_s = \frac{W_s}{A_s}$$

where  $W_s$  = fluid flow-rate on the shell-side, kg/s,  
 $\rho$  = shell-side fluid density, kg/m<sup>3</sup>.

$$u_s = \frac{G_s}{\rho}$$

where  $p_t$  = tube pitch,

$d_o$  = tube outside diameter,

$D_s$  = shell inside diameter, m,  $\frac{(p_t - d_o)D_s l_B}{p_t} = A_s$

For an equilateral triangular pitch arrangement:

n.

$$d_e = \frac{4 \left( \frac{p_t}{2} \times 0.87 p_t - \frac{1}{2} \pi \frac{d_o^2}{4} \right)}{\frac{\pi d_o}{2}} = \frac{1.10}{d_o} (p_t^2 - 0.917 d_o^2)$$

where  $d_e$  = equivalent diameter, m

$d_e$  equivalent diameter, m

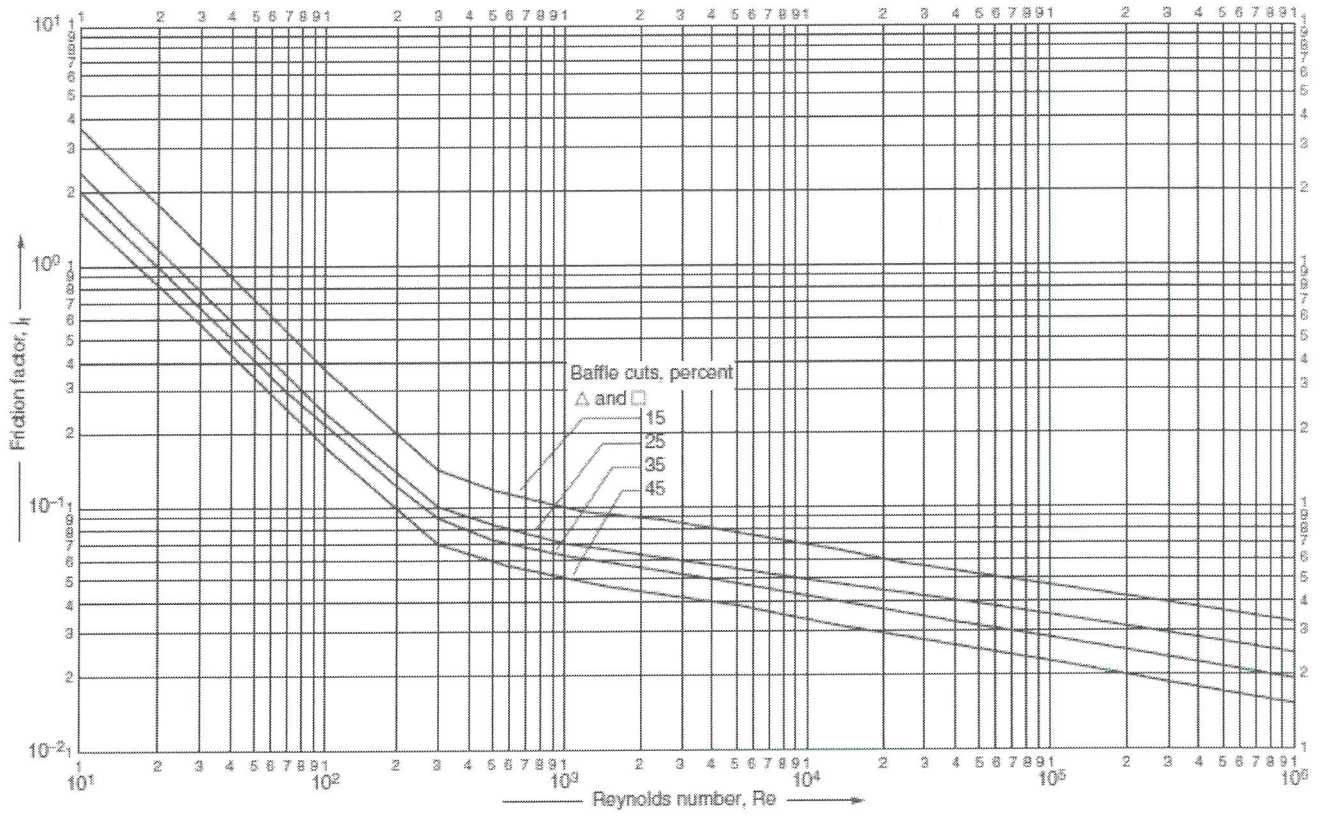


Figure 12.30. Shell-side friction factors, segmental baffles







**SAPIENZA**  
UNIVERSITÀ DI ROMA

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

**Sezione A**  
**PROVA PRATICA**  
**16 Febbraio 2018**

**Tema n° 3 – Aeronautica/Aerospaziale**

**Tema Propulsivo**

Un propulsore aeronautico deve fornire una spinta al decollo di 250kN.

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

Il candidato consideri poi, che il propulsore in esame verrà utilizzato in una configurazione quadrimotore su un aereo di linea (per un totale di 1000kN). Si dia quindi una stima di massima del peso globale del velivolo al decollo.

Utilizzando tale dato, il candidato valuti inoltre, la possibile velocità e quota di servizio, dia una stima della superficie, dell'apertura alare e del rapporto di rastremazione. Valuti quindi la spinta necessaria in tali condizioni.

Il candidato individui infine tra gli aeromobili a lui noti, i possibili concorrenti.

*Autore*  
*B. Ser*  
*E. Z. put*  
*JS*  
*Amisil*







**SAPIENZA**  
UNIVERSITÀ DI ROMA

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

**Sezione A**  
**PROVA PRATICA**  
**16 Febbraio 2018**

**Tema n° 4 – Aeronautica/Aerospaziale**

**Tema di Impianti Aeronautici**

Si progetti un sistema di allerta per i piloti in caso di prossimità del suolo. Il candidato dopo aver indicato i principali requisiti del sistema proposto produca:

- Un diagramma a blocchi funzionali per descrivere i principali componenti del sistema progettato e le loro interconnessioni
- Un diagramma di Markov dell'impianto progettato
- Un diagramma ad albero per la valutazione dei rischi. Si consideri che la probabilità di una rottura con perdita definitiva dell'impianto dovrà essere inferiore a  $10^{-4}$  per ora di volo. Il candidato assegni le probabilità di rottura dei singoli componenti secondo propri criteri.

*[Handwritten signatures and initials in black and blue ink, including 'B. Sbr.', 'E. P.', and others.]*





SAPIENZA  
UNIVERSITÀ DI ROMA

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

**Sezione A**  
**PROVA PRATICA**  
**16 Febbraio 2018**

**Tema n° 5 – Aeronautica/Aerospaziale**

**Tema Strutturale**

Un velivolo da trasporto civile, dal peso totale di 150 t, è in virata corretta con una velocità al vento di 400 Kts, ad una quota di 30000 ft ed angolo di rollio pari a  $20^\circ$ . Assumendo una forma in pianta dell'ala rettangolare con corda media pari a 8 m ed allungamento di 10, ed assumendo ragionevoli ipotesi sul progetto generale del velivolo, determinare:

1. Diagramma delle sollecitazioni di taglio in funzione dell'apertura alare;
2. Diagramma delle sollecitazioni del momento flettente in funzione dell'apertura alare;
3. I valori massimi delle precedenti caratteristiche della sollecitazione ed indicare i relativi margini di sicurezza.

Si effettui inoltre il dimensionamento preliminare del cassone resistente a partire dal precedente stato di sollecitazione. A tale scopo assumere per semplicità il cassone monoconnesso e realizzato in lega d'alluminio e formato da un opportuno numero di correntini di rinforzo, nonché del valore delle relative aree resistenti a trazione/compressione e dello spessore del rivestimento.

*[Handwritten signatures and initials]*  
D. M. Hall  
B. S. p.  
Eniok  
B. S.  
Z. p.







**SAPIENZA**  
UNIVERSITÀ DI ROMA

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

**Sezione A**  
**PROVA PRATICA**  
**16 Febbraio 2018**

**Tema n° 6 – Astronautica/Spaziale**

**Tema Propulsivo**

Si consideri un endoreattore a propellente liquido caratterizzato da un carico utile di 1200 kg e da una massa strutturale, escluso il propellente, di 600 kg.

Il candidato progetti una missione che lo porti ad effettuare una prima manovra orbitale con  $\Delta V = 4000$  m/s, quindi una successiva con  $\Delta V = 250$  m/s e quindi una terza con  $\Delta V = 100$  m/s.

Il candidato scelga la combinazione combustibile-ossidante da utilizzare e ne calcoli la quantità necessaria per ciascuna manovra.

Il candidato scelga inoltre opportunamente la temperatura in camera di combustione e il rapporto d'area dell'ugello. Valuti infine l'evoluzione della massa totale da inizio a fine missione.

*[Handwritten signatures and notes in blue and black ink]*  
Etiop/aut  
[Signature]







**SAPIENZA**  
UNIVERSITÀ DI ROMA

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

**Sezione A**  
**PROVA PRATICA**  
**16 Febbraio 2018**

**Tema n° 7 – Astronautica/Spaziale**

**Tema di meccanica del volo spaziale e sistemi spaziali**

Un satellite orbita a 500 km di quota costante su un piano equatoriale. La stazione di Terra per la trasmissione dei dati e la ricezione dei comandi è posta in Kenya a latitudine teorica di  $0^\circ$  e viene utilizzata con angolo di maschera pari a  $10^\circ$ . Supponendo di avere dei pannelli solari con celle a tripla giunzione e con area complessiva di 4 mq, rivolti costantemente verso il Sole nelle fasi illuminate, il candidato determini la potenza disponibile al bus per le operazioni di mantenimento in condizioni operative del satellite. Si consideri che la potenza in trasmissione (esclusivamente utilizzata nei periodi di visibilità della stazione) è pari ad  $1/5$  della potenza disponibile al bus e che la potenza consumata dal satellite è uguale nelle fasi in eclissi ed illuminata. Si dimensionino anche il pacco batterie necessario per sostenere il satellite nella fase in eclissi. Si indichino valori tipici di efficienza per le celle solari, per i sistemi di distribuzione della potenza e per le batterie in carica e scarica.

Supponendo poi che il satellite, per necessità di missione, debba spostarsi su un'orbita eccentrica tale da avere il perigeo all'interno dell'atmosfera (250 km) e l'apogeo a 800 km, mantenendo il piano orbitale costante, si indichi la sequenza di manovre impulsive necessarie e calcolare il  $\Delta V$  richiesto.

Il candidato assuma i dati mancanti indicando i motivi delle scelte e non si limiti a indicare i risultati ma descriva il procedimento.

*[Handwritten signature]*  
*[Handwritten signature]*  
*[Handwritten signature]*  
*[Handwritten signature]*  
*[Handwritten signature]*





**Sezione A**  
**PROVA PRATICA**  
**16 Febbraio 2018**

## Tema Strutturale

Una piattaforma destinata ad ospitare personale tecnico scientifico ed orbitante intorno la terra, con un'orbita geostazionaria, ha una struttura resistente assimilabile, in prima approssimazione, ad un toro a sezione circolare di raggi 25 [m] e 4[m] rispettivamente. Si determini, adottando le opportune ipotesi semplificative, lo stato di sollecitazione e deformazione elastica della struttura qualora la si realizzasse in lega leggera. Valutare, infine, l'effetto di una paratia di sicurezza sullo stato di sollecitazione e deformazione strutturale.

Sublime  
B Ser.  
Exo/aut  
RR  
7/2/8





**SAPIENZA**  
UNIVERSITÀ DI ROMA

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

**Sezione A**  
**PROVA PRATICA**  
**16 Febbraio 2018**

**Tema n° 9 – Ingegneria Energetica**  
**Macchine Elettriche**

Un motore asincrono trifase a 6 poli è alimentato - attraverso un generatore sincrono a 12 poli ed una linea avente resistenza e induttanza di fase rispettivamente pari a  $0.8 \Omega$  e  $1.6 \text{ mH}$  – con tensione  $380 \text{ V}$ , frequenza  $100 \text{ Hz}$ . Tale motore asincrono rende disponibile una coppia elettromagnetica di  $80 \text{ Nm}$  ruotando alla velocità di  $1900 \text{ giri/min}$ , ed è noto che in tale condizione di lavoro le perdite nel ferro sono pari a  $1.4 \text{ kW}$ , le perdite nell'avvolgimento statorico sono pari a  $750 \text{ W}$  e ai terminali dell'avvolgimento statorico il fattore di potenza è  $\cos \varphi = 0.8$ . Sapendo che il motore è in grado di sviluppare una coppia elettromagnetica massima pari a 3 volte quella di avviamento, determinare la resistenza di fase dell'avvolgimento rotorico, sapendo che a rotore bloccato la reattanza di dispersione di rotore vale  $0.9 \wedge$ . Calcolare inoltre l'angolo di carico del generatore sincrono sapendo che le perdite per effetto Joule nel generatore possono ritenersi trascurabili e che l'induttanza sincrona è pari a  $2.2 \text{ mH}$

*[Handwritten signatures in blue ink:]*  
F. Serrano  
E. Nobile  
[Signature]  
[Signature]





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

**Sezione A**  
**PROVA PRATICA**  
**16 Febbraio 2018**

## Tema n° 10 – Energetica

Si consideri un impianto a vapore con pressione massima di 160 bar e temperatura massima del vapore pari a 550°C. Il vapore esausto è condotto ad un condensatore che usa acqua di raffreddamento con temperatura di 15°, la variazione di temperatura massima dell'acqua di raffreddamento è pari a 10°C e la differenza di temperatura di pinch point al condensatore è pari a 10°C.

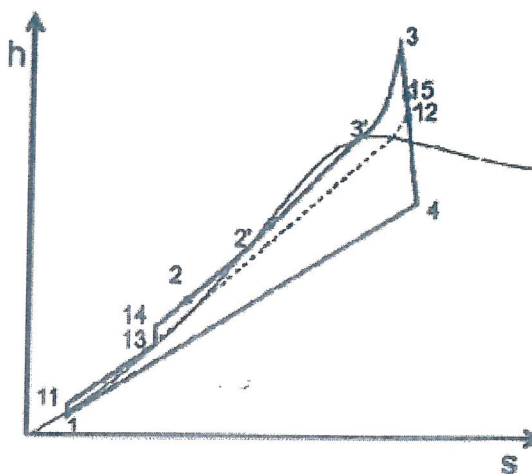
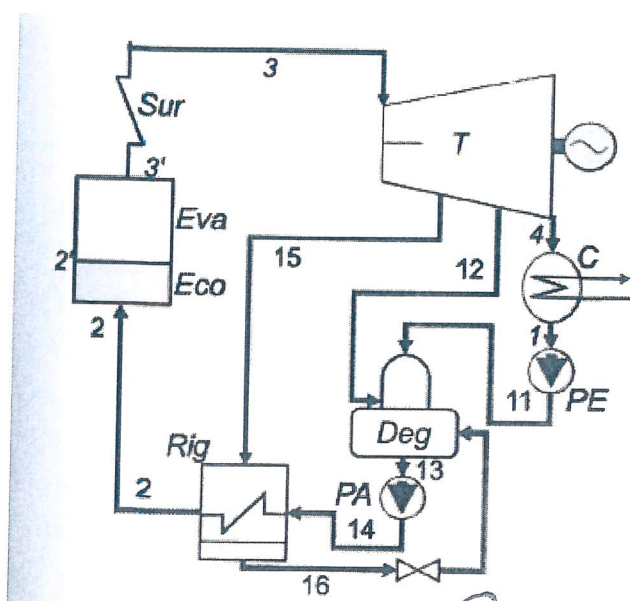
Fra la pompa di estrazione PE e la pompa di alimentazione PA è presente un degasatore alla pressione di 6 bar, alimentato da uno spillamento in turbina.

L'acqua in uscita dal degasatore è preriscaldata ulteriormente prima di entrare in caldaia da un rigeneratore a superficie che presenta un pinch point di 12 °C e un sottoraffreddamento di 40°C. Il rigeneratore è alimentato da uno spillamento della turbina alla pressione di 15 bar.

I rendimenti isoentropici della turbina a vapore nei vari tratti di espansione, a partire dall'ingresso in turbina sono 0.80, 0.82 e 0.82.

Sapendo che la potenza prodotta è uguale a 80 MW, determinare tutti i parametri termodinamici e la portata di vapore.

Si faccia riferimento allo schema in figura e alle tabelle termodinamiche del liquido e del vapore riportate nelle prossime pagine.



16

*Handwritten signature*

Enoch W. White

B Spr

Tabelle del Liquido/vapore saturo

| P<br>bar | T<br>°C | V <sub>cli</sub><br>m <sup>3</sup> /kg | V <sub>cls</sub><br>m <sup>3</sup> /kg | h <sub>cli</sub><br>kJ/kg | h <sub>cls</sub><br>kJ/kg | s <sub>cli</sub><br>kJ/kgK | s <sub>cls</sub><br>kJ/kgK |
|----------|---------|--|--|---------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|
| 0.01     | 6.97    | 0.00100                                | 129.1833                               | 29.30                     | 2513.68                   | 0.1059                     | 8.9749                     |
| 0.02     | 17.50   | 0.00100                                | 66.9896                                | 73.43                     | 2532.91                   | 0.2606                     | 8.7227                     |
| 0.03     | 24.08   | 0.00100                                | 45.6550                                | 100.99                    | 2544.88                   | 0.3543                     | 8.5766                     |
| 0.04     | 28.96   | 0.00100                                | 34.7925                                | 121.40                    | 2553.71                   | 0.4224                     | 8.4735                     |
| 0.05     | 32.88   | 0.00101                                | 28.1863                                | 137.77                    | 2560.77                   | 0.4763                     | 8.3939                     |
| 0.06     | 36.16   | 0.00101                                | 23.7342                                | 151.49                    | 2566.67                   | 0.5209                     | 8.3291                     |
| 0.07     | 39.00   | 0.00101                                | 20.5252                                | 163.37                    | 2571.76                   | 0.5591                     | 8.2746                     |
| 0.08     | 41.51   | 0.00101                                | 18.0994                                | 173.85                    | 2576.24                   | 0.5925                     | 8.2274                     |
| 0.09     | 43.76   | 0.00101                                | 16.1997                                | 183.26                    | 2580.25                   | 0.6223                     | 8.1859                     |
| 0.10     | 45.81   | 0.00101                                | 14.6706                                | 191.81                    | 2583.89                   | 0.6492                     | 8.1489                     |
| 0.15     | 53.97   | 0.00101                                | 10.0204                                | 225.94                    | 2598.30                   | 0.7548                     | 8.0071                     |
| 0.20     | 60.06   | 0.00102                                | 7.6482                                 | 251.40                    | 2608.95                   | 0.8320                     | 7.9072                     |
| 0.25     | 64.96   | 0.00102                                | 6.2034                                 | 271.93                    | 2617.45                   | 0.8931                     | 7.8302                     |
| 0.30     | 69.10   | 0.00102                                | 5.2286                                 | 289.23                    | 2624.55                   | 0.9439                     | 7.7675                     |
| 0.35     | 72.68   | 0.00102                                | 4.5252                                 | 304.25                    | 2630.67                   | 0.9876                     | 7.7146                     |
| 0.40     | 75.86   | 0.00103                                | 3.9931                                 | 317.57                    | 2636.05                   | 1.0259                     | 7.6690                     |
| 0.45     | 78.71   | 0.00103                                | 3.5761                                 | 329.55                    | 2640.86                   | 1.0601                     | 7.6288                     |
| 0.50     | 81.32   | 0.00103                                | 3.2401                                 | 340.48                    | 2645.21                   | 1.0910                     | 7.5930                     |
| 0.60     | 85.93   | 0.00103                                | 2.7318                                 | 359.84                    | 2652.85                   | 1.1452                     | 7.5311                     |
| 0.70     | 89.93   | 0.00104                                | 2.3649                                 | 376.68                    | 2659.42                   | 1.1919                     | 7.4790                     |
| 0.80     | 93.49   | 0.00104                                | 2.0872                                 | 391.64                    | 2665.18                   | 1.2328                     | 7.4339                     |
| 0.90     | 96.69   | 0.00104                                | 1.8695                                 | 405.13                    | 2670.31                   | 1.2694                     | 7.3942                     |
| 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                     |



| P<br>bar | T<br>°C | $v_{cli}$<br>$m^3/kg$ | $v_{cls}$<br>$m^3/kg$ | $h_{cli}$<br>$kJ/kg$ | $h_{cls}$<br>$kJ/kg$ | $s_{cli}$<br>$kJ/kgK$ | $s_{cls}$<br>$kJ/kgK$ |
|----------|---------|-----------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 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                |
| 85.00    | 299.27  | 0.00140               | 0.0219                | 1340.70              | 2750.96              | 3.2478                | 5.7115                |
| 90.00    | 303.35  | 0.00142               | 0.0205                | 1363.65              | 2742.88              | 3.2866                | 5.6790                |
| 95.00    | 307.25  | 0.00144               | 0.0192                | 1386.02              | 2734.38              | 3.3240                | 5.6472                |
| 100.00   | 311.00  | 0.00145               | 0.0180                | 1407.87              | 2725.47              | 3.3603                | 5.6159                |
| 105.00   | 314.61  | 0.00147               | 0.0170                | 1429.27              | 2716.14              | 3.3956                | 5.5850                |
| 110.00   | 318.08  | 0.00149               | 0.0160                | 1450.28              | 2706.39              | 3.4300                | 5.5545                |
| 115.00   | 321.44  | 0.00151               | 0.0151                | 1470.95              | 2696.21              | 3.4636                | 5.5243                |
| 120.00   | 324.68  | 0.00153               | 0.0143                | 1491.33              | 2685.58              | 3.4965                | 5.4941                |
| 125.00   | 327.82  | 0.00155               | 0.0135                | 1511.46              | 2674.49              | 3.5288                | 5.4640                |
| 130.00   | 330.86  | 0.00157               | 0.0128                | 1531.40              | 2662.89              | 3.5606                | 5.4339                |
| 135.00   | 333.81  | 0.00159               | 0.0121                | 1551.19              | 2650.77              | 3.5920                | 5.4036                |
| 140.00   | 336.67  | 0.00161               | 0.0115                | 1570.88              | 2638.09              | 3.6230                | 5.3730                |
| 145.00   | 339.45  | 0.00163               | 0.0109                | 1590.51              | 2624.81              | 3.6538                | 5.3422                |
| 150.00   | 342.16  | 0.00166               | 0.0103                | 1610.15              | 2610.86              | 3.6844                | 5.3108                |
| 155.00   | 344.79  | 0.00168               | 0.0098                | 1629.85              | 2596.22              | 3.7150                | 5.2789                |
| 160.00   | 347.36  | 0.00171               | 0.0093                | 1649.67              | 2580.80              | 3.7457                | 5.2463                |
| 165.00   | 349.86  | 0.00174               | 0.0088                | 1669.68              | 2564.57              | 3.7765                | 5.2129                |
| 170.00   | 352.29  | 0.00177               | 0.0084                | 1690.04              | 2547.41              | 3.8077                | 5.1785                |
| 175.00   | 354.67  | 0.00180               | 0.0079                | 1710.76              | 2529.11              | 3.8393                | 5.1428                |
| 180.00   | 356.99  | 0.00184               | 0.0075                | 1732.02              | 2509.53              | 3.8717                | 5.1055                |
| 185.00   | 359.26  | 0.00188               | 0.0071                | 1753.99              | 2488.41              | 3.9050                | 5.0663                |
| 190.00   | 361.47  | 0.00193               | 0.0067                | 1776.89              | 2465.41              | 3.9396                | 5.0246                |
| 195.00   | 363.63  | 0.00198               | 0.0063                | 1801.08              | 2440.01              | 3.9762                | 4.9795                |
| 200.00   | 365.75  | 0.00204               | 0.0059                | 1827.10              | 2411.39              | 4.0154                | 4.9299                |
| 205.00   | 367.81  | 0.00211               | 0.0054                | 1855.90              | 2378.16              | 4.0588                | 4.8736                |
| 210.00   | 369.83  | 0.00221               | 0.0050                | 1889.40              | 2337.54              | 4.1093                | 4.8062                |

Tabelle del vapore

| $P(\text{bar})$    | 1.00                   |                |                 | 5.00                   |                |                 | 10.00                  |                |                 |
|--------------------|------------------------|----------------|-----------------|------------------------|----------------|-----------------|------------------------|----------------|-----------------|
| $T_{\text{sat}}$   | 99.61                  |                |                 | 151.84                 |                |                 | 179.89                 |                |                 |
| $T$                | $v$                    | $h$            | $s$             | $v$                    | $h$            | $s$             | $v$                    | $h$            | $s$             |
| $^{\circ}\text{C}$ | $\text{m}^3/\text{kg}$ | $\text{kJ/kg}$ | $\text{kJ/kgK}$ | $\text{m}^3/\text{kg}$ | $\text{kJ/kg}$ | $\text{kJ/kgK}$ | $\text{m}^3/\text{kg}$ | $\text{kJ/kg}$ | $\text{kJ/kgK}$ |
| GLI                | 0.00104                | 417.44         | 1.3026          | 0.00109                | 640.19         | 1.8606          | 0.00113                | 762.68         | 2.1384          |
| CLS                | 1.69402                | 2674.95        | 7.3568          | 0.37480                | 2748.11        | 6.8206          | 0.19435                | 2777.12        | 6.5850          |
| 0.01               | 0.00100                | 0.10           | 0.0000          | 0.00100                | 0.51           | 0.0000          | 0.00100                | 1.02           | 0.0001          |
| 10                 | 0.00100                | 42.12          | 0.1511          | 0.00100                | 42.51          | 0.1510          | 0.00100                | 42.98          | 0.1510          |
| 20                 | 0.00100                | 84.01          | 0.2965          | 0.00100                | 84.39          | 0.2964          | 0.00100                | 84.86          | 0.2963          |
| 30                 | 0.00100                | 125.83         | 0.4368          | 0.00100                | 126.20         | 0.4368          | 0.00100                | 126.65         | 0.4365          |
| 40                 | 0.00101                | 167.62         | 0.5774          | 0.00101                | 167.99         | 0.5772          | 0.00101                | 168.42         | 0.5770          |
| 50                 | 0.00101                | 209.41         | 0.7038          | 0.00101                | 209.78         | 0.7035          | 0.00101                | 210.19         | 0.7033          |
| 60                 | 0.00102                | 251.22         | 0.8312          | 0.00102                | 251.56         | 0.8310          | 0.00102                | 251.96         | 0.8307          |
| 70                 | 0.00102                | 293.07         | 0.9550          | 0.00102                | 293.40         | 0.9547          | 0.00102                | 293.81         | 0.9544          |
| 80                 | 0.00103                | 334.99         | 1.0754          | 0.00103                | 335.31         | 1.0751          | 0.00103                | 335.71         | 1.0748          |
| 90                 | 0.00104                | 376.99         | 1.1926          | 0.00104                | 377.30         | 1.1923          | 0.00104                | 377.69         | 1.1920          |
| 100                | 1.69595                | 2675.77        | 7.3610          | 0.00104                | 418.40         | 1.3067          | 0.00104                | 418.77         | 1.3063          |
| 110                | 1.74482                | 2696.32        | 7.4154          | 0.00105                | 461.62         | 1.4184          | 0.00105                | 461.99         | 1.4179          |
| 120                | 1.79324                | 2716.61        | 7.4676          | 0.00106                | 504.00         | 1.5275          | 0.00106                | 504.35         | 1.5271          |
| 130                | 1.84132                | 2736.72        | 7.5181          | 0.00107                | 546.54         | 1.6344          | 0.00107                | 546.88         | 1.6339          |
| 140                | 1.88913                | 2756.70        | 7.5571          | 0.00108                | 589.29         | 1.7381          | 0.00108                | 589.61         | 1.7386          |
| 150                | 1.93573                | 2776.59        | 7.6147          | 0.00109                | 632.27         | 1.8419          | 0.00109                | 632.57         | 1.8414          |
| 160                | 1.98414                | 2796.42        | 7.6510          | 0.38366                | 2767.38        | 6.8655          | 0.00110                | 675.80         | 1.9423          |
| 170                | 2.03140                | 2816.21        | 7.7062          | 0.39425                | 2790.19        | 6.9170          | 0.00111                | 719.32         | 2.0417          |
| 180                | 2.07853                | 2835.97        | 7.7503          | 0.40468                | 2812.45        | 6.9572          | 0.19442                | 2777.43        | 6.5857          |
| 190                | 2.12556                | 2855.72        | 7.7934          | 0.41491                | 2834.32        | 7.0150          | 0.20032                | 2803.52        | 6.6426          |
| 200                | 2.17249                | 2875.48        | 7.8356          | 0.42503                | 2855.90        | 7.0611          | 0.20600                | 2828.27        | 6.6955          |
| 210                | 2.21935                | 2895.24        | 7.8769          | 0.43505                | 2877.24        | 7.1057          | 0.21154                | 2852.20        | 6.7455          |
| 220                | 2.26614                | 2915.02        | 7.9174          | 0.44500                | 2898.40        | 7.1491          | 0.21697                | 2875.55        | 6.7934          |
| 230                | 2.31287                | 2934.83        | 7.9572          | 0.45487                | 2919.41        | 7.1912          | 0.22230                | 2898.45        | 6.8393          |
| 240                | 2.35955                | 2954.66        | 7.9962          | 0.46468                | 2940.31        | 7.2324          | 0.22755                | 2920.98        | 6.8837          |
| 250                | 2.40619                | 2974.54        | 8.0345          | 0.47443                | 2961.13        | 7.2725          | 0.23274                | 2943.22        | 6.9266          |
| 260                | 2.45279                | 2994.45        | 8.0723          | 0.48414                | 2981.88        | 7.3119          | 0.23787                | 2965.23        | 6.9683          |
| 270                | 2.49935                | 3014.40        | 8.1094          | 0.49380                | 3002.59        | 7.3503          | 0.24296                | 2987.05        | 7.0088          |
| 280                | 2.54588                | 3034.40        | 8.1458          | 0.50343                | 3023.28        | 7.3881          | 0.24800                | 3008.71        | 7.0484          |
| 290                | 2.59239                | 3054.45        | 8.1818          | 0.51303                | 3043.94        | 7.4251          | 0.25300                | 3030.25        | 7.0870          |
| 300                | 2.63887                | 3074.54        | 8.2171          | 0.52260                | 3064.60        | 7.4614          | 0.25798                | 3051.70        | 7.1247          |
| 310                | 2.68533                | 3094.69        | 8.2520          | 0.53215                | 3085.26        | 7.4972          | 0.26293                | 3073.06        | 7.1617          |
| 320                | 2.73176                | 3114.89        | 8.2863          | 0.54167                | 3105.93        | 7.5323          | 0.26785                | 3094.40        | 7.1979          |
| 330                | 2.77818                | 3135.14        | 8.3202          | 0.55118                | 3126.61        | 7.5669          | 0.27275                | 3115.68        | 7.2335          |
| 340                | 2.82459                | 3155.45        | 8.3536          | 0.56067                | 3147.32        | 7.6010          | 0.27763                | 3136.93        | 7.2685          |
| 350                | 2.87097                | 3175.82        | 8.3865          | 0.57014                | 3168.06        | 7.6345          | 0.28249                | 3158.16        | 7.3028          |
| 360                | 2.91735                | 3196.24        | 8.4190          | 0.57959                | 3188.83        | 7.6676          | 0.28734                | 3179.39        | 7.3366          |
| 370                | 2.96371                | 3216.73        | 8.4511          | 0.58904                | 3209.63        | 7.7002          | 0.29217                | 3200.62        | 7.3699          |
| 380                | 3.01006                | 3237.27        | 8.4828          | 0.59847                | 3230.46        | 7.7323          | 0.29699                | 3221.86        | 7.4026          |
| 390                | 3.05639                | 3257.87        | 8.5141          | 0.60789                | 3251.36        | 7.7641          | 0.30180                | 3243.11        | 7.4349          |
| 400                | 3.10272                | 3278.54        | 8.5451          | 0.61729                | 3272.29        | 7.7954          | 0.30659                | 3264.39        | 7.4666          |
| 410                | 3.14904                | 3299.27        | 8.5756          | 0.62669                | 3293.27        | 7.8263          | 0.31136                | 3285.68        | 7.4982          |
| 420                | 3.19535                | 3320.06        | 8.6059          | 0.63608                | 3314.29        | 7.8569          | 0.31616                | 3307.01        | 7.5292          |
| 430                | 3.24165                | 3340.91        | 8.6357          | 0.64546                | 3335.36        | 7.8871          | 0.32093                | 3328.37        | 7.5598          |
| 440                | 3.28795                | 3361.83        | 8.6653          | 0.65484                | 3356.49        | 7.9169          | 0.32569                | 3349.76        | 7.5900          |
| 450                | 3.33424                | 3382.81        | 8.6945          | 0.66421                | 3377.67        | 7.9464          | 0.33044                | 3371.19        | 7.6198          |
| 460                | 3.38052                | 3403.86        | 8.7234          | 0.67357                | 3398.90        | 7.9759          | 0.33519                | 3392.66        | 7.6493          |
| 470                | 3.42679                | 3424.97        | 8.7520          | 0.68292                | 3420.19        | 8.0044          | 0.33993                | 3414.18        | 7.6785          |
| 480                | 3.47306                | 3446.15        | 8.7803          | 0.69227                | 3441.54        | 8.0329          | 0.34466                | 3435.74        | 7.7073          |
| 490                | 3.51932                | 3467.40        | 8.8083          | 0.70161                | 3462.94        | 8.0612          | 0.34939                | 3457.35        | 7.7358          |
| 500                | 3.56558                | 3488.71        | 8.8361          | 0.71095                | 3484.41        | 8.0891          | 0.35411                | 3479.00        | 7.7640          |
| 510                | 3.61184                | 3510.09        | 8.8635          | 0.72028                | 3505.93        | 8.1168          | 0.35883                | 3500.71        | 7.7919          |
| 520                | 3.65809                | 3531.53        | 8.8907          | 0.72961                | 3527.52        | 8.1442          | 0.36354                | 3522.47        | 7.8195          |
| 530                | 3.70433                | 3553.05        | 8.9177          | 0.73893                | 3549.16        | 8.1713          | 0.36825                | 3544.28        | 7.8468          |
| 540                | 3.75057                | 3574.63        | 8.9444          | 0.74825                | 3570.87        | 8.1981          | 0.37296                | 3566.15        | 7.8739          |
| 550                | 3.79681                | 3596.28        | 8.9709          | 0.75757                | 3592.64        | 8.2247          | 0.37766                | 3588.07        | 7.9007          |
| 560                | 3.84304                | 3618.00        | 8.9971          | 0.76688                | 3614.48        | 8.2511          | 0.38235                | 3610.05        | 7.9272          |
| 570                | 3.88928                | 3639.79        | 9.0231          | 0.77619                | 3636.38        | 8.2772          | 0.38705                | 3632.09        | 7.9535          |
| 580                | 3.93550                | 3661.65        | 9.0489          | 0.78549                | 3658.34        | 8.3031          | 0.39174                | 3654.19        | 7.9795          |
| 590                | 3.98173                | 3683.58        | 9.0744          | 0.79480                | 3680.37        | 8.3286          | 0.39643                | 3676.34        | 8.0054          |
| 600                | 4.02795                | 3705.57        | 9.0998          | 0.80410                | 3702.46        | 8.3543          | 0.40111                | 3698.56        | 8.0309          |



| 15.00  |         |                    |         | 20.00   |                    |         |         | 25.00              |         |        |  |
|--------|---------|--------------------|---------|---------|--------------------|---------|---------|--------------------|---------|--------|--|
| 198.30 |         |                    |         | 212.38  |                    |         |         | 223.96             |         |        |  |
| P(bar) | T sat   | v                  | h       | s       | v                  | h       | s       | v                  | h       | s      |  |
| °C     |         | m <sup>3</sup> /kg | kJ/kg   | kJ/kgK  | m <sup>3</sup> /kg | kJ/kg   | kJ/kgK  | m <sup>3</sup> /kg | kJ/kg   | kJ/kgK |  |
| CLF    |         | 0.00115            | 844.72  | 2.3147  | 0.00118            | 908.62  | 2.4470  | 0.00120            | 961.98  | 2.5544 |  |
| CLS    |         | 0.13170            | 2791.01 | 6.4431  | 0.09958            | 2798.38 | 6.3392  | 0.07995            | 2802.04 | 6.2560 |  |
| 0.01   | 0.00100 | 1.53               | 0.0001  | 0.00100 | 2.03               | 0.0001  | 0.00100 | 2.54               | 0.0002  |        |  |
| 10     | 0.00100 | 43.48              | 0.1510  | 0.00100 | 43.97              | 0.1509  | 0.00100 | 44.45              | 0.1509  |        |  |
| 20     | 0.00100 | 85.33              | 0.2952  | 0.00100 | 85.80              | 0.2961  | 0.00100 | 86.27              | 0.2960  |        |  |
| 30     | 0.00100 | 127.11             | 0.4363  | 0.00100 | 127.55             | 0.4362  | 0.00100 | 128.02             | 0.4360  |        |  |
| 40     | 0.00101 | 168.86             | 0.5719  | 0.00101 | 169.31             | 0.5717  | 0.00101 | 169.75             | 0.5715  |        |  |
| 50     | 0.00101 | 210.62             | 0.7031  | 0.00101 | 211.05             | 0.7029  | 0.00101 | 211.48             | 0.7026  |        |  |
| 60     | 0.00102 | 252.40             | 0.8304  | 0.00102 | 252.82             | 0.8302  | 0.00102 | 253.24             | 0.8299  |        |  |
| 70     | 0.00102 | 294.22             | 0.9541  | 0.00102 | 294.63             | 0.9538  | 0.00102 | 295.04             | 0.9535  |        |  |
| 80     | 0.00103 | 336.10             | 1.0744  | 0.00103 | 336.50             | 1.0741  | 0.00103 | 336.90             | 1.0738  |        |  |
| 90     | 0.00104 | 378.07             | 1.1916  | 0.00103 | 378.46             | 1.1913  | 0.00103 | 378.85             | 1.1909  |        |  |
| 100    | 0.00104 | 420.15             | 1.3059  | 0.00104 | 420.53             | 1.3055  | 0.00104 | 420.90             | 1.3051  |        |  |
| 110    | 0.00105 | 462.35             | 1.4175  | 0.00105 | 462.71             | 1.4171  | 0.00105 | 463.08             | 1.4167  |        |  |
| 120    | 0.00106 | 504.70             | 1.5265  | 0.00106 | 505.05             | 1.5262  | 0.00106 | 505.40             | 1.5257  |        |  |
| 130    | 0.00107 | 547.22             | 1.6334  | 0.00107 | 547.56             | 1.6329  | 0.00107 | 547.90             | 1.6325  |        |  |
| 140    | 0.00108 | 589.94             | 1.7381  | 0.00108 | 590.28             | 1.7376  | 0.00108 | 590.59             | 1.7371  |        |  |
| 150    | 0.00109 | 632.88             | 1.8408  | 0.00109 | 633.19             | 1.8403  | 0.00109 | 633.50             | 1.8397  |        |  |
| 160    | 0.00110 | 676.09             | 1.9417  | 0.00110 | 676.38             | 1.9411  | 0.00110 | 676.67             | 1.9405  |        |  |
| 170    | 0.00111 | 719.59             | 2.0410  | 0.00111 | 719.87             | 2.0404  | 0.00111 | 720.14             | 2.0397  |        |  |
| 180    | 0.00113 | 763.44             | 2.1389  | 0.00113 | 763.69             | 2.1382  | 0.00113 | 763.94             | 2.1375  |        |  |
| 190    | 0.00114 | 807.68             | 2.2354  | 0.00114 | 807.91             | 2.2347  | 0.00114 | 808.14             | 2.2339  |        |  |
| 200    | 0.13244 | 2795.02            | 6.4537  | 0.00116 | 852.57             | 2.3301  | 0.00116 | 852.77             | 2.3293  |        |  |
| 210    | 0.13662 | 2823.91            | 6.5120  | 0.00117 | 897.76             | 2.4246  | 0.00117 | 897.93             | 2.4237  |        |  |
| 220    | 0.14063 | 2850.19            | 6.5658  | 0.10217 | 2821.67            | 6.3868  | 0.00119 | 943.69             | 2.5175  |        |  |
| 230    | 0.14451 | 2875.46            | 6.6166  | 0.10539 | 2850.17            | 6.4440  | 0.08170 | 2821.85            | 6.2956  |        |  |
| 240    | 0.14830 | 2900.00            | 6.6649  | 0.10849 | 2877.21            | 6.4972  | 0.08444 | 2852.26            | 6.3555  |        |  |
| 250    | 0.15200 | 2923.95            | 6.7111  | 0.11148 | 2903.23            | 6.5474  | 0.08704 | 2880.86            | 6.4106  |        |  |
| 260    | 0.15564 | 2947.45            | 6.7556  | 0.11440 | 2928.47            | 6.5952  | 0.08955 | 2908.19            | 6.4624  |        |  |
| 270    | 0.15922 | 2970.57            | 6.7985  | 0.11725 | 2953.09            | 6.6410  | 0.09198 | 2934.55            | 6.5114  |        |  |
| 280    | 0.16275 | 2993.37            | 6.8402  | 0.12005 | 2977.21            | 6.6850  | 0.09435 | 2960.16            | 6.5581  |        |  |
| 290    | 0.16624 | 3015.92            | 6.8806  | 0.12279 | 3000.90            | 6.7274  | 0.09666 | 2985.15            | 6.6029  |        |  |
| 300    | 0.16970 | 3038.27            | 6.9199  | 0.12550 | 3024.25            | 6.7685  | 0.09893 | 3009.63            | 6.6450  |        |  |
| 310    | 0.17312 | 3060.44            | 6.9582  | 0.12817 | 3047.32            | 6.8084  | 0.10116 | 3033.69            | 6.6876  |        |  |
| 320    | 0.17652 | 3082.48            | 6.9957  | 0.13082 | 3070.16            | 6.8472  | 0.10336 | 3057.40            | 6.7279  |        |  |
| 330    | 0.17989 | 3104.41            | 7.0324  | 0.13343 | 3092.80            | 6.8851  | 0.10552 | 3080.82            | 6.7671  |        |  |
| 340    | 0.18325 | 3126.25            | 7.0683  | 0.13602 | 3115.28            | 6.9221  | 0.10766 | 3104.01            | 6.8052  |        |  |
| 350    | 0.18658 | 3148.03            | 7.1035  | 0.13859 | 3137.64            | 6.9582  | 0.10978 | 3126.99            | 6.8424  |        |  |
| 360    | 0.18989 | 3169.75            | 7.1381  | 0.14115 | 3159.89            | 6.9937  | 0.11188 | 3149.81            | 6.8787  |        |  |
| 370    | 0.19319 | 3191.43            | 7.1721  | 0.14368 | 3182.06            | 7.0284  | 0.11396 | 3172.50            | 6.9142  |        |  |
| 380    | 0.19648 | 3213.09            | 7.2055  | 0.14620 | 3204.16            | 7.0625  | 0.11603 | 3195.07            | 6.9491  |        |  |
| 390    | 0.19975 | 3234.73            | 7.2384  | 0.14871 | 3226.21            | 7.0960  | 0.11808 | 3217.55            | 6.9832  |        |  |
| 400    | 0.20301 | 3256.37            | 7.2708  | 0.15121 | 3248.23            | 7.1290  | 0.12011 | 3239.96            | 7.0168  |        |  |
| 410    | 0.20626 | 3278.00            | 7.3027  | 0.15369 | 3270.21            | 7.1614  | 0.12214 | 3262.32            | 7.0497  |        |  |
| 420    | 0.20950 | 3299.64            | 7.3341  | 0.15617 | 3292.18            | 7.1933  | 0.12416 | 3284.63            | 7.0822  |        |  |
| 430    | 0.21274 | 3321.29            | 7.3651  | 0.15863 | 3314.14            | 7.2248  | 0.12616 | 3306.90            | 7.1141  |        |  |
| 440    | 0.21598 | 3342.96            | 7.3957  | 0.16109 | 3336.09            | 7.2558  | 0.12816 | 3329.15            | 7.1455  |        |  |
| 450    | 0.21918 | 3364.65            | 7.4259  | 0.16354 | 3358.05            | 7.2863  | 0.13016 | 3351.39            | 7.1765  |        |  |
| 460    | 0.22238 | 3386.37            | 7.4558  | 0.16598 | 3380.02            | 7.3165  | 0.13213 | 3373.62            | 7.2070  |        |  |
| 470    | 0.22559 | 3408.12            | 7.4852  | 0.16841 | 3402.01            | 7.3463  | 0.13410 | 3395.85            | 7.2371  |        |  |
| 480    | 0.22878 | 3429.90            | 7.5143  | 0.17084 | 3424.01            | 7.3757  | 0.13607 | 3418.08            | 7.2666  |        |  |
| 490    | 0.23197 | 3451.71            | 7.5431  | 0.17326 | 3446.04            | 7.4048  | 0.13803 | 3440.33            | 7.2962  |        |  |
| 500    | 0.23516 | 3473.57            | 7.5716  | 0.17568 | 3468.09            | 7.4335  | 0.13999 | 3462.59            | 7.3251  |        |  |
| 510    | 0.23834 | 3495.46            | 7.5997  | 0.17809 | 3490.18            | 7.4619  | 0.14194 | 3484.86            | 7.3538  |        |  |
| 520    | 0.24152 | 3517.40            | 7.6275  | 0.18050 | 3512.30            | 7.4899  | 0.14389 | 3507.17            | 7.3821  |        |  |
| 530    | 0.24469 | 3539.38            | 7.6551  | 0.18290 | 3534.45            | 7.5177  | 0.14583 | 3529.50            | 7.4100  |        |  |
| 540    | 0.24785 | 3561.41            | 7.6823  | 0.18530 | 3556.64            | 7.5451  | 0.14777 | 3551.85            | 7.4377  |        |  |
| 550    | 0.25102 | 3583.49            | 7.7093  | 0.18769 | 3578.88            | 7.5723  | 0.14970 | 3574.24            | 7.4651  |        |  |
| 560    | 0.25418 | 3605.61            | 7.7360  | 0.19009 | 3601.15            | 7.5992  | 0.15163 | 3596.67            | 7.4922  |        |  |
| 570    | 0.25733 | 3627.79            | 7.7625  | 0.19247 | 3623.47            | 7.6258  | 0.15355 | 3619.13            | 7.5190  |        |  |
| 580    | 0.26048 | 3650.02            | 7.7887  | 0.19485 | 3645.84            | 7.6522  | 0.15548 | 3641.64            | 7.5455  |        |  |
| 590    | 0.26363 | 3672.30            | 7.8147  | 0.19724 | 3668.25            | 7.6783  | 0.15740 | 3664.18            | 7.5718  |        |  |
| 600    | 0.26678 | 3694.64            | 7.8404  | 0.19961 | 3690.71            | 7.7042  | 0.15931 | 3686.76            | 7.5978  |        |  |



| P(bar) | 50.00              |         |        | 80.00              |         |        | 100.00             |         |        |
|--------|--------------------|---------|--------|--------------------|---------|--------|--------------------|---------|--------|
| T sat  | 263.94             |         |        | 295.01             |         |        | 311.00             |         |        |
| T      | v                  | h       | s      | v                  | h       | s      | v                  | h       | s      |
| °C     | m <sup>3</sup> /kg | kJ/kg   | kJ/kgK | m <sup>3</sup> /kg | kJ/kg   | kJ/kgK | m <sup>3</sup> /kg | kJ/kg   | kJ/kgK |
| CLF    | 0.00129            | 1154.50 | 2.9207 | 0.00138            | 1317.08 | 3.2077 | 0.00145            | 1407.87 | 3.3603 |
| CLS    | 0.03945            | 2794.23 | 5.9737 | 0.02353            | 2758.61 | 5.7448 | 0.01803            | 2725.47 | 5.6159 |
| 0.01   | 0.00100            | 5.07    | 0.0003 | 0.00100            | 8.10    | 0.0004 | 0.00100            | 10.11   | 0.0005 |
| 10     | 0.00100            | 46.88   | 0.1503 | 0.00100            | 49.79   | 0.1503 | 0.00100            | 51.72   | 0.1501 |
| 20     | 0.00100            | 88.61   | 0.2955 | 0.00100            | 91.42   | 0.2948 | 0.00100            | 93.29   | 0.2944 |
| 30     | 0.00100            | 130.29  | 0.4353 | 0.00100            | 133.02  | 0.4343 | 0.00100            | 134.83  | 0.4337 |
| 40     | 0.00101            | 171.95  | 0.5705 | 0.00100            | 174.61  | 0.5693 | 0.00100            | 176.37  | 0.5585 |
| 50     | 0.00101            | 213.63  | 0.7015 | 0.00101            | 216.22  | 0.7001 | 0.00101            | 217.93  | 0.6992 |
| 60     | 0.00101            | 255.33  | 0.8286 | 0.00101            | 257.85  | 0.8270 | 0.00101            | 259.53  | 0.8259 |
| 70     | 0.00102            | 297.08  | 0.9520 | 0.00102            | 299.53  | 0.9503 | 0.00102            | 301.17  | 0.9491 |
| 80     | 0.00103            | 338.89  | 1.0721 | 0.00103            | 341.28  | 1.0702 | 0.00102            | 342.87  | 1.0589 |
| 90     | 0.00103            | 380.78  | 1.1891 | 0.00103            | 383.11  | 1.1870 | 0.00103            | 384.66  | 1.1856 |
| 100    | 0.00104            | 422.78  | 1.3032 | 0.00104            | 425.04  | 1.3009 | 0.00104            | 426.55  | 1.2994 |
| 110    | 0.00105            | 464.90  | 1.4146 | 0.00105            | 467.09  | 1.4121 | 0.00105            | 468.56  | 1.4105 |
| 120    | 0.00106            | 507.17  | 1.5235 | 0.00106            | 509.28  | 1.5208 | 0.00105            | 510.70  | 1.5190 |
| 130    | 0.00107            | 549.60  | 1.6301 | 0.00107            | 551.64  | 1.6272 | 0.00106            | 553.00  | 1.6253 |
| 140    | 0.00108            | 592.22  | 1.7345 | 0.00108            | 594.18  | 1.7314 | 0.00107            | 595.49  | 1.7294 |
| 150    | 0.00109            | 635.06  | 1.8369 | 0.00109            | 636.93  | 1.8337 | 0.00108            | 638.18  | 1.8315 |
| 160    | 0.00110            | 678.14  | 1.9376 | 0.00110            | 679.92  | 1.9341 | 0.00110            | 681.11  | 1.9318 |
| 170    | 0.00111            | 721.52  | 2.0366 | 0.00111            | 723.19  | 2.0328 | 0.00111            | 724.31  | 2.0304 |
| 180    | 0.00112            | 765.22  | 2.1341 | 0.00112            | 766.77  | 2.1301 | 0.00112            | 767.81  | 2.1274 |
| 190    | 0.00114            | 809.29  | 2.2303 | 0.00114            | 810.71  | 2.2260 | 0.00113            | 811.66  | 2.2232 |
| 200    | 0.00115            | 853.80  | 2.3254 | 0.00115            | 855.06  | 2.3207 | 0.00115            | 855.92  | 2.3177 |
| 210    | 0.00117            | 898.80  | 2.4195 | 0.00117            | 899.69  | 2.4145 | 0.00116            | 900.63  | 2.4112 |
| 220    | 0.00119            | 944.38  | 2.5129 | 0.00118            | 945.26  | 2.5074 | 0.00118            | 945.87  | 2.5039 |
| 230    | 0.00121            | 990.64  | 2.6057 | 0.00120            | 991.27  | 2.5998 | 0.00120            | 991.73  | 2.5959 |
| 240    | 0.00123            | 1037.68 | 2.6983 | 0.00122            | 1038.03 | 2.6918 | 0.00122            | 1038.30 | 2.6876 |
| 250    | 0.00125            | 1085.66 | 2.7909 | 0.00124            | 1085.66 | 2.7837 | 0.00124            | 1085.72 | 2.7791 |
| 260    | 0.00128            | 1134.77 | 2.8839 | 0.00127            | 1134.34 | 2.8759 | 0.00127            | 1134.13 | 2.8708 |
| 270    | 0.04057            | 2819.84 | 6.0211 | 0.00130            | 1184.29 | 2.9687 | 0.00129            | 1183.74 | 2.9629 |
| 280    | 0.04227            | 2858.08 | 6.0909 | 0.00133            | 1235.81 | 3.0627 | 0.00132            | 1234.82 | 3.0561 |
| 290    | 0.04386            | 2893.00 | 6.1535 | 0.00136            | 1289.33 | 3.1588 | 0.00136            | 1287.75 | 3.1510 |
| 300    | 0.04535            | 2925.64 | 6.2109 | 0.02428            | 2785.38 | 5.7935 | 0.00140            | 1343.10 | 3.2484 |
| 310    | 0.04677            | 2956.58 | 6.2645 | 0.02563            | 2835.27 | 5.8781 | 0.00145            | 1401.77 | 3.3498 |
| 320    | 0.04813            | 2986.18 | 6.3148 | 0.02684            | 2878.35 | 5.9514 | 0.01927            | 2782.66 | 5.7131 |
| 330    | 0.04945            | 3014.71 | 6.3625 | 0.02796            | 2917.53 | 6.0169 | 0.02045            | 2835.67 | 5.8017 |
| 340    | 0.05073            | 3042.36 | 6.4080 | 0.02899            | 2953.87 | 6.0785 | 0.02149            | 2882.06 | 5.8780 |
| 350    | 0.05197            | 3069.29 | 6.4515 | 0.02998            | 2988.06 | 6.1319 | 0.02244            | 2923.96 | 5.9458 |
| 360    | 0.05319            | 3095.62 | 6.4934 | 0.03092            | 3020.57 | 6.1837 | 0.02333            | 2962.61 | 6.0073 |
| 370    | 0.05438            | 3121.44 | 6.5339 | 0.03182            | 3051.73 | 6.2325 | 0.02416            | 2998.82 | 6.0641 |
| 380    | 0.05555            | 3146.83 | 6.5731 | 0.03268            | 3081.79 | 6.2789 | 0.02495            | 3033.11 | 6.1170 |
| 390    | 0.05670            | 3171.86 | 6.6111 | 0.03353            | 3110.93 | 6.3232 | 0.02571            | 3065.87 | 6.1668 |
| 400    | 0.05784            | 3196.59 | 6.6481 | 0.03435            | 3139.31 | 6.3657 | 0.02644            | 3097.38 | 6.2139 |
| 410    | 0.05896            | 3221.06 | 6.6842 | 0.03515            | 3167.04 | 6.4055 | 0.02714            | 3127.85 | 6.2589 |
| 420    | 0.06007            | 3245.31 | 6.7194 | 0.03593            | 3194.23 | 6.4451 | 0.02783            | 3157.45 | 6.3019 |
| 430    | 0.06116            | 3269.37 | 6.7539 | 0.03670            | 3220.95 | 6.4843 | 0.02850            | 3186.32 | 6.3432 |
| 440    | 0.06225            | 3293.27 | 6.7877 | 0.03745            | 3247.26 | 6.5215 | 0.02915            | 3214.57 | 6.3831 |
| 450    | 0.06332            | 3317.03 | 6.8208 | 0.03820            | 3273.23 | 6.5577 | 0.02978            | 3242.28 | 6.4217 |
| 460    | 0.06439            | 3340.68 | 6.8532 | 0.03893            | 3298.91 | 6.5929 | 0.03041            | 3269.53 | 6.4591 |
| 470    | 0.06545            | 3364.24 | 6.8851 | 0.03965            | 3324.33 | 6.6274 | 0.03102            | 3296.38 | 6.4955 |
| 480    | 0.06650            | 3387.71 | 6.9165 | 0.04036            | 3349.53 | 6.6611 | 0.03163            | 3322.89 | 6.5310 |
| 490    | 0.06754            | 3411.12 | 6.9474 | 0.04107            | 3374.53 | 6.6940 | 0.03223            | 3349.11 | 6.5655 |
| 500    | 0.06858            | 3434.48 | 6.9778 | 0.04177            | 3399.37 | 6.7264 | 0.03281            | 3375.06 | 6.5993 |
| 510    | 0.06962            | 3457.79 | 7.0078 | 0.04246            | 3424.07 | 6.7581 | 0.03339            | 3400.78 | 6.6324 |
| 520    | 0.07064            | 3481.06 | 7.0373 | 0.04315            | 3448.64 | 6.7893 | 0.03397            | 3426.31 | 6.6648 |
| 530    | 0.07166            | 3504.31 | 7.0664 | 0.04383            | 3473.11 | 6.8199 | 0.03454            | 3451.67 | 6.6965 |
| 540    | 0.07268            | 3527.54 | 7.0952 | 0.04450            | 3497.48 | 6.8501 | 0.03510            | 3476.87 | 6.7277 |
| 550    | 0.07369            | 3550.75 | 7.1235 | 0.04517            | 3521.77 | 6.8798 | 0.03565            | 3501.94 | 6.7584 |
| 560    | 0.07470            | 3573.96 | 7.1516 | 0.04584            | 3546.00 | 6.9091 | 0.03621            | 3526.90 | 6.7885 |
| 570    | 0.07571            | 3597.17 | 7.1793 | 0.04650            | 3570.17 | 6.9379 | 0.03676            | 3551.75 | 6.8182 |
| 580    | 0.07671            | 3620.38 | 7.2066 | 0.04716            | 3594.29 | 6.9663 | 0.03730            | 3576.52 | 6.8474 |
| 590    | 0.07771            | 3643.60 | 7.2337 | 0.04781            | 3618.57 | 6.9944 | 0.03784            | 3601.22 | 6.8761 |
| 600    | 0.07870            | 3666.83 | 7.2604 | 0.04846            | 3642.42 | 7.0221 | 0.03838            | 3625.84 | 6.9045 |

| P(bar) | 120.00  |         |        | 150.00  |         |        | 160.00  |         |        |
|--------|---------|---------|--------|---------|---------|--------|---------|---------|--------|
| T sat  | 324.68  |         |        | 342.16  |         |        | 347.36  |         |        |
| T      | v       | h       | s      | v       | h       | s      | v       | h       | s      |
| °C     | m³/kg   | kJ/kg   | kJ/kgK | m³/kg   | kJ/kg   | kJ/kgK | m³/kg   | kJ/kg   | kJ/kgK |
| GLI    | 0.00153 | 1491.33 | 3.4965 | 0.00156 | 1610.15 | 3.6844 | 0.00171 | 1649.57 | 3.7457 |
| CLS    | 0.01427 | 2685.58 | 5.4941 | 0.01034 | 2610.66 | 5.3108 | 0.00931 | 2580.80 | 5.2463 |
| 0.01   | 0.00099 | 12.12   | 0.0005 | 0.00099 | 15.11   | 0.0006 | 0.00099 | 16.11   | 0.0009 |
| 10     | 0.00099 | 53.64   | 0.1499 | 0.00099 | 56.52   | 0.1495 | 0.00099 | 57.48   | 0.1494 |
| 20     | 0.00100 | 95.15   | 0.2939 | 0.00100 | 97.94   | 0.2932 | 0.00099 | 98.87   | 0.2930 |
| 30     | 0.00100 | 136.64  | 0.4331 | 0.00100 | 139.35  | 0.4322 | 0.00100 | 140.26  | 0.4311 |
| 40     | 0.00100 | 178.14  | 0.5678 | 0.00100 | 180.78  | 0.5665 | 0.00100 | 181.66  | 0.5652 |
| 50     | 0.00101 | 219.65  | 0.6983 | 0.00101 | 222.23  | 0.6969 | 0.00101 | 223.08  | 0.6964 |
| 60     | 0.00101 | 261.20  | 0.8249 | 0.00101 | 263.71  | 0.8233 | 0.00101 | 264.55  | 0.8228 |
| 70     | 0.00102 | 302.80  | 0.9479 | 0.00102 | 305.25  | 0.9462 | 0.00102 | 306.07  | 0.9456 |
| 80     | 0.00102 | 344.46  | 1.0676 | 0.00102 | 346.85  | 1.0657 | 0.00102 | 347.65  | 1.0650 |
| 90     | 0.00103 | 386.21  | 1.1842 | 0.00103 | 388.54  | 1.1821 | 0.00103 | 389.31  | 1.1814 |
| 100    | 0.00104 | 428.06  | 1.2978 | 0.00104 | 430.32  | 1.2956 | 0.00104 | 431.08  | 1.2948 |
| 110    | 0.00105 | 470.02  | 1.4088 | 0.00104 | 472.22  | 1.4064 | 0.00104 | 472.95  | 1.4056 |
| 120    | 0.00105 | 512.12  | 1.5173 | 0.00105 | 514.25  | 1.5147 | 0.00105 | 514.96  | 1.5138 |
| 130    | 0.00106 | 554.37  | 1.6234 | 0.00106 | 556.43  | 1.6205 | 0.00105 | 557.12  | 1.6197 |
| 140    | 0.00107 | 596.81  | 1.7274 | 0.00107 | 598.79  | 1.7244 | 0.00107 | 599.45  | 1.7234 |
| 150    | 0.00108 | 639.44  | 1.8294 | 0.00108 | 641.34  | 1.8262 | 0.00108 | 641.87  | 1.8251 |
| 160    | 0.00109 | 682.31  | 1.9295 | 0.00109 | 684.12  | 1.9261 | 0.00109 | 684.72  | 1.9250 |
| 170    | 0.00111 | 725.44  | 2.0279 | 0.00110 | 727.14  | 2.0243 | 0.00110 | 727.72  | 2.0231 |
| 180    | 0.00112 | 768.86  | 2.1248 | 0.00112 | 770.46  | 2.1209 | 0.00112 | 770.99  | 2.1197 |
| 190    | 0.00113 | 812.63  | 2.2204 | 0.00113 | 814.10  | 2.2162 | 0.00113 | 814.60  | 2.2148 |
| 200    | 0.00115 | 856.79  | 2.3147 | 0.00114 | 858.12  | 2.3102 | 0.00114 | 858.57  | 2.3088 |
| 210    | 0.00116 | 901.39  | 2.4080 | 0.00116 | 902.58  | 2.4032 | 0.00116 | 902.96  | 2.4016 |
| 220    | 0.00118 | 946.51  | 2.5004 | 0.00118 | 947.49  | 2.4952 | 0.00117 | 947.83  | 2.4935 |
| 230    | 0.00120 | 992.21  | 2.5921 | 0.00119 | 992.99  | 2.5865 | 0.00119 | 993.25  | 2.5847 |
| 240    | 0.00122 | 1038.61 | 2.6834 | 0.00121 | 1039.13 | 2.6774 | 0.00121 | 1039.32 | 2.6754 |
| 250    | 0.00124 | 1085.81 | 2.7745 | 0.00123 | 1086.04 | 2.7679 | 0.00123 | 1086.13 | 2.7657 |
| 260    | 0.00126 | 1133.97 | 2.8657 | 0.00126 | 1133.83 | 2.8584 | 0.00125 | 1133.61 | 2.8560 |
| 270    | 0.00129 | 1183.26 | 2.9573 | 0.00128 | 1182.68 | 2.9491 | 0.00128 | 1182.51 | 2.9465 |
| 280    | 0.00132 | 1233.94 | 3.0498 | 0.00131 | 1232.79 | 3.0409 | 0.00131 | 1232.45 | 3.0376 |
| 290    | 0.00135 | 1286.33 | 3.1436 | 0.00134 | 1284.45 | 3.1331 | 0.00134 | 1283.89 | 3.1297 |
| 300    | 0.00139 | 1340.93 | 3.2397 | 0.00138 | 1338.06 | 3.2275 | 0.00137 | 1337.20 | 3.2236 |
| 310    | 0.00144 | 1398.49 | 3.3383 | 0.00142 | 1394.21 | 3.3245 | 0.00142 | 1392.93 | 3.3200 |
| 320    | 0.00149 | 1460.31 | 3.4444 | 0.00147 | 1453.85 | 3.4260 | 0.00147 | 1451.94 | 3.4203 |
| 330    | 0.01502 | 2728.14 | 5.5650 | 0.00154 | 1518.64 | 3.5343 | 0.00153 | 1515.71 | 3.5269 |
| 340    | 0.01621 | 2793.47 | 5.6725 | 0.00163 | 1592.27 | 3.6553 | 0.00162 | 1587.27 | 3.6445 |
| 350    | 0.01722 | 2848.01 | 5.7607 | 0.01148 | 2593.00 | 5.4435 | 0.00977 | 2616.99 | 5.3045 |
| 360    | 0.01812 | 2895.87 | 5.8369 | 0.01258 | 2769.56 | 5.5654 | 0.01106 | 2715.63 | 5.4516 |
| 370    | 0.01894 | 2939.15 | 5.9047 | 0.01349 | 2831.40 | 5.6624 | 0.01205 | 2788.30 | 5.5765 |
| 380    | 0.01971 | 2979.09 | 5.9664 | 0.01429 | 2884.61 | 5.7445 | 0.01288 | 2848.27 | 5.6680 |
| 390    | 0.02043 | 3016.49 | 6.0232 | 0.01501 | 2932.11 | 5.8166 | 0.01361 | 2900.49 | 5.7474 |
| 400    | 0.02111 | 3051.90 | 6.0762 | 0.01567 | 2975.55 | 5.8817 | 0.01428 | 2947.46 | 5.8177 |
| 410    | 0.02176 | 3085.70 | 6.1261 | 0.01629 | 3015.93 | 5.9412 | 0.01490 | 2990.62 | 5.8814 |
| 420    | 0.02239 | 3118.19 | 6.1733 | 0.01688 | 3053.94 | 5.9965 | 0.01548 | 3030.88 | 5.9399 |
| 430    | 0.02299 | 3149.59 | 6.2182 | 0.01743 | 3090.04 | 6.0482 | 0.01603 | 3068.85 | 5.9943 |
| 440    | 0.02358 | 3180.07 | 6.2613 | 0.01798 | 3124.58 | 6.0970 | 0.01655 | 3104.99 | 6.0453 |
| 450    | 0.02415 | 3209.77 | 6.3027 | 0.01848 | 3157.84 | 6.1433 | 0.01705 | 3139.61 | 6.0935 |
| 460    | 0.02471 | 3238.81 | 6.3425 | 0.01897 | 3190.02 | 6.1875 | 0.01753 | 3172.98 | 6.1393 |
| 470    | 0.02525 | 3267.28 | 6.3811 | 0.01946 | 3221.28 | 6.2298 | 0.01800 | 3205.29 | 6.1831 |
| 480    | 0.02579 | 3295.25 | 6.4185 | 0.01992 | 3251.76 | 6.2706 | 0.01845 | 3236.70 | 6.2251 |
| 490    | 0.02631 | 3322.79 | 6.4548 | 0.02038 | 3281.57 | 6.3099 | 0.01889 | 3267.34 | 6.2655 |
| 500    | 0.02683 | 3349.97 | 6.4902 | 0.02083 | 3310.79 | 6.3479 | 0.01932 | 3297.31 | 6.3045 |
| 510    | 0.02734 | 3376.81 | 6.5247 | 0.02127 | 3339.51 | 6.3848 | 0.01974 | 3326.71 | 6.3423 |
| 520    | 0.02784 | 3403.37 | 6.5584 | 0.02170 | 3367.79 | 6.4207 | 0.02016 | 3355.60 | 6.3790 |
| 530    | 0.02833 | 3429.69 | 6.5914 | 0.02212 | 3395.68 | 6.4556 | 0.02056 | 3384.05 | 6.4146 |
| 540    | 0.02882 | 3455.78 | 6.6237 | 0.02254 | 3423.22 | 6.4897 | 0.02096 | 3412.12 | 6.4494 |
| 550    | 0.02930 | 3481.68 | 6.6553 | 0.02295 | 3450.47 | 6.5230 | 0.02135 | 3439.85 | 6.4832 |
| 560    | 0.02978 | 3507.41 | 6.6864 | 0.02335 | 3477.46 | 6.5556 | 0.02174 | 3467.28 | 6.5164 |
| 570    | 0.03026 | 3533.00 | 6.7169 | 0.02375 | 3504.21 | 6.5875 | 0.02212 | 3494.44 | 6.5488 |
| 580    | 0.03072 | 3558.45 | 6.7469 | 0.02414 | 3530.75 | 6.6188 | 0.02250 | 3521.37 | 6.5805 |
| 590    | 0.03119 | 3583.78 | 6.7764 | 0.02453 | 3557.11 | 6.6495 | 0.02287 | 3548.08 | 6.6117 |
| 600    | 0.03165 | 3609.02 | 6.8055 | 0.02492 | 3583.31 | 6.6797 | 0.02324 | 3574.61 | 6.6422 |







SAPIENZA  
UNIVERSITÀ DI ROMA

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

**Sezione A**  
**PROVA PRATICA**  
**16 Febbraio 2018**

**Tema n° 11 – Energetica Nucleare**

Calcolare il volume di un pressurizzatore e l'energia da fornire tramite i riscaldatori elettrici affinché rimanga costante al suo interno la pressione di 15.5 MPa, nel caso verifichino (non contemporaneamente) le seguenti situazioni massime ammissibili:

- A. Fuoriuscita di acqua verso il primario pari a 15000 kg;
- B. Ingresso dalla gamba calda di 10000 kg di acqua ( $h_l = 1483$  kJ/kg) e contemporanea azione degli *spray* ( $h_l = 1225$  kJ/kg) con una massa pari al 3% di quella in ingresso dalla gamba calda

Si considerino adiabatiche le pareti del pressurizzatore. Si tenga presente che i riscaldatori elettrici devono rimanere sempre sotto battente di liquido (il minimo contenuto di liquido è pari a 2000 kg) e che la situazione limite è la condizione di “pressurizzatore solido”.

Il pressurizzatore è poi soggetto ad un guasto alla valvola di apertura del circuito di *spray*, che inietta una portata costante di 30 kg/s prelevata dalla gamba fredda del primario ( $v_l = 0.00134$  m<sup>3</sup>/kg,  $h_l = 1252$  kJ/kg), senza intervento dei riscaldatori elettrici. Si devono calcolare: il tempo necessario affinché la pressione nel pressurizzatore scenda a 12.5 MPa ed il contenuto finale delle fasi liquida e vapore.

Si ipotizzi che il liquido del circuito primario sia incompressibile e se ne traggano le conseguenze in termini di scambi di massa fra primario e pressurizzatore.

Altre proprietà termodinamiche utili:

Saturazione a 15.5 MPa:

$v_l = 0.00168$  m<sup>3</sup>/kg;  $v_v = 0.0098$  m<sup>3</sup>/kg;  $h_l = 1629.88$  kJ/kg;  $h_v = 2596.12$  kJ/kg

Saturazione a 12.5 MPa:

$v_l = 0.00154$  m<sup>3</sup>/kg;  $v_v = 0.0134$  m<sup>3</sup>/kg;  $h_l = 1511.58$  kJ/kg;  $h_v = 2674.31$  kJ/kg

*Autografo*  
*& Spr*  
*Esiput*  
*BB*  
*Giorgio*







SAPIENZA  
UNIVERSITÀ DI ROMA

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

**Sezione A**  
**PROVA PRATICA**  
**16 Febbraio 2018**

**Tema n° 12 – Ingegneria Elettrotecnica**

**Macchine Elettriche**

Due trasformatori trifase TA e TB - le cui caratteristiche di targa sono più avanti riportate – sono collegati tra loro in parallelo ed alimentano, con tensione concatenata 380 V, tre utenze trifase equilibrate U1, U2, U3. L'utenza U1 assorbe 20 kW con  $\cos\varphi=0.75$ . Dall'indicazione di due wattmetri inseriti nel circuito come previsto dal metodo Aron, per l'utenza U2 si rilevano le letture  $W_{RT}=7400W$  e  $W_{ST}=-950W$ . L'utenza U3 è costituita da un raddrizzatore trifase a tiristori che alimenta un motore in c.c. ad eccitazione separata. Il motore in c.c. - che ha resistenza del circuito di armatura pari a 0.2 e che quando ruota alla velocità di 100 giri/min sviluppa una f.e.m. a vuoto di 220 V - rende disponibile all'asse una coppia di 500 Nm ruotando alla velocità di 150 giri/min. Essendo noto che in tale condizione di funzionamento del motore in c.c. il raddrizzatore ha un rendimento pari al 94%, si determini il rendimento di ciascuno dei trasformatori.

|    | $A_n$ (kVA) | $V_{1n}/V_{20}$ | $v_{cc}\%$ | $p_{cc}\%$ | $i_0\%$ | $\cos\varphi_0$ |
|----|-------------|-----------------|------------|------------|---------|-----------------|
| TA | 25 20       | kV/400V         | 7.5%       | 2.5%       | 1.8%    | 0.15            |
| TB | 40 20       | kV/400V         | 6.6%       | 2.0%       | 0.8%    | 0.12            |

*[Handwritten signatures and notes]*  
Esopul  
P.B.  
Zurip





SAPIENZA  
UNIVERSITÀ DI ROMA

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

**Sezione A**  
**PROVA PRATICA**  
**16 Febbraio 2018**

**Tema n° 13 – Nanotecnologie**

Il Candidato individui un'applicazione industriale, a suo piacimento, in cui sensori o attuatori costruiti con l'applicazione di Nanotecnologie possono trovare impiego. Si descrivano l'architettura del dispositivo e i materiali che lo compongono.

Secondo l'applicazione mostrata, e introducendo le opportune condizioni operative, si dimensionino il dispositivo appena descritto e se ne esponga la catena di misura o di attuazione.

Roberto  
B. Segno  
E. S. P. aut.  
P. S.  
Z. S. P.





SAPIENZA  
UNIVERSITÀ DI ROMA

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

**Sezione A**  
PROVA PRATICA  
16 Febbraio 2018

**Tema n° 14 – Meccanica (Calda)**

Si chiede di dimensionare un turbo compressore (girante + diffusore liscio + diffusore palettato) operante con i dati riportati di seguito (assumere i dati mancanti)

$$p_1 = 0.3 \text{ MPa}$$

$$T_1 = 280 \text{ K}$$

$$R = 0.520 \text{ kJ/kg K}$$

$$V_1 = 85 \text{ m/s}$$

$$p_2 = 1 \text{ MPa}$$

$$c_p = 2.25 \text{ kJ/kg K}$$

$$m = 10 \text{ kg/s}$$

$$k = 1.3$$

*Handwritten signatures and notes:*  
D. Spina  
E. Spina  
E. Spina  
P. Spina  
J. Spina







SAPIENZA  
UNIVERSITÀ DI ROMA

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

**Sezione A**  
**PROVA PRATICA**  
**16 Febbraio 2018**

**Tema n° 15 – Meccanica (Fredda)**

Dimensionare un riduttore (ruote, alberi e cuscinetti), con ruote cilindriche a denti dritti, con rapporto di riduzione globale pari a 1/20.

. Eseguire un disegno di insieme del riduttore e della relativa scatola di riduzione.

Viene utilizzato un acciaio da cementazione 16CrNi4, la cui durezza è pari a 50 HRC.

. Indicare altre informazioni utili alla messa in produzione e all'utilizzo del riduttore quali, ad es. tipi di materiali, di lavorazioni, attenzioni/particolarità di utilizzo, per le componenti del riduttore.

Assumere valori opportuni in base alle caratteristiche.

**DATI DI PROGETTO:**

- . POTENZA DI CALCOLO  $P_c = 30 \text{ kW}$
- . RAPPORTO DI TRASMISSIONE:  $\tau = 1/20$
- . VELOCITA' ALBERO ENTRANTE:  $N_1 = 1450 \text{ giri/min}$
- . DURATA PREVISTA:  $h = 15.000 \text{ ore}$

**DATI RELATIVI ALLE RUOTE**

- .  $E_1 = E_2 = 21000 \text{ daN/mm}^2$
- .  $\theta = 20^\circ$
- .  $\varphi = l/m = 18$  ( $l$  = larghezza assiale del dente;  $m$ : modulo)

*[Handwritten signatures and notes in blue and black ink]*





SAPIENZA  
UNIVERSITÀ DI ROMA

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

**Sezione A**  
**PROVA PRATICA**  
**16 Febbraio 2018**

**Tema n° 16 – Biomedica (Impianti Ospedalieri)**

Il candidato dimensiona i componenti della UTA di un impianto di climatizzazione a tutt'aria esterna a servizio di una sala operatoria in cui, nell'intero arco dell'anno, debba essere garantita una temperatura dell'aria compresa tra 18°C e 24°C, un'umidità relativa dell'aria compresa tra il 40% ed il 60% ed una minima portata d'aria di rinnovo di 15vol/h, tenendo conto dei seguenti dati:

- 1) Condizioni climatiche esterne invernali di progetto:  $t = 0^{\circ}\text{C}$ ,  $\text{UR} = 40\%\text{UR}$ .
- 2) Condizioni climatiche esterne estive di progetto:  $t = 35^{\circ}\text{C}$ ,  $\text{UR} = 55\%\text{UR}$ .
- 1) Dimensioni della sala operatoria:  $7.5\text{m} \times 7.5\text{m} \times 3.5\text{m}$ .
- 2) Sala operatoria non confinante con l'esterno. Ai fini del calcolo si può assumere che la temperatura degli ambienti confinanti sia pari a  $20^{\circ}\text{C}$  in inverno e  $25^{\circ}\text{C}$  in estate, che la superficie complessiva di scambio termico con tali ambienti sia pari alla superficie totale di confine della sala operatoria e che il valor medio di trasmittanza delle pareti sia pari a  $1.5\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ .
- 3) Carichi termici interni dovuti ad apparecchiature ed impianti: da un minimo di 1000W ad un massimo di 3000W.
- 4) Numero complessivo di persone presenti: da un minimo di 3 ad un massimo di 7, in funzione del tipo di intervento che deve essere eseguito (il carico termico sensibile può essere assunto pari a 100W/persona, mentre il carico termico latente può essere posto pari a 50W/persona).

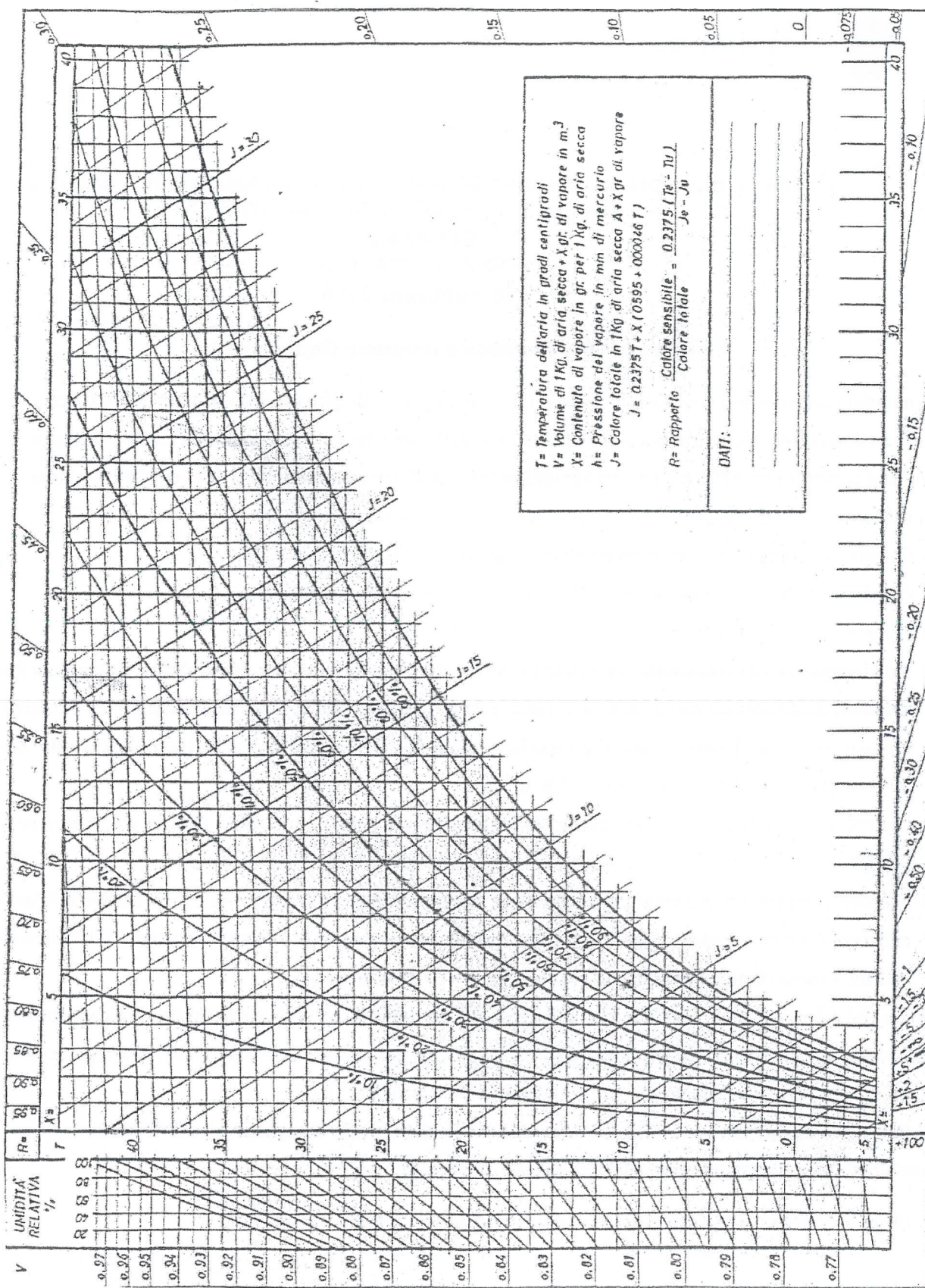
Ai fini del calcolo, si può ipotizzare che al termine dei pre-trattamenti l'aria umida si trovi in condizioni di saturazione e che il criterio di regolazione previsto per i pre-trattamenti dell'aria sia del tipo "a punto fisso".

Il volume specifico dell'aria umida può essere assunto pari a  $0.8 \text{ m}^3/\text{kg}_a$ .

Inoltre, il candidato discuta in dettaglio le caratteristiche del sistema di regolazione ed illustri le caratteristiche tecniche dei principali componenti d'impianto.

Si allega il diagramma psicrometrico (entalpia dell'aria umida espressa in  $\text{kcal}/\text{kg}_a$ ).









SAPIENZA  
UNIVERSITÀ DI ROMA

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

**Sezione A**  
**PROVA PRATICA**  
**16 Febbraio 2018**

**Tema n° 17 – Biomedica (Strumentazione Biomedica)**

Il candidato rappresenti lo schema a blocchi di un defibrillatore descrivendo le funzioni ed i principali parametri che caratterizzano ogni singolo blocco.

Noto che il dispositivo deve essere in grado di erogare shock da 35J a 360J, dimensionare la capacità del condensatore e calcolare la rispettiva tensione minima e massima, giustificando nel dettaglio le scelte eseguite.

Inoltre si descrivano le principali caratteristiche del circuito di carica del condensatore con particolare attenzione alla modalità di scarica, supponendo una forma d'onda esponenziale bifasica troncata come riportato in Figura 1.

A tal fine si proceda al dimensionamento del circuito di carica, calcolando:

1. l'energia massima immagazzinabile nel condensatore per una energia di shock pari a 400 J;
2. la tensione e la carica massima del condensatore;
3. la corrispettiva corrente massima erogabile per due scariche in successione a distanza temporale di 5 s;
4. la potenza istantanea massima erogabile nel predetto intervallo temporale.

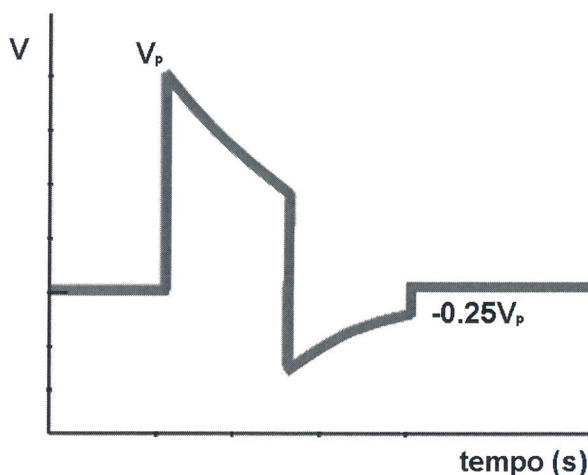


Fig. 1. Forma d'onda esponenziale bifasica troncata.

*Handwritten signature*  
Enput

*Handwritten signature*

*Handwritten signature*  
S. S. S.





**SAPIENZA**  
UNIVERSITÀ DI ROMA

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

**Sezione A**  
**PROVA PRATICA**  
**16 Febbraio 2018**

**Tema n° 18 – Ingegneria Elettrotecnica**

***Impianti Elettrici***

Il Candidato disegni lo schema elettrico di un impianto di alimentazione di un complesso ad uso industriale, per il quale è prevista la consegna in MT a 20 kV da parte dell'ente distributore locale. Il Candidato consideri i seguenti carichi così ripartiti per quadro elettrico, ciascuno a distanza 70 m dal Quadro Generale.

- Quadro 1 (Q1)
  - o Illuminazione: 150 kW,  $\cos\varphi$ : 0,90
  - o Prese FM: 150 kW,  $\cos\varphi$ : 0,80
  - o Impianto condizionamento: 350 kW,  $\cos\varphi$ : 0,85
  - o 3 Motori asincroni trifase con rotore a gabbia, ciascuno con  $P_n$ : 22 kW;  $\eta_n$ : 0,908;  $\cos\varphi$ : 0,77
- Quadro 2 (Q2)
  - o Illuminazione: 200 kW,  $\cos\varphi$ : 0,90
  - o Prese FM: 300 kW,  $\cos\varphi$ : 0,80
  - o Impianto condizionamento: 350 kW,  $\cos\varphi$ : 0,85
  - o 3 ascensori, ciascuno con  $P_n$ : 18,5 kW;  $\eta_n$ : 0,902;  $\cos\varphi$ : 0,77
- Quadro 3 (Q3)
  - o Illuminazione di emergenza: 100 kW,  $\cos\varphi$ : 0,90
  - o Montacarichi:  $P_n$ : 75 kW;  $\eta_n$ : 0,939;  $\cos\varphi$ : 0,86

Si richiede al candidato di:

1. tracciare lo schema elettrico unifilare dell'impianto;
2. dimensionare opportunamente il trasformatore MT/bt;
3. dimensionare le linee elettriche che collegano la sbarra bt del trasformatore con il Quadro Generale e le linee ai vari Quadri (Q1, Q2 e Q3) con rispettivi sistemi di protezione;
4. rifasare i carichi in modo da elevare il fattore di potenza totale con  $\cos\varphi$  non inferiore a 0,95.


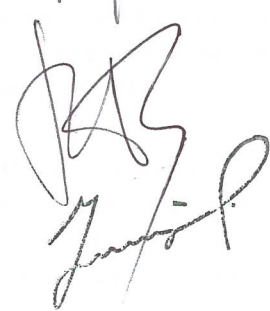
Il Candidato commenti brevemente gli obblighi e le responsabilità di proprietario, imprese e professionisti con riferimento alla dichiarazione di rispondenza (DIRI).

**Decreto del ministero dello sviluppo economico 22 gennaio 2008, n. 37**

**Art. 7. Dichiarazione di Conformità**

1. Al termine dei lavori, previa effettuazione delle verifiche previste dalla normativa vigente, comprese quelle di funzionalità dell'impianto, l'impresa installatrice rilascia al committente la dichiarazione di conformità degli impianti realizzati nel rispetto delle norme di cui all'articolo 6. Di tale dichiarazione, resa sulla base del modello di cui all'allegato I, fanno parte integrante la relazione contenente la tipologia dei materiali impiegati, nonché il progetto di cui all'articolo 5.
2. Nei casi in cui il progetto è redatto dal responsabile tecnico dell'impresa installatrice l'elaborato tecnico è costituito almeno dallo schema dell'impianto da realizzare, inteso come descrizione funzionale ed effettiva dell'opera da eseguire eventualmente integrato con la necessaria documentazione tecnica attestante le varianti introdotte in corso d'opera.
3. In caso di rifacimento parziale di impianti, il progetto, la dichiarazione di conformità, e l'attestazione di collaudo ove previsto, si riferiscono alla sola parte degli impianti oggetto dell'opera di rifacimento, ma tengono conto della sicurezza e funzionalità dell'intero impianto. Nella dichiarazione di cui al comma 1 e nel progetto di cui all'articolo 5, è espressamente indicata la compatibilità tecnica con le condizioni preesistenti dell'impianto.
4. La dichiarazione di conformità è rilasciata anche dai responsabili degli uffici tecnici interni delle imprese non installatrici di cui all'articolo 3, comma 3, secondo il modello di cui all'allegato II del presente decreto.
5. Il contenuto dei modelli di cui agli allegati I e II può essere modificato o integrato con decreto ministeriale per esigenze di aggiornamento di natura tecnica.

6. Nel caso in cui la dichiarazione di conformità prevista dal presente articolo, salvo quanto previsto all'articolo 15, non sia stata prodotta o non sia più reperibile, tale atto è sostituito - per gli impianti eseguiti prima dell'entrata in vigore del presente decreto - da una dichiarazione di rispondenza, resa da un professionista iscritto all'albo professionale per le specifiche competenze tecniche richieste, che ha esercitato la professione, per almeno cinque anni, nel settore impiantistico a cui si riferisce la dichiarazione, sotto personale responsabilità, in esito a sopralluogo ed accertamenti, ovvero, per gli impianti non ricadenti nel campo di applicazione dell'articolo 5, comma 2, da un soggetto che ricopre, da almeno 5 anni, il ruolo di responsabile tecnico di un'impresa abilitata di cui all'articolo 3, operante nel settore impiantistico a cui si riferisce la dichiarazione.

  
B. Scro  
Epo/pul  






SAPIENZA  
UNIVERSITÀ DI ROMA

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

**Sezione A**  
**PROVA PRATICA**  
**16 Febbraio 2018**

**Tema n° 19 – Ingegneria Industriale**

Una pompa centrifuga si deve sollevare l'acqua contenuta nel serbatoio N°1 di aspirazione fino al serbatoio N°2 di mandata. I due serbatoi sono entrambi a cielo aperto e di dimensioni tali per cui una variazione in massa del contenuto non modifica i rispettivi livelli. Sono noti le seguenti caratteristiche d'esercizio:

- portata:  $Q = 6000 \text{ dm}^3/\text{h}$
- altezza di aspirazione  $h_a = 8 \text{ m}$
- altezza di mandata:  $h_m = 32 \text{ m}$
- lunghezza tubo di aspirazione:  $L_a = 8,5 \text{ m}$
- lunghezza tubo di mandata:  $L_m = 32 \text{ m}$
- rendimento della pompa pari a 79%

Considerando una velocità del liquido nelle condotte pari a 2.6 m/s e assumendo in autonomia ogni altro elemento di progetto non fornito dal testo, tracciare lo schema dell'impianto e determinare:

- la potenza meccanica assorbita dalla pompa
- il rendimento totale dell'impianto.

Effettuare inoltre la verifica a cavitazione della pompa.

Roberto  
Ser  
Enobaut  
B.B.  
Gianfranco







SAPIENZA  
UNIVERSITÀ DI ROMA

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

**Sezione A**  
**PROVA PRATICA**  
**16 Febbraio 2018**

**Tema n° ~~21~~<sup>20</sup> – Ingegneria Gestionale**

Una società di capitali deve realizzare un parco eolico on-shore della potenza complessiva di circa 1MW. La produzione netta media annua di energia del predetto parco eolico - che beneficia di una “tariffa omnicomprensiva” annua applicata all’energia immessa nella rete (€/MWh) per 20 anni - è pari a circa 1.500 MWh. I costi di gestione medi annui sono stati stimati nel 5% del costo dell’investimento (pari ad € 1.300.000), interamente coperto da mutuo bancario a tasso d’interesse fisso del 2,5% effettivo annuo e rata annua costante (da rimborsare in 10 anni). Il sistema tributario corrente prevede una tassazione dei redditi societari di tipo proporzionale, con aliquota costante del 24%, e l’assenza di vincoli in ordine alla determinazione delle quote d’ammortamento. Il candidato, motivando le proprie scelte, progetti la struttura dei ricavi e dei costi del suddetto progetto d’investimento (da progettare e costruire in 1 anno), affinché lo stesso risulti redditizio e finanziabile, e rediga il relativo piano economico-finanziario.

*[Handwritten signatures and initials]*  
S. S.  
E. P.  
T.B.  
J. P.

