

1. ENERGIA, TREBALL I POTÈNCIA

Unidades conversión: 1 cal = 4,18 J - 1J = 1 w · s - 1 eV = 1'602 · 10⁻¹⁹J

1 kWh = 1000 Wh = 1000 Wh · 3600 s/h = 3600 · 1000 J = 3'6 · 10⁶J

Treball: $T = F \cdot d$ ó $W = F \cdot s \cdot \cos \alpha \rightarrow$ Potència: $P = T/t$ ò $P = W/t$ 1 CV = 735 W

Energia mecànica: $E_m = E_c + E_p = \frac{1}{2}m \cdot v^2 + m \cdot g \cdot h$

Energia tèrmica o calorífica: $Q = m \cdot C_e \cdot \Delta T$

Energia química: $Q = P_c \cdot m \rightarrow P_c$: poder calorífic

Energia nuclear: $E = mc^2 \rightarrow c$: velocitat de la luz, $3 \cdot 10^8$ m/s.

Energia elèctrica: $E = P \cdot t \rightarrow E = V \cdot I \cdot t$

Rendiment: $\eta = \frac{W_u}{W_c} = \frac{E_u}{E_c} = \frac{P_{\text{útil}}}{P_{\text{consumida}}}$

Exercicis:

4. Un muntacàrregues puja una massa de 1 800 kg a 20 m d'altura en 1 minut. Calcula el treball que efectua i la potència del motor, en CV, en els casos següents:

a) Considerant nul el fregament.

$$G = m \cdot g = 1800 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 = 17658 \text{ N}$$

$$W = F \cdot s = 17658 \text{ N} \cdot 20 \text{ m} = 353160 \text{ J}$$

$$P = \frac{W}{t} = \frac{353160 \text{ J}}{60 \text{ s}} = 5886 \text{ W}$$

$$5886 \text{ W} \cdot \frac{1 \text{ CV}}{736 \text{ W}} = 7,99 \text{ CV}$$

b) Si la força de fregament que ha de vèncer és de 1 500 N.

$$W = F \cdot s = (17658 \text{ N} + 1500 \text{ N}) \cdot 20 \text{ m} = 383160 \text{ J}$$

$$P = \frac{W}{t} = \frac{383160 \text{ J}}{60 \text{ s}} = 6386 \text{ W}$$

$$6386 \text{ W} \cdot \frac{1 \text{ CV}}{736 \text{ W}} = 8,67 \text{ CV}$$

16. Calcula la potència, en CV, proporcionada per la línia elèctrica a un motor de rendiment 0,9 que ens dona una potència a l'eix de 3 312 W.

$$P_c = \frac{P_u}{\eta} = \frac{3312 \text{ W}}{0,9} = 3680 \text{ W}$$

$$3680 \text{ W} \cdot \frac{1 \text{ CV}}{736 \text{ W}} = 5 \text{ CV}$$

2. Calcula el temps que una motorbomba de 10 CV, treballant a plena càrrega, tardarà a omplir d'aigua un dipòsit de 200 m³ situat a 25 m d'alçada. Les pèrdues totals d'energia són d'un 20 %.

$$10 \text{ CV} \cdot \frac{736 \text{ W}}{1 \text{ CV}} = 7360 \text{ W}$$

$$E_p = mgh = 200 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 25 \text{ m} = 49,05 \cdot 10^6 \text{ J}$$

$$E_c = \frac{E_u}{\eta} \cdot 100 = \frac{49,05 \cdot 10^6 \text{ J}}{80} \cdot 100 = 61,3125 \cdot 10^6 \text{ J}$$

$$t = \frac{W}{P} = \frac{61,3125 \cdot 10^6 \text{ J}}{7360 \text{ W}} = 8330,5 \text{ s} = 2,3 \text{ h}$$

5. Des de dalt de tot d'un edifici de 30 m deixem caure un cos de massa 50 g que arriba a terra a una velocitat de 20 m/s. Quina és l'energia que s'ha dissipat per fregament amb l'aire?

$$E_c = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}0,05 \text{ kg} \cdot (20 \text{ m/s})^2 = 10 \text{ J}$$

$$E_p = mgh = 0,05 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 30 \text{ m} = 14,715 \text{ J}$$

$$E = E_p - E_c = 14,715 \text{ J} - 10 \text{ J} = 4,715 \text{ J}$$

13. Calcula la potència que subministra una central hidroelèctrica que aprofita l'energia d'un salt d'aigua de 50 m d'alçada amb un cabal d'aigua $q = 5 \text{ m}^3/\text{s}$, si el rendiment del turboalternador és $\eta = 0,76$.

$$P = \frac{W}{t} = \frac{F \cdot s}{t} = \frac{m \cdot g \cdot h}{t} = \frac{5000 \cdot 9,81 \cdot 50}{1} = 2452,5 \text{ kW}$$

$$P_u = P_c \cdot \eta = 2452,5 \cdot 0,76 = 1863,9 \text{ kW}$$

17. Un motor que subministra 2 CV té un rendiment del 55 %. Quina és l'energia en joules que consumirà en dues hores de funcionament?

$$P_c = \frac{P_u}{\eta} = \frac{2 \text{ CV}}{0,55} \cdot 100 = 3,636 \text{ CV}$$

$$3,636 \text{ CV} \cdot \frac{736 \text{ W}}{1 \text{ CV}} = 2676,3 \text{ W}$$

$$W = P \cdot t = 2676,3 \text{ W} \cdot 7200 \text{ s} = 1,926 \cdot 10^7 \text{ J}$$

4. Una central elèctrica té un grup turboalternador de 10 MW, amb un rendiment del 80 %, situat a 120 m per sota el nivell mitjà de l'envasament. Quina ha de ser la capacitat en hm³ per cobrir la demanda d'energia durant 1 mes.

$$P_c = \frac{P_u}{\eta} \cdot 100 = \frac{10 \text{ MW}}{80} \cdot 100 = 12,5 \text{ MW}$$

$$P = \frac{mgh}{t} \rightarrow m = \frac{P t}{g h} = \frac{12,5 \cdot 10^6 \text{ W} \cdot 30 \cdot 24 \cdot 3600 \text{ s}}{9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 120 \text{ m}} =$$

$$= 2,75229 \cdot 10^9 \text{ kg} = 2,75229 \cdot 10^9 \text{ L} =$$

$$= 2,75229 \cdot 10^9 \text{ L} \cdot \frac{\text{m}^3}{10^3 \text{ L}} \cdot \frac{\text{Hm}^3}{10^6 \text{ m}^3} = 27,5229 \text{ Hm}^3$$

2. Els recursos energètics

- Poder calorífic (energia de la combustió): $P_c = P_c(CN) \cdot \frac{p}{101300} \cdot \frac{273}{273+T}$
- Capacitat calorífica (C Quantitat de calor per elevar 1º): $Q = C(T_2 - T_1) = m \cdot c_e(T_2 - T_1)$
- Consum: és el temps de la potència consumida o la massa consumida en aquest temps: $C = \frac{E_c}{P_c}$

6. Una indústria necessita 15000 L d'aigua calenta cada dia, que s'ha d'escalfar de 20 °C a 90 °C. Disposa d'una instal·lació calefactors que utilitza carbó amb un poder calorífic de 28 MJ/kg i amb un rendiment del 75%. Calcula la quantitat de carbó que ha de cremar cada dia. (Calor específica de l'aigua $c_e = 1 \text{ kcal/kg} \cdot ^\circ\text{C}$.)

$$E_u = \frac{4,18 \text{ kJ}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot \frac{1 \text{ kg}}{1 \text{ L}} \cdot 15000 \text{ L} \cdot 70 ^\circ\text{C} = 4,39 \cdot 10^3 \text{ MJ}$$

$$E_c = \frac{E_u}{\eta} = \frac{4,39 \cdot 10^3}{0,75} = 5,85 \cdot 10^3 \text{ MJ}$$

$$m = \frac{E_c}{p_c} = \frac{5,85 \cdot 10^3}{28} = 208,93 \text{ kg}$$

6. Una indústria necessita 15000 L d'aigua calenta cada dia, que s'ha d'escalfar de 20 °C a 90 °C. Disposa d'una instal·lació calefactors que utilitza carbó amb un poder calorífic de 28 MJ/kg i amb un rendiment del 75%. Calcula la quantitat de carbó que ha de cremar cada dia. (Calor específica de l'aigua $c_e = 1 \text{ kcal/kg} \cdot ^\circ\text{C}$.)

$$E_u = \frac{4,18 \text{ kJ}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot \frac{1 \text{ kg}}{1 \text{ L}} \cdot 15000 \text{ L} \cdot 70 ^\circ\text{C} = 4,39 \cdot 10^3 \text{ MJ}$$

$$E_c = \frac{E_u}{\eta} = \frac{4,39 \cdot 10^3}{0,75} = 5,85 \cdot 10^3 \text{ MJ}$$

$$m = \frac{E_c}{p_c} = \frac{5,85 \cdot 10^3}{28} = 208,93 \text{ kg}$$

13. Calcula el consum de benzina per cada 100 km del motor d'un automòbil que desenvolupa una potència de 60 CV amb una velocitat mitjana de 100 km/h i amb un rendiment del motor del 32%. (Poder calorífic de la benzina $p_c = 35 \text{ MJ/L}$.)

$$E_u = P \cdot t = 44160 \cdot 3600 = 1,589 \cdot 10^8 \text{ J}$$

$$E_c = \frac{E_u}{\eta} = \frac{1,589 \cdot 10^8}{0,32} = 4,968 \cdot 10^8 \text{ J}$$

$$V = \frac{E_c}{p_c} = \frac{4,968 \cdot 10^8}{35 \cdot 10^6} = 14,19 \text{ L}$$

3. Una central tèrmica que utilitza gas natural disposa d'un grup motriu que té un rendiment del 40% i proporciona una potència de 200 MW. Calcula el consum horari de gas si se subministra a 5 atm i a 20 °C. Poder calorífic del gas natural $p_c(CN) = 46 \text{ MJ/m}^3$.

$$E_u = P \cdot t = 200 \cdot 10^6 \text{ W} \cdot 3600 \text{ s} = 7,2 \cdot 10^{11} \text{ J}$$

$$E_c = E_u / \eta = 7,2 \cdot 10^{11} \text{ J} / 0,4 = 1,8 \cdot 10^{12} \text{ J}$$

$$p = 5 \cdot 101300 = 506500 \text{ Pa}$$

$$P_c = P_c(CN) \cdot p \cdot \frac{p}{101300} = \frac{273}{273 + T}$$

$$= 46 \cdot 10^6 \text{ J/m}^3 \cdot \frac{506500}{101300} \cdot \frac{273}{273 + 20} = 2,142 \cdot 10^8 \text{ J/m}^3$$

$$\text{Consum/h} = \frac{E_c}{P_c} = \frac{1,8 \cdot 10^{12} \text{ J}}{2,142 \cdot 10^8 \text{ J/m}^3} = 8403 \text{ m}^3/\text{h}$$

14. Una central tèrmica que utilitza gas natural disposa d'un grup motriu que té un rendiment $\eta = 40\%$ i proporciona una potència $P_u = 200 \text{ MW}$. Calcula el consum horari de gas c_{hor} si se subministra a una pressió $P = 506,5 \text{ kPa}$ i a una temperatura $T = 20 ^\circ\text{C}$. Poder calorífic del gas natural $p_c(CN) = 46 \text{ MJ/m}^3$.

$$E_u = P_u \cdot t = 200 \cdot 10^6 \cdot 3600 = 7,2 \cdot 10^{11} \text{ J/h}$$

$$E_c = \frac{E_u}{\eta} = \frac{7,2 \cdot 10^{11}}{0,4} = 1,8 \cdot 10^{12} \text{ J/h}$$

$$p_c = p_c(CN) \cdot \frac{p}{101300} \cdot \frac{273}{273 + T} = 46 \cdot \frac{506500}{101300} \cdot \frac{273}{273 + 20} =$$

$$= 214,3 \text{ MJ/m}^3$$

$$C_h = \frac{E_c}{p_c} = \frac{1,8 \cdot 10^{12}}{214,3 \cdot 10^6} = 8399,44 \text{ m}^3/\text{h}$$

14. Una central tèrmica que utilitza gas natural disposa d'un grup motriu que té un rendiment $\eta = 40\%$ i proporciona una potència $P_u = 200 \text{ MW}$. Calcula el consum horari de gas c_{hor} si se subministra a una pressió $P = 506,5 \text{ kPa}$ i a una temperatura $T = 20 ^\circ\text{C}$. Poder calorífic del gas natural $p_c(CN) = 46 \text{ MJ/m}^3$.

$$E_u = P_u \cdot t = 200 \cdot 10^6 \cdot 3600 = 7,2 \cdot 10^{11} \text{ J/h}$$

$$E_c = \frac{E_u}{\eta} = \frac{7,2 \cdot 10^{11}}{0,4} = 1,8 \cdot 10^{12} \text{ J/h}$$

$$p_c = p_c(CN) \cdot \frac{p}{101300} \cdot \frac{273}{273 + T} = 46 \cdot \frac{506500}{101300} \cdot \frac{273}{273 + 20} =$$

$$= 214,3 \text{ MJ/m}^3$$

$$C_h = \frac{E_c}{p_c} = \frac{1,8 \cdot 10^{12}}{214,3 \cdot 10^6} = 8399,44 \text{ m}^3/\text{h}$$

5. Calcula el rendiment d'una instal·lació que consumeix $c = 3 \text{ m}^3/\text{h}$ de gas natural a una pressió $p = 303,9 \text{ kPa}$ i a una temperatura $T = 25 ^\circ\text{C}$ per obtenir un cabal d'aigua calenta $q = 500 \text{ L/h}$ a una temperatura $T_2 = 90 ^\circ\text{C}$, si la temperatura inicial de l'aigua és de $t_1 = 20 ^\circ\text{C}$. Poder calorífic del gas natural $p_c(CN) = 44 \text{ MJ/m}^3$.

$$p_c = p_c(CN) \cdot p \cdot \frac{273}{273 + T} = 44 \cdot \frac{303,9}{101,3} \cdot \frac{273}{273 + 25} =$$

$$= 120,926 \text{ MJ/m}^3$$

$$E_c = p_c \cdot c = 120,926 \cdot 3 = 362,778 \text{ MJ}$$

$$E_u = Q = m \cdot c_e \cdot (T_2 - T_1) = 500 \cdot 4,18 \cdot (90 - 20) = 146300 \text{ kJ}$$

$$\eta = E_u / E_c = (146300 \cdot 10^3) / (362,778 \cdot 10^6) =$$

$$= 0,4032 = 40,32\%$$

3. Producció i distribució d'energia elèctrica

- Pèrdues de potència en trifàsic: $p = 3 \cdot R_L \cdot I^2 = \frac{3 \cdot \rho \cdot L \cdot I^2}{s}$
- Intensitat en trifàsic: $I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \varphi}$

33. Quines són les pèrdues de potència per l'efecte Joule en una línia trifàsica de 25 kV, 10 MW, $\cos \varphi = 0,8$ i 10 km de longitud, si els conductors són de Cu de 150 mm² amb un coeficient de resistivitat $\rho = 17,5 \cdot 10^{-9} \Omega \cdot m$? Si la tensió de la línia fos de 380 V, quines serien llavors les pèrdues? Compara els dos resultats.

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} V \cos \varphi} = \frac{10 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 25 \cdot 10^3 \cdot 0,8} = 288,67 \text{ A}$$

$$p = \frac{3 \rho L I^2}{s} = \frac{3 \cdot 17,5 \cdot 10^{-9} \cdot 10 \cdot 10^3 \cdot 288,67^2}{15 \cdot 10^{-7}} = 291\,656,29 \text{ W}$$

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} V \cos \varphi} = \frac{10 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,8} = 18\,991,44 \text{ A}$$

$$p = \frac{3 \rho L I^2}{s} = \frac{3 \cdot 17,5 \cdot 10^{-9} \cdot 10 \cdot 10^3 \cdot 18\,991,44^2}{15 \cdot 10^{-7}} = 1\,262 \text{ MW}$$

4. Energies alternatives

1. Un escalfador d'aigua funciona amb gas butà de poder calorífic $p_{c \text{ butà}} = 47 \text{ MJ/kg}$ i pot arribar a donar un cabal d'aigua $q = 6,5 \text{ L/min}$ i elevar-ne la temperatura $\Delta t = 50 \text{ °C}$. La calor específica de l'aigua és $c_e = 4,18 \text{ J/(g K)}$. Determina, en aquestes condicions:

a) La potència útil P_u .

La quantitat de calor útil Q_u obtinguda en 1 min a plena càrrega, és:

$$Q_u = q \cdot c_e \cdot \Delta t = 6,5 \cdot 10^3 \cdot 4,18 \cdot 50 = 1\,358\,000 \text{ J/min}$$

Per tant, la potència útil P_u serà la quantitat de calor obtinguda en la unitat de temps $t = 1 \text{ s}$:

$$P_u = \frac{Q_u}{t} = \frac{1\,358\,000}{60} = 22\,641,67 \text{ W}$$

15. Calcula les pèrdues de potència d'una línia trifàsica de 100 km de longitud que transporta una potència de 100 MW amb un $\cos \varphi$, a una tensió de 400 kV, si està feta de conductors d'alumini de 300 mm² ($\rho_{Al} = 28 \cdot 10^{-9} \Omega \cdot m$).

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} V \cos \varphi} = \frac{100 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 10^3 \cdot 0,8} = 180,42 \text{ A}$$

$$p = 3 \cdot R_L \cdot I^2 = \frac{3 \rho L I^2}{s} = \frac{3 \cdot 28 \cdot 10^{-9} \cdot 100 \cdot 10^3 \cdot 180,42^2}{400 \cdot 10^{-6}} = 683\,578,9 \text{ W}$$

5. Les turbines de gas s'utilitzen principalment a les centrals:

- De cycle combinat.
- Nuclears.
- Tèrmiques de fuel.
- Minihidràuliques.

Resposta a).

b) Elrendiment si el consum de combustible és $q = 2,1 \text{ kg/h}$.

El rendiment és la relació que hi ha entre la calor necessària per escalfar l'aigua i la calor que desprèn el combustible utilitzat; en 1 hora:

$$\eta = \frac{Q_{u \text{ hora}}}{Q_c} = \frac{Q_{u \text{ minut}}}{q_{\text{butà}} \cdot p_{\text{butà}}} = \frac{1\,358\,000 \cdot 60}{2,1 \cdot 46 \cdot 10^6} = 0,8258$$

$$\eta\% = 82,58\%$$

c) El temps mínim t_{min} i la quantitat de butà m necessaris per escalfar 50 °C un volum d'aigua $V = 50 \text{ L}$.

Si quan funciona a plena càrrega l'escalfador, dona un cabal $q = 6,5 \text{ L/min}$, el temps necessari t_{min} per escalfar un volum d'aigua $V = 50 \text{ L}$ serà:

$$t_{\text{min}} = \frac{V}{q} = \frac{50}{6,5} = 7,69 \text{ min}$$

