

**TECNOLOGIA
INDUSTRIAL**

SOLUCIONARI

2

Autors del material complementari

Jordi Regalés i Barta
Xavier Domènech i Vilar

Autors del llibre de l'alumne

Joan Joseph i Gual
Jaume Garravé i Berengué
Francesc Garófano i Montoro
Francesc Vila i Grabulosa



BARCELONA - MADRID - BUENOS AIRES - CARACAS
GUATEMALA - LISBOA - MÈXIC - NOVA YORK
PANAMÀ - SAN JUAN - BOGOTÀ - SÃO PAULO
AUCKLAND - HAMBURG - LONDRES - MILÀ - MONT-REAL
NOVA DELHI - PARÍS - SAN FRANCISCO - SYDNEY - SINGAPUR
SAINT LOUIS - TÒQUIO - TORONTO

Tecnologia industrial 2 · Batxillerat · Solucionari

No és permesa la reproducció total o parcial d'aquest llibre, ni el seu tractament informàtic, ni la transmissió de cap forma o per qualsevol mitjà, ja sigui electrònic, mecànic, per fotocòpia, per registre o d'altres mitjans, sense el permís previ i per escrit dels titulars del Copyright.

Drets reservats © 2008, respecte a la primera edició en català per:

McGraw-Hill/Interamericana de España, S.A.U.
Edificio Valrealty, 1.ª planta
Basauri, 17
28023 Aravaca (Madrid)

ISBN: 978-84-481-6159-0

Dipòsit legal:

Editora de projecte: Àlicia Almonacid

Tècnic editorial: Conrad Agustí

Disseny de coberta i d'interior: Quin Team!

Il·lustracions: Joan Joseph, Luis Bogajo

Composició: Servei Gràfic NJR, S.L.

Imprès a:

IMPRÈS A ESPANYA – PRINTED IN SPAIN



■ Solucionari Llibre de l'alumne

■ BLOC 1. Sistemes mecànics

Unitat 1. Principis de màquines	5
Activitats	5
Activitats finals	8
Unitat 2. Màquines tèrmiques	11
Activitats	12
Activitats finals	16
Unitat 3. Oleohidràulica	18
Activitats	18
Activitats finals	21
Avaluació del bloc 1	22

■ BLOC 2. Sistemes electrotècnics

Unitat 4. Electromagnetisme i corrent altern	24
Activitats	24
Activitats finals	27
Unitat 5. Màquines elèctriques	29
Activitats	29
Activitats finals	32
Avaluació del bloc 2	34

■ BLOC 3. Sistemes automàtics

Unitat 6. Circuits industrials. Electropneumàtica	37
Activitats	37
Activitats finals	39
Unitat 7. Sistemes digitals	40
Activitats	40
Activitats finals	46

Unitat 8. Sistemes automàtics	49
Activitats	49
Activitats finals	52

Avaluació del bloc 3	55
-----------------------------------	----

■ BLOC 4. Sistemes de fabricació

Unitat 9. Metrologia i normalització	57
Activitats	57
Activitats finals	61

Unitat 10. Indústria metal·lúrgica	64
Activitats	64
Activitats finals	69

Unitat 11. Indústries química i tèxtil. Els residus industrials	72
Activitats	72
Activitats finals	74

Unitat 12. Elements d'organització industrial	76
Activitats	76
Activitats finals	79

Avaluació del bloc 4	80
-----------------------------------	----

■ Solucionari Guia didàctica

Unitat 1.	82
Unitat 2.	87
Unitat 3.	89
Unitat 4.	92
Unitat 5.	94
Unitat 6.	96
Unitat 7.	98
Unitat 8.	100
Unitat 9.	101
Unitat 10.	103
Unitat 11.	105
Unitat 12.	106



■ Bloc 1. Sistemes mecànics
■ Unitat 1. Principis de màquines
■ Activitats

1. Una vagoneta de massa $m = 20\,000\text{ kg}$ surt del repòs i baixa per un pendent de l'1 % i de longitud $L = 25\text{ m}$, al final del qual hi ha una molla amb $k = 2000\text{ kN/m}$. Determina:

a) La velocitat de la vagoneta al final del pendent.

$$E_c = E_p$$

$$E_p = m \cdot g \cdot h = 20\,000 \cdot 9,81 \cdot 25 \cdot 0,01 = 49\,050\text{ J}$$

$$E_c = \frac{1}{2} \cdot m (v_2^2 - v_1^2)$$

$$49\,050 = \frac{1}{2} \cdot 20\,000 \cdot (v_2^2 - 0)$$

d'on $v_2 = 2,21\text{ m/s}$

b) La deformació de la molla com a conseqüència del xoc.

$$W_m = -\frac{1}{2} k \cdot x^2$$

$$W_m = -\Delta E_p$$

$$-49\,050 = -\frac{1}{2} \cdot 2\,000\,000 \cdot x^2$$

d'on $x = 0,221\text{ m}$

2. Un automòbil té un $C_x = 0,25$ i una superfície frontal $A = 1,6\text{ m}^2$. Dibuixa la gràfica de l'energia consumida i indica les escales en un recorregut de 100 km per a $0 \leq v \leq 100\text{ km/h}$ si el motor té un rendiment $\eta = 0,6$ i si només es té en compte la resistència aerodinàmica. Densitat de l'aire a $15\text{ }^\circ\text{C}$, $\rho = 1,225\text{ kg/m}^3$.

Per a $v = 50\text{ km/h} = 13,89\text{ m/s}$

$$F = \frac{1}{2} A \cdot C_x \cdot \rho \cdot v^2 = \frac{1}{2} \cdot 1,6 \cdot 0,25 \cdot 1,225 \cdot 13,89^2 = 47,26\text{ N}$$

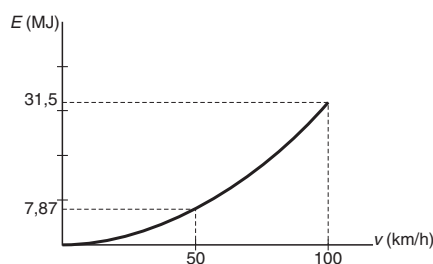
$$E_{\text{cons}} = W_{\text{consumit}} = \frac{F \cdot s}{\eta} = \frac{47,26 \cdot 100\,000}{0,6} = 7\,876\,667\text{ J} = 7,87\text{ MJ}$$

Per a $v = 100\text{ km/h} = 27,78\text{ m/s}$

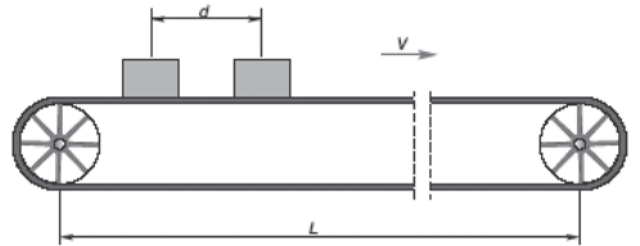
$$F = \frac{1}{2} A \cdot C_x \cdot \rho \cdot v^2 = \frac{1}{2} \cdot 1,6 \cdot 0,25 \cdot 1,225 \cdot 27,78^2 = 189,04\text{ N}$$

$$E_{\text{cons}} = W_{\text{consumit}} = \frac{F \cdot s}{\eta} = \frac{189,04 \cdot 100\,000}{0,6} = 31\,506\,667\text{ J} = 31,5\text{ MJ}$$

Llavors podem construir el gràfic:



3. **PAU** Una cinta transportadora és accionada per un grup motriu (motor, reductor i transmissió) que té un rendiment electromecànic $\eta = 0,68$. Quan la cinta es mou de buit (sense càrrega), es consumeix una potència elèctrica $P_{\text{buit}} = 2,4\text{ kW}$ i, quan treballa en condicions nominals, es consumeix $P_{\text{nom}} = 3,5\text{ kW}$. La cinta té una llargada $L = 18\text{ m}$ i en condicions nominals es mou a $v = 0,5\text{ m/s}$ i la distància entre paquet i paquet és $d = 1,2\text{ m}$.



Determina:

a) El consum elèctric, $E_{\text{elèctr}}$, en $\text{kW} \cdot \text{h}$, durant $t = 7,5\text{ h}$ de funcionament nominal.

$$E_{\text{elec}} = P_{\text{nom}} \cdot t_t = 26,25\text{ kWh}$$

b) El nombre n de paquets simultanis sobre la cinta i el temps, t_{paquet} que cada paquet és sobre la cinta.

$$n = \frac{L}{d} = 15$$

$$t_{\text{paquet}} = \frac{L}{v} = 36\text{ s}$$

c) L'energia mecànica, E_{paquet} que requereix la manipulació d'un paquet (associada a l'augment de consum respecte al de funcionament de buit).

$$E_{\text{paquet}} = \frac{(P_{\text{nom}} - P_{\text{buit}}) \eta}{n} t_{\text{paquet}} = 1,795\text{ kJ}$$

4. Un ascensor ha d'accelerar la seva càrrega des del repòs fins a $v = 2\text{ m/s}$ en 1 segon. Si l'ascensor, juntament amb la càrrega, té una massa de $m = 600\text{ kg}$ i les forces de fricció equivalen al 10% de la seva càrrega, determina la potència necessària del motor d'elevació.

La potència necessària serà: $P = W/t = F \cdot \Delta x/t$

En 1 s la velocitat de l'ascensor passa de 0 a 2 m/s, per tant, l'acceleració és de 2 m/s^2 .

$$\Delta x = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2 = \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 1^2 = 1\text{ m}$$

Per calcular F tenim $W_{1 \rightarrow 2} = \Delta E_c + \Delta E_p = (F - F_f) \cdot \Delta x$

$$\Delta E_c = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_2^2 - \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_1^2 = \frac{1}{2} \cdot 600 \cdot 2^2 - 0 = 1200\text{ J}$$

$$\Delta E_p = m \cdot g \cdot h_2 - m \cdot g \cdot h_1 = 600 \cdot 9,81 \cdot 1 - 0 = 5886\text{ J}$$

$$F_f = 10\% (600 \cdot 9,81) = 588,6\text{ N}$$

$$\Delta E_c + \Delta E_p = (F - F_f) \cdot \Delta x \Rightarrow 1200 + 5886 = (F - 588,6) \cdot 1$$

d'on $F = 7\,674,6\text{ N}$

I la potència $P = F \cdot \frac{\Delta x}{t} = 7\,674,6 \cdot 1/1 = 7\,674\text{ W}$

5. Un tren de $m = 15\,000\text{ kg}$ es desplaça a una velocitat $v = 90\text{ km/h}$. Determina la força de frenada F_{frenada} necessària perquè s'aturi en un espai de $x = 150\text{ m}$, si tenim en compte unes forces de fricció de $F_f = 1\,500\text{ N}$.

El treball fet per les forces no conservatives és:

$$W_{1-2} = (F - F_f) \cdot \Delta x, \text{ i}$$

$$W_{1-2} = \left(\frac{1}{2} m v_2^2 - \frac{1}{2} m v_1^2 \right) + (mgh_2 - mgh_1) \text{ [J]}$$

i com que en el pla $h_2 = h_1$

$$\text{Llavors, } (F - F_f) \cdot \Delta x = \left(\frac{1}{2} m v_2^2 - \frac{1}{2} m v_1^2 \right)$$

$$(F - 1\,500\text{ N}) \cdot 150\text{ m} = \frac{1}{2} \cdot 15\,000\text{ kg} (0 - (25\text{ m/s})^2)$$

d'on $F = -29\,750\text{ N}$

El signe negatiu és degut a què la força és contrària al moviment, és força de frenada.

6. En una màquina hi ha un volant amb una massa de $m = 250\text{ kg}$ i 50 cm de \varnothing , muntat sobre un eix amb un moment de fricció de 15 Nm . Determina la potència P que cal per accelerar-lo des del repòs fins a $n_1 = 250\text{ min}^{-1}$ en un temps màxim de $t = 3\text{ segons}$. Quina serà l'energia E que acumularà quan giri a $n_2 = 100\text{ min}^{-1}$?

Primer calclem el moment d'inèrcia del volant:

$$I = \frac{1}{2} m \cdot R^2 = \frac{1}{2} 250\text{ kg} \cdot (0,25\text{ m})^2 = 7,8125\text{ kg m}^2$$

La velocitat angular $\omega = 250\text{ min}^{-1} \cdot 2\pi/60 = 26,18\text{ rad/s}$

El treball necessari per accelerar el volant val:

$$W_{1-2} = \frac{1}{2} I (\omega_2^2 - \omega_1^2) \text{ i com que } W_{1-2} = (\tau - \tau_f) \cdot \varphi,$$

$$(\tau - 15) \cdot \varphi = \frac{1}{2} 7,8125\text{ kg m}^2 \cdot ((26,18\text{ rad/s})^2 - 0)$$

d'on $2\,677,30\text{ J} = (\tau - 15) \cdot \varphi$

Llavors, ens cal calcular φ , a partir de les equacions de l'acceleració i el temps:

$$\omega_f = \omega_0 + \alpha t \text{ i } \varphi = \omega_0 t + \frac{1}{2} \alpha \cdot t^2$$

$$26,18\text{ rad/s} = 0 + \alpha \cdot 3\text{ s}; \text{ d'on } \alpha = 8,7266\text{ rad/s}^2$$

$$\varphi = 0 + 0 + \frac{1}{2} \cdot 8,7266\text{ rad/s}^2 \cdot (3\text{ s})^2 = 39,27\text{ rad}$$

$$2\,677,30\text{ J} = (\tau - 15) \cdot 39,27\text{ rad} \text{ d'on } \tau = 83,18\text{ Nm}$$

$$\text{Finalment, } P = \frac{W}{t} = \frac{\tau \varphi}{t} = \frac{83,18\text{ Nm} \cdot 39,27\text{ rad}}{3\text{ s}} = 1\,088,82\text{ W}$$

L'energia acumulada a 100 min^{-1} val:

$$\omega = 100\text{ min}^{-1} \cdot \frac{2\pi}{60} = 10,472\text{ rad/s}$$

$$E_c = \frac{1}{2} \omega^2 I = \frac{1}{2} (10,472\text{ rad/s})^2 \cdot 7,8125\text{ kg m}^2 = 428,36\text{ J}$$

7. El motor d'un automòbil té una potència útil de $P_u = 58,88\text{ kW}$ quan gira a $n = 4\,500\text{ min}^{-1}$. Determina'n el parell motor Γ .

$$P = 58\,880\text{ W}$$

$$\omega = \frac{4\,500\text{ min}^{-1} \cdot 2\pi}{60} = 471,239\text{ rad/s}$$

$$P = \tau \omega; \tau = \frac{P}{\omega} = \frac{58\,880\text{ W}}{471,239\text{ rad/s}} \approx 125\text{ Nm}$$

8. Es vol acoblar un motor elèctric que consumeix $P_c = 2\,944\text{ W}$ a $1\,450\text{ min}^{-1}$ a plena càrrega, amb un rendiment del $\eta = 85\%$, a una màquina. Si el moment d'inèrcia total aplicat a l'eix del motor és de $I = 10\text{ kg m}^2$, calcula el temps t que el motor trigarà a assolir la velocitat de càrrega des del repòs, si considerem que el moment que genera és constant des de l'arrencada.

Primer transformem les unitats al SI i calclem el moment útil a partir de la potència útil i la velocitat angular:

$$P_c = 4\text{ CV} \cdot \frac{736\text{ W}}{1\text{ CV}} = 2\,944\text{ W}$$

$$P_u = P_c \cdot \eta = 2\,944 \cdot 0,85 = 2\,502,4\text{ W}$$

$$\omega = 1\,450\text{ min}^{-1} \cdot 2\pi/60 = 151,84\text{ rad/s}$$

$$\tau = \frac{P}{\omega} = \frac{2\,502,4\text{ W}}{151,84\text{ rad/s}} = 16,48\text{ Nm}$$

Llavors:

$$W_{1-2} = \frac{1}{2} I (\omega_2^2 - \omega_1^2) \text{ i } W_{1-2} = \tau \cdot \varphi,$$

$$\text{d'on } 16,48\text{ Nm} \cdot \varphi = \frac{1}{2} \cdot 10\text{ kg m}^2 \cdot ((151,84\text{ rad/s})^2 - 0)$$

d'on $\varphi = 6\,995,24\text{ rad}$

A partir de les equacions del moviment circular:

$$\omega_f = \omega_0 + \alpha t \text{ i } \varphi = \omega_0 t + \frac{1}{2} \alpha t^2,$$

plantegem el sistema $151,84\text{ rad/s} = 0 + \alpha t$

$$6\,995,24\text{ rad} = 0 + 0 + \frac{1}{2} \alpha t^2$$

d'on finalment $t = 92,137\text{ s}$

9. Esmenta cinc casos de màquines o instal·lacions en el disseny de les quals, segons el teu parer, calgui tenir en compte paràmetres termodinàmics.

Les calderes de vapor de les centrals tèrmiques, les turbines de vapor, els motors d'explosió, els frigorífics o refrigeradors, les bombes de calor, els sistemes d'aire condicionat, etc. En general, qualsevol màquina o aparell on es transformi calor en treball o a l'inrevés.

10. Quina diferència hi ha entre calor i temperatura?

La calor és l'energia que es pot transferir entre dos cossos a diferent temperatura, mentre que la temperatura és un indicatiu del nivell d'energia interna que té un cos.

11. Busca informació sobre per què no hi poden haver temperatures inferiors al zero absolut; i per què no hi ha, en canvi, cap límit per a les temperatures elevades.



Doncs perquè, segons la teoria física, el valor del zero absolut és inassolible per qualsevol partícula material, atès que les partícules no tenen cap energia cinètica interna, sinó que assoleixen un estat de quietud total (en què les molècules deixen de vibrar). Només hi ha càmeres frigorífiques que arriben fins als 272 °C, i no arriben a menys temperatura perquè la càmera frigorífica no pot baixar més la temperatura si les molècules no contenen energia.

12. En una indústria cal vaporitzar un volum $V = 100$ L diaris d'aigua que es troba a una pressió $p_{\text{aigua}} = 1$ atmosfera. Si l'aigua es troba inicialment a $T_{\text{aigua}} = 10$ °C, quin volum V_{gas} (m³) de gas natural ($P_c = 45\,980$ kJ/m³ en CN) necessitarà diàriament si el subministren a $T_{\text{gas}} = 1$ °C i a $p_{\text{gas}} = 10$ atmosferes?

La quantitat de calor necessària per vaporitzar l'aigua serà la suma de la necessària per elevar l'aigua fins als 100 °C més la necessària per a la vaporització. De les taules obtenim que $c_e = 4,18$ kJ/kg °C i $L_v = 2\,257$ kJ/kg, llavors,

$$Q_1 = m c_e \Delta T = 100 \text{ kg} \cdot 4,18 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C} \cdot (100^\circ\text{C} - 10^\circ\text{C}) = 37\,620 \text{ kJ}$$

$$Q_2 = m L_v = 100 \text{ kg} \cdot 2\,257 \text{ kJ/kg} = 225\,700 \text{ kJ/kg}$$

$$Q_T = Q_1 + Q_2 = 37\,620 \text{ kJ} + 225\,700 \text{ kJ} = 263\,320 \text{ kJ}$$

$$Q_T = 263\,320 \text{ kJ} \cdot 1 \text{ kcal}/4,18 \text{ kJ} = 62\,995,21 \text{ kcal}$$

Com que:

$$P_c = P_c (\text{CN}) \cdot p \cdot 273 / (273 + T) = 11\,000 \text{ kcal/m}^3 \cdot 10 \text{ atm} \cdot 273 \text{ }^\circ\text{C} / (273 \text{ }^\circ\text{C} + 1^\circ\text{C})$$

$$\text{d'on } P_c = 109\,598 \text{ kcal/m}^3$$

$$\text{El consum diari} = 62\,995,21 \text{ kcal} / 109\,598 \text{ kcal/m}^3 = 0,5748 \text{ m}^3$$

13. Es comprimeix un volum $V_{\text{aire}} = 25$ L d'aire dins d'un recipient de $V_{\text{recipient}} = 5$ dm³, a una temperatura constant de $T = 14$ °C. Si la pressió inicial era de $p_1 = 1$ atmosfera, quina és la pressió final p_2 ?

$$V_1 = 25 \text{ L}; p_1 = 1 \text{ atm}; T = 14 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$V_2 = 5 \text{ dm}^3 = 5 \text{ L}$$

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2} \text{ i com que } T_1 = T_2 \text{ d'on } p_1 V_1 = p_2 V_2$$

$$\text{Finalment: } 1 \text{ atm} \cdot 25 \text{ L} = p_2 \cdot 5 \text{ L d'on } p_2 = 5 \text{ atm}$$

14. Una bombona de gas butà està a una temperatura de $T_1 = 10$ °C i una pressió $p_1 = 15$ atmosferes. Si la temperatura del gas passa accidentalment a $T_2 = 200$ °C, quina serà la pressió p_2 a la qual es trobarà aleshores el gas butà? (Considera el gas butà com un gas ideal.)

$$T_1 = 10 \text{ }^\circ\text{C} = 283 \text{ K}; p_1 = 15 \text{ atm}$$

$$T_2 = 200 \text{ }^\circ\text{C} = 473 \text{ K}$$

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$$

$$\frac{15 \text{ atm}}{283 \text{ K}} = \frac{p_2}{473 \text{ K}}, \text{ d'on } p_2 = 25,07 \text{ atm}$$

15. Si considerem el gas butà com un gas ideal, quin volum V ocupa una massa $m = 3$ kg de gas que es troba a $T = 20$ °C i $p = 10$ bar? (La massa molecular del gas butà és de 58 g.)

Primer calculem el nombre de mols que hi ha en 3 kg de gas:

$$n = \frac{3 \text{ kg}}{0,058 \text{ kg/mol}} = 51,7241 \text{ mol}$$

$$10 \text{ bar} = \frac{10 \text{ bar} \cdot 10^5 \text{ Pa}}{1 \text{ bar}} = 10^6 \text{ Pa}$$

$$20 \text{ }^\circ\text{C} = 293 \text{ K}$$

Llavors, a partir de l'equació dels gasos perfectes:

$$pV = nRT$$

$$10^6 \text{ Pa} \cdot V = 51,7241 \text{ mol} \cdot 8,314 \text{ J/K mol} \cdot 293 \text{ K}, \text{ d'on } V = 0,1260 \text{ m}^3$$

16. Un gas s'expansiona isobàricament a $p = 6$ bar des d'un volum inicial $V_1 = 1$ dm³ fins a $V_2 = 4$ dm³. Determina el treball W produït en l'expansió i dibuixa el diagrama pV corresponent.

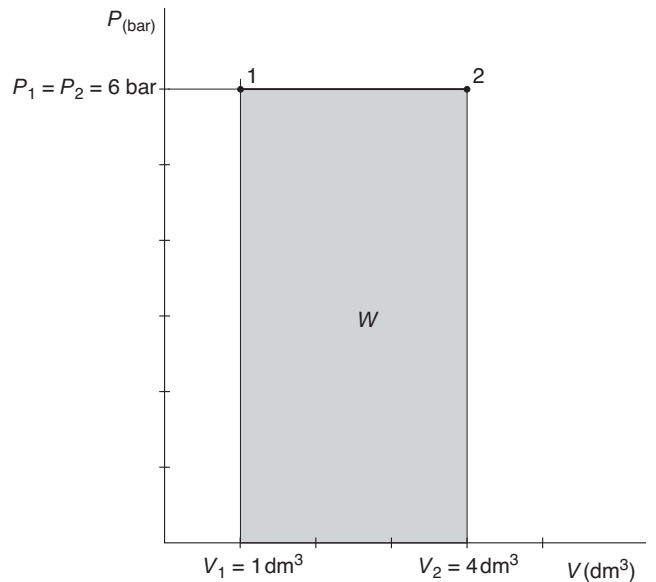
$$V_1 = 1 \text{ dm}^3 = 10^{-3} \text{ m}^3; p = 6 \text{ bar}$$

$$p = \frac{6 \text{ bar} \cdot 10^5 \text{ Pa}}{1 \text{ bar}} = 6 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

$$V_2 = 4 \text{ dm}^3 = 4 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

En transformacions isobàriques:

$$W = P (V_2 - V_1) = 6 \cdot 10^5 \text{ Pa} \cdot (4 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 - 10^{-3} \text{ m}^3) = 1800 \text{ J}$$



17. Dins d'un cilindre de 100 mm de \varnothing hi ha un èmbol a $x_1 = 50$ mm del fons. El cilindre és ple d'aire a $p_1 = 2$ bar de pressió i $T_1 = 20$ °C. S'escalfa l'aire sense deixar moure l'èmbol fins que la pressió augmenta fins a $p_2 = 4$ bar, i després es desbloqueja l'èmbol fins a situar-se a $x_2 = 150$ mm del fons, sense que variï la temperatura. Quin és el treball W total realitzat? Dibuixa el diagrama pV .

Primer calculem els volums inicial i final:

$$V_1 = V_2 = \pi \frac{D^2}{4} h_1 = \pi \frac{(0,1 \text{ m})^2}{4} \cdot 0,05 \text{ m} = 0,3927 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$V_3 = \pi \frac{D^2}{4} h_2 = \pi \frac{(0,1 \text{ m})^2}{4} \cdot 0,15 \text{ m} = 1,178 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

Com que s'escalfa l'aire sense deixar-lo expandir no hi ha treball, perquè és una transformació isòcora, només s'augmenta l'energia interna. Per tant, el treball correspondrà a la segona fase en deixar expandir l'aire a temperatura constant, o sigui, isotèrmicament:

$$W = p_2 V_2 \ln \left(\frac{V_2}{V_3} \right) =$$

$$= 4 \cdot 10^5 \text{ Pa} \cdot 0,3927 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \cdot \ln \left(\frac{1,178 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3}{0,3927 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3} \right)$$

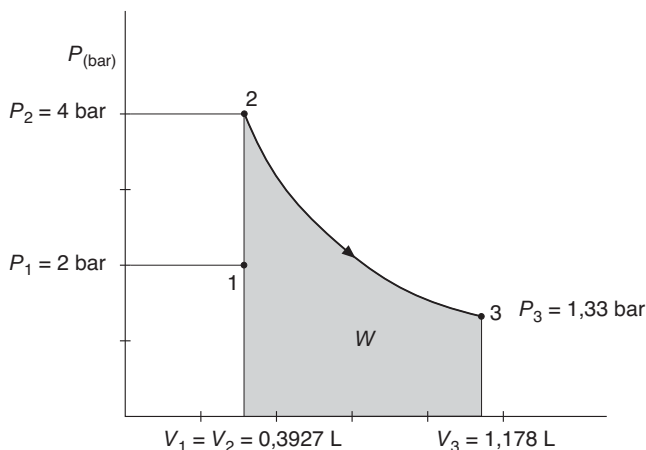
d'on $W = 172,57 \text{ J}$

Per dibuixar el diagrama pV ens cal calcular p_3 :

$$p_2 V_2 = p_3 V_3$$

$$4 \cdot 10^5 \text{ Pa} \cdot 0,3927 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 = p_3 \cdot 1,178 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

d'on $p_3 = 1,33 \cdot 10^5 \text{ Pa}$



18. En l'activitat anterior, si l'energia interna de l'aire era inicialment de $U_1 = 500 \text{ J}$ i la final de $U_2 = 1000 \text{ J}$, quina serà la calor comunicada al sistema?

$$Q = \Delta U + W$$

$$Q = (1000 \text{ J} - 500 \text{ J}) + 172,57 \text{ J} = 672,57 \text{ J} = 160,9 \text{ cal}$$

19. Un mol d'un gas ideal s'expandeix adiabàticament ($\gamma = 1,5$) des d'una pressió $p_1 = 1 \text{ MPa}$ i $T_1 = 5 \text{ }^\circ\text{C}$ fins a una pressió de $p_2 = 300 \text{ kPa}$. Determina:

- a) Els volums V_1 inicial i V_2 final.

$$p_1 = 1 \text{ MPa} = 10^6 \text{ Pa}; T_1 = 5 \text{ }^\circ\text{C} = 278 \text{ K}$$

$$p_2 = 300 \text{ kPa} = 3 \cdot 10^5 \text{ Pa}; \gamma = 1,5$$

Un mol de gas ideal ocupa 10^6 Pa i 278 K :

$$pV = nRT$$

$$10^6 \text{ Pa} \cdot V = 1 \text{ mol} \cdot 8,314 \text{ J/K mol} \cdot 278 \text{ K} \text{ d'on } V_1 = 0,0023 \text{ m}^3$$

que serà el volum inicial del qual partim. El volum final, en

una expansió adiabàtica, valdrà:

$$p_1 V_1^\gamma = p_2 V_2^\gamma; 10^6 \text{ Pa} \cdot (0,0023 \text{ m}^3)^{1,5} = 3 \cdot 10^5 \text{ Pa} \cdot V_2^{1,5}$$

$$\text{d'on } V_2 = 0,0052 \text{ m}^3 \approx 5 \text{ L}$$

- b) La temperatura T_2 final.

La temperatura final:

$$T_1 V_1^{\gamma-1} = T_2 V_2^{\gamma-1}$$

$$278 \text{ K} \cdot (0,0023)^{1,5-1} = T_2 \cdot (0,0052)^{1,5-1}$$

$$\text{d'on } T_2 = 185,74 \text{ K}$$

- c) El treball W realitzat pel gas durant l'expansió.

El treball realitzat durant l'expansió val:

$$W_{1-2} = \left(\frac{p_2 V_2 - p_1 V_1}{1 - \gamma} \right) =$$

$$= \left(\frac{3 \cdot 10^5 \text{ Pa} \cdot 0,0052 \text{ m}^3 - 10^6 \text{ Pa} \cdot 0,0023 \text{ m}^3}{1 - 1,5} \right) = 1480 \text{ J}$$

Activitats finals

Qüestions

1. Determina l'energia E_c consumida en un desplaçament de $\Delta x = 100 \text{ km}$, per un automòbil que desenvolupa una potència de $P = 50 \text{ kW}$ a una velocitat de $v = 25 \text{ m/s}$, si el rendiment del motor és del $\eta = 50\%$.

- a) 200 kJ
b) 400 kJ
c) 400 MJ
d) 400000 J

La resposta correcta és la c).

$$P = F \cdot v$$

$$50000 = F \cdot 25$$

$$\text{d'on } F = 2000 \text{ N}$$

$$E_{\text{con}} = \frac{W}{\eta} = \frac{F \cdot s}{\eta} = \frac{2000 \cdot 100000}{0,5} = 400000000 \text{ J} = 400 \text{ MJ}$$

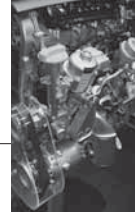
2. Si es col·loca un cos de massa $m = 25 \text{ kg}$ sobre un molla que té una $k = 4500 \text{ N/m}$, quina serà la màxima deformació de la molla?

- a) 54,5 cm
b) 54,5 mm
c) 0,0545 cm
d) 245,25 mm

La resposta correcta és la b).

$$F = G = m \cdot g = 25 \cdot 9,81 = 245,25 \text{ N}$$

$$F = k \cdot x$$



$$245,25 = 4500 \cdot x$$

$$\text{d'on } x = 0,0545 \text{ m} = 54,5 \text{ mm}$$

3. Un motor subministra una potència $P = 3 \text{ kW}$ quan gira a $n = 1450 \text{ min}^{-1}$. Determina el parell que proporciona el motor en aquestes condicions.

- a) 15,84 N·m
b) 197,5 N·m
c) 1,975 N·m
d) 19,75 N·m

La resposta correcta és la d).

$$P = \Gamma \cdot \omega$$

$$\omega = 1450 \cdot \frac{2\pi}{60} = 151,84 \text{ rad/s}$$

$$3000 = \Gamma \cdot 151,84$$

$$\text{d'on } \Gamma = 19,75 \text{ N} \cdot \text{m}$$

4. Un motor ha d'accionar una màquina, de manera que el moment d'inèrcia total referit a l'eix del motor val $I = 150 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$, i el motor ha d'accelerar la màquina de 0 a 150 min^{-1} en un temps $t = 3 \text{ s}$. Quina potència haurà de subministrar el motor?

- a) 12,34 kW
b) 37011 W
c) 15700 W
d) 12340 kW

La resposta correcta és la a).

$$P = \frac{W}{t}$$

$$W = \frac{1}{2} \cdot I \cdot (\omega_2^2 - \omega_1^2)$$

$$\omega_2 = 150 \cdot \frac{2\pi}{60} = 15,7 \text{ rad/s}$$

$$W = \frac{1}{2} \cdot 150 (15,7^2 - 0) = 37011 \text{ J}$$

$$P = \frac{37011}{3} = 12337 \text{ W} \approx 12,34 \text{ kW}$$

5. Un motor reductor aixeca un bloc de massa $m = 200 \text{ kg}$ a través d'un cable que s'enrotlla a un tambor de $\varnothing = 250 \text{ mm}$ de diàmetre. Si el tambor gira constantment a $n = 400 \text{ min}^{-1}$, quina energia E_c consumirà en $t = 10 \text{ h}$ de funcionament, si el rendiment del conjunt motor-reductor-tambor és del $\eta = 75\%$?

- a) 137 kWh
b) 493,2 MJ
c) 49,32 MJ

- d) a i b són certes

La resposta correcta és la d).

$$F = G = m \cdot g = 200 \cdot 9,81 = 1962 \text{ N}$$

$$M = F \cdot d = 1962 \cdot 0,125 = 245,25 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$\omega = 400 \cdot \frac{2\pi}{60} = 41,89 \text{ rad/s}$$

$$P = \frac{M \cdot \omega}{\eta} = \frac{245,25 \cdot 41,89}{0,75} = 13697,34 \text{ W} \approx 13,70 \text{ kW}$$

$$E = P \cdot t = 13,70 \cdot 10 = 137 \text{ kWh}$$

6. Determina l'energia E que ha estat necessària per vaporitzar un volum $V = 1000 \text{ L}$ d'aigua que inicialment es trobava a $T_1 = 20 \text{ }^\circ\text{C}$.

- a) 2,5914 kJ
b) 2,5914 MJ
c) 2,257 MJ
d) 334,4 kJ

La resposta correcta és la b).

$$\begin{aligned} E &= Q_1 + Q_2 = m \cdot c_e \cdot (T_2 - T_1) + m \cdot L_v = \\ &= 1000 \cdot 4,18 \cdot (100 - 20) + 1000 \cdot 2257 = \\ &= 2\,591\,400 \text{ J} = 2,5914 \text{ MJ} \end{aligned}$$

7. En un vehicle amb pila de combustible d'hidrogen, cal un dipòsit amb una massa $m = 3 \text{ kg}$ d'aquest gas. Determina la pressió a la qual ha de ser l'hidrogen si el dipòsit ha de tenir un volum $V = 50 \text{ L}$, i la temperatura normal de servei és $T = 20 \text{ }^\circ\text{C}$. La massa molecular de l'hidrogen, H_2 , és de 2 g . Considera l'hidrogen com un gas ideal.

- a) 730,8 MPa
b) 730,8 bar
c) 73080060 kPa
d) 7308,06 Pa

La resposta correcta és la b).

$$p \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

$$n = \frac{3000 \text{ g}}{2 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 1500 \text{ mol}$$

$$p \cdot 50 \cdot 10^{-3} = 1500 \cdot 8,314 \cdot 293$$

$$\text{d'on } p = 73\,080\,060 \text{ Pa} = 730,8 \text{ bar}$$

8. Determina el treball realitzat en l'expansió adiabàtica d'un cilindre que conté des d'un volum inicial $V_0 = 25 \text{ L}$ i $p_0 = 5 \text{ bar}$ fins a un volum final $V_1 = 100 \text{ L}$ ($\gamma = 1,3$)

- a) 159794,23 J
b) 159794,23 kJ
c) 82469,24 J
d) 82,46 MJ

La resposta correcta és la a).

$$P_1 \cdot V_1^\gamma = P_2 \cdot V_2^\gamma$$

$$5 \cdot 10^5 \cdot (25 \cdot 10^{-3})^{1,3} = P_2 \cdot (100 \cdot 10^{-3})^{1,3}$$

d'on $P_2 = 82\,469,24$ Pa

$$W_{1-2} = \frac{P_2 V_2 - P_1 V_1}{1 - \gamma} = \frac{82\,469,24 \cdot 25 \cdot 10^{-3} - 5 \cdot 10^5 \cdot 100 \cdot 10^{-3}}{1 - 1,3} = 159\,794,23 \text{ J}$$

Exercicis

1. Una grua ha d'aixecar una massa de $m = 3\,000$ kg des de terra fins a una alçada de $h = 25$ m. Si la potència efectiva de motor és $P = 1\,472$ W i té un rendiment del $\eta = 60\%$, quant temps t trigarà a aixecar la càrrega? Quina serà la quantitat de calor Q dissipada per les pèrdues causades per la fricció?

$$W = F \Delta x = 3\,000 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 25 = 735\,000 \text{ J}$$

$$P = \frac{W}{t} \rightarrow 1\,472 \text{ W} = \frac{735\,000 \text{ J}}{t}$$

d'on $t \approx 500$ s

$$W_c = \frac{W_u}{\eta} = \frac{735\,000 \text{ J}}{0,6} = 1\,225\,000 \text{ J}$$

$$W_p = W_c - W_u = 1\,225\,000 \text{ J} - 735\,000 \text{ J} = 490\,000 \text{ J} = 490 \text{ kJ}$$

2. Una màquina du un volant d'inèrcia de massa $m = 100$ kg format per un disc massís de $\varnothing = 500$ m de diàmetre que gira a $n = 300$ min⁻¹. Si les forces de fricció originen un moment de $M_{\text{fricció}} = 2$ N · m, determina el moment M_f de frenada necessari per aturar el volant en un temps de $t = 30$ s. Calcula també l'energia calorífica Q total dissipada en la frenada.

$$\omega_1 = 300 \text{ min}^{-1} \cdot 2\pi/60 = 31,41 \text{ rad/s}$$

$$\omega_2 = 0$$

$$t = 30 \text{ s}$$

$$\tau_f = 2 \text{ Nm}$$

$$I = \frac{1}{2} \cdot mR^2 = \frac{1}{2} \cdot 100 \text{ kg} \cdot (0,25 \text{ m})^2 = 3,125 \text{ kg m}^2$$

$$W_{1-2} = \frac{1}{2} I (\omega_2^2 - \omega_1^2) \text{ i com que } W_{1-2} = (-\tau - \tau_f) \cdot \varphi$$

(τ té signe negatiu perquè es tracta d'un moment de frenada)

$$\text{Llavors, } (-\tau - 2) \cdot \varphi = \frac{1}{2} \cdot 3,125 \text{ kg m}^2 (0 - (31,41 \text{ rad/s})^2)$$

Cal calcular φ :

$$\omega_f = \omega_0 + \alpha t \text{ i } \varphi = \omega_0 t + \frac{1}{2} \alpha t^2$$

$$0 = 31,41 \text{ rad/s} + \alpha \cdot 30, \text{ d'on } \alpha = -1,04 \text{ rad/s}^2$$

$$\varphi = 0 + 31,41 \text{ rad/s} \cdot 30 \text{ s} + \frac{1}{2} \cdot (-1,04 \text{ rad/s}^2) \cdot (30 \text{ s})^2 = 474,3 \text{ rad}$$

Finalment,

$$(-\tau - 2) \cdot 474,3 = \frac{1}{2} \cdot 3,125 \text{ kg m}^2 (0 - (31,41 \text{ rad/s})^2)$$

d'on $\tau = 1,25$ Nm

La calor dissipada correspondrà al treball fet en la frenada, que en valor absolut:

$$W = \tau \varphi = (1,25 \text{ Nm} + 2 \text{ Nm}) \cdot 474,3 \text{ rad} = 1\,541 \text{ J}$$

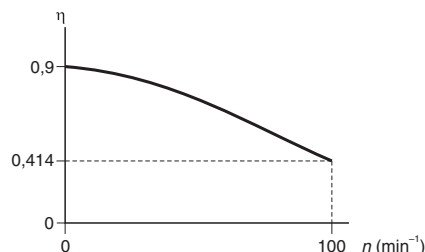
3. Un motor hidràulic acciona directament l'eix d'una màquina que requereix una energia $E_v = 4,5$ kJ per cada volta de l'eix. El rendiment del motor, en funció de la seva velocitat de

rotació n , és determinat per l'expressió $\eta = k_1 - k_2 \left(\frac{n}{n_0}\right)^2$ en

què $k_1 = 0,9$; $k_2 = 0,7$; $n_0 = 120$ min⁻¹.

- a) Dibuixa, i indica les escales, la corba de rendiment del motor en funció de n per a l'interval $0 \leq n \leq 100$ min⁻¹.

Si la velocitat de rotació de l'eix es fixa en $n = 80$ min⁻¹, determina:



- b) La potència mitjana que requereix la màquina.

$$P_{\text{màq}} = \frac{E_v}{\text{període}} = \frac{E_v}{\frac{1}{n}} = \frac{4,5 \cdot 80}{60} = 6 \text{ kW}$$

- c) L'energia que cal subministrar al motor hidràulic durant 5 h de funcionament.

$$E_m = \frac{P}{\eta} \cdot t = \frac{6}{0,9 - 0,7 \left(\frac{80}{120}\right)^2} \cdot 5 = 50,94 \text{ kW} \cdot \text{h}$$

4. PAU (curs 2002) En una planta de tractament de residus s'utilitza la combustió de biomassa (residus vegetals i animals) per produir aigua calenta. La planta rep diàriament $m_b = 30$ t de biomassa de poder calorífic $p_b = 9$ MJ/kg, que crema al llarg de tot el dia.

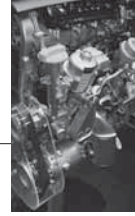
El rendiment de la instal·lació és $\eta = 0,60$. La calor específica de l'aigua és $c_e = 4,18$ J/(g °C) i cal incrementar la temperatura en $\Delta T = 50$ °C.

Determina:

- a) L'energia diària E_{dia} , en kW · h, i la potència mitjana, en kW, produïdes per la combustió de la biomassa.

$$E_{\text{dia}} = m_b p_b = 30 \cdot 10^3 \cdot 9 = 270 \text{ GJ} = 75 \cdot 10^3 \text{ kW} \cdot \text{h}$$

$$P_{\text{mitjana}} = \frac{E_{\text{dia}}}{t} = \frac{75 \cdot 10^3}{24} = 3125 \text{ kW}$$



b) La quantitat m d'aigua diària escalfada.

$$m = \frac{E_{\text{dia}} \eta}{c_e \Delta t} = \frac{270 \cdot 10^9 \cdot 0,6}{4,18 \cdot 10^3 \cdot 50} = 775 \cdot 10^3 \text{ kg}$$

c) El cabal mitjà q , en L/s, d'aigua calenta que es produeix.

$$q = \frac{m \rho}{t} = \frac{775 \cdot 10^3 \cdot 1}{24 \cdot 3600} = 8,971 \text{ L/s}$$

5. Es comprimeix isotèrmicament un volum $V_1 = 10 \text{ L}$ d'aire a una pressió inicial $p_1 = 1 \text{ bar}$ fins a reduir el seu volum a $V_2 = 1 \text{ L}$. Determina el treball W necessari per a la compressió i el calor Q extreta durant el procés, considerant l'aire un gas ideal.

$$W = p_1 V_1 \ln \left(\frac{V_2}{V_1} \right) =$$

$$= 10^5 \text{ Pa} \cdot 10 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \cdot \ln \left(\frac{10^{-3} \text{ m}^3}{10 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3} \right) = -2303 \text{ J}$$

En una compressió isotèrmica no hi ha variació de l'energia interna, llavors:

$$Q = \Delta U + W = 0 - 2303 \text{ J} = -2303 \text{ J}$$

Unitat 2. Màquines tèrmiques

Màquines tèrmiques. Història i evolució

1. Quan el vapor es condensa dins d'un recipient tancat es redueix la pressió interior i provoca el buit. Sabries explicar per què?

En condensar-se el vapor es produeix una reducció important de volum, com a conseqüència de canvi d'estat de gas a líquid. Si el vapor està contigut dins un recipient tancat amb les parets rígides, com que no es pot reduir el volum, la pressió disminueix i es provoca el buit.

2. Per quins motius la màquina de Savery no va reeixir i es va deixar de construir màquines d'alta pressió?

La màquina de Savery utilitzava vapor a alta pressió per impulsar l'aigua aspirada cap a l'exterior de la mina. Els materials i els sistemes constructius mecànics (canonades, unions, dipòsits) d'aquell temps no estaven preparats per suportar les altes pressions necessàries, per la qual cosa més d'un cop la màquina de Savery va explotar. Això va fer abandonar l'ús de les altes pressions en les màquines de vapor fins al segle XIX.

3. Quines són les diferències més significatives entre la màquina de Savery i la de Newcomen?

La màquina de Savery treballava amb baixa pressió per a l'aspiració de l'aigua i amb alta per a la seva impulsió i no existia cap bomba ni sistema mecànic d'impulsió. En canvi, a la màquina de Newcomen, a través del treball fet en la condensació dins un cilindre i amb un mecanisme similar al sistema biela manovella, s'aconseguia un moviment circular que a través d'una bomba extreia l'aigua de les mines. La màquina de Newcomen podia instal·lar-se a l'exterior de la mina, mentre que la de Savery, com que l'aspiració de l'aigua es duia a terme pel buit que provocava la condensació del vapor en un dels dipòsits, calia col·

locar-la a l'interior de la mina, a menys de 10 m d'on es trobava l'aigua a impulsar.

4. Explica les diferències entre una màquina de vapor atmosfèrica i una d'alta pressió.

La màquina de vapor atmosfèrica treballava pel buit, és a dir, la depressió provocada dins un cilindre per la condensació del vapor. Això feia que la pressió exterior –l'atmosfèrica– que era superior a l'interior fes baixar l'èmbol, com a conseqüència de la diferència de pressions. Per tant, era la pressió atmosfèrica la que feia el treball. Com que la diferència de pressions no podia ser superior a 1,013 bar, que és la pressió atmosfèrica, les potències obtingudes eren petites. A més, per condensar el vapor s'havia de refrigerar el cilindre, per la qual cosa calia una gran quantitat de vapor per escalfar-lo de nou i tornar-lo a omplir. Era necessari molt de vapor i conseqüentment molt de carbó per produir-lo.

A la màquina d'alta pressió, en canvi, és la pressió del vapor que fa desplaçar l'èmbol. Un cop realitzat el treball, a través de distribuïdors, el vapor surt i és condensat a l'exterior. Llavors, a més d'utilitzar pressions elevades, fins a on ho permetien els materials, els cilindres es mantenien sempre calents amb notable increment del rendiment.

5. Quina relació té el fet que Watt conegués la teoria sobre la calor latent de vaporització i que es decidís a fer la condensació del vapor a la màquina de Newcomen fora del cilindre? Per què l'estalvi de carbó fou llavors tan important?

El fet que J. Watt conegués la teoria de la calor latent de vaporització segurament va fer decidir-lo a realitzar la condensació fora del cilindre, ja que tota la calor latent necessària per a la condensació caldria subministrar-la de nou per mantenir el cilindre calent. En mantenir-se el cilindre calent sempre, i realitzar la condensació a fora, s'estalviava molt carbó, ja que no s'havia d'escalfar el cilindre a cada cicle de treball.

6. Busca informació i descriu el funcionament de la màquina de vapor de James Watt.

Resposta oberta.

7. Descriu com es produeix la transformació de l'energia del vapor en moviment circular en una màquina de vapor d'alta pressió amb mecanisme alternatiu de doble efecte.

Resposta oberta.

8. Com creus que va afectar el desenvolupament de la màquina de vapor a l'anomenada *Revolució Industrial*?

Resposta oberta.

9. Quins avantatges té la utilització de l'energia del vapor enfront de les altres energies utilitzades a les indústries abans que es fés servir, com ara la hidràulica?

L'energia del vapor podia ser utilitzada en qualsevol indret i de manera constant, contràriament al que passava amb l'energia hidràulica, que a més de variable, feia que s'haguessin d'instal·lar les fàbriques prop dels rius.

10. Per què creus que els motors d'explosió van substituir ràpidament les màquines de vapor en els transports lleugers?

Resposta oberta.



Activitats

1. Descriu un parell de processos irreversibles diferents dels explicats en aquest apartat.

En qualsevol màquina de les que utilitzem habitualment, motors tèrmics, elèctrics, etc. es duen a terme processos irreversibles, ja que no existeix realment una màquina reversible. Les friccions originades en el seu funcionament, pèrdues per transmissions de calor (no existeix cap sistema realment adiabàtic), les turbulències en els fluids, pèrdues magnètiques, etc., originen irreversibilitats.

2. Per aconseguir un moviment continu o perpetu es podria connectar un motor elèctric a un generador i que l'energia elèctrica subministrada per aquest últim servís per accionar el motor. Creus que això és possible? Justifica la teva resposta basant-te en el segon principi.

Això només seria possible si el motor i el generador tinguessin un rendiment del 100%, però segons el segon principi no és possible un rendiment del 100%, ja que sempre hi ha irreversibilitats. Però això no és així, perquè el generador sempre subministraria una energia inferior a la que rebria del motor i per tant aquest en rebria menys de la necessària, i a més en donaria menys al generador, i així sucesivament.

3. El curs passat vas estudiar els sistemes d'aprofitament de l'energia mareomotriu. N'hi havia un que es basava en la diferència de temperatura que hi ha als mars tropicals entre la superfície i una certa profunditat. Explica com és possible l'extracció d'energia en aquest procés basant-te en el segon principi.

Tal com explicàvem, quan la diferència de temperatures entre la superfície i la profunditat és superior a 20 °C, s'aprofita la calor (Q_h) de l'aigua calenta (a la superfície) per evaporar aigua a baixa pressió o bé un fluid amb baixa temperatura d'ebullició. El vapor generat acciona una turbina i genera treball (W) per produir electricitat mitjançant un generador. El vapor és retornat a les aigües profundes o es condensa i cedeix calor (Q_c). El líquid és impulsat de nou cap a la superfície per vaporitzar-se i continuar el cicle. Òbviament, el procés no és espontani, i d'acord amb el segon principi, el treball produït (W) és inferior a la calor extreta (Q_h) a causa d'irreversibilitats i a les pèrdues en el bombeig del fluid cap a la superfície per vaporitzar-lo i cap a les profunditats per condensar-lo.

4. Un inventor ha dissenyat una màquina que treballa entre dues fonts de $T_c = 20$ °C i $T_h = 100$ °C, extreu $Q_h = 300$ J de la font calenta i fa un treball de $W = 150$ J.

Creus que és possible aquesta màquina? Justifica la teva resposta.

$$W = Q_h - |Q_c|; 150 \text{ J} = 300 \text{ J} - |Q_c|; \text{d'on } |Q_c| = 150 \text{ J}$$

$$\eta_t = 1 - \frac{|Q_c|}{Q_h} = 1 - \frac{150 \text{ J}}{300 \text{ J}} = 0,5$$

$$\eta_c = 1 - \frac{T_c}{T_h} = 1 - \frac{273 + 20^\circ\text{C}}{273 + 100^\circ\text{C}} = 0,214$$

Per tant com que $\eta_t > \eta_c$, és totalment impossible.

5. Per què els enginyers s'esforcen a construir màquines que puguin treballar a la temperatura més alta possible?

El rendiment o eficiència màxima d'una màquina tèrmica ve donat per l'expressió de Carnot $\eta_c = 1 - \frac{T_c}{T_h}$, per tant, com més

gran sigui T_h respecte a T_c més gran serà el rendiment. Per això els enginyers s'esforcen a dissenyar màquines que puguin treballar amb temperatures elevades, més fàcils d'aconseguir que temperatures baixes, que d'altra banda tenen un límit 0 K (-273 °C). El problema és trobar materials i sistemes que puguin suportar les altes temperatures.

6. En l'acció de fregar-nos les mans quan tenim fred per escalfar-nos-les, varia l'entropia de l'entorn immediat o de l'Univers?

En fregar-nos les mans realitzem un procés irreversible, ja que la calor generada no es pot convertir íntegrament en treball, d'acord amb el segon principi i, per tant, l'entorn immediat (l'Univers) augmenta la seva entropia.

7. Explica per què en el funcionament de màquines tèrmiques reals sempre hi ha un increment de l'entropia de l'Univers.

Les màquines reals no tenen mai un rendiment o eficiència, segons el segon principi, del 100%, a causa de l'existència d'irreversibilitats. Per tant, sempre generen un increment d'entropia de l'Univers.

8. És possible crear entropia? I destruir-la?

D'entropia se'n genera constantment, ja que totes les màquines reals en generen, com també molts processos naturals, com ara l'erupció d'un volcà. En canvi, és impossible destruir-la, ja que els processos que la generen són irreversibles, de manera que l'entropia de l'Univers augmenta.

9. Una màquina tèrmica treballa entre $T_c = 120$ °C i $T_h = 3000$ °C, extreu $Q_h = 1672$ kJ de la font calenta i en cedeix $|Q_c| = 1045$ kJ a la freda.

Determina el treball perdut W_p en irreversibilitats i la variació d'entropia a la màquina ΔS_i i a l'Univers ΔS_t en cada cicle.

$$W = Q_h - |Q_c|; W = 1672 \text{ kJ} - 1045 \text{ kJ} = 627 \text{ kJ}$$

$$\eta_t = 1 - \frac{|Q_c|}{Q_h} = 1 - \frac{1045 \text{ kJ}}{1672 \text{ kJ}} = 0,375$$

$$\eta_c = 1 - \frac{T_c}{T_h} = 1 - \frac{273 + 120^\circ\text{C}}{273 + 3000^\circ\text{C}} = 0,8799$$

Treball màxim possible:

$$W = Q_h \cdot \eta_c = 1672 \text{ kJ} \cdot 0,8799 = 1471 \text{ kJ}$$

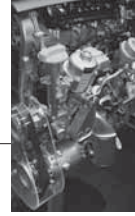
$$\text{Treball perdut } W_p = 1471 \text{ kJ} - 627 \text{ kJ} = 844 \text{ kJ}$$

$$\Delta S_h = \frac{Q_h}{T_h} = \frac{-1672}{273 + 3000^\circ\text{C}} = -0,511 \text{ kJ/K}$$

$$\Delta S_c = \frac{|Q_c|}{T_c} = \frac{1045}{273 + 120^\circ\text{C}} = 2,66 \text{ kJ/K}$$

$$\Delta S_t = \Delta S_h + \Delta S_c = -0,511 \text{ kJ/K} + 2,66 \text{ kJ/K} = 2,149 \text{ kJ/K}$$

Per tant, hi ha un augment d'entropia de l'univers de 2,149 kJ/K i a la màquina de 2,149 kJ/K.



Com a comprovació

$$W_p = T_c \cdot \Delta S_t = (273 + 120 \text{ °C}) \cdot 2,149 = 844,6 \text{ kJ}$$

10. Un motor tèrmic ideal treballa entre dos focus, l'un a $T_h = 2700 \text{ °C}$ i l'altre a $T_c = 1200$.

- a) Si rep $Q_h = 500 \text{ kJ}$ de la font calenta en cada cicle de treball, quina quantitat de treball W pot efectuar?

Com que és una màquina tèrmica ideal:

$$\eta_t = \eta_c = 1 - \frac{T_c}{T_h} = 1 - \frac{273 + 1200 \text{ °C}}{273 + 2700 \text{ °C}} = 0,5$$

$$W = Q_h \cdot \eta_c = 500 \text{ kJ} \cdot 0,5 = 250 \text{ kJ}$$

- b) Quant val la quantitat de calor $|Q_c|$ cedida a la font freda?

$$W = Q_h - |Q_c|; 250 \text{ kJ} = 500 \text{ kJ} - |Q_c|$$

$$\text{d'on } |Q_c| = 250 \text{ kJ}$$

- c) I la variació d'entropia?

La variació d'entropia és 0 ja que és una màquina ideal:
 $\Delta S = 0$

11. Descriu el funcionament i les parts d'una instal·lació de vapor.

Una instal·lació de vapor consta de les parts següents: un generador de vapor, una turbina, un condensador i una bomba. El generador de vapor consta d'una font tèrmica o cremador, una caldera i un rescalfador. El cremador, a partir de la combustió de carbó, fuel, gas, etc., subministra la calor necessària per produir vapor en escalfar l'aigua continguda dins una caldera. El vapor passa llavors al rescalfador, on augmenta la seva temperatura i la seva pressió, abans de ser lliurat a la turbina on s'expansiona i produeix el treball, que s'utilitzarà per accionar un generador d'electricitat, etc. El vapor a menys temperatura i pressió surt de la turbina i passa al condensador on, un cop refrigerat, com el seu nom indica, es condensa i s'obté aigua líquida. A través de la bomba l'aigua és impulsada de nou cap a la caldera per iniciar un nou cicle. Abans, però, passa per l'economitzador, on rep un preescalfament.

12. Quina diferència hi ha entre les turbines d'acció i les de reacció?

A les turbines d'acció el vapor a través de toveres acciona directament els àleps d'un rodet que és obligat a girar. A les turbines de reacció se situen una sèrie de rodets, uns de fixos i altres de mòbils, intercalats, de manera que el vapor passa entre ells fent girar els mòbils, ja que els fixos van orientant el vapor cap a ells com si fossin toveres. Es forma una acció en girar els rodets mòbils i una reacció en el canvi d'orientació del vapor en els fixos. El diàmetre dels rodets és creixent ja que el vapor va perdent pressió i guanya velocitat.

13. Per què en les instal·lacions de gran potència hi ha tres turbines: la d'alta, la de mitjana i la de baixa pressió?

A les instal·lacions de gran potència, a causa de l'enorme energia del vapor, no és possible convertir-la en treball en una sola expansió, ja que els materials de les turbines no aguantarien les enormes velocitats que es podrien provocar. Llavors se sol fer l'expansió en tres etapes. En la primera etapa, actua una turbina

mixta d'acció-reacció, anomenada turbina d'alta pressió i en les dues etapes restants, actuen les turbines de mitja i baixa pressió, que solen ser de reacció.

14. Per què en un motor tèrmic de 4T la guspira es produeix una mica abans del PMS?

En els motors de 4T la guspira se sol produir una mica abans del PMS, ja que la mescla aire-gasolina no es crema de cop, sinó que en saltar la guspira es produeix un front de flama que avança des de la bugia fins al cap del pistó, i això es produeix en un cert temps. Llavors, per donar temps a la propagació total de la flama i conseqüentment a la combustió completa de la mescla, s'inicia la combustió una mica abans del PMS.

15. Per què els motors dièsel fan el soroll característic del 'picat'?

Els motors dièsel fan el típic soroll de picat, sobretot en fred, perquè a diferència dels Otto, la combustió es produeix a tots els punts de la mescla i no existeix un front de flama que avança. Llavors, la combustió és molt més brusca i produeix aquest soroll típic.

16. Compara un diagrama teòric pV d'un motor Otto amb un de real obtingut amb un indicador. Quina és la causa de les seves diferències?

Al diagrama pV teòric s'observa una fase a volum constant després de la compressió i durant l'explosió, com en els motors Otto, en el PMS. Després es produeix una fase a pressió constant, que succeeix durant l'interval de cursa descendent del pistó a causa del fet que encara entra combustible i manté l'explosió i la pressió alta durant aquest breu temps.

17. Per què l'explosió d'un motor dièsel s'efectua una part a volum constant i una altra a pressió constant?

En un motor dièsel, l'entrada de combustible per l'injector dura un cert temps: comença abans que el pistó arribi al PMS i finalitza poc després que el pistó hagi iniciat la cursa del descens cap al PMI. Durant tot aquest temps hi ha combustió, ja que el combustible es va cremant a mesura que entra. Per aquest motiu, hi ha una fase a volum constant després de la compressió i durant l'explosió; i una fase a pressió constant durant l'interval de cursa descendent del pistó perquè encara entra combustible i manté l'explosió durant aquest temps breu.

18. Un motor tèrmic du $n_c = 4$ cilindres de 65 mm de diàmetre i $C = 67,7$ mm de cursa, amb una relació de compressió de $r = 9/1$. Determina les cilindrades total V_t , unitària V_c i el volum V_{\min} de la cambra de combustió.

$$V_c = \pi \cdot r^2 \cdot c = \pi \cdot (3,25 \text{ cm})^2 \cdot 6,77 \text{ cm} = 224,65 \text{ cm}^3$$

$$V_t = V_c \cdot n_c = 224,65 \text{ cm}^3 \cdot 4 = 898,59 \text{ cm}^3$$

$$r = \frac{V_c + V_{\min}}{V_{\min}}$$

$$9 = \frac{224,65 \text{ cm}^3 + V_{\min}}{V_{\min}}$$

$$\text{d'on } V_{\min} = 28,08 \text{ cm}^3$$

19. Quines són les diferències més importants entre un motor de 4T i un de 2T? I entre un motor de cicle Otto i un de dièsel?



En un motor de 4T el cicle és format, com el nom indica, per quatre temps separats: admissió, compressió, explosió o expansió i escapament. Hi ha, per tant, un temps o fase de treball positiu per a cada dues voltes del cigonyal i l'entrada i sortida de gasos es produeix a través de vàlvules situades normalment a la culata del motor. En un motor de 2T hi ha els mateixos temps, però l'admissió i la compressió s'esdevenen simultàniament a l'explosió i l'escapament. Hi ha una fase de treball positiu per a cada volta de cigonyal i l'entrada i sortida de gasos es du a terme mitjantçant uns espirals situats a les parets del cilindre. En general, els motors de 2T són més senzills i econòmics, però la seva utilització es limita a baixes potències.

En els motors Otto, l'encesa es du a terme mitjantçant una guspira elèctrica provocada per una bugia. Mentre que en els motors dièsel l'encesa es du a terme espontàniament, gràcies a l'elevada temperatura que resulta d'una compressió molt més elevada que en els Otto, per això se'ls anomena *motors d'encesa per compressió*.

- 20. En el catàleg de propaganda d'una motocicleta s'indica que el parell màxim és de $\Gamma = 120 \text{ N} \cdot \text{m}$ a $n = 4000 \text{ min}^{-1}$ quan va a una velocitat de $v = 144 \text{ km/h}$. Quina és la potència desenvolupada P i el consum en L/100 km en aquestes condicions, si el rendiment del motor és del $\eta = 40\%$? (P_c gasolina = 45980 kJ/kg ; $\rho = 700 \text{ kg/m}^3$)**

$$\omega = n \cdot 2\pi/60 = 4000 \text{ min}^{-1} \cdot 2\pi/60 = 418,88 \text{ rad/s}$$

$$P_u = \tau \omega = 120 \text{ Nm} \cdot 418,88 \text{ rad/s} = 50265,48 \text{ W}$$

La potència consumida val:

$$P_c = \frac{P_u}{\eta} = \frac{50265,48 \text{ W}}{0,4} = 125663,7 \text{ W}$$

$$\text{Temps que tarda a fer 100 km: } t = \frac{\Delta x}{v}$$

$$t = \frac{100 \text{ km}}{144 \text{ km/h}} = 0,6994 \text{ h} = 2500 \text{ s}$$

$$\text{Treball realitzat en 100 km: } W = P \cdot t$$

$$t = 125663,7 \text{ W} \cdot 2500 \text{ s} = 314159265,36 \text{ J} = 314159 \text{ kJ}$$

$$\text{Consum cada 100 km: } \frac{314159 \text{ kJ}}{45980 \text{ kJ/kg} \cdot 0,7 \text{ kg/L}} = 9,76 \text{ L}$$

- 21. En un motor de 4T, es produeixen $W = 30 \text{ J}$ nets a cada cicle de treball. Si el motor gira a $n = 3000 \text{ min}^{-1}$, quina serà la seva potència? Quin parell motor Γ desenvoluparà i quanta gasolina consumirà en L/h, si el seu rendiment és del $\eta = 45\%$? (P_c gasolina = 43472 kJ/kg ; $\rho = 700 \text{ kg/m}^3$; $v = 144 \text{ km/h}$)**

$$\omega = n \cdot \frac{2\pi}{60} = 3000 \text{ min}^{-1} \cdot \frac{2\pi}{60} = 314,16 \text{ rad/s} = 50 \text{ voltes/s}$$

En ser de 4T fa un cicle de treball per a cada 2 voltes, per tant fa 25 cicles de treball/s.

La potència desenvolupada val:

$$P_u = \frac{W}{t} = 30 \text{ J/cicle} \cdot 25 \text{ cicles/s} = 750 \text{ W}$$

$$P_u = t \cdot \omega$$

$$750 \text{ W} = \tau \cdot 314,16 \text{ rad/s, d'on } \tau = 2,38 \text{ Nm}$$

La potència consumida val:

$$P_c = \frac{P_u}{\eta} = \frac{750 \text{ W}}{0,45} = 1666,6 \text{ W}$$

L'energia consumida en una hora:

$$W = P_c \cdot t = 1666,6 \text{ W} \cdot 3600 \text{ s} = 6 \cdot 10^6 \text{ J}$$

$$\text{Consum en L cada hora: } \frac{6 \cdot 10^6 \text{ J}}{43472 \text{ kJ/kg} \cdot 0,7 \text{ kg/L}} = 0,197 \text{ L}$$

- 22. Per què per augmentar la potència d'un motor l'augment del grau de compressió té un límit?**

En augmentar massa la compressió, en els motors Otto, pot succeir la detonació espontània o *autoencesa* abans que salti la guspira, molt abans del PMS, amb la qual cosa el rendiment quedaria afectat.

- 23. Per què en un motor sobrealimentat hi ha un augment significatiu de la potència?**

En els motors sobrealimentats, en augmentar la quantitat d'aire que s'introdueix al cilindre, les combustions són més completes, a més de poder introduir més combustible, amb la qual cosa s'aconsegueix un notable increment de potència.

- 24. Compara el funcionament del motor *intercooler* amb el del motor turboalimentat.**

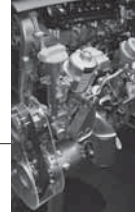
En els motors turboalimentats, quan l'aire o la mescla són introduïts per la turbina dins el cilindre, a causa de la compressió augmenta la seva temperatura i, per tant, també el seu volum específic (relació entre el volum i la massa), que reduiria l'efecte de la compressió, que és precisament reduir el volum específic de gas. Per tal d'evitar aquest efecte, se situa un bescanviador de calor o *intercooler* a la sortida del compressor per refrigerar l'aire o la mescla abans d'entrar al cilindre.

- 25. Descriu el funcionament dels motors Wankel i compara'l amb el dels alternatius.**

En els motors Wankel no existeix el mecanisme alternatiu biela-manovella per produir el moviment circular en l'arbre de sortida, sinó que un rotor en forma triangular de cantons corbats gira excèntricament i provoca el moviment a través d'un engranatge interior amb un d'exterior situat a l'arbre de sortida, per això el motor Wankel és un motor rotatiu. A més, en aquests motors es produeixen tres explosions en una volta de l'arbre motriu, o sigui, tres fases de treball, i per això teòricament són molt més eficients.

- 26. Com funciona una turbina de gas de cicle obert?**

El funcionament de les turbines de gas de cicle obert es basa en l'energia cinètica d'uns gasos que passen a gran velocitat pels àleps d'una turbina obligant-la a girar. Per això a través d'un conducte s'aspira aire i es comprimeix dins una cambra on s'injecta el gas o un combustible líquid polvoritzat que, barrejat amb l'aire, inicia la combustió. Els gasos produïts en la combustió surten a gran velocitat passant per la turbina i fent-la girar. Sobre el mateix arbre de la turbina va muntat el compressor, de manera que part del treball efectuat pels gasos a la turbina s'inverteix en l'accionament del compressor. Llavors, l'entrada d'aire, la compressió, la combustió i l'expansió es duen a terme de manera continuada; només cal una guspira a la cambra de combustió en el moment de la posada en marxa del motor. El



treball s'obté a l'arbre solidari a la turbina i al compressor que es pot acoblar a un alternador o qualsevol altre dispositiu.

27. Visita el portal web <http://www.km77.com> i busca informació sobre el sistema de conducte comú o common rail i redacta'n un petit informe.

Resposta oberta.

28. La relació entre la quantitat d'aire i la de combustible és un dels factors més importants que cal tenir en compte als motors tèrmics, tant pel que fa al seu rendiment com en les seves emissions. El factor lambda (λ) és un indicador d'aquesta relació. Busca informació a la xarxa i redacta un breu informe sobre aquest factor i la seva relació en el rendiment i emissions dels motors tèrmics.

Resposta oberta.

29. Visita el web oficial de la marca Mazda i segueix les pàgines «El mundo de Mazda» → «Vídeos de Mazda». Localitza i visualitza el vídeo que explica el funcionament del motor rotatiu Renesis. Tot seguit, contesta les preguntes següents:

- a) Quants rotors (dispositius equivalents als pistons) incorpora aquest motor?

Incorpora dos rotors de 654 cc.

- b) Quin model de la marca porta aquest motor?

El Mazda RX-8.

- c) Quina és la seva potència, consum i nivell d'emissions de CO_2 ?

La potència màxima és de 141 a 170 kW, segons quin model sigui.

El consum urbà és de 14,9 a 15,6 L/100 km, segons model; i el consum extraurbà: de 8,1 a 8,7 L/100 km, segons model.

El nivell d'emissions de CO_2 és de 267 a 284 g/km, segons model.

30. Descriu el funcionament d'una màquina frigorífica i indica les transformacions termodinàmiques que hi intervenen.

Una màquina frigorífica és una màquina tèrmica ideal que inverteix el sentit del cicle, de tal forma que consumint una determinada quantitat de treball, absorbeix calor del focus fred i cedeix calor al focus calent.

31. Un refrigerador amb un $COP = 2,5$ extreu calor de l'evaporador a raó de $Q_c = 104,5$ kJ/minut. Determina:

- a) La potència elèctrica P consumida pel motor del compressor si el grup motor-compressor té un rendiment del $\eta = 85\%$.

$$COP = \frac{Q_c}{W}; 2,5 = \frac{104,5 \text{ kJ}}{W} \text{ d'on } W = 41,8 \text{ kJ}$$

$$P_u = \frac{W}{t} = \frac{41800 \text{ J}}{60 \text{ s}} = 696,66 \text{ W}$$

$$P_c = \frac{P}{\eta}; P_c = \frac{696,66 \text{ W}}{0,85} = 819,60 \text{ W}$$

- b) La calor transmesa pel condensador $|Q_h|$ en un dia de funcionament.

$$Q_h = W + Q_c = 41,8 \text{ kJ} + 104,5 \text{ kJ} = 146,3 \text{ kJ}$$

En un dia:

$$\frac{146,3 \text{ kJ}}{1 \text{ min}} \cdot \frac{24 \text{ h} \cdot \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}}}{1 \text{ dia}} = 210672 \text{ kJ/dia}$$

32. Una persona decideix refrescar la seva cuina a l'estiu obrint la porta de la nevera. Contràriament al que es pensava, la cuina s'escalfa. Sabries explicar per què?

En un refrigerador o en una nevera la quantitat de calor que es dissipa al condensador Q_h és superior a la que s'extreu Q_c ja que $Q_h = W + Q_c$, per tant, en obrir la porta de la nevera, la calor extreta de l'ambient per refrigerar-lo és inferior al dissipat, i la temperatura exterior tendeix a augmentar. A més encara cal afegir-hi la calor dissipada al grup motor compressor, ja que el seu rendiment no és del 100%.

33. Una instal·lació industrial necessita produir $m = 500$ kg de gel a $T_g = -5$ °C cada hora a partir d'uns dipòsits on l'aigua es troba a $T_a = 15$ °C. Quina serà la potència P que consumirà el refrigerador si té un $COP = 5,6$? Si aprofitéssim la calor despresada al condensador, quants kJ/h es podrien obtenir?

De les taules de la pàgina 19 obtenim que:

$$c_{e(\text{aigua})} = 4,18 \text{ kJ/kg } ^\circ\text{C} \text{ i } L_f = 333,5 \text{ kJ/kg}$$

$$c_{e(\text{gel})} = 2,05 \text{ kJ/kg } ^\circ\text{C}, \text{ llavors la calor necessària en una hora}$$

(3600 s) per obtenir els 500 kg de gel serà:

$$Q_1 = m c_{e(\text{aigua})} \Delta T = 500 \text{ kg} \cdot 4,18 \text{ kJ/kg } ^\circ\text{C} \cdot (0 \text{ } ^\circ\text{C} - 15 \text{ } ^\circ\text{C}) = -31350 \text{ kJ}$$

$$Q_2 = m L_f = 500 \text{ kg} \cdot (-333,5 \text{ kJ/kg}) = -166750 \text{ kJ}$$

$$Q_3 = m c_{e(\text{gel})} \Delta T = 500 \text{ kg} \cdot 2,05 \text{ kJ/kg } ^\circ\text{C} \cdot (-5 \text{ } ^\circ\text{C} - 0 \text{ } ^\circ\text{C}) = -5125 \text{ kJ}$$

$$Q_T = Q_1 + Q_2 + Q_3 = -31350 \text{ kJ} - 166750 \text{ kJ} - 5125 \text{ kJ} = -203225 \text{ kJ}$$

El valor és negatiu perquè es tracta d'extreure la calor de l'aigua. Tanmateix, a efectes de càlcul de la potència ens interessa només el valor absolut:

$$|Q_c| = 203225 \text{ kJ. Llavors:}$$

$$COP = \frac{|Q_c|}{W}$$

$$5,6 = \frac{203225 \text{ kJ}}{W}$$

$$\text{d'on } W = 36290,17 \text{ kJ}$$

$$P = \frac{W}{t} = \frac{36290,17 \text{ kJ}}{3600 \text{ s}} = 10,08 \text{ kW}$$

La quantitat de calor despresada al condensador en una hora serà:

$$Q_h = W + |Q_c| = 36290 \text{ kJ} + 203225 \text{ kJ} = 239515,17 \text{ kJ}$$

34. Es vol escalfar una casa que es troba inicialment a $T_1 = 12$ °C fins a $T_2 = 25$ °C amb una bomba de calor amb un $COP = 8$ i en un temps màxim de $t = 30$ minuts. Si es necessiten $Q = 376200$ kJ per aconseguir la temperatura desitjada, determina la potència P_b que consumirà la bomba.



Quina potència P_c consumiríem si fèssim servir estufes elèctriques en comptes de la bomba de calor?

$$W = \frac{Q_h}{1 + COP} = \frac{376200 \text{ kJ}}{1 + 8} = 41800 \text{ kJ}$$

$$P = \frac{W}{t} = \frac{41800 \text{ kJ}}{30 \text{ min} \cdot \frac{60 \text{ s}}{\text{min}}} = 23,22 \text{ kW}$$

Potència utilitzant estufes elèctriques:

$$P = \frac{W}{t} = \frac{376200 \text{ kJ}}{30 \text{ min} \cdot \frac{60 \text{ s}}{\text{min}}} = 209 \text{ kW}$$

Activitats finals

Qüestions

1. Una màquina de vapor té un rendiment $\eta = 38\%$ i absorbeix $Q_h = 400 \text{ MJ/hora}$ de la font calenta. Quina potència útil pot subministrar?

- 42,22 kW.
- 152 kW.
- 248 kW.
- 422 W.

La resposta correcta és la a).

$$\eta = 1 - \frac{Q_c}{Q_h}$$

$$\text{d'on } Q_c = 400 \text{ MJ} \cdot (1 - 0,38) = 248 \text{ MJ};$$

$$W = 400 - 248 = 152 \text{ MJ} = 152000 \text{ kJ}$$

$$P = \frac{W}{t} = \frac{152000 \text{ kJ}}{3600 \text{ s}} = 42,22 \text{ kW}$$

2. Una màquina tèrmica treballa entre un focus fred a $T_c = 250 \text{ }^\circ\text{C}$ i un de calent a $T_h = 1400 \text{ }^\circ\text{C}$. Quina és la eficiència tèrmica màxima que pot tenir?

- 90%.
- 50%.
- 78%.
- Cap de les anteriors.

La resposta correcta és la d).

$$\eta_c = 1 - \frac{T_c}{T_h} = 1 - \frac{250 + 273}{1400 + 273} = 0,6874 \rightarrow 69\%$$

3. Un motor tèrmic de 4T subministra $W = 100 \text{ J}$ nets a cada cycle de treball. Si gira a $n = 1200 \text{ min}^{-1}$, quin és el valor de la potència subministrada?

- 1200 W.
- 2000 W.
- 1000 W.
- 500 W.

La resposta correcta és la c).

Si és de 4T fa un cycle a cada dues revolucions, per tant la potència valdrà:

$$P = \frac{W}{t} = \frac{\frac{1200}{2} \cdot 100 \text{ J}}{60 \text{ s}} = 1000 \text{ W}$$

4. El volum de la cambra de combustió de cadascun dels 4 cilindres d'un motor és de 25 cm^3 i la seva cilindrada total és de 1800 cm^3 . Quina és la seva relació de compressió?

- 22:1
- 15:1
- 25:1
- 19:1

La resposta correcta és la d).

$$V_c = \frac{V_T}{n} = \frac{1800}{4} = 450 \text{ cm}^3$$

$$r_c = \frac{V_c + V_{\min}}{V_{\min}} = \frac{450 + 25}{25} = 19$$

5. Un frigorífic extreu $Q_c = 250 \text{ J}$ de l'evaporador i el condensador subministra $|Q_h| = 350 \text{ J}$ a l'exterior en cada cycle. Quin és el seu COP?

- 6
- 2,5
- 5
- 2

La resposta correcta és la b).

$$COP = \frac{Q_c}{W} = \frac{Q_c}{Q_h - Q_c} = \frac{250}{350 - 250} = 2,5$$

6. Quines són les diferències entre una màquina reversible i una d'irreversible?

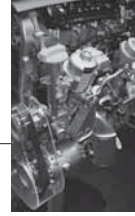
Una màquina reversible té un rendiment segons el segon principi del 100%; és a dir, el seu rendiment és igual al d'una màquina Carnot que treballi entre les mateixes temperatures: un focus fred a T_c i un focus calent a T_h . Llavors: $\eta_c = 1 - \frac{T_c}{T_h}$. No existeixen irreversibilitats produïdes per friccions o transferències de calor a l'exterior. En una màquina irreversible, però real, hi ha processos irreversibles i el seu rendiment és sempre inferior a η_c .

7. Descriu el funcionament d'un motor de cycle Otto i les transformacions termodinàmiques que teòricament s'hi produeixen.

Vegeu «Màquines tèrmiques d'encesa provocada».

8. En què consisteix el sistema de conducte comú o common rail en un motor dièsel?

Vegeu «Sistemes de millora de potència i rendiment en motors».



9. Per quins motius no ha reeixit el motor Wankel?

Vegeu «Motor Wankel».

10. Descriu el funcionament d'una turbina de gas de cycle obert.

Vegeu «Turbines de gas de cycle obert».

11. Què és i com funciona una bomba de calor?

La bomba de calor és essencialment un refrigerador en el qual s'aprofita la calor cedida al condensador per escalfar un recinte, actuant com un sistema de calefacció. El fet que s'anomeni bomba, es deu al fet que bombeja calor des d'una font freda a una calenta. Tanmateix, també pot actuar a l'inrevés, com a refrigerador. Així, existeixen sistemes que a l'hivern cedeixen la calor del condensador a un corrent d'aire i escalfen una estança. A l'estiu es fa passar l'aire per l'evaporador i s'obté una refrigeració.

Exercicis

1. Una màquina de vapor que extreu $Q_h = 800$ MJ de la font tèrmica calenta a $T_h = 500$ °C fa un treball net de $W = 250$ MJ i en cedeix $|Q_c| = 550$ MJ a la font freda a $T_c = 120$ °C. Quina és la seva eficiència η_s segons el segon principi? Quant val el treball perdut W_p en irreversibilitats? Quina és la variació d'entropia ΔS de l'aigua del riu que s'utilitza per refrigerar el condensador?

$$\eta_s = \frac{\eta_t}{\eta_c}$$

$$W = Q_h - Q_c = 800 \text{ MJ} - 550 \text{ MJ} = 250 \text{ MJ}$$

$$\eta_t = \frac{W}{Q_h} = \frac{250 \text{ MJ}}{800 \text{ MJ}} = 0,3125$$

$$\eta_c = 1 - \frac{T_c}{T_h} = 1 - \frac{273 + 120^\circ\text{C}}{273 + 500^\circ\text{C}} = 0,4916$$

$$\eta_s = \frac{0,3125}{0,4916} = 0,6356 \rightarrow 63,56\%$$

$$W_p = \text{Treball possible} - \text{Treball realitzat} = 800 \text{ MJ} \cdot 0,4916 - 250 \text{ MJ} = 143,28 \text{ MJ}$$

$$\Delta S_h = \frac{Q_h}{T_h} = \frac{-800 \text{ MJ}}{273 + 500^\circ\text{C}} = -1,035 \text{ MJ/K}$$

$$\Delta S_c = \frac{|Q_c|}{T_c} = \frac{550}{273 + 120^\circ\text{C}} = 1,399 \text{ MJ/K}$$

$$\Delta S_r = \Delta S_h + \Delta S_c = -1,035 \text{ MJ/K} + 1,399 \text{ MJ/K} = 0,365 \text{ MJ/K}$$

2. Un motor dièsel de sis cilindres de 80 mm de diàmetre i $c = 82,8$ mm de cursa té una relació de compressió de $r = 22/1$. Determina les cilindrades total V_t i unitària V_c , així com el volum V_{mim} de la cambra de compressió.

$$V_c = \pi \cdot r^2 \cdot c = \pi \cdot (4 \text{ cm})^2 \cdot 8,28 \text{ cm} = 416,2 \text{ cm}^3$$

$$V_t = V_c \cdot n_c = 416,2 \text{ cm}^3 \cdot 6 = 2498 \text{ cm}^3$$

$$r = \frac{V_c + V_{\text{mim}}}{V_{\text{mim}}} \rightarrow 22 = \frac{416,2 \text{ cm}^3 + V_{\text{mim}}}{V_{\text{mim}}}$$

$$\text{d'on } V_{\text{mim}} = 19,81 \text{ cm}^3$$

3. A l'activitat anterior calcula la pressió P_2 i la temperatura T_2 de l'aire al final de la compressió, considerant un exponent adiabàtic $\gamma = 1,35$, i la pressió i temperatura inicials p_1 d'1,5 bar i $T_1 = 40$ °C.

$$V_1 = 416,2 \text{ cm}^3 + 19,81 \text{ cm}^3 \approx 436 \text{ cm}^3$$

$$T_1 = 40 \text{ °C}$$

$$p_1 = 1,5 \text{ bar}$$

$$V_2 = 19,81 \text{ cm}^3$$

$$\gamma = 1,35$$

La pressió final val:

$$p_1 V_1^\gamma = p_2 V_2^\gamma; 1,5 \text{ bar} \cdot (436 \text{ cm}^3)^{1,35} = p_2 \cdot (19,81 \text{ cm}^3)^{1,35}$$

$$\text{d'on } p_2 = 97,35 \text{ bar}$$

La temperatura final:

$$T_1 V_1^{\gamma-1} = T_2 V_2^{\gamma-1}$$

$$(273 + 40) \text{ K} \cdot (436 \text{ cm}^3)^{1,35-1} = T_2 \cdot (19,81 \text{ cm}^3)^{1,35-1}$$

$$\text{d'on } T_2 = 923,53 \text{ K} \approx 650 \text{ °C}$$

4. El diagrama TS d'una màquina tèrmica ideal és el representat en la figura 2.42. Determina el treball efectuat en cada cycle.

El treball realitzat correspon a l'àrea del rectangle:

$$W = (932 \text{ K} - 373 \text{ K}) \cdot (250 \text{ kJ/K} - 50 \text{ kJ/K}) = 111800 \text{ kJ}$$

5. Un automòbil té un motor que subministra una potència útil de $P = 58,88$ kW quan va a $v = 108$ km/h. Si el seu rendiment és del $\eta = 40\%$, determina el consum en L/h de gasoil amb un poder calorífic de 41800 kJ/kg i una densitat de $\rho = 650$ kg/m³.

El treball realitzat en una hora val:

$$W = P \cdot t = 58880 \cdot 3600 \text{ s} = 211968000 \text{ J}$$

$$\eta_t = \frac{W}{Q} \rightarrow 0,4 = \frac{211968000 \text{ J}}{Q}$$

$$\text{d'on } Q = 529920000 \text{ J} = 529920 \text{ kJ}$$

$$\text{Potència calorífica } 41800 \text{ kJ/kg} \cdot 0,65 \text{ kg/L} = 27170 \text{ kJ}$$

$$\text{Consum} = \frac{529920 \text{ kJ/h}}{27170 \text{ kJ/L}} = 19,5 \text{ L/h}$$

6. Un refrigerador domèstic amb un motor de $P = 450$ W i un $COP = 2,5$ vol refredar a $T_2 = 8$ °C una massa $m = 10$ kg de fruita que es troben inicialment a $T_1 = 20$ °C. Quant de temps t trigarà a fer-ho, considerant la calor específica de la fruita de $C_e = 4,2$ kJ/kg °C?

$$Q = m C_e \Delta T = 10 \text{ kg} \cdot 4,2 \text{ kJ/kg } ^\circ\text{C} \cdot (20 \text{ } ^\circ\text{C} - 8 \text{ } ^\circ\text{C}) = 504 \text{ kJ}$$

$$COP = \frac{Q_c}{W}$$

$$2,5 = \frac{504 \text{ kJ}}{W}, \text{ d'on } W = 201,6 \text{ kJ}$$

$$P = \frac{W}{t}$$



$$0,45 \text{ kW} = 201,6 \text{ kJ/t}$$

$$\text{d'on } t = 448 \text{ s}$$

7. Es vol mantenir un habitatge a $T_i = 18 \text{ }^\circ\text{C}$, quan la temperatura exterior és de $T_e = 30 \text{ }^\circ\text{C}$. Quina potència P caldrà subministrar a una bomba de calor, utilitzada com a refrigerador, amb un $COP = 4$, per tal de mantenir la temperatura a l'interior de l'habitatge, si la transmissió de calor des de l'exterior a l'interior de la casa, a través de parets, portes, finestres, etc., és de $Q = 125\,400 \text{ kJ/h}$?

$$COP = \frac{Q_c}{W}$$

$$4 = \frac{125\,400 \text{ kJ}}{W}, \text{ d'on } W = 31\,350 \text{ kJ}$$

$$P = \frac{W}{t} = \frac{31\,350 \text{ kJ}}{3600 \text{ s}} = 8,70 \text{ kW}$$

Unitat 3. Oleohidràulica

Activitats

1. Què és l'oleohidràulica?

És el conjunt de tècniques basades en la utilització d'oli com a fluid transmissor d'energia per a l'accionament de màquines i mecanismes.

2. Quins són els principals avantatges dels sistemes hidràulics o oleohidràulics?

Vegeu «Oleohidràulica. Avantatges i inconvenients de l'oleohidràulica respecte de la pneumàtica. Hidropneumàtica».

3. Quins inconvenients presenten els sistemes oleohidràulics enfront dels pneumàtics?

Vegeu «Oleohidràulica. Avantatges i inconvenients de l'oleohidràulica respecte de la pneumàtica. Hidropneumàtica».

4. Fes una taula-resum de les característiques oposades entre un cilindre pneumàtic i un d'hidràulic.

	Cilindre pneumàtic	Cilindre hidràulic o oleohidràulic
Resposta	ràpida	lenta
Força	petita	elevada
Massa	lleugera	pesant
Control de posició	difícil	possible
Control de velocitat	inadequat	adequat
Pressió d'alimentació	baixa	alta
Rigidesa de posició intermèdia	baixa	alta
Sistema d'accionament	senzill	més complex
Preu	baix	alt

5. Enumera alguna de les característiques principals que han de reunir els olis hidràulics.

Vegeu «Oleohidràulica. Característiques dels líquids hidràulics».

6. Quan pot resultar aconsellable utilitzar un sistema mixt hidropneumàtic?

Les raons que poden aconsellar utilitzar aquests sistemes mixtos són diverses:

- Que resulti econòmicament més viable.
- Mantenir un únic sistema de control per governar tota la màquina.
- Si ja hi ha una xarxa pneumàtica, no necessitem complicar la instal·lació afegint una central hidràulica (motor, dipòsit, accessoris...).

7. Per què el control de posició en un cilindre pneumàtic és difícil?

És difícil a causa de la compressibilitat de l'aire.

8. Per què l'oli és més adequat que l'aigua com a fluid transmissor d'energia en sistemes hidràulics?

Els sistemes oleohidràulics no permeten l'acumulació d'energia, només la transmissió, mentre que els pneumàtics sí que poden acumular energia.

9. Un circuit oleohidràulic té les característiques següents: diàmetre de la canonada $D = 10 \text{ mm}$, velocitat de l'oli $v = 2 \text{ m/s}$ a una pressió constant $p = 15 \text{ MPa}$. Determina:

- a) El cabal q_v que circula per la canonada.

El cabal que circula per la canonada és:

$$q_v = A \cdot v = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot v = \frac{\pi \cdot 0,01^2 \text{ m}^2}{4} \cdot 2 \text{ m/s} = 0,157 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

- b) La potència consumida P_c pel motor de la central hidràulica si el rendiment estimat és $\eta = 85 \%$.

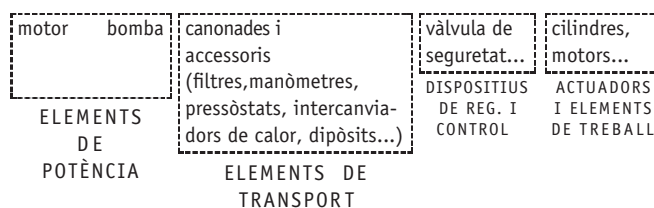
La potència útil subministrada per la bomba és:

$$P_u = p \cdot q_v = 15 \cdot 10^6 \text{ Pa} \cdot 0,157 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s} = 2355 \text{ W}$$

Si el rendiment és del 85%, la potència absorbida val:

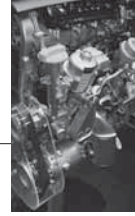
$$P_c = \frac{P_u}{\eta} = \frac{2355 \text{ W}}{0,85} = 2770,6 \text{ W}$$

10. Fes un diagrama de bloc d'un sistema oleohidràulic i indica'n els elements principals que formen cada bloc.



11. Com agruparies els components principals que integren un sistema oleohidràulic?

Vegeu resolució de l'activitat 10.



12. Quines dades haurem de conèixer per poder definir completament un sistema oleohidràulic?

Per poder definir completament un sistema oleohidràulic haurem de conèixer les dades següents:

- Fluid emprat.
- Característiques del motor d'accionament: potència, velocitat, parell, tensió, etc.
- Característiques de la bomba: pressió, cabal, regulació, etc.
- Tipus i nombre de distribuïdors.
- Longitud i diàmetre de les canonades.
- Característiques dels actuadors hidràulics.
- Esquema de connexions.

13. Quina és la funció d'una central oleohidràulica? Quins elements la componen?

Una instal·lació oleohidràulica és l'encarregada en un sistema oleohidràulic de la producció i control de l'energia oleohidràulica.

14. En una instal·lació oleohidràulica, quins components formen bàsicament els elements de potència? Quina és la seva funció?

Element de potència: grup o grups motor-bomba

Funció: transformar l'energia mecànica en energia hidràulica.

15. Quines són les característiques més importants de les bombes hidràuliques?

Les característiques principals més usuals de les centrals oleohidràuliques estàndards de cabal constant són: cabal de la bomba (0,3 L/min a 260 L/min), volum del dipòsit (aproximadament 3 vegades el cabal de la bomba per minut), pressió nominal que cal subministrar (fins a $200 \cdot 10^5$ Pa), potència del motor (de 0,2 a 22 kW), filtre d'aspiració de 160 m i filtre de retorn de 15 m, vàlvula de seguretat reglada a 1,1 la pressió de servei, temperatura màxima de l'oli (70 °C).

16. Fes un esquema amb els tipus de bombes hidràuliques més importants, i assenyalan les seves característiques principals.

- B. hidràuliques:
 - B. hidrodinàmiques
 - B. hidrostàtiques:
 - B. oscil·lants
 - B. rotatives:
 - d'engranatges externs
 - de paletes
 - de pistons:
 - de p. axials
 - de p. radials

17. Quin tipus de bomba hidràulica ofereix millor rendiment?

Les bombes de pistons.

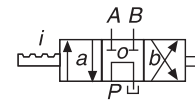
18. Com es poden classificar les vàlvules atesa la funció que duen a terme? Per a què s'utilitzen en un circuit hidràulic o oleohidràulic?

Classificació de les vàlvules: distribuïdores o direccionals, reguladores de cabal; reguladores de pressió.

Motius del seu ús: permeten regular i controlar els paràmetres de pressió i cabal, així com dirigir, distribuir o bloquejar el pas de fluid per tal d'accionar els elements de treball.

19. Quina és la vàlvula distribuïdora més utilitzada? Segons el teu parer, per què? Dibuixa'n el símbol.

La vàlvula més utilitzada és la 4/3; perquè permet bloquejar l'element de treball en posicions intermèdies.



Símbol

20. Per què és necessari emprar, en la majoria de circuits oleohidràulics, vàlvules reguladores de cabal?

Per poder modificar la velocitat dels elements de treball.

21. Què és una vàlvula proporcional? I una servovàlvula?

Vàlvules proporcionals: són les que regulen el cabal o la pressió de forma proporcional al senyal elèctric que reben.

Servovàlvules: vàlvules direccionals de més d'una via, que en funció del senyal de la realimentació, regulen el cabal o la pressió (amb gran sensibilitat).

22. Quina funció duen a terme les vàlvules limitadores de pressió en un circuit oleohidràulic? On solen col·locar-se?

Protegeixen els circuits de sobrepessions i sobrecàrregues i limiten o asseguren la pressió màxima de treball.

S'ubiquen just després de la bomba.

23. Quina diferència hi ha entre una vàlvula reguladora de pressió d'acció directa i una de pilotada?

Ambdues redueixen la pressió d'entrada fins a un valor determinat, a la sortida. La d'acció directa activa a causa d'una intervenció exterior i la pilotada realitza la seva funció de reduir la pressió quan rep un senyal d'ordre de naturalesa hidràulica.

24. Per a què serveix una vàlvula distribuïdora 2/2?

La seva funció és governar el pas de fluid (deixa passar o desbloqueja el pas de fluid).

25. Què són les vàlvules antiretorn? Posa un exemple en el qual quedi clarament reflectida la seva utilitat en un circuit oleohidràulic.

Les vàlvules antiretorn permeten el pas del fluid en un sol sentit. Exemple d'ubicació: a la sortida de la bomba.

26. Quina vàlvula direccional utilitzaries per governar un cilindre de simple efecte?

Vàlvula 2/2.

27. Per què creus que són més utilitzats els cilindres de doble efecte en sistemes hidràulics o oleohidràulics?

Els cilindres de doble efecte poden aturar-se en posicions intermèdies.

Es manté el control sobre ells tant en l'avanç com en el retrocés.

28. Podria una bomba emprar-se com a motor hidràulic?

Sí, amb certes dificultats. La seva estructura interna és molt semblant.

29. Calcula la velocitat d'avanç v_a i de retrocés v_r d'un cilindre hidràulic de doble efecte de $\varnothing = 63$ mm de diàmetre interior ($\varnothing_{tija} = 28$ mm), alimentat per un cabal d'oli $q_v = 175 \cdot 10^{-6}$ m³/s.

$$v_{av} = \frac{Q}{A} = \frac{0,0105 \text{ m}^3/\text{min}}{\pi \cdot \frac{0,063^2}{4} \text{ m}^2} = 3,37 \frac{\text{m}}{\text{min}} = 0,056 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$v_{retr.} = \frac{Q}{\frac{\pi}{4}(D_2^2 - D_2^2)} = \frac{0,0105}{\frac{\pi}{4}(0,063^2 - 0,028^2)} = 4,19 \text{ m/min} = 0,070 \text{ m/s}$$

30. Determina les característiques d'un cilindre (diàmetre normalitzat del cilindre i de la seva tija d'acord amb la taula adjunta) per poder efectuar una força mínima $F = 15\,000$ N en la cursa d'avanç. El grup hidràulic subministra una pressió constant al circuit $p = 120 \cdot 10^5$ Pa = 12 MPa. Suposa unes pèrdues totals per fricció del 10%.

$\varnothing_{cilindre} = 28$ mm	32	40	50	63	80	100	125	160	200
$\varnothing_{tija} = 28$ mm	14	18	22	28	36	45	56	70	90

Unes pèrdues per fricció del 10% equivalen a un rendiment del 90%. Per tant:

$$F = \frac{15000 \text{ N}}{0,90} = 16666,7 \text{ N}$$

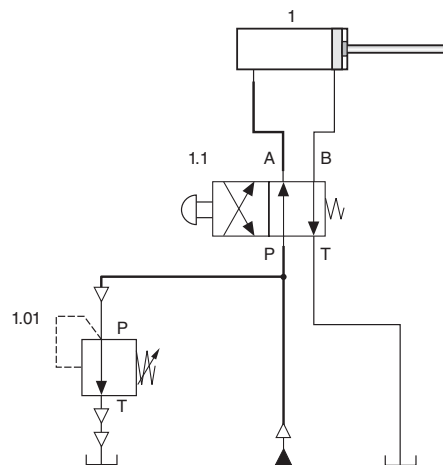
Per determinar el diàmetre teòric apliquem l'expressió següent:

$$F = p \cdot A = p \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot F}{\pi \cdot p}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 16666,7 \text{ N}}{\pi \cdot 120 \cdot 10^5 \text{ Pa}}} = 0,042 \text{ m} = 42 \text{ mm}$$

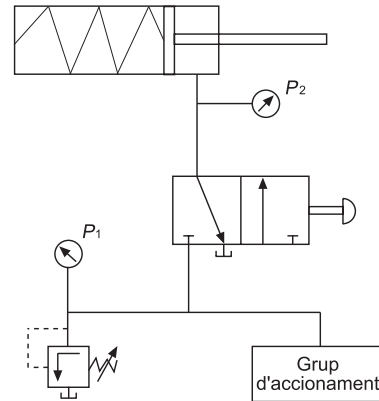
Per tant, el cilindre normalitzat serà de $\varnothing = 50$ mm i $\varnothing_{tija} = 22$ mm.

31. Disseny l'esquema oleohidràulic de l'aplicació de la figura per mitjà d'un cilindre de doble efecte governat directament per una vàlvula distribuïdora accionada manualment per polsador.

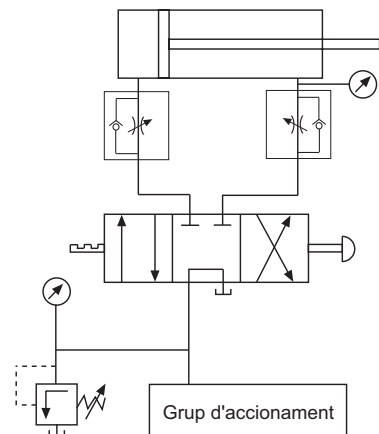


32. Confecciona l'esquema del dispositiu hidràulic de la figura utilitzat per governar el moviment d'obertura i de tancament de les dues portes. En prémer el polsador d'obertura,

les portes s'han d'obrir i restar obertes fins que es premi el polsador de tancament. La velocitat d'obertura i tancament de les portes s'ha de poder regular.

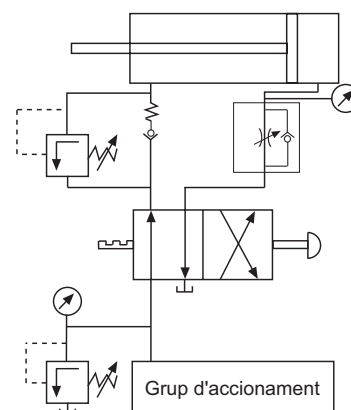


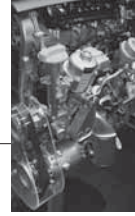
33. Disseny el circuit hidràulic de la plataforma elevadora de la figura utilitzant un cilindre de doble efecte. El sistema ha de possibilitar que la plataforma s'aturi en qualsevol posició del seu recorregut, tant de pujada com de baixada, així com poder regular la velocitat de desplaçament.



34. Elabora l'esquema hidràulic del dispositiu de la figura utilitzat per accionar una tapa de protecció d'una màquina.

En actuar manualment sobre una vàlvula distribuïdora la tapa ha de baixar i romandre en aquesta posició fins que es torni a actuar sobre la mateixa vàlvula. En dissenyar el circuit s'ha d'evitar que el cilindre presenti problemes de batzegades en fer baixar la tapa de protecció.





35. Per mitjà d'un programa informàtic de simulació hidràulica que hi hagi a la teva escola o institut, o d'alguna versió demostració que pots descarregar-te d'Internet, fes la simulació del comandament directe i indirecte d'un cilindre de simple efecte i d'un de doble efecte. També pots simular el funcionament dels circuits oleohidràulics de les activitats anteriors.

Resposta oberta.

■ Activitats finals

□ Qüestions

1. Els sistemes oleohidràulics són essencialment:

- Sistemes de producció d'energia.
- Sistemes de regulació i control.
- Sistemes de transmissió d'energia.
- Cap de les anteriors.

La resposta correcta és la c).

2. Quins tipus de fluids es fan servir en sistemes hidràulics?

- Olis minerals i olis vegetals.
- Líquids sintètics.
- Líquids de base aquosa.
- Tots els anteriors.

La resposta correcta és la d).

3. Quina de les característiques següents no suposa un avantatge dels sistemes oleohidràulics respecte dels pneumàtics?

- Fàcil regulació de la velocitat.
- Transmissió de grans potències.
- Control de la posició.
- Moviments ràpids.

La resposta correcta és la d).

4. Quina de les següents afirmacions no representa un paràmetre característic dels sistemes pneumàtics?

- Senzillesa.
- Precisió de la posició.
- Acumuladors d'energia.
- Econòmics.

La resposta correcta és la c).

5. Quines de les afirmacions següents són correctes?

- Cilindre pneumàtic lent; cilindre hidràulic ràpid.
- Força del cilindre pneumàtic petita; força del cilindre hidràulic gran.

- Control de posició del cilindre hidràulic difícil.
- El cilindre hidràulic és adequat per efectuar un control de la velocitat.

La resposta correcta és la b).

6. Algunes de les raons que poden aconsellar utilitzar un sistema mixt oleopneumàtic són:

- Simplificar la instal·lació.
- Mantenir un únic sistema de control per governar tota la màquina.
- Que resulti econòmicament viable.
- Reduir espai.

Les respostes correctes són b), d).

7. Quina de les característiques següents dels líquids hidràulics no és adequada?

- Tenir bon rendiment en la transmissió d'energia.
- Bon comportament amb la temperatura.
- Ésser un bon lubricant.
- Molta compressibilitat.

Les respostes correctes són b), c).

8. El treball que pot desenvolupar un sistema oleohidràulic depèn fonamentalment:

- De la pressió de l'oli.
- De l'espai que pot recórrer l'oli per les canonades.
- Del cabal d'oli.
- Només de la potència del motor d'accionament.

Les respostes correctes són c), d).

□ Exercicis

1. Determina les característiques d'un cilindre (diàmetre normalitzat del cilindre i de la seva tija d'acord amb la taula adjunta) per poder efectuar una força mínima $F = 25000 \text{ N}$ en la cursa d'avanç. El grup hidràulic subministra una pressió constant al circuit $p = 150 \cdot 10^5 \text{ Pa} = 15 \text{ MPa}$. Suposa unes pèrdues totals del 10%.

$\varnothing_{\text{cilindre}} = 28 \text{ mm}$	cilindre	32	40	50	63	80	100	125	160	200
$\varnothing_{\text{tija}} = 28 \text{ mm}$	$\varnothing_{\text{tija}}$	14	18	22	28	36	45	56	70	90

Unes pèrdues per fricció del 10% equivalen a un rendiment del 90%. Per tant:

$$F = \frac{25000 \text{ N}}{0,90} = 27777,8 \text{ N}$$

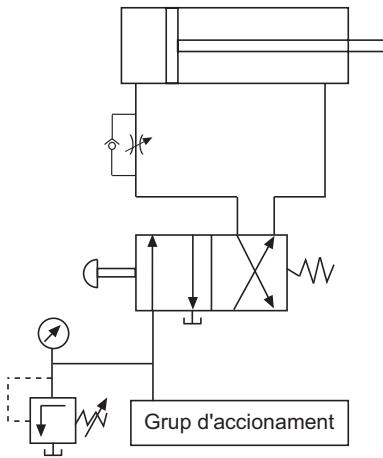
Per determinar el diàmetre teòric apliquem l'expressió següent:

$$F = p \cdot A = p \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot F}{\pi \cdot p}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 27777,8 \text{ N}}{\pi \cdot 150 \cdot 10^5 \text{ Pa}}} = 0,0486 \text{ m} = 48,6 \text{ mm}$$

Per tant, el cilindre normalitzat serà de $\varnothing = 50 \text{ mm}$ i $\varnothing_{\text{tija}} = 22 \text{ mm}$

2. Dissena l'esquema oleohidràulic de l'aplicació de la figura per mitjà d'un cilindre de doble efecte governat directament per una vàlvula distribuïdora accionada manualment per polsador. El sistema ha de possibilitar regular la velocitat d'avanç del cilindre.



Avaluació del bloc 1

1. Descriu algun exemple on la calor es transformi en treball útil i a l'inrevés.

En els motors dels automòbils es transforma la calor procedent de la combustió de la gasolina en treball.

A les centrals tèrmiques la combustió del carbó o la calor despresada en una reacció nuclear es transforma també en treball a les turbines de vapor.

En canvi, en la fricció entre dos cossos es genera calor, llavors és el treball de fricció que es transforma en calor.

2. Per què en una màquina o en un procés reversible l'entropia de l'Univers no varia?

En una màquina o en un procés reversible que evoluciona d'un estat a un altre, es pot seguir el procés invers sense pèrdues d'energia. Així en un procés reversible el calor es transforma íntegrament en treball i a l'inrevés sense pèrdua d'energia. Com a conseqüència, l'entropia a l'inici i al final seria la mateixa.

Tanmateix, això no és possible, ja que segons el segon principi, els processos reals esdevenen en una direcció, i si és possible que el treball es transformi íntegrament en calor, no ho és a l'inrevés, ja que calen dispositius que ho facin i que per tant tenen un rendiment que no pot ser del 100%. Com a conseqüència, hi haurà pèrdues que generaran entropia.

3. Un equip oleohidràulic treballa a una pressió de 12 MPa. Quin serà el diàmetre més adequat del cilindre per efectuar una força mínima en avanç de 12000 N?

- a) $\varnothing_{\text{cilindre}} = 25 \text{ mm}$.
 b) $\varnothing_{\text{cilindre}} = 32 \text{ mm}$.
 c) $\varnothing_{\text{cilindre}} = 40 \text{ mm}$.
 d) Cap de les anteriors.

La resposta correcta és la c).

4. PAU Un motor funciona correctament per a una velocitat de rotació n del seu eix tal que $800 \text{ min}^{-1} \leq n \leq 4000 \text{ min}^{-1}$ i en aquest marge de velocitats el parell Γ_m del motor és pràcticament independent de la velocitat, $\Gamma_m = 10 \text{ N} \cdot \text{m}$.

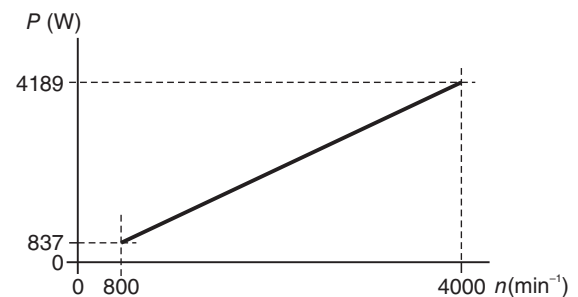
- a) Determina la potència mínima i màxima que desenvolupa el motor.

$$P_{\text{màx}} = \Gamma_m \cdot \omega_{\text{màx}} = 10 \text{ Nm} \cdot 4000 \cdot \frac{2\pi \text{ rad}}{60 \text{ s}} = 4189 \text{ W}$$

$$P_{\text{mín}} = \Gamma_m \cdot \omega_{\text{mín}} = 10 \text{ Nm} \cdot 800 \cdot \frac{2\pi \text{ rad}}{60 \text{ s}} = 837,8 \text{ W}$$

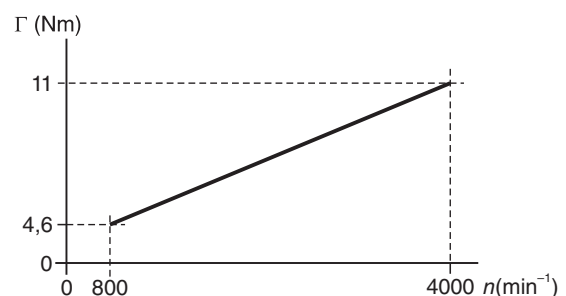
- b) Dibuixa, indicant les escales, la corba velocitat-potència del motor.

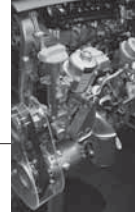
Aquest motor acciona una màquina que té un parell resistent $\Gamma_{\text{màq}} = k_1 + k_2 n$, on $k_1 = 3 \text{ N} \cdot \text{m}$ i $k_2 = 2 \cdot 10^{-3} \text{ N} \cdot \text{m} \cdot \text{min}^{-1}$.



- c) Dibuixa, indicant les escales, la corba característica de la màquina velocitat-parell resistent en el marge de funcionament del motor.

$$\Gamma_{\text{màq}} = 3 + 2 \cdot 10^{-3} n$$

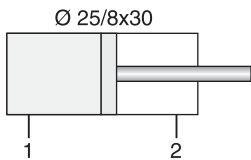




- d) **Determina la velocitat de funcionament, en min⁻¹, en règim estacionari del conjunt motor i màquina.**

$$\Gamma_m = \Gamma_{màq} \rightarrow 10 = 3 + 2 \cdot 10^{-3} n_{\text{règim}} \rightarrow n_{\text{règim}} = 3\,500 \text{ min}^{-1}$$

5. **PAU** El cilindre hidràulic de la figura és alimentat per una bomba que subministra un cabal q .



$$P_o = 20 \text{ Mpa}$$

$$q = 0,18 \text{ L/min}$$

$$\varnothing_{\text{embol}} = 25 \text{ mm}$$

$$\varnothing_{\text{tija}} = 8 \text{ mm}$$

- a) **Determina la velocitat de la tija, en mòdul i sentit, segons si l'alimentació està connectada a l'entrada 1 o a l'entrada 2.**

Velocitat d'avanç (alimentació connectada a l'entrada 1):

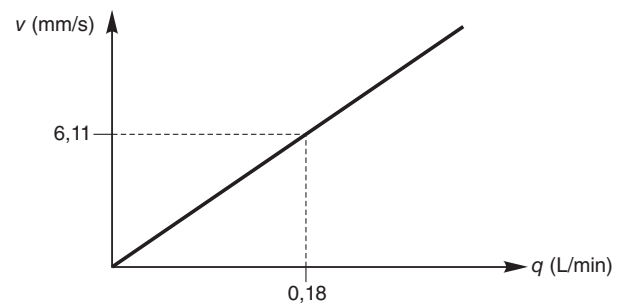
$$v_1 = \frac{q}{A_{\text{embol}}} = \frac{0,18 \cdot \frac{10^{-3} \text{ m}^3}{60 \text{ s}}}{\frac{\pi \cdot (0,025 \text{ m})^2}{4}} = 0,00611 \text{ m/s} = 6,1 \text{ mm/s}$$

Per calcular la velocitat de retrocés (alimentació connectada a l'entrada 1) haurem de descomptar la secció de la tija:

$$v_2 = \frac{q}{(A_{\text{embol}} - A_{\text{tija}})} = \frac{0,18 \cdot \frac{10^{-3} \text{ m}^3}{60 \text{ s}}}{\frac{\pi \cdot ((0,025 \text{ m})^2 - (0,008 \text{ m})^2)}{4}} = 0,00681 \text{ m/s} = 6,81 \text{ mm/s}$$

- b) **Dibuixa el gràfic, indicant les escales, de la velocitat de la tija segons el cabal de la bomba si l'alimentació està aplicada a l'entrada 1.**

Situem el cabal q a l'eix d'abscisses i la velocitat de la tija a l'eix d'ordenades:



- c) **Determina la potència hidràulica de la bomba si la pressió que proporciona és $P_o = 20 \text{ MPa}$.**

Potència hidràulica de la bomba:

$$P = p_o \cdot q = 20 \cdot 10^6 \text{ Pa} \cdot 3 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 / \text{s} = 60 \text{ W}$$



■ Bloc 2. Sistemes electrotècnics

■ Unitat 4. Electromagnetisme i corrent altern

■ Activitats

1. Què entens per magnetisme? I per electromagnetisme?

El magnetisme és la propietat, que tenen certs materials, d'atreure el ferro i alguns altres metalls.

L'electromagnetisme es l'estudi dels efectes magnètics produïts pel corrent elèctric.

2. Raona per què en un imant no es poden aïllar els pols.

Perquè un imant està format pel conjunt d'imants moleculars.

3. Defineix el concepte d'inducció i de flux en un camp magnètic.

La *inducció magnètica* B és una magnitud vectorial que equival a la força puntual que el camp exerceix sobre la unitat de massa magnètica en aquell punt, i és proporcional al nombre de línies de força per unitat de superfície.

El *flux del camp magnètic* és el producte de la superfície S perpendicular a les línies de força i el de la inducció B . La unitat en el SI és el weber (Wb).

4. Calcula el flux que travessa una espira quadrada de $a = 30$ cm de costat, situada en un camp magnètic d'inducció $B = 200$ mT quan:

a) La seva superfície és perpendicular al camp.

La superfície de l'espira quadrada val:

$$S = (30 \text{ cm})^2 = 900 \text{ cm}^2 = 900 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

Si la superfície és perpendicular al camp $\varphi = 0^\circ$

$$\Phi = B \cdot S \cos \varphi = 0,2 \text{ T} \cdot 900 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot 1 = 1,8 \cdot 10^{-2} \text{ Wb}$$

b) Forma un angle de 60° amb el camp.

Si la superfície forma un angle de 60° amb el camp $\varphi = 30^\circ$

$$\begin{aligned} \Phi &= B \cdot S \cos \varphi = 0,2 \text{ T} \cdot 900 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot 0,866 = \\ &= 1,5588 \cdot 10^{-2} \text{ Wb} \end{aligned}$$

5. Explica la relació que hi ha entre H i B en un camp magnètic creat per un corrent elèctric.

Vegeu «El camp magnètic: pols, línies de força, flux i inducció. Intensitat o excitació del camp magnètic H ».

Resumint: En els camps magnètics creats per un corrent elèctric, l'excitació H n'és la causa i la inducció B , l'efecte.

6. Investiga què és el magnetisme romanent d'un material ferromagnètic. Raona per què els imants s'han de construir amb materials de magnetisme romanent gran i els electroimants amb materials de magnetisme romanent petit.

Resposta oberta.

7. Una bobina prou estreta de $N = 200$ espires i $L = 10$ cm de longitud és recorreguda per un corrent de 500 mA. Determina la inducció magnètica B al seu interior si:

a) El nucli és a l'aire

$$B = \mu_0 N \frac{I}{L} = 4 \pi 10^{-7} (\text{Tm/A}) \cdot 200 \cdot \frac{0,5 \text{ A}}{0,01 \text{ m}} = 12,56 \text{ mT}$$

b) El nucli és de xapa de ferro normal.

$$H = N \frac{I}{L} = 200 \cdot \frac{0,5 \text{ A}}{0,01 \text{ m}} = 10000 \text{ A/m}$$

Segons la taula de la pàgina 92, per a la xapa de ferro normal, per a un $H = 10000$ A/m correspon una inducció $B = 1,8$ T.

8. Un circuit magnètic rectangular de secció quadrada de $e = 15$ mm de costat té $a = 10$ cm de longitud per $b = 8$ d'alçada i és de xapa al silici. Determina l'FMM i el nombre d'espores N de la bobina perquè sigui recorregut per un flux de $\Phi = 0,36$ mWb, en fer-hi passar un corrent de $I = 2$ A.

La secció del circuit:

$$S = (15 \text{ mm})^2 = 225 \text{ mm}^2 = 225 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

La llargada mitjana de les línies d'inducció és:

$$l_m = 2 \cdot 8,5 \text{ cm} + 2 \cdot 6,5 \text{ cm} = 30 \text{ cm} = 0,3 \text{ m}$$

$$B = \frac{\Phi}{S} = \frac{0,36 \cdot 10^{-3} \text{ Wb}}{225 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2} = 1,6 \text{ T}$$

Segons taula pàgina 92, en un circuit de xapa al silici per una $B = 1,6$ T és necessària una $H = 9000$ A/m.

Per tant $FMM = H \cdot l_m = 9000 \text{ A/m} \cdot 0,3 \text{ m} = 2700 \text{ A}$

i si $FMM = N I \rightarrow 2700 \text{ A} = N \cdot 2 \text{ A}$

d'on $N = 1350$ espores

9. Si en el circuit anterior tallem el circuit magnètic, i originem un entreferro de $c = 4$ mm, quina haurà de ser l'FMM per tal de mantenir les condicions de l'enunciat anterior?

Si hi ha un entreferro de 4 mm, el circuit no serà homogeni i $\Sigma FMM = \Sigma H l$

Hauré de calcular els A necessaris per mantenir el flux en el circuit de xapa de silici i a l'entreferro.

A la taula de la pàgina 92 per $B = 1,6$ T $\rightarrow H = 1273239 \text{ A}$

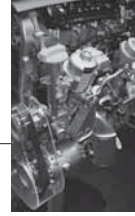
$$\Sigma FMM = \Sigma H l = 9000 \text{ A} \cdot 0,296 \text{ m} + 1273239 \text{ A} \cdot 0,004 \text{ m} = 7757,3 \text{ A}$$

10. Defineix què entens per inducció, induït i inductor.

S'entén per inducció el fenomen per el qual un conductor o un circuit elèctric sotmès a una variació de flux engendra una FEM. L'inductor és el que crea el camp magnètic que afecta al conductor o al circuit i l'induït és el que està sotmès a la variació de flux.

11. Defineix la llei de Faraday i la llei de Lenz en un circuit induït.

Llei de Faraday: la FEM induïda en un circuit és igual i de signe contrari a la velocitat de variació del flux que experimenta el circuit.



Llei de Lenz: el sentit del corrent induït és tal que s'oposa a la causa que el produeix.

12. Raona què val la FEM induïda en un conductor que es mou en un camp magnètic amb un moviment paral·lel a les línies de força.

La FEM induïda és 0, ja que no està sotmés a variació de flux.

13. Calcula la FEM engendrada en un conductor de $l = 10$ m de longitud situat en un camp magnètic de $B = 2$ T, si es mou a una velocitat de $v = 2$ m/s amb una direcció:

- a) Perpendicular a les línies d'inducció.

$\epsilon = B l v \sin\varphi$, si es mou perpendicular al camp $\varphi = 90^\circ$

$$\epsilon = 2 \text{ T} \cdot 10 \text{ m} \cdot 2 \text{ m/s} \cdot 1 = 40 \text{ V}$$

- b) Que forma 30° respecte a les línies d'inducció.

Si $\varphi = 30^\circ$, $\sin 30^\circ = 0,5$

$$\epsilon = 2 \text{ T} \cdot 10 \text{ m} \cdot 2 \text{ m/s} \cdot 0,5 = 20 \text{ V}$$

14. Què és el coeficient d'autoinducció d'un circuit elèctric? De què depèn?

El coeficient d'autoinducció L d'un circuit elèctric és el paràmetre que relaciona la FEM induïda en el circuit a causa de la variació del corrent que hi circula. Depèn de les característiques físiques del circuit i de la rapidesa en què varia el corrent.

15. En un circuit alimentat per un generador de CC, es produeix el fenomen d'autoinducció? Quan?

Sí. Quan s'obre o tanca el circuit, ja que aleshores es produeix una variació de corrent.

16. Quina acció provoca un camp magnètic sobre un conductor pel qual circula un corrent determinat?

Una força que intenta desplaçar el conductor en direcció perpendicular al camp magnètic.

17. Quina força exerceix un camp magnètic de $B = 1$ T sobre un conductor de $l = 10$ cm, en el qual circula un corrent de $I = 5$ A i que està situat perpendicularment al camp?

$$F = B \cdot l \cdot I \cdot \sin\varphi = 1 \cdot 0,1 \cdot 5 \cdot 1 = 0,5 \text{ N}$$

18. Defineix el concepte de CA i el de CA sinusoidal.

Un *corrent altern* és un corrent variable en què les principals magnituds que el defineixen (la FEM, la tensió i la intensitat del corrent) canvien de valor i de sentit periòdicament.

Els *corrents alterns sinusoidals* són corrents en què els valors instantanis de la FEM, la tensió i la intensitat són proporcionals als sinus de 0° a 360° , perquè el seu induït és format per bobines sotmeses a una variació uniforme i constant del flux produït per l'inductor.

19. Defineix: període, freqüència i els valors instantani, màxim, mitjà i eficaç d'un CA sinusoidal. Tot seguit, relaciona'ls.

Vegeu «El corrent altern. Valors fonamentals».

20. Calcula la freqüència, el valor eficaç i el valor mitjà del senyal altern $v = 33,94 \sin 376,8 t$ [V].

$$\omega = 2 \pi f$$

$$f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{376,8 \text{ rad/s}}{2\pi \text{ rad/cicle}} = 60 \text{ Hz}$$

$$V = \frac{V_{\text{màx}}}{\sqrt{2}} = \frac{33,94 \text{ V}}{\sqrt{2}} = 24 \text{ V}$$

$$V_{\text{mitjà}} = \frac{2 \cdot V_{\text{màx}}}{\pi} = \frac{2 \cdot 33,94 \text{ V}}{\pi} = 21,62 \text{ V}$$

21. Calcula els valors instantanis de la tensió, de l'exercici anterior, quan $t_1 = 0,002$ s i $t_2 = 0,01$ s.

$$v = 33,94 \text{ V} \sin(376,8 \text{ rad/s} \cdot 0,002 \text{ s}) = 33,94 \text{ V} \cdot \sin 0,7536 \text{ rad} = 23,22 \text{ V}$$

$$v = 33,94 \text{ V} \sin(376,8 \text{ rad/s} \cdot 0,01 \text{ s}) = -19,896 \text{ V}$$

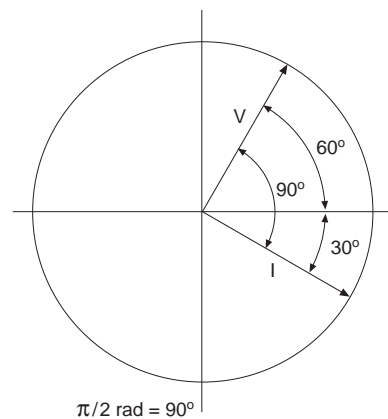
22. Calcula el valor màxim i el valor mitjà d'un CA sinusoidal de $V = 250$.

$$V_{\text{màx}} = V \cdot \sqrt{2} = 250 \text{ V} \cdot \sqrt{2} = 353,55 \text{ V}$$

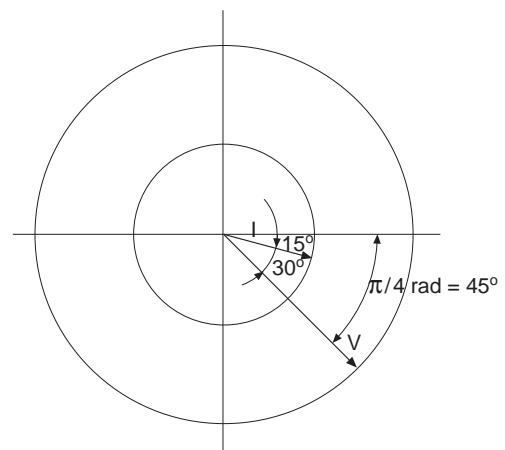
$$V_{\text{mitjà}} = \frac{2 \cdot V_{\text{màx}}}{\pi} = \frac{2 \cdot 353,55 \text{ V}}{\pi} = 225,19 \text{ V}$$

23. Representa en forma vectorial dos senyals alterns V i I de la mateixa freqüència si:

- a) v fase inicial 60° i i endarrerit $\pi/2$ rad respecte de v , si el mòdul de I és igual que el de V .



- b) v fase inicial $-\pi/4$ rad i i avançat 30° respecte de v , si el mòdul de I és la meitat que el de V .





- c) Escriu la funció que representen els valors instantanis dels senyals v i i respecte del temps en cada cas.

$$v = V_{\max} \sin(\omega t + 60^\circ) \quad i = I_{\max} \sin(\omega t - 30^\circ)$$

$$v = V_{\max} \sin(\omega t - 45^\circ) \quad i = I_{\max} \sin(\omega t - 15^\circ)$$

24. Què s'entén per impedància en un circuit de CA?

La impedància és la dificultat que oposa un circuit al pas del CA.

25. Fes un resum comparatiu del comportament dels receptors lineals ideals en el CA.

- Resistència òhmica:
 - Dissipa l'energia elèctrica en forma d'energia calorífica.
 - La intensitat i la tensió estan en fase.
 - Consumeix potència activa.
- Inductància:
 - Emmagatzema l'energia elèctrica en forma de camp magnètic.
 - Endarrereix el corrent 90° respecte la tensió.
 - Consumeix potència reactiva.
- Capacitància:
 - Emmagatzema l'energia elèctrica en forma de camp elèctric.
 - Avança el corrent 90° respecte la tensió.
 - Subministra potència reactiva.

26. Calcula la impedància Z que ofereix i les potències P [W], Q [VAr] i S [VA] que desenvolupen connectats primer a una xarxa de $V = 220$ V i 50 Hz, i després a una de $V = 220$ V i 100 Hz, els receptors següents:

- a) Una resistència òhmica de $R = 55 \Omega$.

Resistència òhmica de $R = 55 \Omega$, a qualsevol freqüència
 $R = Z = 55 \Omega$

$$P = \frac{V^2}{R} = \frac{(200 \text{ V})^2}{55 \text{ W}} = 880 \text{ W}$$

$$Q = 0 \text{ VAr}$$

$$S = 880 \text{ VA}$$

- b) Una bobina de $L = 200$ mH.

Bobina de $L = 200$ mH

$$\text{Si } 50 \text{ Hz; } X_L = 2 \pi f = 0,2 \text{ H} \cdot 2 \pi \cdot 50 \text{ rad/s} = 62,8 \Omega$$

$$P = 0 \text{ W}$$

$$Q_L = \frac{V^2}{X_L} = \frac{(200 \text{ V})^2}{62,8 \Omega} = 770,7 \text{ VAr}$$

$$S = 770,7 \text{ VA}$$

$$\text{Si } 100 \text{ Hz; } X_L = L \cdot 2 \pi f = 0,2 \text{ H} \cdot 2 \pi \cdot 100 \text{ rad/s} = 125,6 \Omega$$

$$P = 0 \text{ W}$$

$$Q_L = \frac{V^2}{X_L} = \frac{(200 \text{ V})^2}{125,6 \Omega} = 385,35 \text{ VAr}$$

$$S = 385,35 \text{ VA}$$

- c) Un condensador de $C = 200 \mu\text{F}$.

Condensador de $200 \mu\text{F}$

$$\text{Si } 50 \text{ Hz; } X_C = \frac{1}{C\omega} = \frac{1}{200 \cdot 10^{-6} \text{ F} \cdot 2 \pi \cdot 50 \text{ rad/s}} = 15,92 \text{ W}$$

$$P = 0 \text{ W}$$

$$Q_C = \frac{V^2}{X_C} = \frac{(200 \text{ V})^2}{15,92 \Omega} = -3040,2 \text{ VAr}$$

$$S = 3040,2 \text{ VA}$$

$$\text{Si } 100 \text{ Hz; } X_C = \frac{1}{C\omega} = \frac{1}{200 \cdot 10^{-6} \text{ F} \cdot 2 \pi \cdot 100 \text{ rad/s}} = 7,96 \Omega$$

$$P = 0 \text{ W}$$

$$Q_C = \frac{V^2}{X_C} = \frac{(200 \text{ V})^2}{7,96 \Omega} = -6080,4 \text{ VAr}$$

$$S = 6080,4 \text{ VA}$$

Quines conclusions en treus?

El valor de la resistència òhmica R no varia amb la freqüència i només consumeix potència activa.

La reactància inductiva X_L d'una bobina és directament proporcional a la freqüència del circuit en què està connectada i només consumeix potència reactiva.

La reactància capacitiva X_C d'un condensador és inversament proporcional a la freqüència del circuit en què està connectat i proporciona potència reactiva al circuit.

27. En un circuit en sèrie RL, quan hi circula més corrent: connectat a una xarxa de CA o a una de CC de la mateixa tensió? Per què?

Connectat a una xarxa de CC, ja que $I = \frac{V}{Z}$ i en CC, $X_L = 0$, per tant $Z = R$ i $I = \frac{V}{R}$.

28. Tenim un circuit sèrie RC; què passarà si el connectem a un CC? Per què?

Que es carregarà el condensador i tallarà el circuit, ja que en CC, $X_C = \frac{1}{C\omega} = \frac{1}{C \cdot 2 \pi f}$ i al ser $f = 0$, $X_C = \infty$, per tant, $Z = \infty$ i $I = 0$.

29. Calcula la resistència R , la reactància inductiva X_L i el coeficient d'autoinducció L d'una bobina que connectada a $V = 220$ V i $f = 50$ Hz consumeix $I = 5$ A i desenvolupa una potència de $P = 200$ W

$$Z = \frac{V}{I} = \frac{220 \text{ V}}{5 \text{ A}} = 44 \Omega$$

$$P = R I^2 \rightarrow 200 \text{ W} = R \cdot (5 \text{ A})^2$$

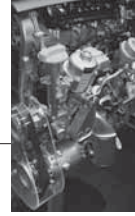
$$\text{d'on } R = 8 \Omega$$

$$Z^2 = R^2 + X_L^2 \rightarrow (44 \Omega)^2 = (8 \Omega)^2 + X_L^2$$

$$\text{d'on } X_L = 43,26 \Omega$$

$$X_L = L \cdot 2 \pi f \rightarrow 43,26 \Omega = L \cdot 2 \cdot \pi \cdot 50 \text{ (rad/s)}$$

$$\text{d'on } L = 137,77 \text{ mH}$$



30. Una làmpada incandescent de $V = 120\text{ V}$, $P = 60\text{ W}$ i $\cos \varphi = 1$ es vol connectar a una xarxa de $V = 220\text{ V}$ i $f = 50\text{ Hz}$. Calcula la capacitat C del condensador que cal connectar en sèrie perquè funcioni correctament

La intensitat que consumeix la làmpada que funciona correctament val:

$$I = \frac{P}{V} = \frac{60\text{ W}}{120\text{ V}} = 0,5\text{ A}$$

La resistència de la làmpada és:

$$R = \frac{V}{I} = \frac{120\text{ V}}{0,5\text{ A}} = 240\ \Omega$$

Per tant connectat a 220 V la impedància del circuit sèrie RC ha de ser:

$$Z = \frac{V}{I} = \frac{220\text{ V}}{0,5\text{ A}} = 440\ \Omega$$

En conseqüència, $Z^2 = R^2 + X_c^2$

$$(440\ \Omega)^2 = (240\ \Omega)^2 + X_c^2, \text{ d'on } X_c \approx 368,78\ \Omega$$

i com que $X_c = \frac{1}{C\omega}$

$$368,78\ \Omega = \frac{1}{C \cdot 2 \cdot \pi \cdot 50\text{ rad/s}}, \text{ d'on } C = 8,63\ \mu\text{F}$$

31. Què s'entén per factor de potència d'un circuit elèctric?

El factor de potència d'un circuit és el valor del cosinus de l'angle de desfasament entre la tensió V aplicada al circuit i el corrent I que hi circula.

32. Una línia monofàsica de $V = 220\text{ V}$ i $f = 50\text{ Hz}$ alimenta un motor de $P = 2944\text{ W}$ i $\cos \varphi = 0,748$ en paral·lel amb una estufa de $P = 1,1\text{ kW}$ i $\cos \varphi = 1$. Dibuixa l'esquema del circuit i el diagrama d'intensitats i calcula la intensitat I de la línia i el seu $\cos \varphi$.

La intensitat del motor I_1 valdrà:

$$I_1 = \frac{P}{V \cdot \cos \varphi_1} = \frac{4 \cdot 736\text{ W}}{220\text{ V} \cdot 0,748} = 17,89\text{ A}$$

anirà endarrerida respecte a V

$$\cos \varphi_1 = 0,748 \rightarrow \varphi_1 = -41,58^\circ$$

La intensitat de l'estufa: $I_2 = \frac{P}{V \cdot \cos \varphi_2} = \frac{1100\text{ W}}{220\text{ V} \cdot 1} = 5\text{ A}$

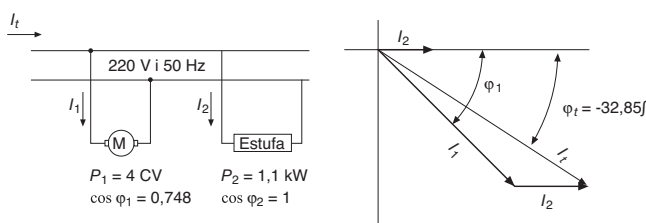
estarà en fase amb V

$$\cos \varphi_2 = 1 \Rightarrow \varphi_2 = 0^\circ$$

La intensitat total:

$$\vec{I}_t = \vec{I}_1 + \vec{I}_2 = 17,89_{-41,58^\circ}\text{ A} + 5_{0^\circ}\text{ A} = 21,88_{-32,85^\circ}\text{ A}$$

$$\cos \varphi_t = \cos(-32,85^\circ) = 0,840$$



33. Defineix què s'entén per sistema trifàsic de CA.

Un corrent altern trifàsic és el que està format per tres corrents alterns monofàsics interconnectats, del mateix valor eficaç de la mateixa freqüència i desfasats 120° .

34. Què vol dir que una càrrega trifàsica és equilibrada?

Què la impedància Z que alimenta cada fase és la mateixa, per tant, circula la mateixa intensitat en cada fase.

35. Relaciona V_f , V_L , I_f , I_L en un generador trifàsic amb càrrega equilibrada quan està connectat:

a) En triangle

$$\text{En triangle } V_L = V_f$$

$$I_L = \sqrt{3} I_f$$

b) En estrella

$$\text{En estrella } V_L = \sqrt{3} V_f$$

$$I_L = I_f$$

36. Calcula la intensitat I_L i les potències (activa, reactiva i aparent) que consumeix un motor trifàsic de $P = 7360\text{ W}$ i $\cos \varphi = 0,8$ connectat a una xarxa de $V = 380\text{ V}$ i $f = 50\text{ Hz}$. Dibuixa el triangle de potències.

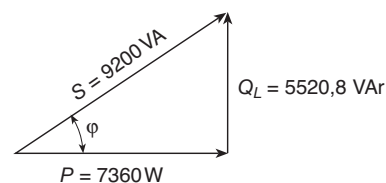
$$P = \sqrt{3} V_L I_L \cos \varphi$$

$$7360\text{ W} = \sqrt{3} \cdot 380\text{ V} \cdot I_L \cdot 0,8$$

$$\text{d'on } I_L = 13,98\text{ A}$$

$$Q_L = \sqrt{3} V_L I_L \sin \varphi = \sqrt{3} \cdot 380\text{ V} \cdot 13,98\text{ A} \cdot 0,6 = 5520,8\text{ VAR}$$

$$S = \sqrt{3} V_L I_L = \sqrt{3} \cdot 380\text{ V} \cdot 13,98\text{ A} \approx 9200\text{ VA}$$



■ Activitats finals

□ Qüestions

1. Si el nucli d'un circuit magnètic té una permeabilitat relativa de $\mu_r = 5$, vol dir que el circuit:

- a) Té una inducció 5 vegades superior que si el nucli fos d'aire.
- b) Té una inducció 5 vegades inferior que si el nucli fos d'aire.
- c) Té una inducció 5 vegades superior que si el nucli fos de material ferromagnètic.
- d) Té una inducció 5 vegades inferior que si el nucli fos de material ferromagnètic.

La resposta correcta és la a).



2. Un circuit magnètic és homogeni quan:

- La inducció és la mateixa en tot el circuit però el medi del nucli varia.
- La inducció varia al llarg del circuit però el medi no varia.
- La inducció i el medi no varien en tot el circuit.
- La inducció i el medi varien al llarg del circuit.

La resposta correcta és la c).

3. En un conductor situat dins d'un camp magnètic s'hi indueix una FEM quan el conductor:

- Manté una posició fixa dins del camp.
- Es mou tallant les línies de força del camp.
- Es mou paral·lel a les línies de força del camp.
- I el camp magnètic es mouen a la mateixa velocitat.

La resposta correcta és la b).

4. Un CA sinusoidal de valors $V = 230 \text{ V}$ i $f = 60 \text{ Hz}$ s'expressa amb la funció trigonomètrica:

- $v = 230 \sin 50 t \text{ [V]}$.
- $v = 325,27 \sin 376,8 t \text{ [V]}$.
- $v = 325,27 \sin 314 t \text{ [V]}$.
- $v = 230 \sin 314 t \text{ [V]}$.

La resposta correcta és la b).

5. En un circuit de CA de $\vec{Z} = 5 + 8,66 j$ el corrent \vec{I} està:

- En fase amb la tensió aplicada al circuit.
- Endarrerit 60° respecte de la tensió aplicada al circuit.
- Avançat 60° respecte de la tensió aplicada al circuit.
- Endarrerit 30° respecte de la tensió aplicada al circuit.

La resposta correcta és la b).

6. En un circuit de CA format per una $R = 10 \Omega$, una $X_L = 8 \Omega$ i una $X_C = 4 \Omega$, connectades en paral·lel:

- La intensitat I anirà endarrerida respecte del voltatge V , perquè el circuit equivalent és òhmica capacitatiu.
- La intensitat I anirà avançada respecte del voltatge V , perquè el circuit equivalent és òhmica capacitatiu.
- La intensitat I anirà avançada respecte del voltatge V , perquè el circuit equivalent és òhmica inductiu.
- La intensitat I anirà endarrerida respecte del voltatge V , perquè el circuit equivalent és òhmica inductiu.

La resposta correcta és la a).

□ Exercicis

1. Per una bobina recta de llargada $l = 20 \text{ cm}$ i diàmetre $d = 10 \text{ cm}$ hi circula un corrent $I = 5 \text{ A}$ que crea un camp d'inducció $B = 0,157 \text{ T}$. Calcula el nombre d'espires N de la bobina i el flux Φ al seu interior.

$$\beta = \mu_0 \cdot \frac{NI}{l} \longrightarrow N = \frac{\beta l}{\mu_0 I} = \frac{0,157 \cdot 0,2}{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 5} = 5000 \text{ espires}$$

$$\phi = \beta \cdot s = \beta \cdot \frac{\pi d^2}{4} = 0,157 \cdot \frac{3,14 \cdot 0,1^2}{4} = 1,23 \text{ mWb}$$

2. Una línia monofàsica de $v = 325,26 \sin 314 t \text{ [V]}$ alimenta 10 làmpades incandescents de $P_1 = 60 \text{ W}$ cadascuna i $\cos \varphi = 1$ i 20 làmpades fluorescents de $P_2 = 36 \text{ W}$ cadascuna i $\cos \varphi = 0,5$. Calcula:

- a) La I_L que subministra la línia i el seu $\cos \varphi_T$. Dibuixa el diagrama d'intensitats (considera cada grup de làmpades com un sol receptor).

$$V = \frac{V_{\max}}{\sqrt{2}} = \frac{325,26}{\sqrt{2}} = 230 \text{ V}$$

La intensitat consumida per les làmpades incandescents és:

$$I_1 = \frac{10 \cdot P_1}{V \cdot \cos \varphi_1} = \frac{10 \cdot 60}{230 \cdot 1} = 2,61 \text{ A} \quad \cos \varphi_1 = 1 \longrightarrow \varphi_1 = 0^\circ$$

La de les làmpades fluorescents anirà endarrerida respecte la V perquè és una càrrega òhmica inductiva, i val:

$$I_2 = \frac{20 \cdot P_2}{V \cdot \cos \varphi_2} = \frac{20 \cdot 36}{230 \cdot 0,5} = 6,61 \text{ A}$$

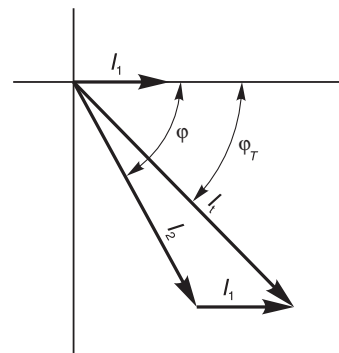
$$\cos \varphi_2 = 0,5 \longrightarrow \varphi_2 = -60^\circ$$

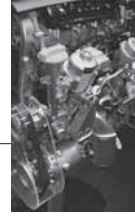
La intensitat que subministra la línia és:

$$\vec{I}_T = \vec{I}_1 + \vec{I}_2 = 2,61_{0^\circ} + 6,61_{-60^\circ} = 8,23_{-44,01^\circ} \text{ A}$$

$$\varphi_T = -44,01^\circ \longrightarrow \cos \varphi_T = \cos(-44,01) = 0,719$$

El diagrama d'intensitats és:





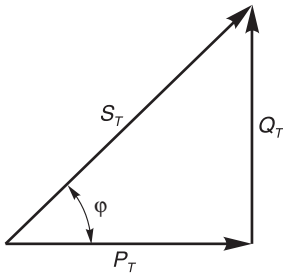
- b) Les potències que subministra la línia. Dibuixa el triangle de potències.

Les potències totals valen:

$$S_T = V \cdot I_T = 230 \cdot 8,23 = 1892,9 \text{ VA}$$

$$P_T = V \cdot I_T \cdot \cos \varphi = 230 \cdot 8,23 \cdot 0,719 \approx 1360 \text{ W}$$

$$Q_T = \sqrt{S_T^2 - P_T^2} = \sqrt{1892,9^2 + 1360^2} = 1316,61 \text{ VAR}$$



3. Una línia de CA trifàsica amb neutre, de $V_L = 400 \text{ V}$ i $f = 50 \text{ Hz}$, alimenta una càrrega equilibrada formada per: 60 làmpades fluorescents de $P = 58 \text{ W}$ cadascuna, $V = 230 \text{ V}$ i $\cos \varphi = 0,5$, un motor trifàsic de $P_{M1} = 3 \text{ kW}$ amb $\cos \varphi_{M1} = 0,8$ i un motor trifàsic de $P_{M2} = 5 \text{ kW}$ amb $\cos \varphi_{M2} = 0,85$. Calcula les potències totals P_T , Q_T , S_T , el $\cos \varphi_T$ i la intensitat total I_L que ha de subministrar la línia.

Si la càrrega és equilibrada hi haurà connectats 20 fluorescents entre cada fase i el neutre. Les potències que desenvolupen els fluorescents seràn:

$$P_L = 60 \cdot P = 60 \cdot 58 = 3480 \text{ W}$$

$$\cos \varphi = 0,5 \rightarrow \varphi = 60^\circ \rightarrow \operatorname{tg} \varphi = 1,732$$

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{Q_L}{P_L} \rightarrow Q_L = P_L \cdot \operatorname{tg} \varphi = 3480 \cdot 1,732 = 6027,36 \text{ VAR}$$

i la dels motors,

$$P_{M1} = 3000 \text{ W}$$

$$\cos \varphi_{M1} = 0,8 \rightarrow \varphi_{M1} = 36,87^\circ \rightarrow \operatorname{tg} \varphi_{M1} = 0,75$$

$$Q_{M1} = P_{M1} \cdot \operatorname{tg} \varphi_{M1} = 3000 \cdot 0,75 = 2250 \text{ VAR}$$

$$P_{M2} = 5000 \text{ W}$$

$$\cos \varphi_{M2} = 0,85 \rightarrow \varphi_{M2} = 31,79^\circ \rightarrow \operatorname{tg} \varphi_{M2} = 0,619$$

$$Q_{M2} = P_{M2} \cdot \operatorname{tg} \varphi_{M2} = 5000 \cdot 0,619 = 3095 \text{ VAR}$$

Com què les potències actives estan en fase, i les reactives també, es poden sumar aritmèticament, i tindrem

$$P_T = P_L + P_{M1} + P_{M2} = 3480 + 3000 + 5000 = 11480 \text{ W}$$

$$Q_T = Q_L + Q_{M1} + Q_{M2} = 6027,36 + 2250 + 3095 = 11372,36 \text{ VAR}$$

$$S_T = \sqrt{P_T^2 + Q_T^2} = \sqrt{11480^2 + 11372,36^2} = 16159,24 \text{ VA}$$

La intensitat I_L la podem trobar a partir de qualsevol de les potències totals, per exemple:

$$S_T = \sqrt{3} V_L \cdot I_L \rightarrow I_L = \frac{S_T}{\sqrt{3} V_L} = \frac{16159,24}{\sqrt{3} \cdot 400} = 23,32 \text{ A}$$

Unitat 5. Màquines elèctriques

Activitats

1. Fes una classificació de les màquines elèctriques.

Generadors: transformen l'energia mecànica en energia elèctrica.

Motors: transformen l'energia elèctrica en mecànica.

Transformadors: varien les característiques de l'energia elèctrica per facilitar-ne el transport i la distribució.

2. Quines són les causes de les pèrdues del ferro de les màquines elèctriques?

Són les pèrdues que es produeixen en el circuit magnètic a causa del cicle d'histèresi i dels corrents paràsits o de Foucault.

3. Quina diferència hi ha entre la potència absorbida i la potència útil d'una màquina elèctrica?

La potència absorbida és la que se subministra a la màquina per al seu funcionament, i la potència útil és la que ens subministra la màquina.

4. Què s'entén per potència nominal d'una màquina elèctrica?

És la màxima potència útil que ens pot proporcionar de manera permanent sense que l'escalfament sobrepassi el valor límit a partir del qual es poden deteriorar els seus aïllaments.

5. Classifica les dinamos d'acord amb el tipus d'excitació.

Vegeu «Dinamos. Tipus d'excitació».

6. Classifica les parts principals d'una dinamo, i indica si formen part de l'estator o del rotor.

A l'estator: pols inductors o principals, pols auxiliars, bobinatge inductor, culata, escombretes i caixa de borns. En el rotor: nucli de l'induït, bobinatge de l'induït, col·lector, eix i coixinets.

7. De què depèn la FEM (ϵ) generada en una dinamo? Com es pot variar?

De les seves característiques constructives, nombre de conductors de l'induït, nombre de pols de l'inductor, nombre de branques en paral·lel a l'induït, del flux que crea l'inductor i de la velocitat de l'induït. Es pot variar la FEM induïda modificant el flux i la velocitat del rotor.

8. La FEM (ϵ) generada en una dinamo bipolar és de $V = 220 \text{ V}$ quan gira a $n = 1000 \text{ min}^{-1}$ i el flux emès per cada pol és de $\Phi = 100 \text{ mWb}$. Si $p/a = 1$, calcula el nombre d'espores en el bobinatge induït i el valor de la FEM (ϵ) induïda si el flux de cada pol augmenta un 20%.

$$\epsilon = K \Phi n = \frac{N_p}{60a} \cdot \Phi \cdot n$$

$$220 \text{ V} = \frac{N \cdot 1}{60 \cdot 1} \cdot 0,1 \text{ Wb} \cdot 1000 \text{ min}^{-1}$$

d'on $N = 132$ conductors actius

$$\frac{132}{2} = 66 \text{ espores}$$



$$\frac{\varepsilon'}{\varepsilon} = \frac{K 1,2 \Phi \cdot n}{K \Phi \cdot n} = 1,2$$

$$d'on \varepsilon' = 1,2 \varepsilon = 1,2 \cdot 220 \text{ V} = 264 \text{ V}$$

9. Calcula la FEM (ε) que genera la dinamo de la qüestió anterior si el flux Φ de cada pol disminueix un 20% i la velocitat augmenta un 10%.

$$\frac{\varepsilon'}{\varepsilon} = \frac{K 0,8 \Phi \cdot 1,1 n}{K \Phi \cdot n} = 0,8 \cdot 1,1 = 0,88$$

$$d'on \varepsilon' = \varepsilon \cdot 0,88 = 220 \text{ V} \cdot 0,88 = 193,6 \text{ V}$$

10. Quines són les principals diferències entre la dinamo i l'alternador?

Les dinamos són generadors de CC, el seu induït forçosament està en el rotor, necessiten col·lector, funcionen dins d'un marge de velocitat i poden ser autoexcitades.

Els alternadors són generadors de CA, l'induíit pot estar a l'estator o en el rotor (normalment a l'estator), necessita anells fregants, ha de funcionar a la velocitat de sincronisme i necessita una excitatriu per alimentar l'inductor.

11. Calcula la velocitat a què gira el rotor d'un alternador de 30 pols, si genera un CA de $f = 50$ Hz. Raona per què la majoria d'alternadors tenen el sistema inductor en el rotor

$$n_s = \frac{60 f}{p} = \frac{60 \cdot 50 \text{ Hz}}{15} = 200 \text{ min}^{-1}$$

Perquè és molt més fàcil extreure el CA generat a través d'una connexió fixa (els borns) que a través d'una connexió mòbil (escombretes i anells de fregament).

12. Calcula el flux Φ que engendra cada pol d'un alternador hexapolar trifàsic que disposa de 210 espires sèrie per fase, si genera una FEM per fase de $\varepsilon_f = 10\,000$ V a $f = 50$ Hz i el coeficient del debanat és $K = 0,96$.

$$\varepsilon_f = K \cdot 4,44 N_s f \Phi \rightarrow 10\,000 \text{ V} = 0,96 \cdot 4,44 \cdot 210 \cdot 50 \text{ Hz} \cdot \Phi$$

$$d'on \Phi \approx 223,43 \text{ mWb}$$

13. Calcula la tensió V_L als borns de l'alternador de l'activitat anterior quan funciona en buit si està connectat:

- a) En triangle

Si funciona en buit $\varepsilon_f = V_f = 10\,000$ V, per tant

En connexió en triangle: $V_L = V_f = 10\,000$ V

- b) En estrella

En connexió en estrella:

$$V_L = \sqrt{3} V_f = \sqrt{3} \cdot 10\,000 \text{ V} \approx 17\,320,5 \text{ V}$$

14. Calcula la freqüència de rotació n del rotor i el flux Φ que engendra cada pol de l'alternador de la qüestió anterior si la freqüència dels corrents generats és de $f = 60$ Hz.

$$n_s = \frac{60 f}{p} = \frac{60 \cdot 60 \text{ Hz}}{3} = 1200 \text{ min}^{-1}$$

$$\varepsilon_f = K \cdot 4,44 N_s f \Phi \rightarrow 10\,000 \text{ V} = 0,96 \cdot 4,44 \cdot 210 \cdot 60 \text{ Hz} \cdot \Phi$$

$$d'on \Phi \approx 186,19 \text{ mWb}$$

15. En què es fonamenta el motor elèctric?

En la reversibilitat del fenomen de la inducció, que el podem definir com: si un conductor situat dins d'un camp magnètic és recorregut per un corrent, és sotmès a una força que l'intenta desplaçar fora del camp.

16. Què s'entén per força contraelectromotriu d'un motor? És important en el seu funcionament?

És la FEM que es genera en els conductors de l'induíit quan el rotor gira dins del camp magnètic creat per l'estator, i que és de sentit contrari a la tensió aplicada V_L . És molt important per què limita el corrent que absorbeix el motor.

17. Què és i quant val la potència interna d'un motor?

És tota l'energia que el camp magnètic transmet a l'inductor i val $P_i = \varepsilon' \cdot I_i$

18. Raona com es pot regular la velocitat dels motors de CC.

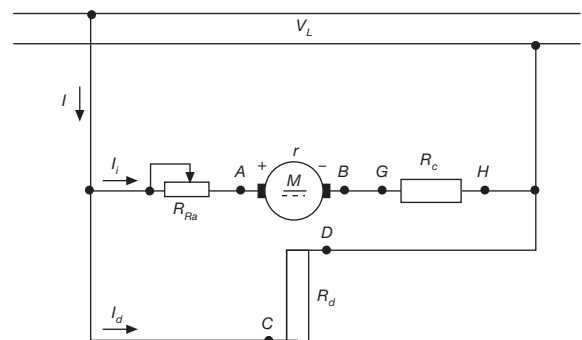
Variant la tensió V_L aplicada i/o el corrent que circula pel sistema inductor del motor, ja que $n = \frac{V_L}{K \Phi}$.

19. Esmenta les principals característiques dels motors de CC en sèrie: velocitat, parells, estabilitat, etc.

Vegeu «Motors de corrent continu (CC). Motor en sèrie». Té una bona regulació de velocitat i un parell d'engegada molt bo, però és molt inestable.

20. Un motor *shunt* de característiques $r = 0,2 \Omega$; $R_c = 0,4 \Omega$; $R_d = 210 \Omega$, està connectat a una línia de CC de $V_L = 420$ V i consumeix $I = 32$ A. Calcula:

- a) La FCEM (ε') que desenvolupa



$$I_d = \frac{V_L}{R_d} = \frac{420 \text{ V}}{210 \Omega} = 2 \text{ A}$$

$$I_i = I - I_d = 32 \text{ A} - 2 \text{ A} = 30 \text{ A}$$

$$V_L = \varepsilon' + I_i (r + R_c) + 2 V_{co}$$

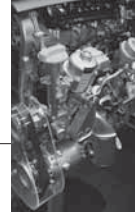
$$420 \text{ V} = \varepsilon' + 30 \text{ A} (0,2 \Omega + 0,4 \Omega) + 2 \text{ V}$$

$$d'on \varepsilon' = 400 \text{ V}$$

- b) El rendiment electromagnètic η_e , el mecànic η_{mec} i el total η_t si les pèrdues mecàniques són de $P_m = 160$ W

$$\eta_e = \frac{P_i}{P_{abs}} = \frac{\varepsilon' I_i}{V_L I} = \frac{400 \text{ V} \cdot 30 \text{ A}}{420 \text{ V} \cdot 32 \text{ A}}$$

$$\eta_e \approx 0,8928 \rightarrow 89,28\%$$



$$P_u = P_i - \text{Pèrdues mecàniques} = 400 \text{ V} \cdot 30 \text{ A} - 160 \text{ W} = 11840 \text{ W}$$

$$\eta_m = \frac{P_u}{P_i} = \frac{11840 \text{ W}}{400 \text{ V} \cdot 30 \text{ A}} \approx 0,9866 \rightarrow 98,66\%$$

$$\eta = \eta_e \cdot \eta_m = 0,8928 \cdot 0,9866 \approx 0,8808 \rightarrow 88,08\%$$

c) El parell intern Γ_i i el parell útil Γ_u quan el motor gira a $n = 16,666 \text{ s}^{-1}$ i treballa a PC.

$$\Gamma_i = \frac{P_i}{\omega} = \frac{\mathcal{E}' I_i}{2\pi n} = \frac{400 \text{ V} \cdot 30 \text{ A}}{2\pi \cdot 16,666 \text{ rad/s}} \approx 114,65 \text{ Nm}$$

$$\Gamma_u = \frac{P_u}{\omega} = \frac{11840 \text{ W}}{2\pi \cdot 16,666 \text{ rad/s}} \approx 113,12 \text{ Nm}$$

d) El valor del reòstat d'engegada R_{Ra} perquè $I_a = 1,5 I_i$.

$$I_a = 1,5 I_i = 1,5 \cdot 30 \text{ A} = 45 \text{ A}$$

$$I_a = \frac{V_L - 2V_{co}}{r + R_c + R_{Ra}}$$

$$45 \text{ A} = \frac{420 \text{ V} - 2 \text{ V}}{0,2 \Omega + 0,4 \Omega + R_{Ra}}$$

$$\text{d'on } R_{Ra} \approx 8,68 \Omega$$

21. En què es fonamenten els motors asíncrons?

Vegeu «Motors d'inducció trifàsics. Principi de funcionament».

En la generació d'un camp magnètic giratori, a causa dels corrents que circulen pel sistema inductor, el qual crea un corrent induït en els bobinats del rotor, d'acord amb la llei de Lenz, aquest corrent induït s'oposa a la causa que el crea, per tant es posarà a girar en el mateix sentit que el camp magnètic giratori.

22. Raona per què el rotor d'un motor d'inducció no pot girar a la velocitat de sincronisme.

Perquè si el rotor girés a la velocitat de sincronisme no estaria sotmès a variació de flux, per tant no generaria corrent induït i en conseqüència tampoc generaria parell.

23. Calcula el rendiment η d'un motor trifàsic que té una potència útil de $P_u = 73,6 \text{ kW}$ i que quan es connecta una línia de $V_L = 380 \text{ V}$ consumeix $I = 140 \text{ A}$ amb un $\cos \varphi = 0,85$.

$$P_u = 73600 \text{ W}$$

$$P_{abs} = \sqrt{3} V_L I_L \cdot \cos \varphi = \sqrt{3} \cdot 380 \text{ V} \cdot 140 \text{ A} \cdot 0,85 \approx 78323,33 \text{ W}$$

$$\eta = \frac{P_u}{P_{abs}} = \frac{73600 \text{ W}}{78323,33 \text{ W}} \approx 0,9397 \rightarrow 93,97\%$$

24. Calcula la velocitat n d'un motor d'inducció trifàsic tetrapolar que està connectat a una xarxa de $V_L = 380 \text{ V}$ i $f = 50 \text{ Hz}$ i té un lliscament $s = 0,05$.

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 50}{2} = 1500 \text{ min}^{-1}$$

$$s = \frac{n_s - n}{n_s}$$

$$0,05 = (1500 \text{ min}^{-1} - n)/1500 \text{ min}^{-1}$$

$$\text{d'on } n = 1425 \text{ min}^{-1}$$

25. Quin és el principal inconvenient dels motors d'inducció monofàsics? Com se soluciona?

Que el rotor no es pot posar a girar només amb l'acció del camp magnètic creat per l'inductor, ja que aquest no genera un camp magnètic giratori sinó que és alternatiu, i el rotor té massa inèrcia per seguir-lo. Se soluciona amb la col·locació a l'estator d'un bobinatge auxiliar d'arrencada, de manera que produeixi un camp desplaçat 90° respecte del principal. La interacció entre els dos camps de l'estator, principal i auxiliar, produeix un camp giratori d'amplitud variable suficient per posar el rotor en moviment.

26. Què és un motor universal? Enumera'n les característiques més importants.

Vegeu «Motor Universal».

27. Quines diferències hi ha entre el transformador ideal i el real?

En els transformadors reals els circuits elèctrics tenen resistència òhmica, en els circuits magnètics hi ha dispersió del flux i tenen pèrdues per histèresi i per corrents de Foucault, és a dir, tenen pèrdues del coure i del ferro.

28. Raona per què el transformador és una màquina de rendiment elevat.

Perquè en ser una màquina estàtica no té pèrdues mecàniques.

29. Què s'entén per relació de transformació?

La relació que hi ha entre les espirs del primari i les del secundari és $r_t = \frac{N_p}{N_s}$.

30. Quina és la principal diferència entre els transformadors de columnes i els cuirassats?

Vegeu «Constitució del transformador».

31. Calcula I_p , I_s i N_p , d'un transformador monofàsic ideal de característiques $S_n = 100 \text{ kVA}$, $f = 50 \text{ Hz}$ i $10000/400 \text{ V}$ i $N_s = 200$ espirs.

Calcula I_p , I_s , i N_p :

$$I_p = \frac{S_n}{V_p} = \frac{100000 \text{ VA}}{10000 \text{ V}} = 10 \text{ A}$$

$$I_s = \frac{S_n}{V_s} = \frac{100000 \text{ VA}}{400 \text{ V}} = 250 \text{ A}$$

$$r_t = \frac{V_p}{V_s} = \frac{10000 \text{ V}}{400 \text{ V}} = 25$$

$$r_t = \frac{N_p}{N_s}$$

$$25 = \frac{N_p}{200 \text{ espirs}}$$

$$\text{d'on } N_p = 5000 \text{ espirs}$$



32. Calcula el rendiment η d'un transformador monofàsic que connectat a una xarxa de $V_{pl} = 380 \text{ V}$ i $f = 50 \text{ Hz}$ consumeix una intensitat de $I = 26 \text{ A}$ amb un $\cos \varphi = 0,8$, quan alimenta una càrrega de $I = 40 \text{ A}$ amb $\cos \varphi = 0,82$ a $V_{sl} = 220 \text{ V}$.

$$\eta = \frac{P_u}{P_{abs}} = \frac{V_s I_s \cos \varphi_s}{V_p I_p \cos \varphi_p} = \frac{220 \text{ V} \cdot 40 \text{ A} \cdot 0,82}{380 \text{ V} \cdot 26 \text{ A} \cdot 0,8} \approx 0,9129 \rightarrow 91,29 \%$$

33. Investiga quina és la principal aplicació dels transformadors trihexafàsics i tridodecafàsics.

S'utilitzen per alimentar sistemes de rectificació.

Activitats finals

Qüestions

1. La potència útil d'una màquina elèctrica és igual que:

- Potència nominal – Potència perduda
- Potència absorbida – Potència perduda
- Potència nominal + Potència perduda
- Potència absorbida + Potència perduda

La resposta correcta és la a).

2. En les dinamos l'induït està col·locat:

- En l'estator, perquè és fàcil treure el corrent generat.
- En el rotor, perquè sinó no estaria sotmès a una variació de flux Φ , per tant, no generaria FEM induïda.
- És indiferent, tant pot ser en l'estator com en el rotor.
- Forçosament en el rotor, ja que per obtenir un CC en els seus borns, ha d'estar connectat al col·lector de lamel·les que en contacte amb les escobretes rectifica el corrent generat.

La resposta correcta és la d).

3. Una dinamo és autoexcitada quan:

- Hi ha connexió elèctrica entre l'induït i l'inductor, de manera que aprofita tot el corrent generat a l'induït o una part per crear el camp magnètic inductor.
- L'inductor és un imant permanent.
- El sistema inductor no té connexió elèctrica amb el sistema induït.
- El sistema inductor és alimentat per un generador de CC.

La resposta correcta és la a).

4. Una dinamo té un funcionament estable quan:

- En augmentar el corrent que subministra disminueix la tensió als seus borns.
- La FEM generada és directament proporcional a la velocitat del rotor.

- En augmentar el corrent que subministra, augmenta la tensió als seus borns.

- La FEM generada és inversament proporcional a la velocitat del rotor

La resposta correcta és la a).

5. Per invertir el sentit de gir en els motors de CC:

- Només es pot fer canviant el sentit del corrent a l'induït.
- Només es pot fer canviant el sentit del corrent a l'inductor.
- S'ha de canviar el sentit del corrent a l'induït o a l'inductor.
- S'ha de canviar el sentit del corrent a l'induït i a l'inductor.

La resposta correcta és la c).

6. Un motor elèctric té un funcionament estable quan:

- En augmentar la velocitat augmenta el parell motor.
- En reduir la velocitat disminueix el parell motor.
- Es manté el parell motor constant a qualsevol velocitat.
- En augmentar la velocitat disminueix, el parell motor, i a l'inrevés, en reduir la velocitat augmenta, el parell motor.

La resposta correcta és la d).

7. Els motors d'inducció són:

- Motors síncrons, perquè la velocitat del motor depèn de la freqüència del corrent d'alimentació.
- Motors asíncrons, perquè si anessin a la velocitat de sincronisme no es generaria parell motor en el rotor i el motor s'aturaria.
- Síncrons els d'inducció i asíncrons els de rotor bobinat.
- Asíncrons els d'inducció i síncrons els de rotor bobinat.

La resposta correcta és la b).

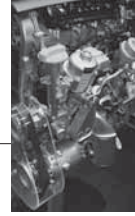
8. En un transformador reductor real:

- La potència de sortida és més gran que la d'entrada, perquè augmenta la intensitat del corrent.
- La potència de sortida és més gran que la d'entrada, perquè augmenta la freqüència del corrent.
- La potència de sortida és més petita que la d'entrada, perquè hi ha pèrdues en el circuit magnètic i en els elèctrics.
- La potència de sortida és més petita que la d'entrada, perquè redueix la freqüència del corrent

La resposta correcta és la c).

9. Classifica les pèrdues d'energia a les màquines elèctriques.

Vegeu «Pèrdues d'energia a les màquines elèctriques».



10. Quins problemes tenen els motors de CC quan s'engeguen? Com se solucionen?

Vegeu «Comportament dels motors de CC. Intensitat d'arrencada».

11. Què s'entén per lliscament en els motors asíncrons de CA?

El lliscament o velocitat de lliscament n_r d'un motor asíncron és la diferència entre la velocitat de sincronisme n_s i la velocitat del rotor n .

12. Quina és la principal aplicació dels motors de CA monofàsics?

S'utilitzen principalment en les instal·lacions elèctriques domèstiques com a element motriu per a l'accionament dels electrodomèstics.

13. Què és un transformador? Quina és la seva principal aplicació? Per què?

El transformador és una màquina estàtica que permet variar el voltatge i la intensitat del corrent altern, mantenint-ne la freqüència.

S'utilitza principalment en el transport i distribució de l'energia elèctrica, ja que en ser una màquina estàtica té un funcionament molt fiable amb escàs manteniment i elevat rendiment.

14. Raona per què un transformador no es pot utilitzar amb CC.

Resposta oberta.

Exercicis

1. Una dinamo genera una FEM de $\varepsilon = 440$ V. Calcula en quina proporció ha augmentat la velocitat del rotor quan genera $\varepsilon = 460$ V si el flux ha disminuït un 5%.

$$\frac{\varepsilon'}{\varepsilon} = \frac{K 0,95 \Phi n'}{K \Phi n} = \frac{0,95 n'}{n}$$

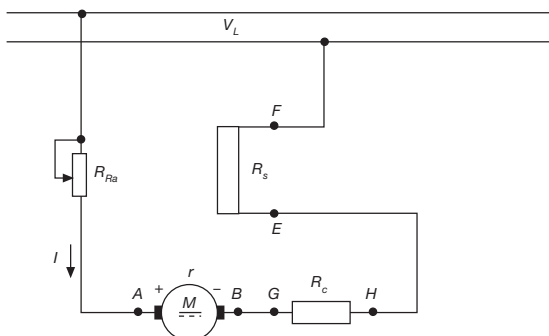
$$\frac{460 \text{ V}}{440 \text{ V}} = \frac{0,95 n'}{n}$$

d'on $n' = 1,1 n$

per tant, la velocitat ha augmentat un 10%.

2. Un motor sèrie de característiques $r = 0,25 \Omega$, $R_c = 0,1 \Omega$ i $R_s = 0,1 \Omega$, ens dona una potència útil de $P_u = 10$ CV, quan connectat a una xarxa de $V_L = 220$ V consumeix $I = 40$ A i gira a $n = 1500 \text{ min}^{-1}$. Calcula:

a) El rendiment elèctric η_e , el mecànic η_{mec} i el total η .



$$\begin{aligned} \varepsilon' &= V_L - I(r + R_c + R_s) - 2 V_{co} = \\ &= 220 \text{ V} - 40 \text{ A} \cdot (0,25 \Omega + 0,1 \Omega + 0,1 \Omega) - 2 \text{ V} = 200 \text{ V} \end{aligned}$$

En ser un motor sèrie $I = I_i = 40$ A

$$P_u = 7360 \text{ W}$$

$$P_i = \varepsilon' \cdot I_i = 200 \text{ V} \cdot 40 \text{ A} = 8000 \text{ W}$$

$$P_{abs} = V_L \cdot I = 220 \text{ V} \cdot 40 \text{ A} = 8800 \text{ W}$$

$$\eta_e = \frac{P_i}{P_{abs}} = \frac{8000 \text{ W}}{8800 \text{ W}} \approx 0,909 \rightarrow 90,9 \%$$

$$\eta_m = \frac{P_u}{P_i} = \frac{7360 \text{ W}}{8000 \text{ W}} = 0,92 \rightarrow 92 \%$$

$$\eta_t = \frac{P_u}{P_{abs}} = \frac{7360 \text{ W}}{8800 \text{ W}} \approx 0,8363 \rightarrow 83,63 \%$$

b) El parell útil Γ_u .

$$\tau_u = \frac{P_u}{\omega} = \frac{7360 \text{ W}}{\frac{2 \cdot \pi \cdot 1500}{60} \text{ rad/s}} = 46,86 \text{ N} \cdot \text{m}$$

c) La resistència R_{Ra} del reòstat d'engegada si $I_a = 1,5 I_r$.

$$I_a = 1,5 I_r = 1,5 \cdot 40 \text{ A} = 60 \text{ A}$$

$$I_a = \frac{V_L - 2V_{co}}{R_t + R_{Ra}}$$

$$60 \text{ A} = \frac{220 \text{ V} - 2 \text{ V}}{0,45 \Omega + R_{Ra}}$$

d'on $R_{Ra} = 3,18 \Omega$

d) El parell d'engegada Γ_a .

$$\Gamma_a = K \Phi_a I_a = K \cdot 1,5 \Phi \cdot 1,5 I_r = 2,25 K \Phi I_r = 2,25$$

$$\Gamma_u = 2,25 \cdot 46,86 \text{ N} \cdot \text{m} = 105,43 \text{ Nm}$$

e) La velocitat n del motor si reduïm la càrrega a $I = 30$ A.

$$\begin{aligned} \varepsilon'' &= V_L - I'(r + R_c + R_s) - 2 V_{co} = \\ &= 220 \text{ V} - 30 \text{ A} \cdot (0,25 \Omega + 0,1 \Omega + 0,1 \Omega) - 2 \text{ V} = 204,5 \text{ V} \end{aligned}$$

$$n = \frac{K \varepsilon'}{\Phi i n'} = \frac{K \varepsilon''}{\Phi'} = \frac{K \varepsilon''}{0,75 \Phi}$$

$$\text{per tant } \frac{n}{n'} = \frac{\frac{\varepsilon'}{\Phi}}{\frac{\varepsilon''}{0,75 \Phi}} = \frac{0,75 \varepsilon'}{\varepsilon''}$$

$$\text{d'on } n' = \frac{n \varepsilon''}{0,75 \varepsilon'} = \frac{1500 \text{ min}^{-1} \cdot 204,5 \text{ V}}{0,75 \cdot 200 \text{ V}} = 2045 \text{ min}^{-1}$$

3. A la placa de característiques d'un motor d'inducció trifàsic tetrapolar hi figura: $P_n = 20$ kW, $V = 230/400$ V i $n = 1420 \text{ min}^{-1}$. Connectat a una xarxa de $V_L = 230$ V i $f = 50$ Hz, consumeix $I_L = 65$ A amb un $\cos \varphi = 0,85$ quan funciona a plena càrrega. Calcula:

a) El lliscament absolut n_r i el relatiu s .

$$n_s = \frac{f \cdot 60}{p} = \frac{50 \cdot 60}{2} = 1500 \text{ min}^{-1}$$

$$n_r = n_s - n = 1500 - 1420 = 80 \text{ min}^{-1}$$

$$s = \frac{n_r}{n_s} = \frac{80}{1500} = 0,0533 \rightarrow s(\%) = 5,33\%$$

b) El parell útil Γ_u .

$$\Gamma_n = \frac{P_u}{\omega} = \frac{20000}{2\pi \cdot \frac{n}{60}} = \frac{20000 \cdot 60}{2\pi \cdot 1420} = 134,5 \text{ N}\cdot\text{m}$$

c) El rendiment η .

$$\eta = \frac{P_u}{P_{obs}} = \frac{20000}{\sqrt{3} V_L I_L \cos \varphi} = \frac{20000}{\sqrt{3} \cdot 230 \cdot 65 \cdot 0,85} = 0,9086 \rightarrow \eta\% = 90,86\%$$

Avaluació del bloc 2

1. En una bobina recta de $N = 150$ espises, una llargada $l = 20$ cm i un diàmetre $d = 5$ cm amb el nucli de xapa de silici, calcula:

a) La intensitat del camp magnètic H , la inducció B i el flux Φ a l'interior de la bobina.

La intensitat del camp magnètic H és:

$$H = \frac{NI}{l} = \frac{150 \cdot 1}{0,2} = 750 \text{ A/m}$$

Segons la corba de magnetització de la taula 4.1 del llibre, per a una xapa de silici a una intensitat de camp magnètic $H = 750$ A/m li correspon una inducció $B = 1,2$ T, i el flux és:

$$\Phi = B \cdot S = B \frac{\pi d^2}{4} = 1,2 \frac{\pi \cdot 0,05^2}{4} = 2,355 \cdot 10^{-3} \text{ Wb}$$

b) La permeabilitat relativa μ_r del nucli.

La permeabilitat de la xapa és:

$$\mu = \frac{B}{H} = \frac{1,2}{750} = 1,6 \cdot 10^{-3} \text{ T m/A}$$

i en conseqüència

$$\mu_r = \frac{\mu}{\mu_0} = \frac{1,6 \cdot 10^{-3}}{4\pi \cdot 10^{-7}} = 1273,88$$

És a dir, el camp magnètic creat per la bobina amb nucli de xapa de silici és 1273,88 vegades superior al que crea la bobina amb nucli d'aire.

2. PAU En un circuit alimentat per un corrent altern sinusoidal es connecten en sèrie una resistència de $R = 470 \Omega$, una autoinducció $L = 100$ mH i un condensador de capacitat

$C = 1 \mu\text{F}$. Si la tensió màxima val $V_{\text{màx}} = 31,11$ V a una freqüència $f = 1$ kHz, calcula:

a) El valor de la impedància total, Z .

$$V = \frac{V_{\text{màx}}}{\sqrt{2}} = \frac{31,11}{\sqrt{2}} = 22 \text{ V}$$

$$\omega = 2\pi \cdot f = 2 \cdot 3,14 \cdot 1000 = 6280 \text{ rad/s}$$

$$X_L = L \cdot \omega = 100 \cdot 10^{-3} \cdot 6280 = 628 \Omega$$

$$X_C = \frac{1}{C \cdot \omega} = \frac{1}{1 \cdot 10^{-6} \cdot 6280} = 159,24 \Omega$$

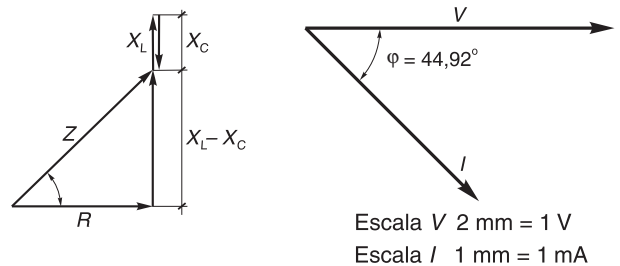
$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = \sqrt{470^2 + (628 - 159,24)^2} = 663,8 \Omega$$

$$\cos \varphi = \frac{R}{Z} = \frac{470}{663,8} = 0,708 \rightarrow \varphi = 44,92^\circ$$

b) El valor de la intensitat eficaç, I . Fes la representació gràfica de la impedància, la intensitat i la tensió.

El circuit és òhmic inductiu, per tant, I està endarrerida respecte de V .

$$I = \frac{V}{Z} = \frac{22_{0^\circ}}{663,8_{44,92^\circ}} = 0,033_{-44,92^\circ} \text{ A}$$



3. Una línia de CA monofàsica de $V = 230$ V i $f = 50$ Hz, alimenta un motor de $P_1 = 1,5$ kW i $\cos \varphi_1 = 0,6$, una estufa de $P_2 = 2$ kW $\cos \varphi_2 = 1$ i una bateria de condensadors $X_C = 57,5 \Omega$ i $\cos \varphi_3 = 0$, tots ells connectats en paral·lel. Calcula:

a) La intensitat I_1 , que subministra la línia i dibuixa el diagrama d'intensitats.

La intensitat que consumeix el motor és:

$$I_1 = \frac{P_1}{V \cdot \cos \varphi_1} = \frac{1500}{230 \cdot 0,6} = 10,87 \text{ A}$$

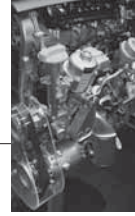
Amb desfasament de $\varphi_1 = \arccos 0,6 = 53,13^\circ$ endarrerida respecte de V , perquè el motor és una càrrega òhmica inductiva.

La de l'estufa:

$$I_2 = \frac{P_2}{V \cos \varphi_2} = \frac{2000}{230 \cdot 1} = 8,7 \text{ A}$$

i $\varphi_2 = \arccos 1 = 0^\circ$, és a dir, amb fase amb la V , ja que és una càrrega totalment òhmica.

I la dels condensadors:



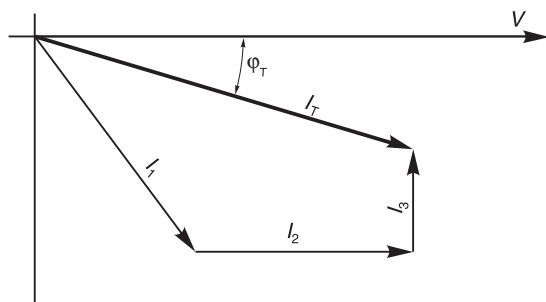
$$I_3 = \frac{V}{X_c} = \frac{230}{57,5} = 4 \text{ A}$$

Amb un desfasament de $\varphi_3 = \arccos 0 = 90^\circ$ avançada respecte de V , perquè és una càrrega capacitiva pura.

Per tant la I_T serà:

$$\begin{aligned} I_T &= I_1 + I_2 + I_3 = 10,87_{-53,13^\circ} + 8,7_{0^\circ} + 4_{90^\circ} = \\ &= (6,52 - 8,7j) + (8,7 + 0j) + (0 + 4j) = \\ &= 15,22 - 4,7j = 15,93_{-17,16^\circ} \text{ A} \end{aligned}$$

I el diagrama d'intensitats és:



b) El factor de potència $\cos \varphi_T$ de la línia.

El factor de potència de la línia és:

$$\cos \varphi_T = \cos 17,16^\circ = 0,955$$

c) Les potències P_T , Q_T i S_T que ens subministra la línia.

Les potències que subministra la línia són:

$$P_T = V \cdot I_T \cdot \cos \varphi_T = P_1 + P_2 = 1500 + 2000 = 3500 \text{ W}$$

$$S_T = V \cdot I_T = 230 \cdot 15,93 = 3663,9 \text{ VA}$$

$$Q_T = V \cdot I_T \cdot \sin \varphi = \sqrt{S_T^2 - P_T^2} = \sqrt{3663,9^2 - 3500^2} = 1083,59 \text{ VAR}$$

4. PAU El parell motor Γ i la velocitat angular ω d'un motor elèctric de CC vénen donats, en funció de la tensió d'alimentació V i de la intensitat del corrent I , per les expressions:

$$\Gamma = c I$$

$$\omega = \frac{V - RI}{c}$$

amb $R = 4,5 \Omega$

$c = 0,05 \text{ Nm/A}$ i $V = 48 \text{ V}$

a) Dibuixa, indicant les escales, el gràfic del parell motor Γ i el de la velocitat angular ω , per a intensitats $0 \text{ A} \leq I \leq 2 \text{ A}$.

Determina, quan el motor consumeix $I = 1 \text{ A}$.

Calcularem els valors de Γ i de ω per 0, 1 i 2 A, i després construirem les gràfiques.

$$I = 0 \text{ A}$$

$$\Gamma = c \cdot I = 0,05 \cdot 0 = 0 \text{ N}\cdot\text{m}$$

$$\omega = \frac{V - RI}{c} = \frac{48 - 4,5 \cdot 0}{0,05} = 960 \text{ rad/s}$$

$$I = 1 \text{ A}$$

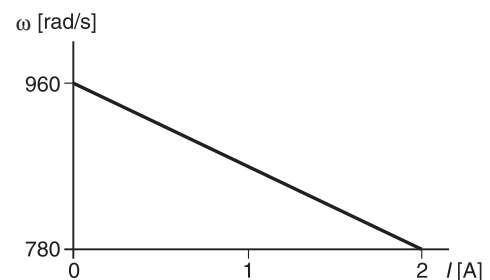
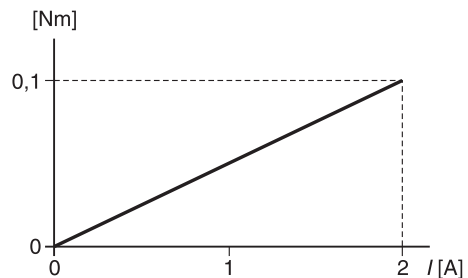
$$\Gamma = c \cdot I = 0,05 \cdot 1 = 0,05 \text{ N}\cdot\text{m}$$

$$\omega = \frac{V - RI}{c} = \frac{48 - 4,5 \cdot 1}{0,05} = 870 \text{ rad/s}$$

$$I = 2 \text{ A}$$

$$\Gamma = c \cdot I = 0,05 \cdot 2 = 0,1 \text{ N}\cdot\text{m}$$

$$\omega = \frac{V - RI}{c} = \frac{48 - 4,5 \cdot 2}{0,05} = 780 \text{ rad/s}$$



b) La potència mecànica P_m que dóna i la potència elèctrica P_e que consumeix.

Prenent els valors de Γ i de ω per $I = 1 \text{ A}$ tenim:

$$P_m = \Gamma \cdot \omega = 0,05 \cdot 870 = 43,5 \text{ W}$$

i la potència elèctrica és, $P_e = V \cdot I = 48 \cdot 1 = 48 \text{ W}$

c) El rendiment η del motor.

El rendiment és:

$$\eta = \frac{P_u}{P_{abs}} = \frac{P_m}{P_e} = \frac{43,5}{48} = 0,9063 \rightarrow 90,63\%$$

5. Un motor trifàsic en connexió triangle està connectat a una xarxa de 230 V i 50 Hz. Si cada bobina té una impedància $Z = 6 + 8j$. Calcula:

a) La intensitat de la línia.

$$Z = 8 + 6j = 10_{53,13^\circ} \Omega$$

$$\cos \varphi = \cos 53,13^\circ = 0,6$$

$$\sin \varphi = \sin 53,13^\circ = 0,8$$

$$I_f = \frac{V_l}{Z} = \frac{230}{10} = 23 \text{ A}$$

$$I_L = I_f \sqrt{3} = 23 \cdot \sqrt{3} \approx 39,84 \text{ A}$$



- b) La potència activa, reactiva i aparent i el factor de potència de la instal·lació.

$$P = \sqrt{3} \cdot V_L \cdot I_L \cdot \cos \varphi = \sqrt{3} \cdot 230 \cdot 39,84 \cdot 0,6 = 9522,68 \text{ W}$$

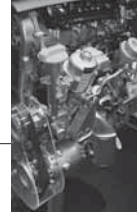
$$Q = \sqrt{3} \cdot V_L \cdot I_L \cdot \sin \varphi = \sqrt{3} \cdot 230 \cdot 39,84 \cdot 0,8 = 12696,9 \text{ VAR}$$

$$S = \sqrt{3} \cdot V_L \cdot I_L = \sqrt{3} \cdot 230 \cdot 39,84 = 15871,13 \text{ VA}$$

- c) La intensitat de la línia si connectem les bobines del motor en estrella.

Si el motor es connecta en estrella:

$$I_L = I_f = \frac{V_L}{\sqrt{3} Z} = \frac{230}{\sqrt{3} \cdot 10} = 13,27 \text{ A}$$



■ Bloc 3. Sistemes automàtics

■ Unitat 6. Circuits industrials. Electropneumàtica

■ Activitats

1. Quins avantatges proporciona la utilització de quadres elèctrics a les instal·lacions?

Vegeu «Quadres de comandament i protecció».

2. Explica la diferència principal de funcionament entre un seccionador i un interruptor de càrrega.

Vegeu «Quadres de comandament i protecció. Dispositius de comandaments».

3. Què s'entén per sensibilitat d'un interruptor diferencial?

El corrent mínim de defecte que provoca la desconexió de l'aparell, normalment 30 mA.

4. Quins són els dispositius de protecció contra sobrecàrregues en els circuits elèctrics?

Els relés tèrmics, que els protegeixen de les sobrecàrregues i els fusibles i els interruptors automàtics que els protegeixen de les sobrecàrregues i dels curtcircuits.

5. Quina diferència hi ha entre un relé tèrmic diferencial i un interruptor diferencial?

El relé tèrmic diferencial és un aparell de protecció que protegeix els motors contra les sobrecàrregues i la falta d'una fase d'alimentació; en canvi, els interruptors diferencials protegeixen els usuaris dels contactes directes i indirectes, ja que detecten i eliminen els corrents de fuga.

6. Què s'entén per sobretensió en els circuits elèctrics? De quins tipus n'hi ha?

L'augment de la tensió nominal de servei. Poden ser sobretensions permanents o sobretensions transitòries.

7. Quina és la funció d'un automatisme elèctric? Esmenta'n les parts.

Governar el motor o motors i la resta d'elements que subministren l'energia a la màquina, satisfent les condicions que requereix el procés.

Els automatismes elèctrics estan formats pel circuit de potència i el circuit de comandament o control.

8. Què és un contactor electromagnètic? Quines són les seves parts principals?

El contactor és un dispositiu que es pot accionar a distància i des de diferents punts, capaç d'obrir i tancar el circuit de potència d'una màquina o d'un receptor.

Les parts més característiques d'un contactor electromagnètic són l'electroimant, els pols o contactes principals i els contactes auxiliars.

9. Quina és la funció dels relés en els circuits de comandament?

Són els elements encarregats de rebre la informació en forma de senyals elèctrics, dels elements auxiliars (polsadors, finals de cursa, etc.), en funció dels quals elaboren les ordres d'acció que ha de seguir l'automatisme per a l'execució del procés, segons la seqüència predeterminada pel dissenyador.

10. Què s'entén per diàleg home-màquina en un automatisme elèctric?

Les accions que permeten a l'operari intervenir en l'arrencada o en la parada, efectuar parades d'emergència, tenir informació sobre l'estat del procés i senyalitzar avaries.

11. Explica la funció dels temporitzadors.

Son relés que permeten retardar i/o mantenir obert o tancat un bloc de contactes durant un temps programat per l'usuari, a partir d'un senyal de comandament.

12. Quina és la funció dels detectors mecànics?

Controlar el desplaçament dels elements mòbils o de la màquina mateixa.

13. Explica la utilitat dels sistemes de senyalització en un procés industrial.

Informar de l'estat de la màquina o del circuit, alertar sobre fenòmens anormals, augmentar la seguretat dels operaris, facilitar el manteniment de la màquina, etc.

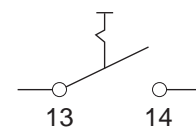
14. Investiga quins són els electrodomèstics utilitzats a casa teva que disposen d'elements de senyalització.

Gairebé tots els electrodomèstics disposen d'algun sistema de senyalització, be sigui òptic o acústic. Per exemple, un forn microones disposa d'ambdós sistemes: un indicador lluminós mostra quan està en funcionament, un display indica el temps de cocció que resta per tenir l'aliment cuinat i en finalitzar el procés un senyal acústic ens alerta per tal que el puguem retirar.

15. Per raons de seguretat la maniobra d'un quadre elèctric es fa a baixa tensió. Quin és el valor d'aquesta tensió?

Normalment s'alimenta amb una tensió de 24 V.

16. Dibuixa el símbol d'un polsador NO amb enclavament mecànic.



17. El bloc d'identificació d'un element representat en un esquema elèctric porta inscrites les sigles K1B. Quin és el seu significat?

El bloc d'identificació d'un component porta inscrites les sigles K1B. La lletra K indica la classe d'aparell o element, en aquest cas contactor o relé. El número d'aparell és l'1. L'última lletra indica la funció; en aquest cas la B indica sentit de moviment.

18. Com s'enumeren els borns principals d'un contactor?

Cada born s'enumera de manera correlativa; així, les entrades dels tres contactes principals s'indiquen amb 1, 3, 5, i les sortides amb 2, 4, 6.

19. Explica quina mena de proteccions proporciona un contactor disjuntor o guardamotor.

Disposa d'una protecció tèrmica diferencial contra sobrecàrregues i fallada de fase i d'una protecció magnètica contra curtcircuits

20. Què cal fer per invertir el sentit de gir d'un motor trifàsic?

Dels tres cables que alimenten al motor, un s'ha de mantenir fix en el seu lloc i els altres dos invertir-los de posició.

21. Quin és l'objectiu que es persegueix en instal·lar un arrencador estrella triangle?

Reduir la intensitat quan s'engega un motor trifàsic amb rotor en curtcircuit i evitar una caiguda de tensió a la xarxa que pot interferir en el funcionament d'altres receptors.

22. Si la placa de característiques d'un motor indica 220/380 V i la línia de distribució és de 380 V, podem fer l'arrencada estrella triangle amb aquest motor? Raona la teva resposta.

No. En acabar el procés d'engegada el motor queda connectat amb triangle, i aquesta connexió es correspon amb la tensió més baixa de les que indica la placa de característiques, en aquest cas 220 V. Si la tensió de la xarxa d'alimentació fos de 380 V el motor es cremaria.

23. Indica tres aplicacions en les quals sigui de gran utilitat utilitzar circuits electropneumàtics.

Robots industrials, dispositius dosificadors i de selecció en indústries càrniques i màquina per etiquetar i tapar ampolles.

24. Descriu el funcionament d'una electrovàlvula monoestable.

Aquest tipus d'electrovàlvula només té una posició estable sostinguda per l'efecte d'una molla. Quan s'aplica tensió a la bobina el camp magnètic venç la força de la molla i la vàlvula canvia de posició. En deixar d'alimentar la bobina la vàlvula retorna a la posició de repòs inicial.

25. Quin avantatge presenta un sistema electropneumàtic respecte d'un de totalment pneumàtic?

Els sistemes electropneumàtics s'imposen quan el control s'ha de fer des de grans distàncies o hi ha molts senyals a controlar. El control se simplifica molt en els sistemes elèctrics, ja que podem aprofitar la potència de càlcul dels sistemes programats.

26. En el circuit d'una màquina d'estampació, és possible activar el sistema sense prémer el pulsador S1? Raona la teva resposta.

Sí. Podem prémer manualment els contactes del contactor; llavors el contacte K1 es tanca i realimenta la bobina, de manera que queda el sistema en funcionament.

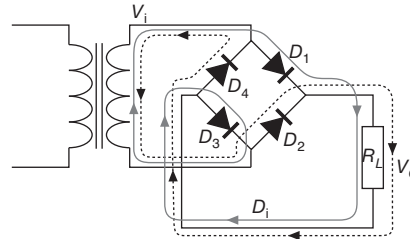
27. Quin component electrònic és bàsic per rectificar el corrent altern?

El díode.

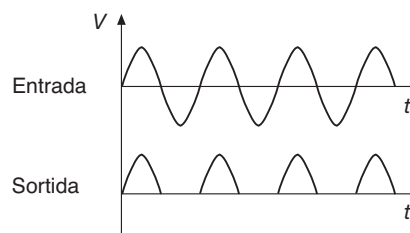
28. El transistor té tres funcionaments ben diferenciats. Quins són?

Emissor comú, base comuna i col·lector comú.

29. Dibuixa un rectificador d'ona completa en pont de Graetz. Assenyal-hi amb diferents colors el camí que segueix el corrent a cada alternança del senyal d'entrada.



30. Representa amb uns eixos de coordenades els senyals que hi ha a l'entrada i a la sortida d'un rectificador de mitja ona.



31. Un transistor ha d'activar la bobina d'un relé que consumeix 100 mA. El guany de corrent del transistor és $\beta = 120$ vegades. Una resistència connectada a la base s'alimenta a 9 volts. Entre la base i l'emissor hi ha una caiguda de tensió de 0,7 volts. Quin valor ha de tenir aquesta resistència perquè el corrent de base sigui suficient per activar el relé?

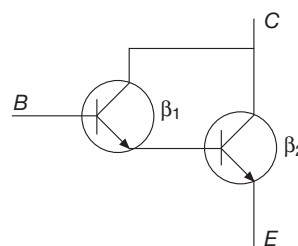
$$V_{rb} = 9 \text{ V} - 0,7 \text{ V} = 8,3 \text{ V}$$

$$V_{rb} = \frac{I_c}{\beta} = \frac{100 \text{ mA}}{120} = 0,83 \text{ mA}$$

$$R_b = \frac{V_{rb}}{I_b} = \frac{8,3 \text{ V}}{0,839 \cdot 10^{-3} \text{ A}} = 10000 \Omega = 10 \text{ k}\Omega$$

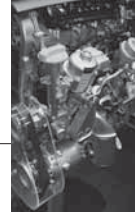
32. Busca informació sobre la connexió de dos transistors en la configuració Darlington. Dibuixa l'esquema corresponent i indica els avantatges d'aquesta connexió.

Connectant dos transistors en Darlington n'obtenim un d'equivalent amb un guany igual al producte dels guanys individuals. Per connectar-los cal unir els dos col·lectors i l'emissor del primer a la base del segon. El conjunt resultant disposa de tres terminals, emissor, base i col·lector.



33. Quines són les condicions necessàries per encebar i per bloquejar un tiristor?

Per encebar-lo s'ha d'aplicar un impuls de corrent al terminal de porta en un moment en què l'ànode i el càtode estiguin ben



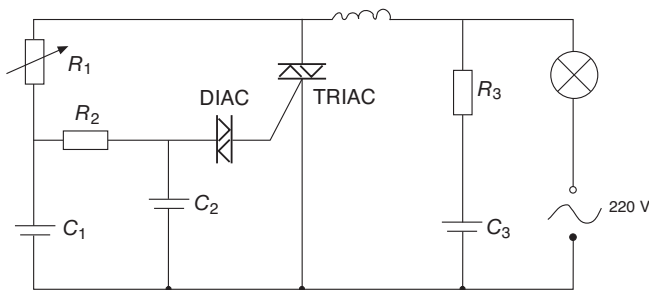
polaritzats, es a dir, ànode + i càtode -. El tiristor queda encenat i no es bloquejarà quan el corrent de porta desaparegui. Per bloquejar-lo cal disminuir el corrent que hi circula per sota del valor mínim de manteniment.

34. En un motor CC amb imant permanent, quin paràmetre s'ha de modificar per poder-ne regular la velocitat?

La tensió aplicada al rotor del motor.

35. Investiga com es regula la llum d'una làmpada incandescent utilitzant un triac com a element de control. Dibuixa'n l'esquema.

La tècnica aplicada consisteix a endarrerir l'impuls de dissipar així la tensió mitjana aplicada a la làmpada es pot variar dins un ampli marge. El grau de lluminositat de la làmpada està en concordança amb la tensió aplicada.



36. Investiga en què es fonamenten els reguladors de velocitat per a motors CA d'inducció.

Normalment s'utilitzen uns aparells anomenats variadors de freqüència. Bàsicament modifiquen dos paràmetres la tensió i la freqüència. Disminuint la freqüència aplicada reduïm la velocitat del motor.

■ Activitats finals

□ Qüestions

1. Quina és la funció dels quadres de comandament i protecció en els circuits elèctrics? Indica els avantatges d'instal·lar-ne.

Tenen la finalitat d'agrupar parcialment o totalment, i de manera ordenada, els dispositius o aparells de comandament, protecció, mesura i senyalització de la instal·lació o del circuit elèctric

La utilització de quadres a les instal·lacions elèctriques:

- Simplifica la connexió dels diferents elements
- Facilita la seva realització, el seu ús i manteniment
- Augmenta la fiabilitat del funcionament i la seguretat dels usuaris.

2. Segons el REBT, de quines anomalies és preceptiu protegir els circuits elèctrics?

De les sobreintensitats (sobrecàrregues i curtcircuits), dels contactes directes i indirectes i de les sobretensions permanents i transitòries.

3. Quina és la funció dels dispositius de protecció?

Tenen la funció de detectar i/o eliminar les pertorbacions que provoquen un funcionament anormal de la instal·lació o del circuit elèctric i que poden ser perilloses per a la instal·lació mateixa i/o per a l'usuari.

4. Quina és la diferència principal entre un relé tèrmic i un relé tèrmic diferencial?

Un relé tèrmic diferencial, a més de detectar i eliminar les sobrecàrregues com els relés tèrmics, és capaç de detectar i desconnectar el motor quan falla una de les fases que l'alimenten.

5. Quines són les causes principals de l'origen de les sobretensions en els circuits elèctrics?

De les permanents, el trencament accidental del conductor neutre, i de les transitòries, la caiguda de llamps a la xarxa d'alimentació.

6. Què és un automatisme elèctric? Indica'n les seves parts.

El conjunt de dispositius de comandament i control encarregats de governar el motor o motors i la resta d'elements que subministren l'energia a la màquina, de manera que satisfà les condicions que requereix el procés.

Els automatismes elèctrics estan formats per el circuit de potència i el circuit de comandament o control.

7. Què és un contactor electromagnètic? Indica'n les parts.

El contactor és un dispositiu que es pot accionar a distància i des de diferents punts, capaç d'obrir i tancar el circuit de potència d'una màquina o d'un receptor.

Les parts més característiques d'un contactor electromagnètic són l'electroimant, els pols o contactes principals i els contactes auxiliars.

8. Quina és la funció dels relés en els automatismes elèctrics? Formen part del circuit de potència o del circuit de control?

Són els elements encarregats de rebre la informació en forma de senyals elèctrics dels elements auxiliars (polsadors, finals de cursa, etc.), en funció dels quals elaboren les ordres d'acció que ha de seguir l'automatisme per a l'execució del procés, segons la seqüència predeterminedada pel dissenyador. Formen part del circuit de control.

9. Què és un temporitzador?

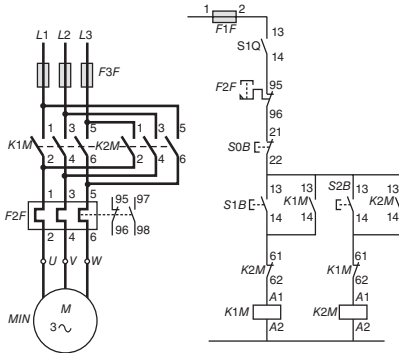
Son relés que permeten retardar i/o mantenir obert o tancat un bloc de contactes durant un temps programat per l'usuari, a partir d'un senyal de comandament.

10. Explica la funció dels dispositius de senyalització. Digueu quines són les classes de senyalitzacions.

Informar de l'estat de la màquina o del circuit, alertar sobre fenòmens anormals, augmentar la seguretat dels operaris, facilitar el manteniment de la màquina, etc.

Els dispositius de senyalització poden ser òptics o acústics.

11. Dibuixa l'esquema de potència de l'inversor de gir d'un motor trifàsic.



12. Explica la funció d'un arrencador estrella triangle.

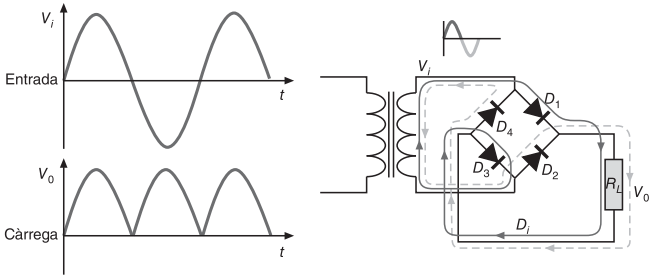
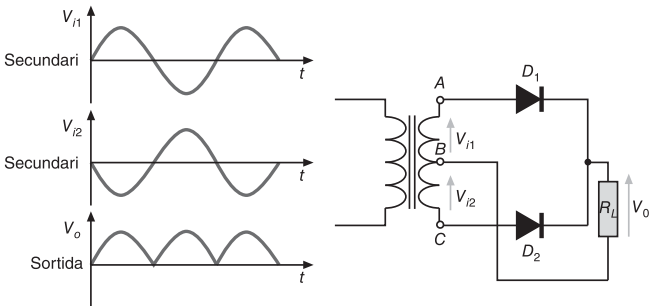
Reduir la intensitat quan s'engega un motor trifàsic i evitar una caiguda de tensió a la xarxa que pot interferir en el funcionament d'altres receptors.

13. Què és un automatisme electropneumàtic?

Són circuits en els quals per a la part de potència s'utilitzen elements pneumàtics comandats per elements elèctrics

14. Què és un rectificador? Dibuixa un rectificador d'ona completa amb díodes.

Un circuit destinat a convertir el CA en CC o en un corrent pulsant.



15. Quina és la principal diferència entre un tiristor i un triac?

Que el tiristor només pot controlar el corrent d'alimentació en el semiperíode positiu, quan l'ànode és positiu respecte del càtode, en canvi el triac pot controlar-lo en els dos semiperíodes.

Unitat 7. Sistemes digitals

Activitats

1. Compara els avantatges i els inconvenients dels sistemes digitals respecte dels sistemes analògics.

Avantatges dels sistemes analògics: la informació analògica conté infinits valors instantanis i, per tant, resulta molt completa. Inconvenients: difícil d'emmagatzemar, complicat de processar, dificultat de transmetre-la a grans distàncies sense cometre errors en la informació, atès que les caigudes de tensió provocades pels conductors mateixos influeixen en els valors de la informació transmesa.

Avantatges dels sistemes digitals: còmode d'utilitzar, senzill de transmetre, gens complicat de processar i fàcil d'emmagatzemar. Inconvenients: la informació no resulta tan completa com els sistemes analògics.

2. Fes un estudi comparatiu complet de dos dispositius o sistemes, un d'analògic i un altre de digital, que realitzin la mateixa funció.

Resposta oberta.

3. Efectua la conversió de sistema binari a decimal dels nombres següents:

- a) 10110
22
- b) 00100110
38
- c) 101
5
- d) 101111110
382
- e) 011110110110
1974

4. Transforma els nombres decimals següents en binaris:

- a) 7
111
- b) 15
1111
- c) 64
1000000
- d) 255
11111111
- e) 1456
10110110000
- f) 23
10111
- g) 99
1100011

5. Realitza les següents operacions aritmètiques en codi binari natural:

- a) $1101100 + 11010 + 111010 + 1111111 =$
 $= 100111111$
- b) $110 + 111 + 1011 + 11111 + 101111 =$
 $= 1100110$
- c) $111001101 - 101110111 =$
 $= 1010110$
- d) $1001110101 - 0110111110 =$
 $= 10110111$
- e) $101100100110 \text{ } \div \text{ } 10 =$
 $= 1011001001100$
- f) $10110101 \text{ } \div \text{ } 101 =$
 $= 1110001001$
- g) $11101101 / 1010 =$
 $= 10111$

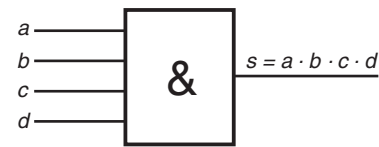
6. Codifica els nombres decimals següents en BCD: 29, 124, 2057, 15379.

- 29 → 0010 1001
- 124 → 0001 0010 0100
- 2057 → 0010 0000 0101 0111
- 15379 → 0001 0101 0011 0111 1001

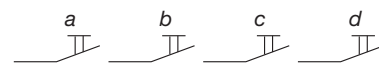
7. Confecciona la taula de la veritat d'una operació AND de 4 variables d'entrada. Dibuixa el símbol de la porta lògica corresponent i fes-ne l'esquema elèctric equivalent amb interruptors.

a	b	c	d	$S = a \cdot b \cdot c \cdot d$
0	0	0	0	0
0	0	0	1	0
0	0	1	0	0
0	0	1	1	0
0	1	0	0	0
0	1	0	1	0
0	1	1	0	0
0	1	1	1	0
1	0	0	0	0
1	0	0	1	0
1	0	1	0	0
1	0	1	1	0
1	1	0	0	0
1	1	0	1	0
1	1	1	0	0
1	1	1	1	1

Porta AND de 4 entrades

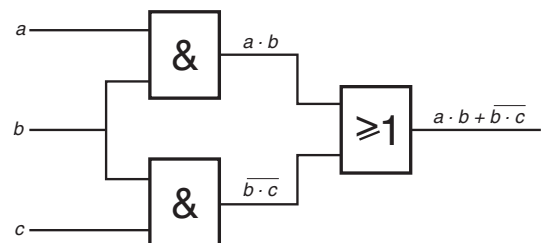


Esquema elèctric equivalent amb interruptors

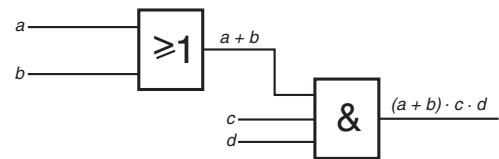


8. Representa els esquemes de portes lògiques que corresponen a les equacions següents:

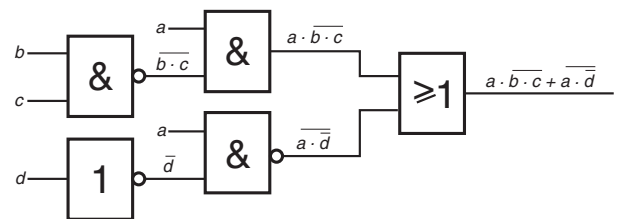
a) $S = ab + \bar{b}c$



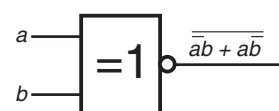
b) $S = (a + b)cd$



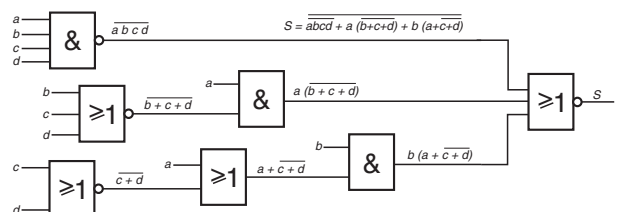
c) $S = \bar{a}bc + a\bar{d}$



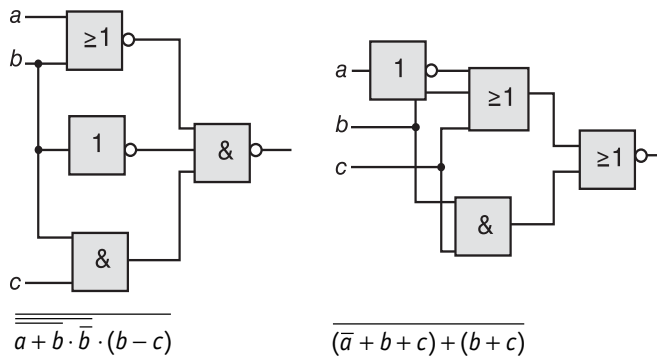
d) $S = \overline{ab + ab}$



e) $S = \overline{abcd + a(b+c+d) + b(a+c+d)}$



9. Obtén les expressions algebraiques de sortida dels circuits següents:



10. Confecciona la taula de la veritat de les equacions lògiques següents:

a) $a b + c$

a	b	c	
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	1

b) $\overline{abc + d}$

a	b	c	d	
0	0	0	0	0
0	0	0	1	1
0	0	1	0	0
0	0	1	1	1
0	1	0	0	0
0	1	0	1	1
0	1	1	0	0
0	1	1	1	1
1	0	0	0	0
1	0	0	1	1
1	0	1	0	0
1	0	1	1	0
1	1	0	0	0
1	1	0	1	1
1	1	1	0	0
1	1	1	1	1

c) $(a + b)(a + \bar{c})$

a	b	c	
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	1
0	1	1	0
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	1

11. Simplifica mitjançant l'àlgebra de Boole les equacions següents:

a) $S = (b + 1)a\bar{a} + a + cc + b \cdot 0 + c$

$$S = (b + 1)a\bar{a} + a + cc + b \cdot 0 + c = \\ = (1)0 + a + c + 0 + c = 0 + a + c = a + c$$

b) $S = \bar{a}b\bar{c} + bc(\bar{c} + 1) + ab\bar{c}(a + \bar{a})$

$$S = \bar{a}b\bar{c} + bc(\bar{c} + 1) + ab\bar{c}(a + \bar{a}) = \\ = \bar{a}b\bar{c} + bc + ab\bar{c} = bc + bc(\bar{a} + a)$$

c) $S = \bar{a}b\bar{c} + \bar{a}b\bar{c}d + ab$

$$S = \bar{a}b\bar{c} + \bar{a}b\bar{c}d + ab = ab(c + \bar{c}d + 1) = ab$$

d) $S = (a\bar{c} + c)(\overline{a + c})(bc + a + \bar{a})$

$$S = (a\bar{c} + c)\overline{(a + c)}(bc + a + \bar{a}) = \\ = (a\bar{c} + c)(a + c)(bc + 1) = (a\bar{c} + c)\overline{(a + c)} = \\ = (a\bar{c} + c)(\bar{a} \cdot \bar{c}) = (a + c)(\bar{a} \cdot \bar{c}) = \\ = a\bar{a}\bar{c} + (\bar{a} \cdot \bar{c})c = 0 \cdot \bar{c} + \bar{a} \cdot 0 = 0$$

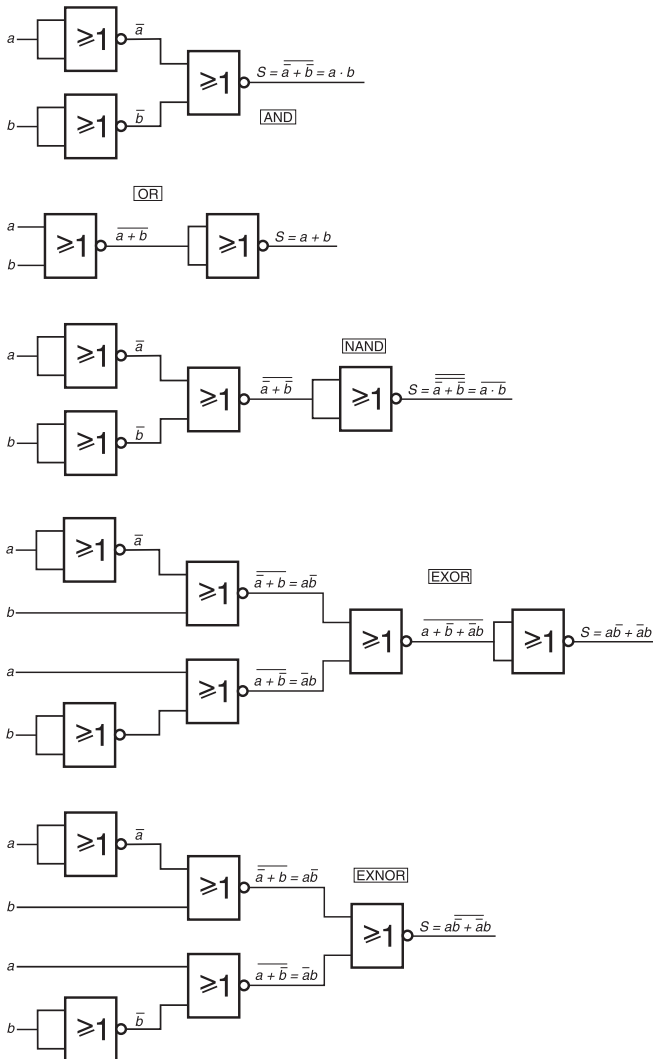
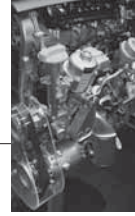
e) $S = \overline{(\bar{a}\bar{c} + (b + \bar{c}))d}$

$$S = \overline{((\bar{a} + \bar{c}) + (b + \bar{c}))d} = \overline{(\bar{a} + \bar{c} + \bar{c} + b) \cdot d} = \\ = \overline{(\bar{c}(\bar{a} + 1) + b) \cdot d} = \overline{(\bar{c} + b) \cdot d} = \bar{b} \cdot \bar{c} \cdot \bar{d} = \\ = \bar{b} \cdot \bar{c} \cdot \bar{d}$$

f) $S = \overline{abcd + b\bar{d}e + ad}$

$$S = \overline{abcd + b\bar{d}e + ad} = \overline{ad(\bar{b}c + 1) + b\bar{d}e} = \\ = \overline{ad + b\bar{d}e} = \overline{ad \cdot b\bar{d}e} = \overline{(a + d)(\bar{b} + \bar{d} + \bar{e})} = \\ = \overline{(a + d)(b + \bar{d} + e)} = \\ = \overline{ab + b\bar{d} + a\bar{d} + d \cdot \bar{d} + a\bar{e} + \bar{d}e} = \\ = \overline{ab + a\bar{e} + \bar{d} + b\bar{d} + a\bar{d} + \bar{d}e} = \\ = \overline{ab + a\bar{e} + \bar{d} + \bar{a}\bar{d} + \bar{d}e} = \overline{ab + a\bar{e} + (\bar{d} + \bar{a}\bar{d}) + \bar{d}e} = \\ = \overline{ab + a\bar{e} + \bar{d} + \bar{d}e} = \overline{ab + a\bar{e} + (\bar{d} + \bar{d}e)} = \\ = \overline{ab + a\bar{e} + \bar{d}}$$

12. Implementa les funcions AND, OR, NAND, EXOR i EXNOR de dues entrades amb portes NOR.



13. Obtén l'expressió *minterm* i *maxterm* de la taula de la veritat següent:

a	b	c	d	F
0	0	0	0	0
0	0	0	1	0
0	0	1	0	0
0	0	1	1	0
0	1	0	0	0
0	1	0	1	0
0	1	1	0	1
0	1	1	1	0
1	0	0	0	0
1	0	0	1	0
1	0	1	0	1
1	0	1	1	0
1	1	0	0	0
1	1	0	1	1
1	1	1	0	1
1	1	1	1	1

MINTERM $F = \bar{a}bc\bar{d} + \bar{a}b\bar{c}d + ab\bar{c}d + abc\bar{d} + abcd$
 MAXTERM $F = (a + b + c + d)(a + b + c + \bar{d})$
 $(a + b + \bar{c} + d)(a + b + \bar{c} + \bar{d})(a + b + c + \bar{d})$
 $(a + \bar{b} + c + d)(a + \bar{b} + c + \bar{d})(a + \bar{b} + \bar{c} + d)$
 $(a + \bar{b} + c + d)(a + \bar{b} + c + \bar{d})(a + \bar{b} + \bar{c} + \bar{d})$

14. PAU Un radiador elèctric disposa d'un interruptor de posada en marxa i de dos termòstats: un que connecta els elements calefactors si la temperatura exterior és inferior a una de prefixada, t_a , i un de seguretat que els desconnecta si la temperatura interior supera els 90°C . Utilitzant les variables d'estat:

- Termòstat exterior $e = 1, t_{\text{ext}} < t_a; 0, t_{\text{ext}} \geq t_a$.
- Termòstat interior $i = 1, t_{\text{int}} > 90^\circ\text{C}; 0, t_{\text{int}} \leq 90^\circ\text{C}$.
- Interruptor de posada en marxa $m = 1$, sí; 0 , no.
- Funcionament calefactors $c = 1$, sí; 0 , no.

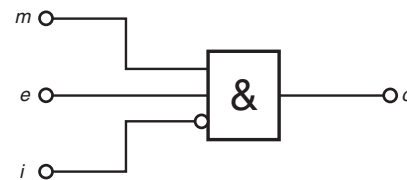
a) Determina la taula de veritat del sistema.

e	i	m	c
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	1
1	1	0	0
1	1	1	0

b) Escriu la funció lògica entre les variables d'estat i, si escau, simplifica-la.

$c = e \cdot \bar{i} \cdot m$

c) Dibuixa l'esquema de portes lògiques.



15. PAU Una nevera disposa d'un sistema de control que permet seleccionar dues temperatures, t_s i t_i , amb $t_s > t_i$, per mantenir la temperatura interior dins d'uns límits. Si la temperatura interior és superior a t_s el motor es posa en marxa, si no ho està; si la temperatura interior és inferior a t_i , el motor s'atura, si no ho està, i entre t_i i t_s el motor no canvia el seu estat de funcionament. Utilitzant les variables d'estat:

temperatura superior a t_s : $s = \begin{cases} 1 & \text{sí} \\ 0 & \text{no} \end{cases}$



temperatura inferior a t_i : $i = \begin{cases} 1 & \text{sí} \\ 0 & \text{no} \end{cases}$

motor en marxa: $m = \begin{cases} 1 & \text{sí} \\ 0 & \text{no} \end{cases}$

canvi de funcionament (aturat/marxa) del motor: $c = \begin{cases} 1 & \text{sí} \\ 0 & \text{no} \end{cases}$

a) Determina la taula de veritat del sistema.

s	i	m	c
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	0	1
1	0	1	0
1	1	0	X
1	1	1	X

→ No es pot donar

→ No es pot donar

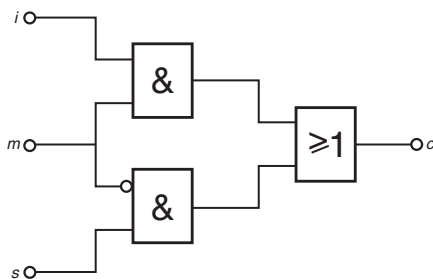
b) Escriu la funció lògica entre les variables d'estat i, si escau, simplifica-la. Comenta quins casos no es poden produir mai i, per tant, és irrellevant el valor que es doni a c en la taula de veritat.

Amb $X = 0$; $c = \bar{s} \cdot i \cdot m + s \cdot \bar{i} \cdot \bar{m}$

Amb $X = 0$; $c = i \cdot m + s \cdot \bar{m}$

c) Dibuixa l'esquema de portes lògiques equivalent.

Amb $X = 1$



16. Què caracteritza els circuits combinacionals? Quins avantatges aporta la integració de circuits combinacionals?

Els circuits digitals combinacionals són aquells en què en cada instant l'estat lògic de les seves sortides depèn únicament de l'estat de les seves entrades. La integració d'aquests circuits permet reduir el nombre d'elements necessaris en la seva realització, disminuir el temps de disseny i elevar la immunitat al soroll elèctric.

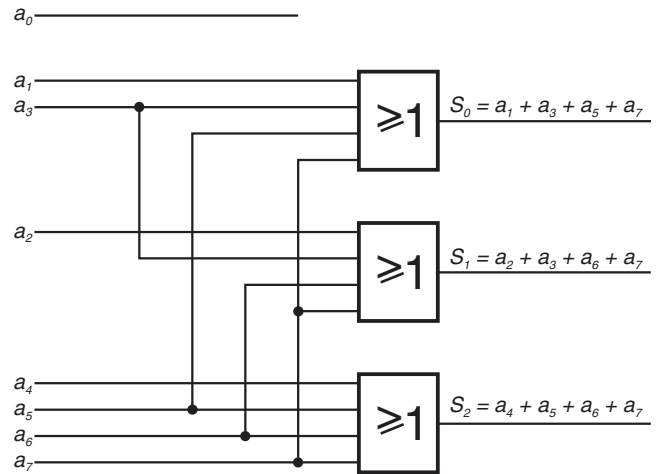
17. Disseny un codificador de 8 entrades a 3 sortides (en binari). Representa la taula de la veritat, les funcions lògiques i l'esquema d'aplicació amb portes lògiques.

a_7	a_6	a_5	a_4	a_3	a_2	a_1	a_0	S_2	S_1	S_0
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1
0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1
0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0
1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1

$S_0 = a_1 + a_3 + a_5 + a_7$

$S_1 = a_2 + a_3 + a_6 + a_7$

$S_2 = a_4 + a_5 + a_6 + a_7$



18. Disseny un descodificador BCD a decimal. Confecciona únicament la taula de veritat i les expressions lògiques de S_3 i S_8 , corresponents a les sortides dels nombres decimals 3 i 8.

a_3	a_2	a_1	a_0	S_9	S_8	S_7	S_6	S_5	S_4	S_3	S_2	S_1	S_0	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

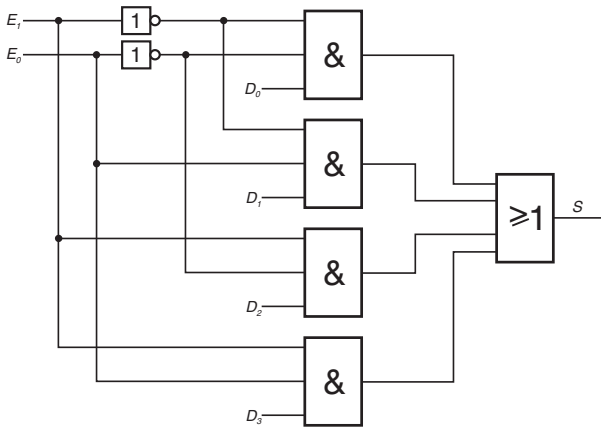
$S_3 = a_0 a_1 \bar{a}_2 \cdot \bar{a}_3$

$S_8 = \bar{a}_0 \cdot \bar{a}_1 \cdot \bar{a}_2 \cdot \bar{a}_3$

19. Fes la taula de la veritat, l'equació lògica de la sortida i l'esquema d'aplicació amb portes d'un multiplexor de quatre canals.

E_1	E_0	D_3	D_2	D_1	D_0	S
0	0	X	X	X	1	1
0	1	X	X	1	X	1
1	0	X	1	X	X	1
1	1	1	X	X	X	1
0	0	X	X	X	0	0
0	1	X	X	0	X	0
1	0	X	0	X	X	0
1	1	0	X	X	X	0

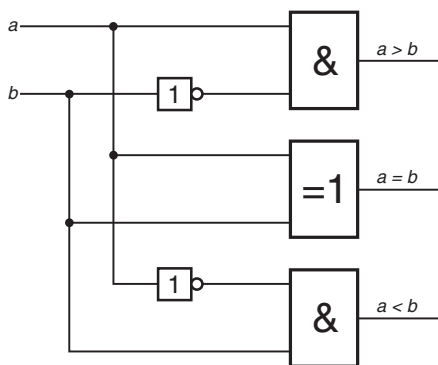
$$S = (\bar{E}_1 E_0 D_0) + (\bar{E}_1 E_0 D_1) + (E_1 \bar{E}_0 D_2) + (E_1 E_0 D_3)$$



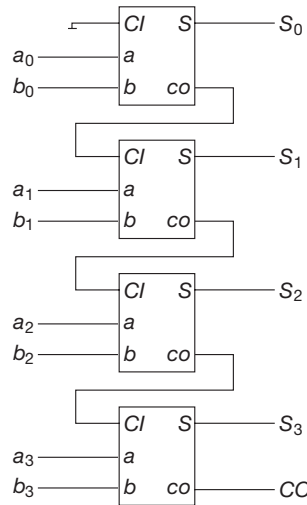
20. Confecciona la taula de la veritat d'un desmultiplexor de 4 canals.

E_1	E_0	D	S_3	S_2	S_1	S_0
0	0	X	0	0	0	X
0	1	X	0	0	X	0
1	0	X	0	X	0	0
1	1	X	X	0	0	0

21. Dibuixa l'esquema d'un circuit comparador, sense entrada d'inhibició, de dues paraules a i b d'un bit.



22. Dissena un sumador complet de 4 bits, utilitzant blocs funcionals de sumadors complets d'un bit.

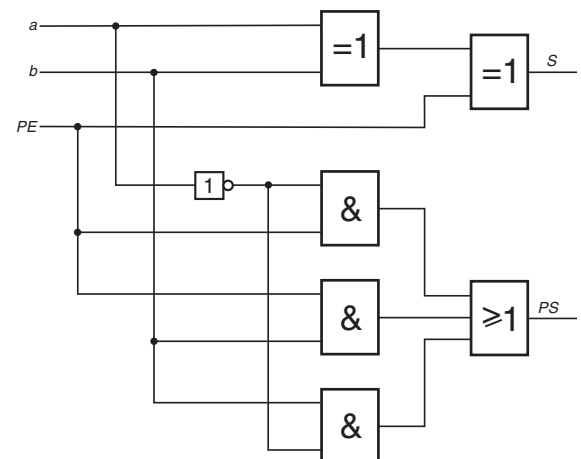


23. Confecciona la taula de la veritat d'un restador complet de dues paraules (a i b) d'un bit. Representa també el bloc funcional d'aquest restador.

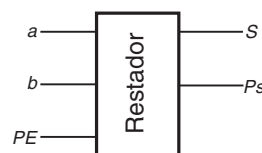
Entrades			Sortides	
b	a	PE	S	PS
0	0	0	0	0
0	1	0	1	0
1	0	0	1	1
1	1	0	0	0
0	0	1	1	1
0	1	1	0	0
1	0	1	0	1
1	1	1	1	1

$$S = \bar{a}\bar{b}PE + \bar{a}b\bar{PE} + a\bar{b}PE + ab\bar{PE}$$

$$PS = \bar{a}b\bar{PE} + \bar{a}\bar{b}PE + a\bar{b}PE + abPE$$



El bloc funcional és el següent:

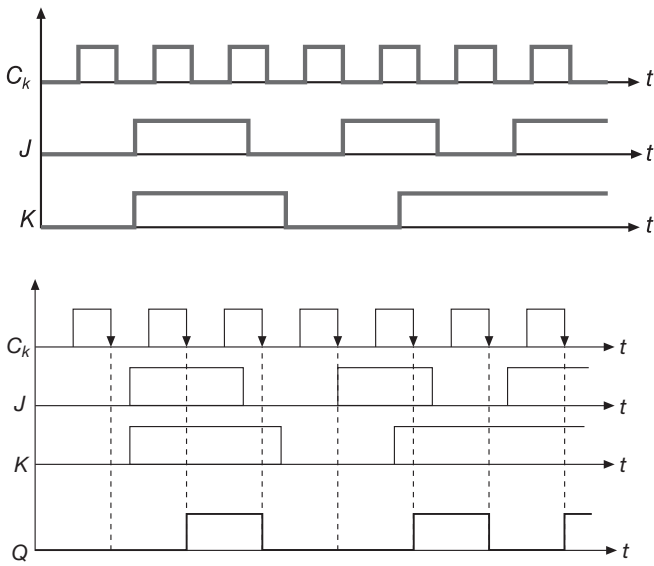




24. Quines diferències hi ha entre un sistema combinacional i un de seqüencial?

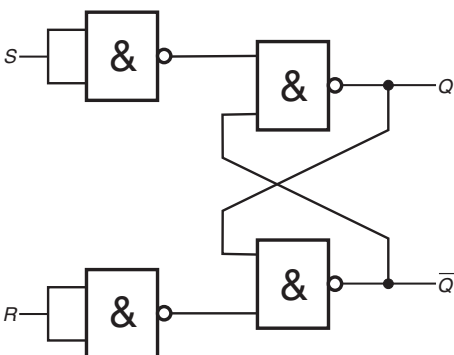
Els circuits combinacionals es caracteritzen perquè les seves sortides depenen únicament dels valors que tenen les entrades en cada instant. En canvi, els circuits seqüencials es caracteritzen per la seva capacitat de memoritzar informació; les seves sortides no depenen exclusivament dels valors de les entrades en cada instant, sinó que depenen també dels valors anteriors d'aquestes sortides.

25. Obtén el senyal de la sortida Q d'un biestable J-K master-slave activat per flanc de baixada, al qual s'apliquen els senyals següents:



26. Construeix un biestable R-S asíncron amb portes NAND i confecciona la seva taula de la veritat. S'obtenen els mateixos resultats que si l'implementéssim amb portes NOR?

R	S	Q _t	Q _{t+1}
0	0	X	Q _t
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	X
1	1	1	X



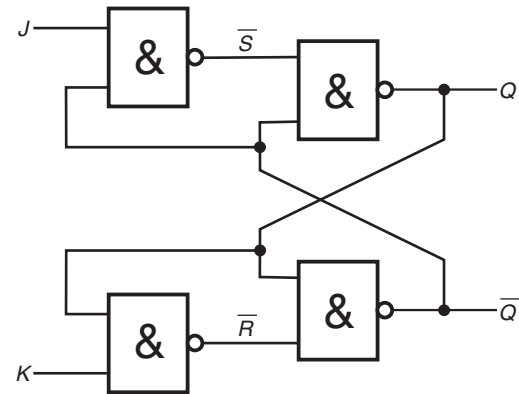
Sí, s'obtenen els mateixos resultats amb portes NAND i amb portes NOR per a gairebé tots els valors de les entrades, excepte quan aquestes adopten simultàniament el valor lògic «1» (estat considerat d'indeterminació), atès que es produeix un defecte de funcionament, ja que la sortida Q i la seva complementària adopten el mateix valor. A més, si commutem les dues entrades de «1» «1» a «0» «0», no podrem assegurar el valor que adoptarà la sortida Q, ja que aquesta tant podria adoptar el valor «0» com el «1». Dependrà del valor que adoptin les entrades R-S en la seva transició: «1» «1» ⇒ «1» «0» ⇒ «0» «0» o bé «1» «1» ⇒ «0» «1» ⇒ «0» «0»

Per a aquesta combinació dels valors d'entrada (un «1» lògic simultani a les dues entrades) les dues sortides (Q i la seva negada) del biestable R-S implementat amb portes NOR adopten el valor lògic «0». En canvi, si s'implementa amb portes NAND té un comportament diferent, atès que adopten el valor lògic «1».

27. Comenta les principals diferències que hi ha entre un registre de desplaçament i un comptador.

El comptador és un circuit seqüencial les sortides del qual representen, en un determinat codi, el nombre d'impulsos que s'apliquen a l'entrada. En canvi, el registre de desplaçament són circuits seqüencials d'aplicació general constituïts per un conjunt de biestables connectats en cascada, capaços d'emmagatzemar una paraula binària formada per tants bits com biestables contingui.

28. Construeix un biestable J-K asíncron mitjançant un biestable R-S format per portes NAND.

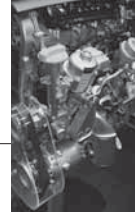


Activitats finals

Qüestions

- Quina de les afirmacions següents no és un avantatge dels sistemes digitals respecte dels sistemes analògics?
 - Transmeten la informació de manera senzilla.
 - Ofereixen informació molt completa.
 - Són còmodes d'utilitzar i processen les dades fàcilment.
 - Permeten l'emmagatzemament de dades de manera simple.

La resposta correcta és la b).



2. El nombre binari 10011011 equival al nombre decimal:

- a) 128.
- b) 189.
- c) 155.
- d) 225.

La resposta correcta és la c).

3. L'equivalent binari del nombre decimal 171 és:

- a) 10010101.
- b) 11011001.
- c) 10110011.
- d) 10101011.

La resposta correcta és la d).

4. Quin és el resultat de l'operació aritmètica en codi binari natural: 110100 + 11010 + 111010 + 1101111?

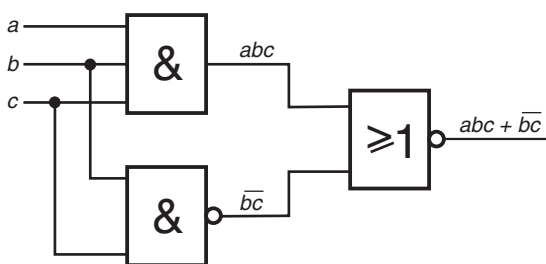
- a) 11110111.
- b) 11010111.
- c) 10110111.
- d) 11101101.

La resposta correcta és la a).

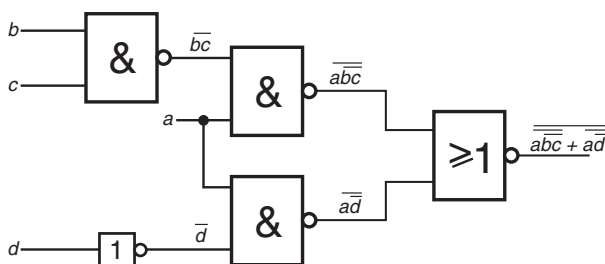
Exercicis

1. Representa l'esquema de portes lògiques que corresponen a les equacions següents:

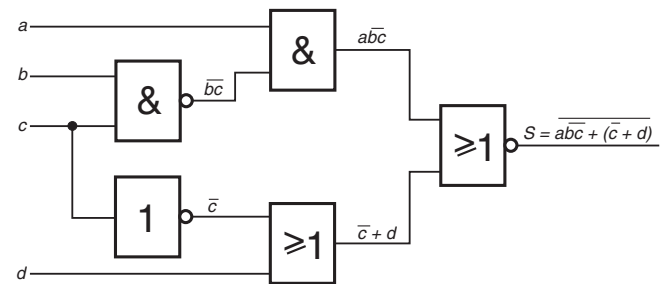
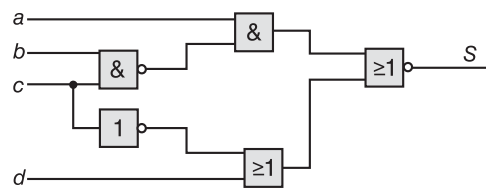
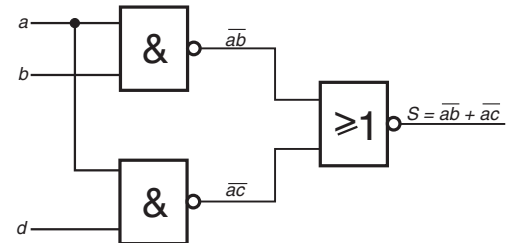
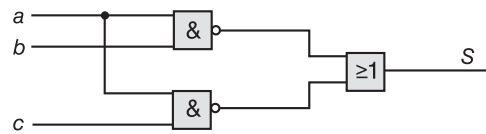
a) $S = abc + \overline{bc}$



b) $S = \overline{\overline{abc} + \overline{ad}}$



2. Obtén les expressions algebraiques de sortida dels circuits següents:



3. Simplifica al màxim l'equació $S = \overline{\overline{ab} + \overline{ca}}$.

$$S = \overline{\overline{ab} + \overline{ca}} = \overline{\overline{ab}} \cdot \overline{\overline{ca}} = ab \cdot \overline{\overline{ca}} = ab(\overline{\overline{c}} + \overline{\overline{a}}) = ab(c + \overline{a}) = ab(c + \overline{a}) = abc + (a\overline{a}) \cdot b = abc + 0 \cdot b = abc$$

4. Obtén l'equació simplificada de la funció definida per la taula de veritat següent:

a	b	c	F
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	0	1
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	1

$$F = abc + \overline{a}bc + ab\overline{c} = ab\overline{c} + bc(\overline{a} + a) = ab\overline{c} + bc$$

5. Dissena un circuit digital de 4 entrades i una sortida, la qual s'activarà quan la combinació de les variables d'entrada correspongui al número 4, 5, 6 o 7.

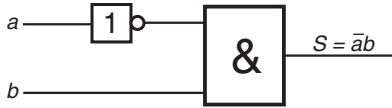


a	b	c	d	S
0	0	0	0	0
0	0	0	1	0
0	0	1	0	0
0	0	1	1	0
0	1	0	0	1 → $\bar{a}b\bar{c}\bar{d}$
0	1	0	1	1 → $\bar{a}b\bar{c}d$
0	1	1	0	1 → $\bar{a}bc\bar{d}$
0	1	1	1	1 → $\bar{a}bcd$
1	0	0	0	0
1	0	0	1	0
1	0	1	0	0
1	0	1	1	0
1	1	0	0	0
1	1	0	1	0
1	1	1	0	0
1	1	1	1	0

$$S = \bar{a}b\bar{c}\bar{d} + \bar{a}b\bar{c}d + \bar{a}bc\bar{d} + \bar{a}bcd$$

L'equació simplificada serà:

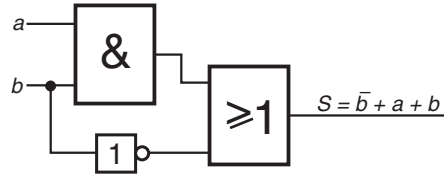
$$\begin{aligned} S &= \bar{a}b\bar{c}\bar{d} + \bar{a}b\bar{c}d + \bar{a}bc\bar{d} + \bar{a}bcd = \\ &= \bar{a}b\bar{c}(\bar{d} + d) + \bar{a}bc(\bar{d} + d) = \bar{a}b\bar{c} + \bar{a}bc = \\ &= \bar{a}b(\bar{c} + c) = \bar{a}b \end{aligned}$$



6. Un sistema automàtic controla la il·luminació d'un gran centre comercial. Els sensors del sistema són *a*, *b* i *c*. La sortida d'activació és *S*. Dissena el circuit de control del sistema d'il·luminació amb el nombre mínim de portes lògiques d'acord amb les condicions següents: $S = 1$ sempre que $a = 1$ o bé que $a = b = 0$.

a	b	c	S
0	0	0	1
0	0	1	1
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	1

$$\begin{aligned} S &= \bar{a}\bar{b}\bar{c} + \bar{a}\bar{b}c + a\bar{b}\bar{c} + a\bar{b}c + abc + abc = \\ &= \bar{a}\bar{b}(\bar{c} + c) + a\bar{b}(\bar{c} + c) + ab(\bar{c} + c) = \\ &= \bar{a}\bar{b} + \bar{a}b + ab = \bar{b}(\bar{a} + a) + ab = \bar{b} + ab \end{aligned}$$



7. Un petit taller disposa de tres màquines que en marxa consumeixen 3 kW, 6 kW i 9 kW, respectivament. Per tal d'indicar el consum elevat, un senyal d'alerta s'activa quan aquest supera els 10 kW. Utilitzant les variables d'estat:

$$\text{màquina de 3 kW } m_3 = \begin{cases} 1 & \text{en marxa} \\ 0 & \text{aturada} \end{cases}$$

$$\text{màquina de 6 kW } m_6 = \begin{cases} 1 & \text{en marxa} \\ 0 & \text{aturada} \end{cases}$$

$$\text{màquina de 9 kW } m_9 = \begin{cases} 1 & \text{en marxa} \\ 0 & \text{aturada} \end{cases}$$

$$\text{senyal d'alerta } s = \begin{cases} 1 & \text{activat} \\ 0 & \text{no activat} \end{cases}$$

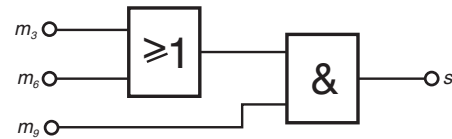
a) Confecciona la taula de veritat del sistema.

m_3	m_6	m_9	<i>c</i>
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	1
1	1	0	0
1	1	1	1

b) Determina la funció lògica entre les variables d'estat i, si escau, simplifica-la.

$$s = (m_3 + m_6) \cdot m_9$$

c) Dibuixa l'esquema de portes lògiques equivalent.



8. Per entrar en una base de dades des d'un ordinador autoritzat cal introduir-hi una paraula clau; si l'ordinador no és autoritzat cal introduir-hi a més el codi d'usuari. Utilitzant les variables d'estat:

$$\text{ordinador } o = \begin{cases} 1 & \text{autoritzat} \\ 0 & \text{no autoritzat} \end{cases}$$

$$\text{paraula clau } p = \begin{cases} 1 & \text{correcta} \\ 0 & \text{incorrecta} \end{cases}$$

$$\text{codi d'usuari } u = \begin{cases} 1 & \text{autoritzat} \\ 0 & \text{no autoritzat} \end{cases}$$

$$\text{accés } a = \begin{cases} 1 & \text{autoritzat} \\ 0 & \text{denegat} \end{cases}$$

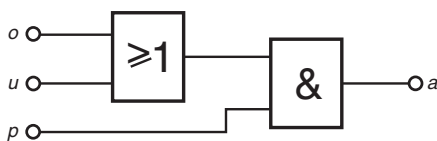
a) Confecciona la taula de veritat del sistema.

<i>o</i>	<i>p</i>	<i>u</i>	<i>a</i>
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	1
1	1	1	1

b) Determina la funció lògica entre les variables d'estat *i*, si escau, simplifica-la.

$$a = o \cdot p + \bar{o} \cdot p \cdot u = (o + u) \cdot p$$

c) Dibuixa l'esquema de portes lògiques equivalent.



Unitat 8. Sistemes automàtics i de control

Activitats

1. Quina és la finalitat de l'automatització?

La finalitat de l'automatització és reduir al mínim la intervenció humana en l'accionament de les màquines o aparells o en el desenvolupament de processos.

2. Quin és el camp d'aplicació de la tecnologia de control?

Les màquines i processos susceptibles de ser automatitzats.

3. Posa uns quants exemples de màquines, dispositius o processos que coneguis i digues si el seu control és automàtic o manual.

Resposta oberta.

4. Què entenem per sistema de control?

Entenem per **sistema de control** un conjunt d'elements que actuen coordinadament per aconseguir una acció de govern dins d'un procés, mitjançant la manipulació directa o indirecta de les magnituds que hi intervenen.

5. Compara els avantatges i els inconvenients existents entre les tecnologies cablejada i programada emprades en automatització.

La tecnologia cablejada té l'avantatge que en automatismes poc complexos és una opció senzilla i econòmica. Els principals inconvenients que presenta, però, són: poc flexible, ocupa molt espai, no permet efectuar funcions de control complexes, resulta difícil localitzar i resoldre avaries i és poc adaptable a canvis de la funció de control.

Els avantatges que aporta la tecnologia programada respecte de la cablejada són notoris: reducció de l'espai, gran flexibilitat davant modificacions o ampliacions, facilitat en la identificació i resolució d'avaries i possibilitat de funcions de control complexes. Els principals inconvenients són que en determinades aplicacions resulta una opció més cara i que requereix personal més qualificat.

6. Comenta breument les principals característiques dels sistemes de control analògics, digitals i híbrids.

Sistemes analògics. Treballen amb senyals de tipus continu, amb un marge de variació determinat.

Sistemes digitals. Treballen amb senyals tot o res, anomenats binaris, els quals només poden representar dos estats o nivells.

Sistemes híbrids. Són sistemes que processen senyals analògics i digitals alhora.

7. Quines diferències hi ha entre un sistema de control de llaç obert i un de llaç tancat?

Els **sistemes de control de llaç obert** es caracteritzen perquè, un cop activats, executen el procés durant un temps prefixat, independentment del resultat obtingut. En els **sistemes de control de llaç tancat**, en canvi, un cop donada l'ordre per iniciar el procés, el resultat o sortida del procés és analitzat i si no compleix una determinada consigna el dispositiu de control n'és informat i manté el procés actiu fins a assolir allò que estableix la consigna.

8. De què depèn l'exactitud d'un sistema de control de llaç obert?

L'exactitud d'un sistema de control de llaç obert depèn de la programació o calibratge.

9. Un torradora de pa s'acciona mitjançant un pulsador i es pot programar el temps durant el qual la resistència calefactors torrarà. Aquest sistema de control és de llaç obert o de llaç tancat? Per què?

Una torradora de pa és un sistema de control de llaç obert perquè el sistema de control no supervisa el resultat de la sortida.

10. El sistema de control de la calefacció d'un habitatge mitjançant termòstat és de llaç obert o de llaç tancat? Raona la teva resposta i fes el diagrama de blocs del procés.

És de llaç tancat perquè el sistema de control compara la temperatura indicada pel selector de referència o consigna amb la temperatura ambient de l'estatge.

11. Explica com es du a terme la realimentació en l'exemple de sistema de control de l'activitat anterior.

La realimentació, en el sistema de control de la calefacció d'un habitatge, es du a terme per mitjà del termòstat, el qual compara la temperatura indicada pel selector de referència amb la temperatura ambient de l'estatge. En el cas que no siguin iguals,



proporciona un senyal al sistema de control perquè aquest actui sobre la caldera per posar-la en marxa, fins que la diferència entre la temperatura de consigna i la temperatura ambient sigui zero.

12. Per què la majoria dels processos que hi ha en la indústria utilitza el control de llaç tancat?

La majoria de processos existents en la indústria utilitzen el control de llaç tancat perquè aquest permet un control més precís i continu d'acord amb determinats paràmetres d'entrada.

13. Classifica els aparells següents en dues llistes, d'acord amb el sistema de control que incorporin (de llaç obert o de llaç tancat): rentadora, rentavaixelles, forn microones, torradora de pa, nevera, ascensor, forn elèctric, comandament a distància del televisor, llum automàtic d'escala, control de la velocitat d'un automòbil, calefactor, porta automàtica d'un supermercat, escales automàtiques, mecanisme d'emplenament d'una cisterna d'aigua.

Sistemes de llaç obert: rentadora, rentavaixelles, forn microones, torradora de pa, comandament a distància del televisor, llum automàtic d'escala, control de la velocitat d'un automòbil, escales automàtiques.

Sistemes de llaç tancat: nevera, ascensor, forn elèctric, calefactor, porta automàtica d'un supermercat, mecanisme d'emplenament d'una cisterna d'aigua.

14. Què és la funció de transferència? Quina seria la funció de transferència d'un bloc constituït per una resistència elèctrica o resistor, en el qual definim la tensió en borns d'aquest resistor com a variable d'entrada i la intensitat com a variable de sortida?

La funció de transferència o transmitància és l'expressió matemàtica que en un bloc relaciona la variable de sortida amb la variable d'entrada.

La funció de transferència d'un bloc constituït per un resistor, en el qual la variable d'entrada és $v_R(t)$ i la variable de sortida

$$\text{és } i(t) \text{ és } \frac{1}{R}.$$

15. Enumera els dispositius principals que intervenen en un procés automàtic.

Els dispositius que intervenen en un procés automàtic són: dispositius d'entrada d'ordres, dispositius d'entrada d'informació, unitat de control o controlador, dispositius de sortida d'informació i actuadors o preactuadors.

16. Quina diferència hi ha entre els dispositius d'entrada d'ordres i els dispositius d'entrada d'informació?

Els dispositius d'entrada d'ordres permeten a l'operador l'entrada de dades i ordres al sistema. En canvi, els dispositius d'entrada d'informació estan constituïts bàsicament per *sensors*, que són dispositius que prenen les dades de la situació del procés o de les variables de sortida i les transmeten a la unitat de control.

17. Assenyal les diferències entre els actuadors i els preactuadors. Enumera uns quants exemples de cadascun d'ells.

Els actuadors (motors, cilindres, resistències calefactores, etc.) són els encarregats d'actuar sobre el procés. En ocasions,

aquests no són directament connectables al controlador i requereixen preactuadors (contactors, relés, vàlvules distribuïdores, variadors de tensió, etc.).

18. De quins elements es compon principalment un sistema de control de llaç obert?

El sistema de control de llaç obert està format, principalment, per dues parts: el *controlador* i els *actuadors*.

19. Quins elements podem distingir en un sistema de control de llaç tancat?

En un sistema de control de llaç tancat podem distingir els elements següents: unitat de control (també controlador o regulador), interfícies, sensors o transductors, generador del valor de referència o consigna, comparador, i actuadors, preactuadors i visualitzadors.

20. Quin tipus de control proporciona una resposta ràpida i enèrgica davant una variació de la variable de sortida?

El control proporcional.

21. Si en un regulador PID el temps de pujada és alt, l'acció integral és...

Si en un regulador PID el temps de pujada és alt, l'acció integral és d'efecte lent i progressiu.

22. Si en un regulador PID el temps de retard és petit, l'acció derivada és ...

Si en un regulador PID el temps de retard és petit, l'acció derivada és de resposta ràpida i pot provocar moviments bruscos en la regulació.

23. Quin tipus de control és capaç d'anul·lar desviacions permanents?

El control integral.

24. Per què els controladors industrials solen combinar les tres accions de control? Raona la teva resposta.

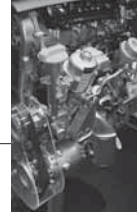
Els controladors industrials solen combinar les tres accions de control per obtenir tots els seus avantatges i superar els seus inconvenients. L'acció proporcional és d'efecte instantani i enèrgic, encara que sol presentar desviació permanent. L'acció integral és d'efecte lent i progressiu, però continua actuant fins a anul·lar la desviació permanent. I l'acció derivativa produeix un efecte d'anticipació. En resum, el controlador PID intenta tenir un comportament òptim d'un bucle tancat de control, és a dir, reaccionar el més ràpid possible de manera que la variable de sortida no resulti influenciada per les pertorbacions del sistema i segueixi sense cap retard ni oscil·lació els canvis de la variable de consigna.

25. Quins problemes pot presentar la utilització d'un control proporcional pur?

Un control proporcional pur sol presentar una desviació residual o permanent, anomenada OFFSET.

26. Quina acció (*P*, *I* o *D*) permet d'obtenir una resposta dinàmica més ràpida, i aconseguir un temps de resposta menor i un efecte d'anticipació?

La *D*.



27. Per què a la pràctica no hi ha controladors que portin implementada només l'acció integral pura?

A la pràctica no hi ha controladors que portin implementada l'acció integral pura i prou, sinó que també porten incorporada una acció proporcional, ja que en determinats processos es pot donar un funcionament inestable. La primera acció que actua és la proporcional, que ho fa instantàniament, mentre que la integral actua durant un interval de temps. Així, i per mitjà de l'acció integral, s'elimina la desviació residual permanent (*offset*) que és l'inconvenient principal del control proporcional.

28. Quins avantatges i inconvenients presenta la utilització d'un controlador tot o res en un sistema de regulació de la temperatura d'un dipòsit d'aigua?

Inconvenients: tenen una certa histèresi o banda morta en la qual no actuen; per tant, la sortida va oscil·lant un cert valor per sobre i per sota del valor de consigna. Encara que es tracta de sistemes de control de llaç tancat, no són gaire precisos, la qual cosa no els fa adequats per a certs processos industrials.

Avantatges: Són controladors poc complexos i senzills d'implementar, alhora que resulten econòmics.

29. Posa uns quants exemples d'aparells o dispositius amb sistemes de control tot o res.

Resposta oberta.

30. Quins són els elements encarregats de captar, traduir i convertir en senyals elèctrics les diferents magnituds físiques que intervenen en els processos industrials?

Els transductors.

31. Quines característiques principals hauria de reunir un transductor ideal?

Un transductor ideal serà aquell en què la relació entre la magnitud de sortida i la variable d'entrada sigui proporcional per a tots els règims de funcionament, a més d'absorbir el mínim d'energia durant el procés de mesurament amb l'objecte de no influir sobre la magnitud a mesurar.

32. D'acord amb la manera de codificar la magnitud mesurada, com podem classificar els transductors? Explica breument els aspectes més rellevants de cada tipus.

Els transductors, segons la manera de codificar la magnitud mesurada, poden classificar-se, de manera resumida, en: analògics, digitals i «tot o res». Els analògics presenten un senyal de sortida de variació contínua; en els digitals, en canvi, aquest senyal està codificat de manera binària i, per tant, la seva variació és discontinua. Els transductors «tot o res» només tenen dos valors possibles del senyal de sortida, que normalment es corresponen als estats de connexió i desconnexió.

33. A quins tipus de transductors pertanyen els finals de cursa, d'acord amb la magnitud física que cal detectar? Com activen i desactiven els seus contactes?

Els finals de cursa són transductors de posició. Activen i desactiven els seus contactes mitjançant l'acció mecànica sobre l'actuador que porten incorporat (posador, palanca, rodet, vareta elàstica, etc.).

34. Quin tipus de transductor empraries per detectar el nivell d'un dipòsit de cereals?

Un detector capacitatiu.

35. Per efectuar mesures de temperatura, quins transductors utilitzaries?

Termòstats, termoparells, termoresistències i piròmetres de radiació.

36. Per a què serveix un generador de valor de consigna o de referència en un sistema de control de llaç tancat? Posa un exemple.

El generador del valor de consigna o de referència consisteix en un dispositiu capaç de generar un senyal de referència, el qual s'aplicarà al comparador amb l'objecte de confrontar-lo amb el senyal realimentat procedent del sensor, per generar així el senyal actiu. Un exemple de generador de valor de consigna és el cargol, que permet separar o aproximar els contactes que obre i tanca una làmina bimetal·lica en un control de temperatura per mitjà d'un termòstat. El senyal de consigna és una posició que està directament relacionada amb la variable de sortida, que en aquest cas és la temperatura.

37. Quin element d'un sistema de control de llaç tancat s'encarrega de comparar la variable de sortida amb el valor de consigna prefixat?

El comparador.

38. Què són els actuadors? Classifica'ls d'acord amb la tecnologia emprada i posa'n exemples.

Els actuadors són els dispositius que s'encarreguen de regular la potència d'un procés o d'un automatisme. D'acord amb la tecnologia emprada, podem classificar-los en: actuadors electromecànics (motors, servomotors), actuadors pneumàtics (cilindres, motors pneumàtics), actuadors hidràulics (cilindres, motors hidràulics), actuadors tèrmics i frigorífics (forns, cambres frigorífiques, estufes...), i actuadors lumínics (làmpades, lluminàries, etc.).

39. Per a què serveixen els preactuadors? Anomena'n uns quants.

Els preactuadors serveixen per amplificar el senyal de comandament i així permetre que la unitat de control pugui governar els actuadors quan aquests no poden connectar-s'hi directament. Exemples: relés, contactors, vàlvules distribuïdores, servovàlvules, variadors de tensió, etc.

40. Què és un autòmat programable industrial?

Un autòmat programable industrial és una màquina electrònica dissenyada per realitzar, en temps real i en ambient industrial, automatismes combinacionals i seqüencials, i pensada per ser programada per personal no informàtic.

41. Fes un breu resum cronològic de la història de l'autòmat.

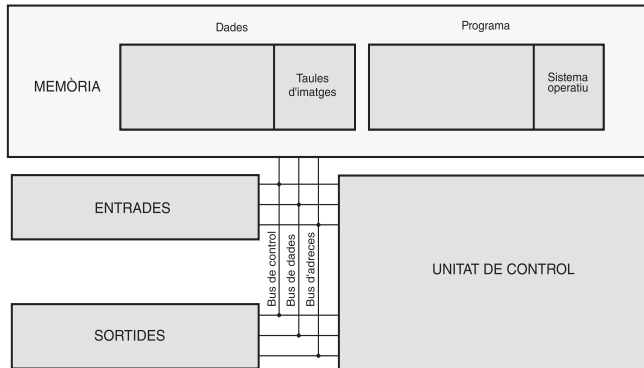
Vegeu «Ciència, tecnologia i societat: Orígens i evolució de l'automatització».

42. Enumera els principals avantatges i inconvenients del PLC.

Avantatges del PLC: possibilitat d'introduir modificacions sense haver de canviar la xarxa de connexions ni afegir-hi dispositius, espai d'ocupació molt reduït, reducció del cost de la mà d'obra de la instal·lació, menor temps en l'elaboració del projecte, possibilitat de comandar diferents màquines amb un únic autò-

mat, menor cost de manteniment i possibilitat de reutilitzar el PLC. Inconvenients: necessitat de disposar de personal amb un cert grau d'especialització per programar-lo i fer el manteniment posterior, i que en certes aplicacions el seu preu podria ser més elevat que altres opcions tecnològiques.

43. Fes un diagrama de blocs de l'estructura d'un autòmat programable.



44. Quines tasques du a terme un PLC en un scan de programa?

Tasques que du a terme un PLC en un *scan* de programa:

- Lectura de les entrades i emmagatzematge dels seus estats en la taula d'imatges d'entrades.
- Execució del programa amb la lectura de les dades necessàries de la taula d'entrades, els relés interns, els temporitzadors, els comptadors, etc. i amb l'escriptura dels resultats a la taula de sortides, comptadors, etc.
- Còpia de la taula d'imatges de sortides sobre les sortides físiques de l'autòmat.
- Tornar a iniciar un nou cicle. El programa es va repetint cíclicament, ja que les modificacions que van apareixent en les entrades han d'anar modificant els estats dels elements interns (relés, temporitzadors, comptadors...) i de les sortides de l'autòmat.

45. Què és una memòria EEPROM?

Una memòria EEPROM és aquella en què la programació i l'esborratment total de la memòria es pot efectuar elèctricament repetides vegades.

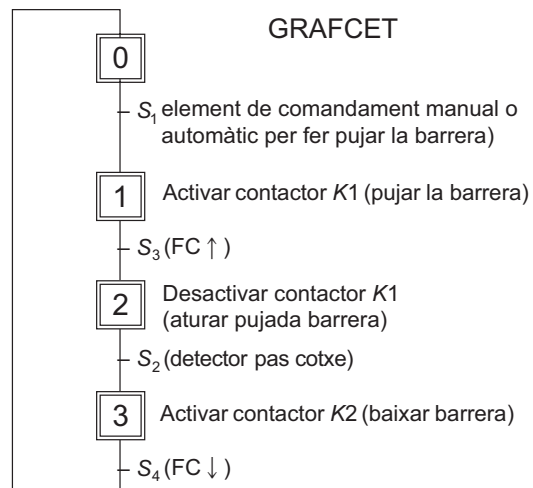
46. Investiga què són els sistemes SCADA i fes-ne un breu resum.

La SCADA o supervisió, control i adquisició de dades consisteix en un sistema de gestió i control integral del procés de producció, mitjançant el monitoratge de tot allò que afecti les diferents operacions de la producció, i proporciona informació en tot moment dels diferents paràmetres sense interrompre el procés. Aquest fet possibilita la presa de decisions per poder controlar el procés amb gran precisió i fiabilitat en el moment precís, ja que les dades són preses en temps real. A més, gaudeix d'una flexibilitat enorme que permet efectuar canvis i ampliacions al procés integrant mòduls nous de control o modificant les funcions dels instal·lats.

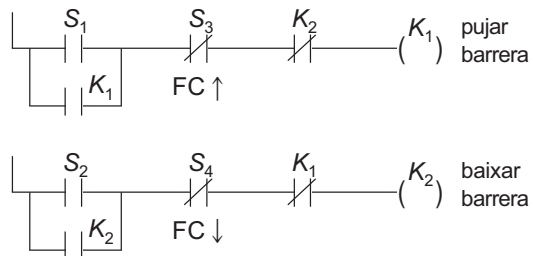
47. Quines tasques implica la programació de l'autòmat o PLC?

- Determinar què ha de fer el sistema de control i en quin ordre.
- Identificar el senyals d'entrada i de sortida a l'autòmat.
- Representar per mitjà d'algun model o mètode gràfic el sistema de control.
- Assignar adreces d'entrada/sortida o internes a cadascun dels components que hi intervenen.
- Confeccionar, pròpiament, el programa de l'aplicació per mitjà d'instruccions o símbols intel·ligibles per a la unitat de programació.
- Transferir les instruccions obtingudes en la memòria de l'autòmat des de la unitat de programació.
- Provar i depurar el programa, així com obtenir-ne una còpia de seguretat.

48. Fes el GRAFCET de l'automatisme d'una barrera de pas d'un pàrquing o del peatge d'una autopista.



49. Representa el diagrama de contactes de la barrera de pas de l'exemple anterior.

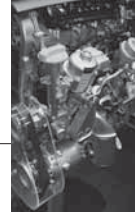


■ Activitats finals

□ Qüestions

1. En un automatisme, el controlador és:

- a) L'element que permet a l'operador l'entrada de dades i ordres.



- b) L'element de sortida d'informació.
 c) La unitat de tractament de la informació del procés.
 d) L'encarregat d'operar sobre el procés.
- La resposta correcta és la c).
2. El principal inconvenient d'un sistema de control automàtic de llaç obert és que:
- a) Té problemes de connexió.
 b) El senyal de sortida no té efecte sobre l'entrada.
 c) És més car que un de llaç tancat.
 d) Té problemes d'estabilitat.
- La resposta correcta és la b).
3. En un sistema automàtic de llaç tancat:
- a) El senyal de sortida no té efecte en la resposta de l'automatisme.
 b) El senyal de sortida té efecte en la resposta de l'automatisme.
 c) El senyal de sortida és igual que el d'entrada.
 d) El senyal de sortida és més petit que el d'entrada
- La resposta correcta és la b).
4. Els actuadors i preactuadors són:
- a) Els dispositius que prenen les dades de la situació del procés.
 b) Els elements que permeten actuar sobre el controlador.
 c) Els dispositius que permeten establir la comunicació amb l'operador.
 d) Els encarregats d'operar sobre el procés o dispositiu a controlar.
- La resposta correcta és la d).
5. Quin element no sol formar part d'un automatisme de llaç obert?
- a) Sensor.
 b) Controlador.
 c) Actuator.
 d) Visualitzador.
- La resposta correcta és la a).
6. Un final de cursa és:
- a) Un transductor de proximitat.
 b) El final d'un procés.
 c) Un sensor de posició.
 d) Un mecanisme intermedi de transmissió.
- La resposta correcta és la c).
7. Un termòstat en un sistema de control és un:
- a) Transductor digital.
 b) Transductor de pressió.
 c) Tipus de transductor analògic.
 d) Tipus de transductor tot o res.
- La resposta correcta és la d).
8. El principal inconvenient del control proporcional és que:
- a) L'efecte és lent i progressiu
 b) Presenta desviació permanent.
 c) És poc enèrgic.
 d) Produeix efecte d'anticipació.
- La resposta correcta és la b).
9. Quin tipus de control és capaç d'anul·lar les desviacions permanents?
- a) Control proporcional.
 b) Control integral.
 c) Control derivatiu.
 d) Cap dels anteriors.
- La resposta correcta és la b).
10. En un sistema de control automàtic també sol haver-hi elements de sortida d'informació que s'encarreguen de la comunicació amb l'operador, són els dispositius de sortida d'informació, els quals donen informació de l'estat del procés i de l'automatisme. Entre els més habituals cal esmentar els següents: pilots visualitzadors, timbres, sirenes, pantalles de cristall líquid, ...
11. L'element que va permetre inicialment la gran evolució de la tecnologia programada en la implementació d'automatismes és...
- a) L'ordinador personal.
 b) L'autòmat programable.
 c) El microprocessador.
 d) L'ordinador industrial.
- La resposta correcta és la c).
12. Quina de les afirmacions següents no és un avantatge de la tecnologia programada respecte de la tecnologia cablejada?
- a) Reducció de l'espai.
 b) Poca flexibilitat davant de modificacions o ampliacions.
 c) Facilitat en la resolució d'avaries.
 d) Possibilitat de funcions de control complexes.
- La resposta correcta és la b).

13. Quina de les respostes següents és un inconvenient de la utilització del PLC en l'automatització de processos?

- Reducció de temps en l'elaboració del projecte.
- Reducció de temps en la posada en funcionament de la instal·lació.
- Possibilitat de comandar diverses màquines amb un únic PLC.
- Necessitat de disposar de personal especialitzat.

La resposta correcta és la *d*).

14. Quin element no forma part de l'estructura principal d'un autòmat programable?

- Unitat central de procés o de control (CPU).
- La memòria.
- Els elements d'entrada i sortida.
- Els perifèrics.

La resposta correcta és la *d*).

15. Quina de les accions següents no es desenvolupa habitualment durant la programació de l'autòmat?

- Connectar les entrades i les sortides als diversos components.
- Determinar què ha de fer el sistema de control i en quin ordre.
- Identificar els senyals d'entrada i de sortida de l'autòmat.
- Assignar adreces d'entrada/sortida a cadascun dels components.

La resposta correcta és la *a*).

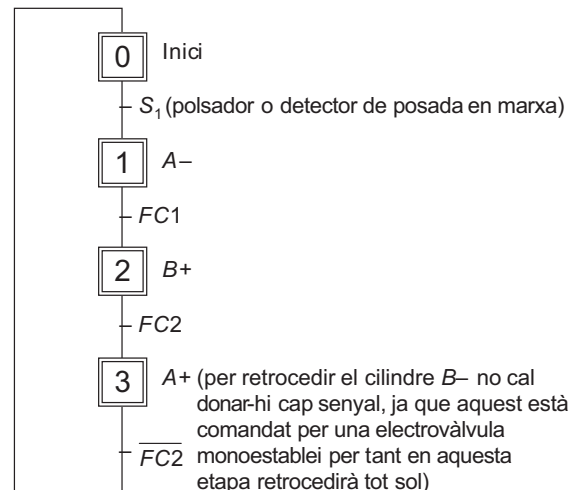
16. Assenyala en quins casos l'autòmat té millors prestacions que l'ordinador personal:

- Robustesa mecànica i elèctrica.
- Modularitat.
- Sensibilitat electromagnètica.
- Capacitat de memòria.
- Gestió de dades.
- Treball en temps real.
- Funcionament continuat.
- Comunicació amb l'usuari.

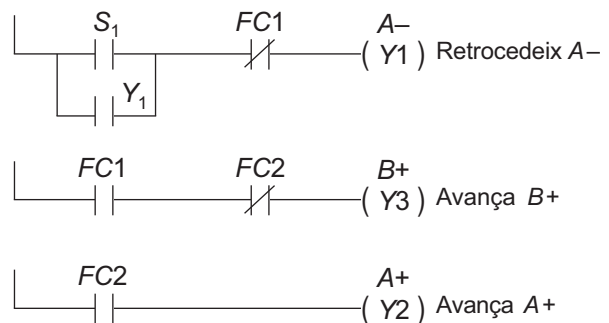
En els casos *a*, *b*, *c*, *f* i *g*.

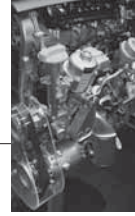
Exercicis

1. Confecciona el GRAFCET de l'automatisme d'un expenedor de productes. El sistema consta de dos cilindres (*A* i *B*), un de doble efecte i l'altre de simple efecte, governats respectivament per dues electrovàlvules (5/2 biestable i 3/2 monoestable), així com de dos finals de cursa (FC_1 i FC_2). La posició inicial dels cilindres és $A+$ i $B-$. El cicle de funcionament dels cilindres és $A-$, $B+$, ($A+ B-$). Quan el circuit rep un senyal elèctric d'inici mitjançant un pulsador o un altre tipus de sensor, el cilindre *A* de doble efecte, que en estat de repòs té la tija a fora, retrocedeix lentament i obre la porta del compartiment per on sortirà el producte. En arribar al final, el final de cursa FC_1 s'accionarà i donarà un senyal elèctric que farà avançar lentament el cilindre de simple efecte *B*, i subministrarà el producte corresponent. El final del recorregut d'aquest cilindre és detectat pel final de cursa FC_2 , el qual farà retornar el cilindres *A* i *B* a les posicions d'origen.



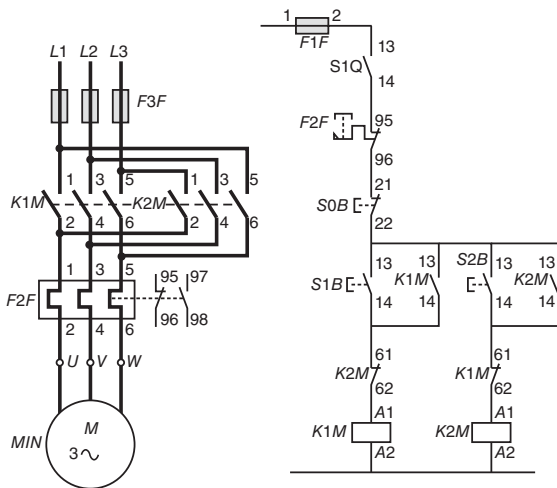
2. Fes el diagrama de contactes de l'expenedor de productes proposat en l'activitat anterior.





Avaluació del bloc 3

1. Observa els circuits representats a la figura i contesta les qüestions següents:



a) Quina relació hi ha entre el circuit de la dreta i el de l'esquerra?

Un és l'esquema de potència i l'altre el de control de comandament.

b) Quina és la seva funció?

La funció d'un inversor de gir com el de la figura és invertir el sentit de gir dels motors.

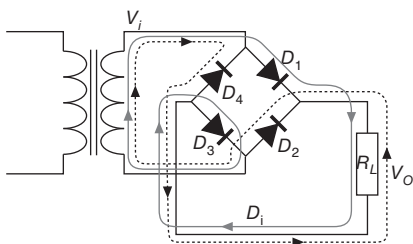
c) Fes una relació dels dispositius que hi intervenen.

En aquest esquema es poden observar els fusibles, els contactors que inverteixen l'ordre de les fases i el relé tèrmic.

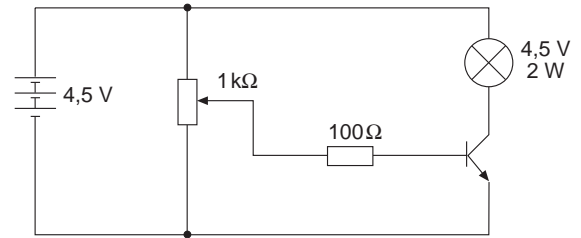
d) Quina és la funció dels contactes K2M/61-62 i K1M/61-62?

Quan K1M està activat, s'obren els contactes (61-62) que hi ha abans de K2M i impedeixen que aquest pugui entrar, ja que en aquest cas es produiria un curtcircuit. El mateix passa amb K2M.

2. Fes l'esquema d'un pont rectificador d'ona completa utilitzant quatre díodes.



3. Dissenya un circuit basat en un transistor que et permeti graduar per mitjà d'un potenciòmetre la intensitat lluminosa d'una làmpada de 4,5 volts.



4. PAU En un punt de control de qualitat es refusa una peça si la mida que es controla està fora de toleràncies o si presenta un defecte visible. Utilitzant les variables d'estat:

$$\text{gran } g = \begin{cases} 1 & \text{mida} > \text{límit superior} \\ 0 & \text{mida} \leq \text{límit superior} \end{cases}$$

$$\text{petita } p = \begin{cases} 1 & \text{mida} > \text{límit inferior} \\ 0 & \text{mida} \geq \text{límit inferior} \end{cases}$$

$$\text{defecte visible } v = \begin{cases} 1 & \text{sí} \\ 0 & \text{no} \end{cases}$$

$$\text{refús } r = \begin{cases} 1 & \text{sí} \\ 0 & \text{no} \end{cases}$$

a) Escribeu la taula de veritat del sistema. Comenta si es poden donar tots els casos.

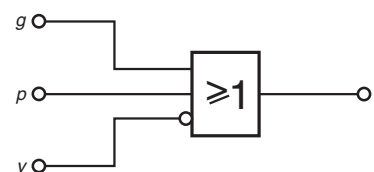
<i>g</i>	<i>p</i>	<i>v</i>	<i>r</i>
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	1

} No són possibles

b) Determina la funció lògica entre aquestes variables i, si escau, simplifica-la.

$$r = g + p + v$$

c) Dibuixa l'esquema de portes lògiques equivalent.





- 5. Per mantenir constant la il·luminació d'una estança, si tenim en compte que rep llum de l'exterior, quin tipus de control convindria per aconseguir màxim confort visual de les persones i estalvi energètic?**

En aquest cas, amb el control tot o res el sistema d'enllumenat s'encendria totalment en el moment que el nivell de llum baixés per sota de la consigna, de manera que donaria més il·luminació de la necessària, amb una despesa energètica innecessària.

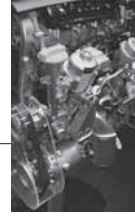
Amb un control PID, l'ajust del grau d'il·luminació s'ajustaria progressivament al nivell de la consigna, d'una forma continua i amb petites fluctuacions poc perceptibles. El consum energètic seria proporcional a la necessitat real, segons quines fossin les condicions d'il·luminació natural.

- 6. Quin tipus de control porten habitualment els programadors de calefacció o d'aire condicionat per a ús domèstic?**

Aquests controladors porten un control tot o res.

- 7. Un vehicle a motor de combustió porta un sistema automàtic per fixar la velocitat constant de circulació, quin tipus de control incorpora sobre el sistema d'injecció?**

Porta un sistema analògic PID ja que necessita variar l'entrada de carburant al motor de forma suau i adequada a les condicions de la carretera. Si en el trajecte hi ha una pujada, en els cilindres ha d'entrar més combustible, i si hi ha una baixada, al contrari.



■ Bloc 4. Sistemes de fabricació

■ Unitat 9. Metrologia i normalització

■ Activitats

1. Què és mesurar?

Mesurar és comparar una magnitud coneguda presa com a unitat amb una altra de la mateixa naturalesa.

2. Expressa $5 \frac{3''}{16}$ en mm i 57,15 mm en polzades i fraccions de polzada.

$$5'' \cdot \frac{25,4 \text{ mm}}{1''} + \frac{3''}{16} \cdot \frac{25,4 \text{ mm}}{1''} = 131,7625 \text{ mm}$$

Pressuposem error $< \frac{1''}{128}$, llavors

$$\frac{92,25}{25,4} = \frac{x}{128} \rightarrow x = 464,8819$$

$$\frac{92,25}{25,4} = \frac{464,8819}{128} = \frac{464}{128} + \frac{0,8819}{128} \approx \frac{464}{128}$$

$$92,25 \text{ mm} = \frac{464''}{128} = \frac{384}{128} + \frac{80}{128} = 3 \frac{5''}{8}$$

3. Quins són els factors més corrents que propicien l'existència d'errors? Quines són les mesures que cal prendre per minimitzar-los?

Els factors més corrents que propicien l'existència d'errors són:

- El desconeixement de l'instrument de mesura.
- La temperatura ambient.
- La temperatura de la peça que pot dilatar o contraure-la.
- El procediment de mesura que s'utilitza.

El procediment que s'ha de seguir és:

- Escollir l'instrument de mesura en funció de la precisió que ens demanin. Si les mesures d'un plànol estan escrites en centèsimes (10,38 mm) hem de fer servir un instrument que les pugui apreciar.
- Conèixer el funcionament de l'instrument i el procediment de mesura que cal utilitzar.
- Cal tenir cura de les condicions ambientals d'humitat, temperatura, vibracions i pols, perquè aquestes poden influir en la precisió de l'instrument. I també procurar no mesurar la peça quan estigui per sobre els 20 °C, per evitar-ne les dilatacions.

4. En quines unitats s'expressa l'error absolut? I el relatiu?

L'error absolut s'expressa amb les unitats que es treballen. En canvi, en l'error relatiu, com que es tracta d'una relació, les unitats queden simplifiades. Normalment el valor resultant s'expressa en tant per cent.

5. Quina diferència existeix entre apreciació i precisió? Quina analogia tenen amb l'error absolut i amb el relatiu?

Precisió és la capacitat d'un instrument de mesura de donar resultats molt exactes.

Apreciació és la unitat més petita que ens permet llegir l'instrument mateix. Un instrument mancat d'apreciació no podrà donar una bona precisió.

L'error absolut és la diferència entre el valor que ens marca l'instrument i el valor real o convencional. Per reduir al màxim l'error absolut caldrà que el nostre instrument tingui una apreciació igual al valor convencional.

Si en calcular el valor de l'error absolut ens surt el signe negatiu, això ens informa que l'error comès és més petit que el valor real o convencional.

L'error relatiu es defineix com la relació entre l'error absolut i el valor real o convencional de la magnitud. L'error relatiu se sol expressar en tant per cent. Aquest error pot disminuir si la nostra precisió en prendre la mesura és bona.

6. El \varnothing_{int} d'un tub d'acer inoxidable, en mesurar-lo amb un peu de rei, ens dona un valor de 15,3 mm; el seu \varnothing_{ext} mesura 23,2 mm. Si els diàmetres nominals són de 15,2 mm i de 23,3 mm respectivament, calcula l'error absolut i relatiu dels diferents diàmetres i per al gruix del tub.

$$\text{Error absolut: } E_a(\phi_{\text{int}}) = X_i - X_0 = 15,3 \text{ mm} - 15,2 \text{ mm} = 0,1 \text{ mm}$$

$$\text{Error absolut: } E_a(\phi_{\text{ext}}) = X_i - X_0 = 23,2 \text{ mm} - 23,3 \text{ mm} = -0,1 \text{ mm}$$

$$\text{Error absolut: } E_a(\text{gruix}) = X_i - X_0 =$$

$$= \frac{23,2 \text{ mm} - 15,3 \text{ mm}}{2} - \frac{23,3 \text{ mm} - 15,2 \text{ mm}}{2} =$$

$$= 3,95 \text{ mm} - 4,05 \text{ mm} = -0,1 \text{ mm}$$

$$\text{Error relatiu: } E_r(\phi_{\text{int}}) = \frac{E_a(\phi_{\text{int}})}{X_0} = \frac{0,1 \text{ mm}}{15,2 \text{ mm}} = 0,65 \%$$

$$\text{Error relatiu: } E_r(\phi_{\text{ext}}) = \frac{E_a(\phi_{\text{ext}})}{X_0} = \frac{-0,1 \text{ mm}}{23,3 \text{ mm}} = -0,429 \%$$

$$\text{Error relatiu: } E_r(\text{gruix}) = \frac{E_a(\text{gruix})}{X_0} = \frac{-0,1 \text{ mm}}{4,05 \text{ mm}} = -2,46 \%$$

7. Calcula l'error absolut i relatiu que provoca el nostre instrument si el valor que llegim és de 235,23 mm, mentre que un verificador certifica que el valor és de 235,22 mm

$$\text{Error absolut: } E_a = X_i - X_0 = 235,23 \text{ mm} - 235,22 \text{ mm} = -0,01 \text{ mm}$$

$$\text{Error relatiu: } E_r = \frac{E_a}{X_0} = \frac{0,01 \text{ mm}}{235,22 \text{ mm}} = 4,25 \cdot 10^{-3} \%$$

8. Un fabricant de calibres digitals (peus de rei) comprova la precisió de 15 instruments. Tots ells mesuren un patró de diàmetre exterior 20,00 mm i obtenen els següents resultats:

20,01; 20,01; 20,02; 20,03; 20,01; 20,02; 20,03; 20,00; 20,04; 20,01; 20,01; 20,02; 20,03; 20,00; 20,04

Calcula l'error absolut i relatiu de cada un d'ells. Quin és el valor vertader?



$$\text{Valor vertader} = \sum \frac{X_i}{n} = \frac{300,28}{15} = 20,01866 \approx 20,02 \text{ mm}$$

Valor vertader	Error absolut	Error relatiu %
20,01	0,01	0,05
20,01	0,01	0,05
20,02	0,02	0,1
20,03	0,03	0,15
20,01	0,01	0,05
20,02	0,02	0,1
20,03	0,03	0,15
20,00	0,00	0
20,04	0,04	0,2
20,01	0,01	0,05
20,01	0,01	0,05
20,02	0,02	0,1
20,03	0,03	0,15
20,00	0,00	0
20,04	0,04	0,2

9. De totes les paraules proposades subratlla quines són magnituds i quines no.

Pes, bellesa, força, actitud, por, calor i felicitat.

Són magnituds: el pes, la força i la calor.

10. Digues a quines de les situacions presentades estem fent un mesurament directe o indirecte.

- a) Quan inflem la roda de la bicicleta a una estació de servei.

Mesurament directe.

- b) En pesar-nos a una bàscula.

Mesurament directe.

- c) Si per saber l'amplada de la classe comptem les rajoles del terra i les multipliquem per l'amplada d'una rajola.

Mesurament indirecte.

- d) Necessitem posar 2 litres d'aigua al radiador del cotxe i per fer-ho fem servir una ampolla de litre.

Mesurament indirecte.

11. A quina de les situacions següents estem comparant o verificant?

- a) Si per mirar quin alumne és més alt, els fem posar un al costat de l'altre.

Comparant.

- b) La secció de control d'una fàbrica de disquets CD-ROM.

Verificant.

- c) Els controls antidòping que es realitzen als esportistes.

Verificant.

- d) Els controls que es fan als cotxes de fórmula 1 després de la cursa.

Verificant.

- e) Quan es mira amb un escaire si dues peces formen un angle recte.

Comparant.

12. Quina aplicació té el regle graduat? Quin tipus d'escales porta i quines són les seves apreciacions?

També anomenat *regle d'acer*, es fa servir en el taller mecànic quan s'han de prendre mesures ràpides sense massa exactitud. Per una cara hi trobem el SI, que pot tenir apreciacions d'1 mm i de 1/2 mm. I per l'altra cara hi trobem el sistema anglosaxó, amb apreciacions de 1/8" 1/16" 1/32" 1/64".

13. Explica el procediment que s'ha de seguir per llegir els mil·límetres amb un peu de rei.

Et pots trobar amb dues situacions diferents:

- Que la mesura feta sigui un número enter:

Llavors, el zero del nònius coincidirà amb un número enter de la part fixa del peu de rei.

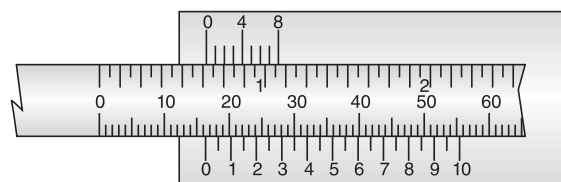
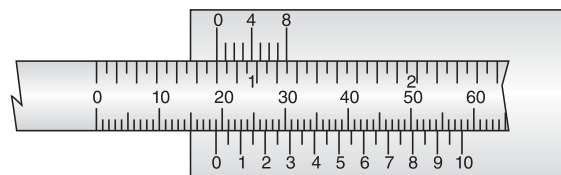
- Que la mesura feta tingui valor decimal:

El primer que has de fer és mirar entre quins dos valors es troba el zero de la part mòbil, per donar la part entera de la mesura; i en segon lloc has de mirar quina de les ratlles del nònius coincideix amb les ratlles de la part fixa, per donar la part decimal de la mesura.

14. En quin principi es basa el micròmetre?

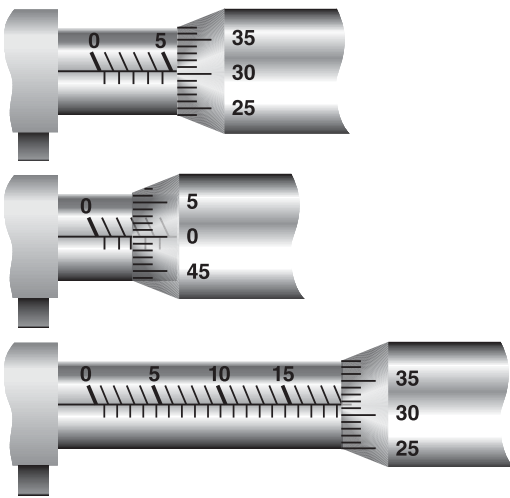
El funcionament del micròmetre es basa en el mecanisme de transmissió *cargol-femella*, convertint un moviment giratori amb un desplaçament lineal del cargol o de la femella, segons quin element es trobi fix o quin es trobi lliure. Si mantenim la femella fixa, com és el cas del pàlmer, quan el cargol dona una volta completa dintre de la femella, aquest avança justament el pas de la rosca. El cargol va unit a un sensor que es desplaça fent-lo girar, i la peça que s'ha de mesurar es col·loca entre aquest sensor i un topall fix.

15. Indica el valor de la mesura dels peus de rei:



El valor de la mesura és: 19,0 mm

16. Indica quin és el valor de la mesura dels micròmetres següents:



Els valors de les mesures són: 5,30 mm; 2,50 mm; 18,81 mm.

17. Una caixa de blocs patró consta de 87 peces amb la composició següent:

Elements	Mesura (mm)	Interval (mm)
9	1,001 - 1,009	0,001
49	1,01 - 1,49	0,01
19	0,5 - 9,5	0,5
10	10 - 100	10

A partir dels elements de la caixa, compon les mesures següents: 40,749; 32,434; 53,133.

Ordre de combinació	A 40,749	B 32,434	C 53,133
1	1,009	1,004	1,003
2	1,24	1,43	1,13
3	8,5	30,0	1,0
4	30	—	50
TOTAL	40,749	32,434	53,133

18. Per què un bloc patró ens permet verificar instruments com ara el peu de rei o el pàlmer?

L'apreciació que ens ofereix un bloc patró és de l'ordre de la mil·lèsima de mil·límetre, molt per sobre de la que ens pot donar el peu de rei i el pàlmer.

19. Descriu un parell de situacions on creguis que s'ha d'utilitzar el comparador i els calibradors passa-no passa.

El comparador el podem fer servir per centrar peces en una màquina eina, peces que ja han estat mecanitzades anteriorment i que necessiten ésser retocades. Per exemple, podem rectificar la camisa d'un cilindre de moto o fer un cilindrada en un eix. Per garantir el paral·lelisme entre una peça que s'ha de fresar i l'eina de tall.

Els calibres passa-no-passa els farem servir per comprovar la tolerància d'una sèrie de peces. Per exemple, els diàmetres de les boles de coixinets; o els diàmetres dels eixos.

20. Quines analogies hi ha entre els peus de rei i els goniòmetres?

Consten d'una part fixa i una part mòbil.

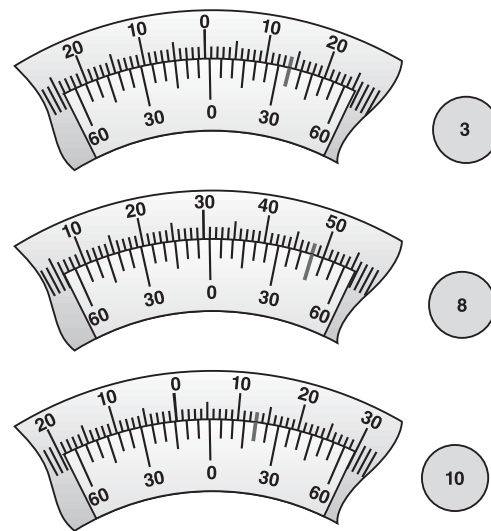
La lectura de l'instrument es fa pel mateix procediment, és a dir, es busca entre quins números o graus queda el zero del nònius i es mira quina ratlla del nònius coincideix amb l'escala graduada fixa.

21. Quantes divisions ha de tenir el nònius d'un goniòmetre per tenir una apreciació de 5' d'arc?

$$a = \frac{\text{divisió més petita de l'escala fixa}}{\text{nombre de divisions del nònius}}$$

$$\frac{5'}{1 \text{ divisió}} = \frac{1^\circ}{x} \rightarrow x = 1^\circ \cdot \frac{1 \text{ divisió}}{5'} \cdot \frac{60'}{1^\circ} = 12 \text{ divisions.}$$

22. Quines lectures es poden llegir en els diferents nònius?



Les lectures són: 0° 35'; 30° 45'; 5° 20'

23. Què és la normalització? Quins avantatges comporta per a la societat el fet de normalitzar els productes?

La *normalització* es defineix com un conjunt de prescripcions tècniques (*normes*) que *especifiquen, unifiquen i simplifiquen* aspectes referents a:

- la forma, la composició, les dimensions, les propietats físiques i químiques dels materials;
- la terminologia i la simbologia;
- els mètodes de càlcul, d'assaig de materials, mesura i utilització.

Els avantatges que comporta la normalització per a la societat són:

- Afavoreix l'intercanvi comercial de matèries primeres, subproductes o productes acabats.
- Redueix considerablement els temps de disseny i fabricació. Proporciona a la indústria resultats fidedignes contrastats per la ciència, la tècnica o l'experiència.
- És sinònim de qualitat, seguretat i intercanviabilitat dels productes acabats. A més, permet la comparació davant de diferents ofertes.
- La normalització beneficia tant el proveïdor com el client.

24. Com s'anomena l'organisme normalitzador de l'Estat espanyol? Anomena alguns dels organismes normalitzadors no estatals.

El principal responsable d'elaborar normes a Espanya és l'Associació Espanyola de Normalització i Certificació (AENOR).

Organismes que s'encarreguen de l'elaboració de normes		
País	Norma	Organisme
Alemanya	DIN	Deutsches Institut für Normung
França	NF	Association Française de Normalisation
Gran Bretanya	BS	British Standard Institution
Estats Units	ANSI	American National Standards
Japó	JIS	Japanese Institute of Standards

25. Què volen dir les sigles ISO. Quin àmbit d'aplicació tenen?

International Organization for Standardization. Àmbit internacional.

26. Què regulen les normes de la sèrie ISO 9000?

Els sistemes de qualitat dels productes (Q) de primeres matèries, subproductes o productes acabats.

27. Determina la tolerància, cotes màxima i mínima i desviacions superiors i inferiors dels valors següents:

$$67 \begin{matrix} +0,035 \\ -0,025 \end{matrix}; 80 \begin{matrix} +0,055 \\ +0,015 \end{matrix}; 35 \begin{matrix} -0,012 \\ -0,035 \end{matrix}$$

$$67 \begin{matrix} +0,035 \\ -0,025 \end{matrix}$$

Tolerància: $0,06 \text{ mm} = 60 \mu\text{m}$

Cota màxima: $67,035 \text{ mm}$

Cota mínima: $66,975 \text{ mm}$

Desviació superior: $0,035 \text{ mm} = 35 \mu\text{m}$

Desviació inferior: $0,025 \text{ mm} = 25 \mu\text{m}$

$$80 \begin{matrix} +0,055 \\ +0,015 \end{matrix}$$

Tolerància: $0,04 \text{ mm} = 40 \mu\text{m}$

Cota màxima: $80,055 \text{ mm}$

Cota mínima: $80,015 \text{ mm}$

Desviació superior: $0,055 \text{ mm} = 55 \mu\text{m}$

Desviació inferior: $0,015 \text{ mm} = 15 \mu\text{m}$

$$35 \begin{matrix} -0,012 \\ -0,035 \end{matrix}$$

Tolerància: $0,026 \text{ mm} = 26 \mu\text{m}$

Cota màxima: $34,988 \text{ mm}$

Cota mínima: $34,962 \text{ mm}$

Desviació superior: $0,012 \text{ mm}$

Desviació inferior: $0,038 \text{ mm}$

28. Determina el tipus d'ajustatge, jocs o serratges i tolerància de l'ajustatge, que corresponen als acoblaments eix-forat següents:

$$\text{Eix: } 85 \begin{matrix} -0,015 \\ -0,035 \end{matrix} \quad \text{Forat: } 85 \begin{matrix} +0,025 \\ 0,000 \end{matrix}$$

$$\text{Eix: } 28 \begin{matrix} +0,052 \\ +0,028 \end{matrix} \quad \text{Forat: } 28 \begin{matrix} +0,024 \\ 0,000 \end{matrix}$$

$$\text{Eix: } 46 \begin{matrix} +0,032 \\ -0,022 \end{matrix} \quad \text{Forat: } 46 \begin{matrix} +0,024 \\ -0,018 \end{matrix}$$

$$\text{Eix: } 85 \begin{matrix} -0,015 \\ -0,035 \end{matrix} \quad \text{Forat: } 85 \begin{matrix} +0,025 \\ 0,000 \end{matrix}$$

El joc màxim = $CM_F - CM_E = 85,025 - 84,965 = 0,06 \text{ mm}$ (Cert) = $60 \mu\text{m}$

El joc mínim = $CM_F - CM_E = 85,000 - 84,985 = 0,015 \text{ mm}$ (Cert) = $15 \mu\text{m}$

Ajustatge en joc.

La tolerància de l'ajustatge = tolerància eix + tolerància forat = $0,02 + 0,025 = 0,045 \text{ mm} = 45 \mu\text{m}$

$$\text{Eix: } 28 \begin{matrix} +0,052 \\ +0,028 \end{matrix} \quad \text{Forat: } 28 \begin{matrix} +0,024 \\ 0,000 \end{matrix}$$

El serratge màxim = $CM_E - CM_F = 28,052 - 28,000 = 0,052 \text{ mm}$ (Cert) = $52 \mu\text{m}$

El serratge mínim = $CM_E - CM_F = 28,028 - 28,024 = 0,004 \text{ mm}$ (Cert) = $4 \mu\text{m}$

Ajustatge en serratge.

La tolerància de l'ajustatge = tolerància eix + tolerància forat = $0,024 + 0,024 = 0,048 \text{ mm} = 48 \mu\text{m}$

$$\text{Eix: } 46 \begin{matrix} +0,032 \\ -0,022 \end{matrix} \quad \text{Forat: } 46 \begin{matrix} +0,024 \\ -0,018 \end{matrix}$$

El joc màxim = $CM_F - CM_E = 46,024 - 45,978 = 0,046 \text{ mm}$ (Cert) = $46 \mu\text{m}$

El serratge màxim = $CM_E - CM_F = 46,032 - 45,982 = 0,05 \text{ mm}$ (Cert) = $50 \mu\text{m}$

Ajustatge indeterminat.

La tolerància de l'ajustatge = tolerància eix + tolerància forat = $0,054 + 0,042 = 0,096 \text{ mm} = 96 \mu\text{m}$

29. Determina el valor de la tolerància dels valors nominals i qualitats ISO següents:

45 IT3, 250 IT8, 3 IT2

$45 \text{ IT3} = 0,004 \text{ mm}$

$250 \text{ IT8} = 0,072 \text{ mm} = 72 \mu\text{m}$

$3 \text{ IT2} = 0,0012 \text{ mm} = 1,2 \mu\text{m}$

30. Determina el valor de les toleràncies, les cotes màximes i mínimes així com les desviacions superiors i inferiors de les designacions ISO següents:

65 G7, 78 m6

65 G7 és igual a $65 \begin{matrix} +40 \\ +10 \end{matrix}$

$CM: 65,040 \text{ mm}$



C_m : 65,010 mm
 d_s : 0,040 mm
 d_i : 0,010 mm = 10 μ m
 78 m6 és igual a 78^{+30}_{-11}
 C_M : 78,030 mm
 C_m : 78,011 mm
 d_s : 0,030 mm
 d_i : 0,011 mm = 11 μ m

31. De la designació de l'eix 25 p6, es demana amb l'ajuda de la taula 9.8 el diàmetre nominal, el diàmetre mínim, el diàmetre màxim, les desviacions superior i inferior i el valor de la tolerància.

Diàmetre nominal = 25 mm
 Diàmetre mínim = 25,022 mm
 Diàmetre màxim = 25,035 mm
 Desviació superior = 0,035 mm = 35 μ m
 Desviació inferior = 0,022 mm = 22 μ m
 Tolerància = 0,013 mm = 13 μ m

32. D'aquests ajustatges: a) 40 H6/g6; b) 40 H6/j6; c) 40 H6/p6, quin compleix la condició de joc, incertesa o serratge? Quin sistema d'ajustatge han fet servir? Representa'ls gràficament.

a) 40 H6/g6
 Els diàmetres del forat seran 40,016 i 40,000. Els diàmetres de l'eix seran 39,991 i 39,975. Amb aquestes dades l'ajustatge serà en joc.

El sistema que s'ha fet servir per dissenyar aquest ajustatge és el forat-base.

b) 40 H6/j6
 Els diàmetres del forat seran 40,016 i 40,000. Els diàmetres de l'eix seran 40,011 i 39,995. Amb aquestes dades l'ajustatge serà incert, perquè les desviacions estan encreuades.

El sistema que s'ha fet servir per dissenyar aquest ajustatge és el forat-base.

c) 40 H6/p6
 Els diàmetres del forat seran 40,016 i 40,000. Els diàmetres de l'eix seran 40,042 i 40,026. Amb aquestes dades l'ajustatge serà en serratge.

El sistema que s'ha fet servir per dissenyar aquest ajustatge és el forat-base.

33. Calcula el joc màxim, mínim i la tolerància dels ajustatges següents: 60 H7/g5; 60 H6/h5 i 60 H7/j5.

60 H7/g5
 Joc màxim = 60,03 – 59,977 = 0,053 mm = 53 μ m
 Joc mínim = 60,000 – 59,99 = 0,01 mm = 10 μ m

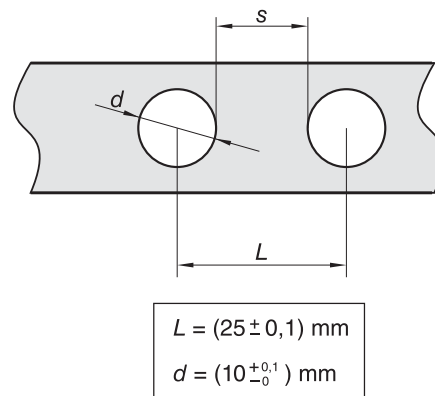
Tolerància = 30 + 13 = 43 μ m
 60 H6/h5
 Joc màxim = 60,019 – 59,987 = 0,032 mm = 32 μ m
 Joc mínim = 60,000 – 60,000 = 0,000 mm
 Tolerància = 19 + 13 = 32 μ m
 60 H7/j5
 Joc màxim = 60,03 – 59,993 = 0,037 mm
 Joc mínim = 60,000 – 60,006 = – 0,006 mm
 Tolerància = 30 + 13 = 43 μ m

34. En quins casos és aconsellable utilitzar el sistema forat-base i en quins el sistema eix-base? Posa'n alguns exemples i justifica la teva resposta.

El sistema forat-base el fan servir les indústries que fabriquen màquines eina, motors de combustió interna, compressors, construccions –automobilístiques, aeronàutiques, ferroviàries– i totes les indústries que necessiten com a accessoris broques i mascles de roscar.

El sistema eix-base s'utilitza en la construcció d'eixos per transmissió i òrgans de màquines operadores –agrícoles, construcció, elevació– i en totes les indústries en les quals l'acabat dels forats es pot fer amb moles.

35. En un plànol s'han acotat dos forats tal com s'indica en la figura. Determina la distància lliure S entre forats.



$$S_{\text{màxima}} = L_{\text{màxim}} - d_{\text{mínim}} = 25,1 - 10 = 15,1 \text{ mm}$$

per tant, $d_s = +0,1 \text{ mm}$

$$S_{\text{mínima}} = L_{\text{mínima}} - d_{\text{màxim}} = 24,9 - 10,1 = 14,8 \text{ mm}$$

per tant, $d_i = -0,2 \text{ mm}$

$$\text{Llavors } S = (15^{+0,1}_{-0,2}) \text{ mm}$$

■ Activitats finals

□ Qüestions

1. Cinc estudiants de batxillerat tecnològic prenen la mesura d'un eix que hauria de fer $35 \pm 0,20 \text{ mm}$, garantint



l'exactitud de la mesura i obtenen els resultats següents: 35,10 mm; 35,15 mm; 34,9 mm; 34,95 mm i 35,15. Es pot dir que aquest grup ha mesurat bé?

- Sí, ja que la mitjana de les mesures està dins de l'interval acceptable.
- Sí, ja que hi ha mesures per sobre i per sota del valor nominal.
- No, ja que no hi ha cap mesura igual al valor nominal.
- No, ja que la mitjana no coincideix amb el valor nominal.

La resposta correcta és la a).

Si fem la mitjana aritmètica i li traiem el valor nominal, veurem que el valor que ens queda està dintre la tolerància de $\pm 0,20$, és a dir, la mitjana és:

$$35,05 - 35 = 0,05 \text{ mm}$$

$$-0,2 < 0,05 < +0,2$$

2. PAU (Curs 2006) Amb un voltímetre, es mesura cinc vegades la caiguda de tensió entre els borns d'una bateria de cotxe. Garantint l'exactitud de la mesura, els valors obtinguts són: 11,92 V; 11,94 V; 12,00 V; 12,09 V i 12,05 V. Es pot prendre com a resultat de la mesura, amb l'interval d'incertesa corresponent, 12 V?

- Sí, perquè hi ha 2 mesures per sobre i 2 per sota d'aquest valor.
- Sí, perquè és la mitjana dels valors obtinguts.
- Sí, perquè és el valor nominal de la caiguda de tensió entre els borns d'una bateria de cotxe.
- Sí, perquè és el tercer valor dels cinc obtinguts.

La resposta correcta és la b).

Quan les mesures són tan a prop les unes de les altres, per donar una mesura amb exactitud podem fer la mitjana aritmètica dels valors obtinguts. En aquest cas:

$$\frac{11,92 + 11,94 + 12,00 + 12,09 + 12,05}{5} = 12,00 \text{ V}$$

3. Un aprenent d'un taller té un plànol a les mans i veu que la mida d'una cota té un valor de 15,7 mm i vol verificar si la peça real té aquesta dimensió. Quin instrument de mesura hauria d'agafar per fer la verificació?

- Una cinta mètrica.
- Un peu de rei.
- Un micròmetre.
- Un comparador.

La resposta correcta és la b).

Per escollir l'instrument de mesura cal mirar sempre que l'apreciació que ens demanen en el plànol coincideixi amb la de l'instrument de mesura. En el nostre exemple tenim una cota amb una

xifra decimal i l'instrument que ens dona la fiabilitat d'aquesta xifra decimal és el peu de rei. Cert, que el micròmetre també ens permetria fer aquesta mesura, però en aquest cas fariem servir un instrument molt més car perquè té apreciacions de dues o tres xifres decimals més de les que ens demanen. I pel que fa el metre, aquest no ens pot garantir l'apreciació perquè només aprecia unitat.

4. Quantes divisions ha de tenir el nònius d'un goniòmetre graduat en graus, per donar una apreciació de $2' 30''$.

- 24
- 18
- 36
- 28

La resposta correcta és la a).

Primer busquem el nombre de divisions de la part mòbil:

$$\frac{\text{valor de la part més petita de l'escala fixa en minuts}}{\text{apreciació en minuts}} =$$

$$= \frac{60}{2,5} = 24 \text{ divisions.}$$

5. L'ajustatge Eix: $85_{-0,035}^{-0,015}$ Forat: $85_{0,000}^{+0,025}$ tindrà joc, serratge o interferència?

- Serratge.
- Interferència.
- Serratge i interferència.
- Joc.

La resposta correcta és la d).

Tindrà joc perquè l'eix més gran (84,985 mm) és més petit que el forat més petit (85,000 mm).

6. PAU En el plànol d'una secció s'han acotat les mides L_1 , L_2 i L_3 i s'indica que la tolerància general és $\pm 100 \mu\text{m}$. La tolerància de l'amplada s del rebaix és:

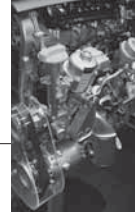
- ± 100
- ± 200
- ± 300
- ± 400

La resposta correcta és la c).

La cota nominal no ens la demanen, per tant només calcularem les desviació superior i inferior:

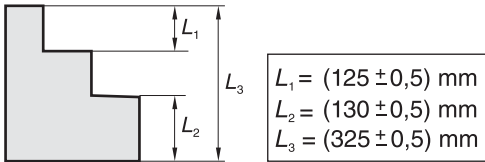
$$\text{Desviació superior (ds)} = L_{1s} - L_{2i} - L_{3i} = 100 - (-100) - (-100) = +300 \mu\text{m.}$$

$$\text{Desviació inferior (di)} = L_{1i} - L_{2s} - L_{3s} = -100 - (+100) - (+100) = -300 \mu\text{m.}$$



7. PAU (Curs 2004) En un plànol s'ha acotat la peça tal com s'indica en la figura 9.55. Quina serà l'alçada mínima del graó central?

- a) 68,5 mm.
- b) 69,5 mm.
- c) 70,5 mm.
- d) 71,5 mm.



La resposta correcta és la a).

$$h = 325 - 125 - 130 = 70 \text{ mm}$$

$$\text{Desviació inferior} = -0,5 - (0,5) - (0,5) = -1,5$$

per tant, la mínima alçada de l'esgraó és: $70 - 1,5 = 68,5 \text{ mm}$.

8. Quina d'aquestes afirmacions és certa?

- a) La certificació és una eina molt valorada en les transaccions comercials nacionals i internacionals.
- b) És un element insubstituïble per generar confiança en les relacions client-proveïdor.
- c) És una norma que certifica que els productes compleixen una sèrie de prescripcions tècniques.
- d) Cap de les anteriors.

Són correctes les respostes a) i b).

Tant la a) com la b) donen la seguretat o confiança necessària que les nostres compres, per més lluny que estigui el nostre proveïdor, es faran segons les normes que es van acordar. Evidentment no és cap norma; la norma diu com s'ha de fer un producte.

Exercicis

1. En el nònius d'un peu de rei graduat en mil·límetres hi ha 50 divisions que abasten 99 mm. Indica'n:

a) L'apreciació.

$$\text{Apreciació} = \frac{1}{50} = 0,02 \text{ mm}$$

b) El valor de les divisions del nònius.

Com que totes les ratlles ocupen un espai de 99 mm, si volen saber el valor d'una divisió només del nònius farem:

$$\frac{99}{50} = 1,98 \text{ mm}$$

c) Quines ratlles del nònius i del regle fix han de coincidir per fer una lectura de 45,3 mm?

Quan l'escala mòbil s'hagi desplaçat fins al valor 45 mm, ens faltaran 0,3 mm per fer la totalitat de la cota; si cada divisió val 0,02 mm, llavors:

$$\frac{0,3}{0,02} = 15 \text{ divisions}$$

Aquestes 15 divisions ocupen:

$$15 \cdot 1,98 = 29,7 \text{ mm} + 45,3 \text{ mm} = 75 \text{ mm}$$

Per tant, la divisió 15 de la part mòbil coincidirà amb la divisió 75 de la part fixa.

2. Calcula quantes voltes i quantes divisions ha de girar el nònius d'un pàlmer, sabent que passa de 10 mm a 5,35 mm, amb un pas de rosca de 0,5 mm i un nònius amb 50 divisions.

Per passar de 10 mm a 5,35 mm s'ha de recórrer una distància de 4,65 mm que, dividits pel pas de rosca, corresponen a

$$4,65 \text{ mm} \cdot \frac{1 \text{ volta}}{0,5 \text{ mm}} = 9,3 \text{ voltes}$$

$$0,3 \text{ voltes} \cdot \frac{50 \text{ divisions}}{1 \text{ volta}} = 15 \text{ divisions.}$$

Per tant, haurà de fer 9 voltes i 15 divisions.

3. Per mesurar una peça per comparació es posa el palpador del relloge comparador sobre un bloc patró de 24,500 mm i l'agulla assenyala 1,45 mm; tot seguit es posa sobre la peça a mesurar i indica 0,83 mm. Quina és la mesura de la peça?

Recorda que un comparador només pot fer mesures indirectes; ens permet comparar si dues mesures són iguals o no. Si amb un bloc patró garantim la mida de 24,500 mm i en posar el palpador del comparador damunt del bloc tenim un desplaçament de 1,45 mm, vol dir que per aquesta posició el valor és de 24,500 mm (de totes maneres tot comparador té una corona que permet fer coincidir l'agulla amb el zero del relloge). Si després traslладem aquest comparador a una altra peça i desplaçem el seu palpador per la seva superfície i veiem que l'agulla passa de 1,45 a 0,83 mm, això vol dir que la mesura que tenim ara és 0,62 mm més petita. Ara només ens queda restar de la totalitat aquest valor, si volem saber la mida de la peça. En el nostre cas seria $24,500 \text{ mm} - 0,62 \text{ mm} = 23,88 \text{ mm}$.

4. Indica què signifiquen les acotacions 42 h6, 25 H7 i 9 G7/h6?

La primera és tracta d'un eix per tenir la lletra en minúscula, de cota nominal 42, de posició h (sistema eix base) i qualitat 6.

La segona és tracta d'un forat per tenir la lletra en majúscula, de cota nominal 25, posició H (sistema forat base) i qualitat 7.

La tercera és tracta d'un ajustatge amb joc de cota nominal 9 i el forat té posició G i qualitat 7, en canvi, l'eix té posició h i qualitat 6.

5. Dels ajustatges següents, digues quins tindran joc, serratge o interferència.

9 G7/h6; 17 K6/h5; 45 N6/h5; 23H7/g6; 59 G6/g6; 54 H6/k5 i 52 H7/p6.

Joc: 9 G7/h6; 23H7/g6; 59 G6/g6.

Serratge: 45 N6/h5; 52 H7/p6.

Interferència: 17 K6/h5; 54 H6/k5.

Primer mirem si podem solucionar-ho gràficament, amb l'ajuda de les taules de toleràncies. Si els valors de les toleràncies es-



tan separats podem descartar la interferència. Només ens caldrà deduir si es tracta d'un ajustatge amb joc o amb serratge. Si presenta dubtes, es busquen els valors de la tolerància i es fan els càlculs de jocs màxims i mínims. Només recordar que si els resultats donen negatiu, significa que es tracta de serratge.

6. Determina els tipus d'ajustatge, jocs o serratges i tolerància de l'ajust per als següent valors:

$$\text{Eix: } 56 \begin{matrix} -0,028 \\ -0,052 \end{matrix} \quad \text{Forat: } 56 \begin{matrix} +0,018 \\ -0,015 \end{matrix}$$

$$\text{El joc màxim} = CM_F - Cm_E = 56,018 - 55,948 = 0,07 \text{ mm} = 7,0 \mu\text{m (Cert)}$$

$$\text{El joc mínim} = Cm_F - CM_E = 55,985 - 55,972 = 0,013 \text{ mm} = 13 \mu\text{m (Cert)}$$

Ajustatge en joc.

$$\text{La tolerància de l'ajustatge} = \text{tolerància eix} + \text{tolerància forat} = 0,024 + 0,033 = 0,057 \text{ mm} = 57 \mu\text{m}$$

7. Calcula els diàmetres màxims i mínims de l'eix i del forat, a més de calcular el joc o serratge màxim i mínim que hi ha entre l'eix i el forat de l'ajust 30 H6/h6.

Primer busquem els valors de les toleràncies:

$$30 \text{ H6} = 30 \begin{matrix} -13 \\ 0 \end{matrix}; 30 \text{ h6} = 30 \begin{matrix} 0 \\ -13 \end{matrix}$$

ara ja podem trobar allò que ens demanen:

$$CM_{\text{forat}} = 30,013 \text{ mm}$$

$$Cm_{\text{forat}} = 30,000 \text{ mm}$$

$$CM_{\text{eix}} = 30,000 \text{ mm}$$

$$Cm_{\text{eix}} = 29,987 \text{ mm}$$

$$JM = CM_{\text{forat}} - Cm_{\text{eix}} = 30,013 - 29,987 = 0,026 \text{ mm}$$

$$Jm = Cm_{\text{forat}} - CM_{\text{eix}} = 30,000 - 30,000 = 0,000 \text{ mm}$$

8. Per a un forat 75 H7 determina quina ha de ser la tolerància de l'eix per obtenir un ajustatge amb joc en què el joc màxim sigui el més petit possible.

S'ha de solucionar per tempteig. Cal agafar la lletra més propera a la H i fer els càlculs oportuns.

$$\text{Eix: } 75 \begin{matrix} -0,010 \\ -0,023 \end{matrix} \quad \text{Forat: } 75 \begin{matrix} 0,030 \\ 0,000 \end{matrix}$$

$$\text{El joc màxim} = CM_F - Cm_E = 75,030 - 74,977 = 0,053 \text{ mm} = 53 \mu\text{m (Cert)}$$

$$\text{El joc mínim} = Cm_F - CM_E = 75,000 - 74,99 = 0,01 \text{ mm} = 10 \mu\text{m (Cert)}$$

Ajustatge amb joc.

$$\text{La tolerància de l'ajustatge} = \text{tolerància eix} + \text{tolerància forat} = 0,013 + 0,030 = 0,043 \text{ mm} = 43 \mu\text{m}$$

Unitat 10. Indústria metal·lúrgica. Soldadura

Activitats

1. Anomena cinc indústries de la teva població i digues a quina de les tres activitats industrials pertanyen: metal·lúrgia, tèxtil o química.

Resposta oberta.

2. De les indústries esmentades anteriorment, esbrina quins productes finals obtenen?

Resposta oberta.

3. Creus que algunes d'aquestes indústries contaminen l'aigua, l'aire o el sòl? Quins residus generen?

Resposta oberta.

4. Com definiries la indústria metal·lúrgica?

La indústria de la *metal·lúrgia* s'encarrega de l'estudi, de les tècniques i dels procediments d'obtenció, elaboració i transformació dels metalls.

5. En què consisteix la conformació per fosa?

La *conformació per fosa* es basa en la introducció d'un metall fos en una cavitat que té una forma determinada, anomenada *motlle*, on el metall se solidifica.

6. Quines propietats han de tenir els materials que es fan servir per obtenir peces per fosa?

Perquè un material sigui apte per a la fosa ha de tenir les propietats següents: *bona fluïdesa*, *baixa contracció*, *rigidesa* i *resistència als esforços mecànics*.

7. Quins són els avantatges i els inconvenients entre la fosa sobre motlle de sorra, sobre motlle permanent i a pressió?

Els diferents procediments que s'utilitzen per a l'obtenció de peces per foneria o colada depenen directament del factor econòmic:

– *Foneria per sorra*. Aquests motlles només serveixen una vegada, un cop ha solidificat la peça el motlle de sorra es trenca.

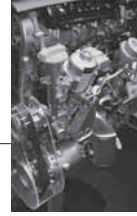
– *Foneria en motlle permanent*. A diferència de l'anterior aquest es pot fer servir per produir una gran quantitat de peces, però també té un major cost econòmic.

– *Foneria a pressió*. L'avantatge és que no requereix de cap més operació d'acabat i que es poden fer sèries de fins a 500 peces.

8. Quines són les aplicacions principals del procediment de fosa a la cera perduda?

Aquest sistema permet fer models molt complexos, amb seccions reentrants que no deixarien extreure el model de la matriu.

La principal aplicació es troba en l'escultura per reproduir imatges de bronze.



9. En què consisteix la tècnica de fosa per centrifugació?

La *fosa per centrifugació* és idònia per fer peces de revolució primes com un cilindre o casquets de coixinet molt petits. La colada es buida en motlles giratoris que a causa de la força centrífuga fa que aquesta quedi pressionada a la paret del motlle proporcionant-li una estructura molt densa.

10. Què és la deformació plàstica?

La **deformació plàstica** és aquell procediment que varia la forma inicial d'una peça a base de sotmetre-la a una pressió exterior suficient capaç de deformar la seva xarxa cristal·lina.

11. Quins problemes presenta la deformació en fred? Com es poden solucionar?

Quan el material es deforma plàsticament agafa *acritud* o enduriment, la qual cosa fa augmentar el límit elàstic del material. Tot això és conseqüència d'haver alterat la seva estructura cristal·lina que fa variar les seves propietats físiques i mecàniques i provoca un comportament inestable del material, cosa que no és desitjable perquè quan estigui sol·licitat, el material es podria trencar.

Per restablir la normalitat del material deformat hem d'arribar a la seva *temperatura de recristal·lització*, que es caracteritza perquè no existeix l'acritud quan el material es deforma, cosa que ens permet alterar la forma dels metalls sense provocar tensions internes. La temperatura de recristal·lització és diferent per a cada metall. En el cas dels acers, que són els que estudiarem, la temperatura de recristal·lització és d'uns 796 °K.

12. En què consisteix el procés de laminació? Quins són els seus subproductes?

El procés de *laminació* consisteix a fer passar un metall en calent entre dos cilindres que giren en sentits oposats, la distància dels cilindres ha de ser més petita que el gruix del material que entra. Per tant, aquest és comprimit i en reduir la seva secció el material s'estira. La temperatura de treball per als acers al carboni sol ser d'uns 1353 °K.

Els subproductes que s'obtenen són:

- *Llúpies*. Són barres grans de secció quadrada que tenen un gruix mínim de 150 mm. A partir d'aquí podem fer *bigues estructurals*, *rails* o *tubs rodons*.
- *Totxos*. Aquestes peces són derivats de les llúpies que no tenen una forma geomètrica definida. Les seves dimensions poden oscil·lar entre els 38,1 mm i 152,4 mm, tant de gruix com d'amplada. El totxo és el procés previ per fer *barres quadrades*, *barres rodones* i *filferro*.
- *Samarres*. La seva forma geomètrica és rectangular de 38,1 mm de gruix i 254 mm d'ample. Forma que ens permetrà fer la laminació de *planxes de totes les mides*, *tubs de gran diàmetre* i *fleixos*.

Quan el producte que volem obtenir és *filferro* o *varetes molt petites*, ens estarem referint al procés de trefilat que consisteix a fer passar el fil de metall estirant-lo pels forats d'una sèrie de fileres per reduir-ne el diàmetre. Aquest procés també es fa en fred.

Un dels productes que s'obté pel procés de laminació en fred és el *paper d'alumini* gràcies a la seva mal·leabilitat.

13. En què consisteix el procés de la forja? Quines són les seves variants?

El procés de la *forja* consisteix a conformar el material a partir d'aplicar en una zona molt concreta forces de compressió per mitjà de martells mecànics o premses que deformaran el material.

Existeixen diferents procediments de forja que varien en funció de l'objecte que volem obtenir. Els més destacats són la *forja per estampació*, *amb martinets*, *amb premsa*, *per recalcat*.

14. Quan utilitzarem el procés d'embotició?

Quan s'hagin de fer *bossos de revolució* o *prismàtics*.

15. En què es basa l'encunyació?

L'operació d'*encunyació* consisteix a moure una placa i un punxó, amb arestes tallants i una geometria determinada, passant una a través de l'altra i separant el material que es troba entre les matrius.

16. Quins tallers utilitzen la plegadora i la cisalla?

Els tallers que facin productes de caldereria, conductes de fum, armaris de màquines...

17. Localitza en el teu entorn peces que estiguin conformades pels processos explicats anteriorment.

Resposta oberta.

18. En què consisteix l'arrencada de ferritja?

En canviar la geometria d'una peça a base d'anar arrencant trosos de material d'una peça fins a aconseguir la forma desitjada.

19. Quin objectiu ha de tenir un fabricant d'eines de tall quan les dissenya?

Aconseguir que l'eina aguantí moltes hores treballant sense que perdi la capacitat de tallar, que tregui la màxima quantitat de ferritja i que ho faci a grans velocitats.

20. Què és una màquina eina?

Les *màquines eina* són màquines que porten una eina incorporada que, en entrar en contacte amb el material que cal transformar, l'arrenca.

21. Quins són els materials més emprats en la fabricació d'eines de tall?

Primer, les eines eren forjades d'*acer al carboni* entre el 0,9% i l'1,4% amb una petita addició de Mn i Si. Més tard, es va fabricar *acers ràpids*, que hi afegien V, Mo, W i Cr. En ambdós casos, les eines se sotmeten a tractaments tèrmics, que sovint cal tornar a fer quan el tall es fa malbé.

Un material superior a aquests són les *stelites*. La seva composició és formada per Ni, Cr, W, Co, Mo i C, amb dureses de l'ordre de 724 Brinell.

Les eines de *vidia* superen les anteriors en duresa, que és de l'ordre de 1500 Brinell. El vidia és un aglomerat de carburs de metalls rars; els seus components principals són: W (88%), C (6%) i el Co (6%). Un inconvenient és que la plaqueta ha d'anar soldada al portaeines i quan es trenca s'ha de desoldar i soldar-n'hi una de nova.



22. Quins avantatges aporten els materials ceràmics?

Les eines amb **components ceràmics** són formades per capes de materials que varien segons el material que mecanitzen. Les eines ceràmiques presenten avantatges, com per exemple:

- Permeten velocitats de tall, avanços i passades més elevades.
- No necessiten ser esmolades.
- La majoria són plaquetes que se subjecten al portaeines amb un caragol de subjecció. Solen tenir quatre cares tallants i quan una no talla es fa girar l'eina; quan totes les cares han estat utilitzades es canvia la plaqueta. Això representa un gran estalvi de temps respecte de les eines que cal esmolar.
- Preus de plaqueta molt competitius.
- Reducció dels lubricants i refrigerants necessaris.
- Reducció del temps de fabricació.

23. Explica les diferències que hi ha entre una serra de cinta i una trossejadora.

Malgrat que les dues màquines serveixen per tallar material, l'eina que fan servir l'una és una cinta i l'altra un disc. La serra cinta es fa servir per tallar perfils laminats massissos, en canvi la tronçadora està especialitzada a tallar tubs de qualsevol geometria i perfils laminats de petites dimensions.

24. Quines són les parts d'una broca? Explica quines funcions fa cadascuna.

La broca té tres parts principals que són: el *cos*, la *punta* i l'*espiga*:

- *El cos*. Està format per dues ranures helicoidals, anomenades *estries* o *canals*, per dins les estries serà per on passarà la ferritja que arranquem. Les arestes de les ranures helicoidals sobresurten per formar l'angle de tall que definirà el diàmetre del forat.
- *La punta*. És la primera d'entrar en contacte amb el material i la que s'encarrega de desbastar o de treure la màxima quantitat de material perquè després l'aresta de la ranura faci l'acabat. La punta està formada per dos llavis que segons la recomanació dels fabricants han de formar un angle entre 8 i 12° amb l'horitzontal del vèrtex de la punta. Una altre angle important és el que formen els pendents dels dos llavis, aquest estarà en funció del material a treballar. Per destacar-ne alguns, cal una inclinació d'uns 108° per treballar acers dolços, uns 100° per aluminis i materials metàl·lics tous i uns 60° per treballar la fusta.
- *L'espiga*. És el lloc de subjecció entre l'eina i la màquina. Hi ha dues formes d'espigues: les *cilíndriques* i les *còniques*; les primeres s'utilitzen quan els diàmetres de les broques són inferiors als 16 mm. Per a diàmetres superiors s'utilitzen les còniques perquè aguanten molt més el parell de torsió generat en arrencar la ferritja.

25. Com se sap que una broca talla correctament?

Una broca està ben esmolada quan la ferritja surt d'una manera arrossada i contínua. Si no està ben esmolada, la ferritja sortirà en trossos petits.

26. Descriu les parts principals d'un torn paral·lel.

Està constituït pels següents òrgans: *bastidor*, *capçal*, *contrapunt*, *carros* i *caixa d'avanços* i de *roscar*.

- *El bastidor*. Està format per una bancada d'una peça sencera de foneria molt dura. En la seva part superior es troben les guies que serveixen de pistes per al carro longitudinal i el contrapunt.
- *El capçal*. És l'òrgan principal del torn paral·lel, la seva funció és la de subjectar l'arbre principal encarregat de transmetre un moviment giratori o rotacional al plat de grapes. Aquesta és una de les característiques d'aquesta màquina eina.
- *El contrapunt*. Permet suportar l'extrem de les peces que cal mecanitzar i que per la seva longitud no poden ser tornejades a l'aire. Una altra feina que pot fer el contrapunt és la de foradar, sempre i quan canviem el con morse per un porta-broques.
- *Carros*. La funció d'aquest òrgan és la de conduir l'eina de tall per damunt de la bancada. Els moviments que s'obtenen són dos: un de perpendicular o transversal a la línia d'eixos que passa pel centre del plat i un de longitudinal a aquesta línia. El moviment de l'eina també serà una característica d'aquesta màquina eina.
- *Caixa d'avanços i de roscar*. La caixa d'avanços té la funció de donar moviment variable i permetre el canvi de sentit de la barra de cilindre i de la barra de roscar. Aquestes barres estan engranades al carro longitudinal i transversal per un mecanisme vis sense fi –engrenatge que farà possible el moviment longitudinal i transversal dels carros en sentit positiu o negatiu, o dit d'una altra manera permetran que l'eina s'apropi a la peça o que se n'allunyi, així com també permetran que l'eina s'acosti al centre de revolució o que se n'allunyi.

27. Anomena tres operacions de mecanització que es puguin fer amb el torn i la fresadora i fes-ne un croquis.

Torn

- *Refrentat*. Quan l'eina de tall arrenca material fent desplaçar el carro transversal.
- *Cilindrat*. Quan l'eina de tall arrenca material fent desplaçar el carro longitudinal.
- *Tornejat d'interiors o mandrinat*. Es defineix de la mateixa manera que el cilindrat, però amb la variant que l'eina treballa a l'interior de la peça.

Fresadora

- *Ranurar*. Consisteix a fer un canal petit en la superfície de la peça.
- *Esquadrar*. És l'operació de fer un angle recte, per això cal que les arestes de tall formin un angle igual o inferior als 90°.
- *Planejar*. Consisteix a deixar la superfície d'una peça totalment paral·lela a la superfície de la taula.

28. Per què es fa servir la rectificadora?

Per donar acabats superficials molt precisos, quan les superfícies no poden ser treballades amb les eines convencionals.



29. Explica el principi de funcionament de la màquina d'electroerosió. Quins tallers utilitzen la tecnologia de l'electroerosió?

El mecanitzat electroerosiu (EDM, *Electrical Discharge Machining*) és un mètode que consisteix a erosionar el material que s'ha de mecanitzar amb l'ajuda d'un efecte tèrmic i un efecte dinàmic en una zona molt localitzada d'aquesta peça.

Per aconseguir aquests efectes es necessita un ànode (+), que en la seva superfície portarà uns contorns determinats, i un càtode (-), que serà el material que volem convertir amb eina matriu. L'ànode anirà erosionant el càtode fins que el càtode adapti el mateix contorn.

També necessita l'ajuda d'un dielèctric capaç d'ionitzar-se quan entre el càtode i l'ànode, que es poden trobar a una distància de 0,1 mm, hi hagi un diferència de potencial d'uns 20 V a 30 V. La ionització provocarà que els ions carregats positivament del dielèctric es concentrin i colpegin fortament una zona molt concreta del càtode.

Les altíssimes densitats de corrent elèctric (500 A/cm²) i les grans pressions que s'hi generen, per efecte dels ions positius, augmentaran tant la temperatura superficial del càtode que les partícules afectades es volatilitzaran instantàniament, d'altres formaran petites gotes de metall fos, com si es tractés de ferritja, que seran arrossegades pel líquid dielèctric.

Aquesta tecnologia interessa molt en el camp de la fabricació d'eines com pot ser: la fabricació de matrius d'estampació, matrius de compactació de pols metàl·lica, motlles per a plàstics, vidre, motlles de fosa pel procediment de pressió, matrius per forja, per practicar obertures en matrius per punxonar...

30. Quina és la funció del dielèctric en una màquina d'electroerosió?

El dielèctric té la funció d'ionitzar-se i fer servir els seus ions positius per colpejar fortament una zona molt concreta del càtode.

31. Busca en el teu entorn peces de plàstic fabricades a partir de motlles conformats per electroerosió.

Resposta oberta.

32. Com funciona una màquina de control numèric?

Un control numèric està format bàsicament per un torn, un ordinador i un cable de connexió RS232 entre la màquina i l'ordinador encarregat de transmetre un programa informàtic per convertir-lo en senyal elèctric que farà funcionar els motors incorporats a les barres d'avanç o fusells de desplaçament de la màquina.

33. Explica les diferències de disseny entre un torn paral·lel i un torn de CNC.

Els elements de transmissió no poden tenir joc i a la vegada han de ser molt lleugers. Això s'aconsegueix fent servir fusells de boles o guies de rodets.

A causa d'un increment de les velocitats de tall, per evitar les vibracions de la màquina s'han dissenyat noves estructures (de xapa soldada i formigó) que la fan molt més rígida.

Un altre canvi de la màquina es troba en la seva torreta d'eines. Les màquines de control numèric disposen d'un armari on es guarden les eines codificades de manera que la torreta del

control numèric pugui fer el canvi automàticament. Els controls més petits tenen la torreta giratòria en capacitat per unes 10 eines.

34. Esbrina la diferència entre zero màquina i zero peça.

El zero màquina és el lloc que el valor dels eixos dona zero. Aquest lloc, en el torn, sol coincidir en el centre del plat de grapes. També rep el nom de zero absolut.

Parlarem de zero peça quan per mitjà d'una ordre de CNC hàgim desplaçat el zero màquina a una altra posició. Llavors els zeros dels eixos coincidiran en aquesta nova posició. També podríem parlar de zero relatiu.

35. Què és una funció preparatòria? I una funció auxiliar?

Les funcions preparatòries permeten especificar la manera i la forma de fer les trajectòries de l'eina.

La funció auxiliar permet programar la manera com volem fer funcionar la màquina.

36. Per fer un programa de CNC, deixant de banda la geometria de la peça, què cal saber?

Hem de programar les G que defineixen:

- Les unitats que volem treballar (mm o polzades).
- Les unitats de les velocitats de tall (rpm o mm/min).
- Els avanços de l'eina (mm/min o mm/rev).
- Les coordenades absolutes o relatives.
- El trasllat d'origen.

I de les funcions auxiliars:

- Programar el sentit de gir del plat.

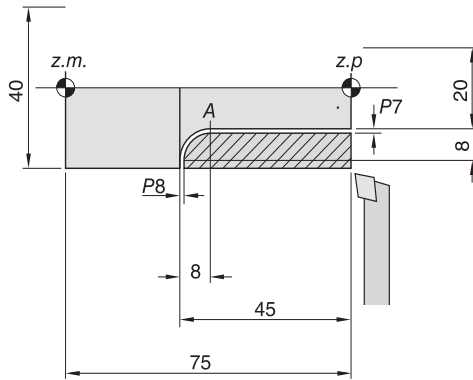
37. Quin és l'ordre que cal seguir quan en un bloc hi ha definides funcions preparatòries i auxiliars?

G, X, Z, S, F, T, M

38. Per què són tan interessants les màquines de CNC en la indústria metal·lúrgica?

- Estalvi dels temps de desplaçament de l'eina quan aquesta no treballa. El control numèric se'l pot programar perquè quan faci l'operació de retrocés les velocitats de desplaçament siguin molt superiors a les de treball.
- Estalvi considerable de temps pel que fa a la verificació de les mesures de la peça que s'està mecanitzant.
- Augment de la precisió en l'acabat superficial, gràcies a poder mantenir una velocitat de tall constant.
- Estalvi de temps en el canvi d'eines, pel fet que en el control numèric les fa automàticament.
- Es poden reduir els temps dedicats als controls de la qualitat.

39. Fes el programa de CNC que segueixi el perfil de la peça dibuixada a continuació. Comença posicionant l'eina al zero peça i fes els blocs per tal d'anar seguint els perfils. Si disposes del torn, executa el programa i mecanitza la peça.



N10 G53 X0 Z60

N20 G53

N30 G90 G95 G97 S900 F0,1 T1,1 M4

N40 G0 X47 Z0

N50 G1 X-1 Z0

N60 G0 X47 Z1

N70 G68 P0 = K0 P1 = K1 P5 = K0,5 P7 = K0,01 P8 = K0,01
P13 = K90 P14 = K140

N80 G0 X0 Z0

N90 G1 X6 Z0

N100 G3 X16 Z-5 I5 K0

N110 G1 X20 Z-20

N120 G2 X36 Z-28 I0 K-8

N130 G1 X40 Z-33

N140 G1 X46 Z-33

N150 G0 X47 Z1 M30

N10 G0 X41 Z1

N20 G68 P0 = K20 P1 = K0 P5 = K0,5 P7 = K0,1 P8 = K0,1
P9 = K0,05 P13 = K30 P14 = K60

N30 G1 X20 Z0

N40 Z-37

N50 G3 X36 Z-45 I8 K0

N60 G1 X40

N70 X41 Z1

N80 M30

40. A partir de la definició de la soldadura, confecciona dues llistes, una amb cinc materials que creguis que podrien ser susceptibles de ser soldats i una altra, amb cinc més que no podrien ser-ho. Justifica la teva resposta.

Materials soldables	Materials no soldables
Ferro	Fusta
Alumini	Paper
Plom	Formigó
Llautó	Ceràmica
Acer inoxidable	Una figura de guix

En el cas dels materials no soldables, no és possible arribar al seu punt de fusió.

41. Quines característiques ha de reunir una bona soldadura?

Conservar o millorar les propietats mecàniques del material d'origen o material base.

42. Per què cal fer juntes de soldadura? Són necessàries en el cas de la soldadura tova?

Sense la junta, la soldadura oferiria poca resistència a ser trencada.

Gràcies a aquest tipus de soldadura, igual que la soldadura forta o groga, en fondre's només el material d'aportació, aquest recorrec amb molta facilitat les superfícies escalfades prèviament.

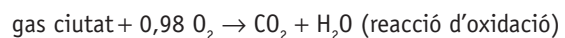
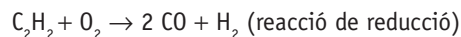
43. Com es du a terme la soldadura per fusió amb gas?

El procediment de soldadura consisteix a escalfar la junta de soldadura fins que les seves cares es fonguin, i després es procedeix a omplir la junta amb metall d'aportació procedent d'una vareta, que és de la mateixa naturalesa que els metalls a soldar. Cal, a més, aportar pólvores desoxidants i fonents durant la realització de la soldadura, per tal de facilitar-ne la unió i evitar-ne l'oxidació.

44. Quines són les característiques més importants, en referència a la soldadura, de la flama produïda en la combustió oxiacetilènica?

Una flama sempre ha de sobrepassar àmpliament el *punt de fusió* del material que s'ha de soldar, perquè ha de contrarestar les pèrdues degudes a la conducció (la zona on es fa la unió transmet la calor a tota la peça), la radiació (el propi material absorbeix la calor per arribar al seu punt de fusió) i la convecció (entre la temperatura de la zona de soldadura i el medi ambient hi ha un intercanvi de calor).

La flama ha de *reduir l'oxigen* de la combustió; ja que l'oxigen tendeix a oxidar el material perjudicant les seves propietats mecàniques.



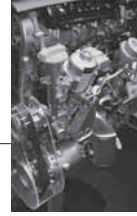
45. En què s'assemblen i en què es diferencien la soldadura tova i la forta o groga?

La semblança rau en què cap de les dues soldadures no necessiten juntes, tenen un punt de fusió molt més baix que el material que s'ha de soldar.

La diferència en la temperatura de fusió del material d'aportació, la composició química i la resistència mecànica.

46. Descriu quines són les diferències més importants entre la soldadura tova i la de fusió amb gas.

- Els punts de fusió dels materials a soldar són molt diferents.
- La soldadura tova no necessita juntes entre els elements a soldar.
- La tècnica emprada per soldar.
- L'aportació de calor també és diferent, la soldadura tova fa servir l'electricitat per aportar calor i la fusió per gas, la combustió de gasos.



47. Anomena unes quantes aplicacions de les soldadures tova i oxiacetilènica, i justifica'n l'ús.

Amb la soldadura oxiacetilènica podem fer unions d'acer, de forneria, d'alumini, de coure i de plom.

Pel que fa a la soldadura tova, l'aplicació més important la trobem en el camp de l'electrònica per unir components. Aquesta soldadura té l'avantatge de poder-se soldar i desoldar tantes vegades com es desitgi.

48. Descriu el principi de funcionament de la soldadura elèctrica.

Si l'elèctrode està separat de la peça només tindrem tensió de buit. En canvi, quan la punta de l'elèctrode entra en contacte amb la peça i fa el curtcircuit, el voltímetre marcarà zero i l'amperímetre una intensitat molt alta. Si quan es produeix el curtcircuit separem uns mil·límetres l'elèctrode de la peça, aquest formarà un arc voltaic i l'amperímetre marcarà una intensitat més petita que quan l'elèctrode estava en curtcircuit i el voltímetre marcarà tensió, però el valor d'aquesta serà més baixa que el valor de la tensió de buit. En separar l'elèctrode uns mil·límetres aconseguim fer un circuit elèctric.

49. Quina funció té el revestiment en els elèctrodes?

El revestiment té diverses funcions:

- Crear un atmosfera protectora de gasos i fums per aïllar les gotes del metall d'aportació de l'oxigen, hidrogen i nitrogen de l'aire i així evitar que la soldadura s'oxidi i perdi part de les seves propietats mecàniques. Això és per la dissociació dels gasos. La dissociació és la separació reversible dels gasos poliatòmics en els seus àtoms $O_2 \leftrightarrow 2 O$. Quan el gas rep l'energia de l'arc voltaic, aquest es dissocia i es pot recombinar amb d'altres elements, com per exemple el ferro de la fusió, i formar òxid fèrric.
- Facilitar l'encesa de l'arc i mantenir-lo encès sense interrupcions. L'operació d'encendre l'arc s'anomena *encebat*. Per encendre l'arc d'un elèctrode cal que la màquina elèctrica pugui aportar una tensió superior (*tensió d'encebat*) a la tensió necessària per soldar; aquesta tensió superior és perquè part de l'energia subministrada serà absorbida en la dissociació dels gasos de l'aire que envolta la soldadura.
- Formar una capa d'escòria sobre el metall fos perquè no es refredi ràpidament i provoqui esquerdes a la soldadura. Aquesta capa d'escòria també protegeix el material d'aportació contra l'oxidació. L'escòria que prové dels minerals del revestiment té una densitat més baixa que la del bany de fusió, per això es diposita damunt de la soldadura.
- Ajudar que la gota fosa arribi fins a la junta de soldadura, i evitar que aquesta pugui caure en un altre lloc. Existeixen uns determinats tipus d'elèctrodes que faciliten la soldadura en posició vertical i sostre.
- Fa un funció metal·lúrgica en aportar al bany de fusió elements que faran variar les característiques de resistència, duresa, tenacitat i corrosió.

50. Quines precaucions cal tenir en soldar amb aparells que produeixen arc voltaic?

Cal usar una pantalla protectora per protegir el soldador dels raigs lluminosos, infraroigs i ultraviolats que desprèn l'arc vol-

taic i que són perjudicials per a la salut del soldador. També cal protegir-se les mans i el cos amb uns guants i davantal per evitar les cremades de les guspíres que salten.

51. Quins avantatges té la soldadura MIG sobre la soldadura TIG i l'elèctrica per arc manual?

- La manca d'escòria simplifica les operacions de neteja.
- La tècnica de soldar amb aquest procediment és relativament senzilla.
- Les velocitats de soldadura superen les de la soldadura amb elèctrode revestit, perquè no és necessari parar per canviar l'elèctrode.
- La qualitat de la soldadura és millor perquè no hi ha interrupcions entre canvi i canvi d'elèctrode i s'elimina la possibilitat d'inclusions d'escòria, manca de fusió o fisuracions en el cordó.
- L'augment de la velocitat d'avanç fa que l'amplitud de la zona afectada per la calor de l'arc sigui petita i les transformacions metal·lúrgiques d'aquesta zona es redueixin.
- Permet fer soldadures fines amb la mateixa facilitat que ho podria fer la soldadura TIG.
- És dels pocs procediments que permet ser robotitzat.

52. Quina és la funció dels gasos utilitzats en els procediments de soldadura MIG i TIG?

Protegir el bany de fusió de l'oxidació.

53. Quina és la diferència més significativa entre la soldadura TIG i MIG?

La diferència és que l'elèctrode és *fusible* en el procediment MIG.

54. Com es produeix la soldadura en el procediment de pressió i resistència elèctrica?

La *soldadura per resistència elèctrica* (ERW, *Electrical Resistance Welding*) fa servir la calor generada per l'efecte Joule entre dos elèctrodes que fan pressió sobre les peces que cal soldar. Aquest principi s'aplica quan hem de soldar xapa fina d'acer, estigui recoberta o no amb un altre material, com és el cas d'un galvanitzat, niquelat, cromat o cadmiat.

55. En quina indústria s'aplica més la soldadura per punts?

En la indústria d'automoció, electrodomèstics i mobles metàl·lics.

■ Activitats finals

□ Qüestions

1. En la conformació per fosa, en els motlles de sorra s'introdueix la colada:
 - a) Per gravetat.
 - b) Per centrifugació.
 - c) Per pressió.
 - d) Per injecció.



La resposta correcta és la *a*).

La resta de sistemes provocarien la destrucció del motlle, tot i que la sorra està compactada i enganxada amb un aglomerant, i per tant, fan servir motlles d'acer aliats.

2. Per quines raons es du a terme la conformació plàstica:

- a) Per obtenir la forma volguda.
- b) Per millorar les propietats del material, perquè modifica la distribució dels microconstituents.
- c) Per millorar les propietats del material afinant la mida del gra.
- d) Perquè augmenta l'enduriment per deformació.

Totes les respostes són correctes.

Evidentment la conformació plàstica es du a terme per obtenir la forma desitjada, però en deformar el material tots els possibles buits moleculars desapareixen, la qual cosa dóna més cohesió al material. En la deformació el gra del material es fa més petit afectant la cohesió. I per últim, la deformació de l'estructura molecular crea tensions internes que augmenten l'enduriment del material.

3. El treball en calent té els avantatges següents:

- a) La deformació es pot fer amb límits elàstics més baixos.
- b) Disminueix l'acritud i les tensions internes.
- c) En el centre de la peça el gra és més gran que en la superfície.
- d) No presenta esquerdes en la deformació.

Les respostes correctes són *a*), *b*) i *d*).

La resposta *c*) és un inconvenient del treball en calent, la part interior triga més a refredar-se, això fa que el gra tingui temps de recuperar el seu estat inicial.

4. Les condicions que determinen els paràmetres de treball d'un eina de tall són:

- a) la temperatura i el tipus de màquina.
- b) la velocitat de peça en relació a l'eina i la refrigeració
- c) la velocitat de tall, l'avanç de l'eina, la profunditat de passada i el sistema de refrigeració.
- d) la profunditat de passada, el material i la temperatura

La resposta correcta és la *c*).

Tot i que els paràmetres indicats a totes les respostes podrien considerar-se correctes, la *c* és la que indica tots els paràmetres a tenir en compte.

5. El torneigament és un procés amb el qual:

- a) S'obtenen superfícies planes i corbes.
- b) S'arranquen partícules metàl·liques, de manera que s'aconsegueix una gran qualitat de superfície i una gran precisió.

c) Es duu a terme una operació de mecanització amb arrencada de ferritja que consisteix a generar forats mitjançant una eina amb velocitat angular.

d) Es generen superfícies cilíndriques amb rotació de la peça.

La resposta correcta és la *d*).

6. El control numèric:

a) Permet controlar i programar el procés de mecanitzat d'una peça en la seva totalitat.

b) Arranca material mitjançant descàrregues elèctriques entre l'eina i la peça.

c) És una operació de mecanitzat amb arrencament de ferritja que consisteix en generar forats mitjançant una eina amb velocitat angular.

d) Procés pel qual es generen superfícies cilíndriques amb rotació de la peça.

La resposta correcta és la *a*).

7. Un dels principals problemes de les soldadures és:

a) El comportament dels metalls davant els agents atmosfèrics.

b) Els aliatges del material fundent.

c) La temperatura de fusió.

d) Cap de les anteriors

La resposta correcta és la *a*).

Degut a les altes temperatures que s'arriben en soldadura, els agents atmosfèrics reaccionen formant nous compostos perjudicials per a la soldadura, com és el cas de l'acer amb l'oxigen que forma òxid fèrric. És per això que les tècniques que s'han desenvolupat estan basades en la protecció de la soldadura del medi exterior mitjançant fundent (flux covering) o la protecció per gasos inerts (inert gas).

8. De quines maneres es poden efectuar els sistemes de soldadura TIG i MIG: manualment, automàticament o amb robots?

a) La TIG només és pot manipular manualment.

b) Sí, tots dos sistemes s'adapten perfectament als processos esmentats.

c) No, la MIG fa servir gas inert i això fa que sigui difícil de robotitzar.

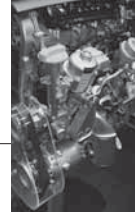
d) Cap resposta anterior és certa.

La resposta correcta és la *b*).

No hi ha cap problema per fer soldadura manual, automatitzada i robotitzada. Són processos molt versàtils.

9. De quins components de l'aire hem de protegir una soldadura?

a) Nitrogen – Oxigen.



- b) Sofre - Fòsfor.
- c) Argó - Oxigen.
- d) Cap de les anteriors.

La resposta correcta és la a).

Els components de l'aire són nitrogen i oxigen. Els dos combinats amb elements metàl·lics a alta temperatura formen òxids i nitrurs perjudicials per a qualsevol soldadura que ha d'estar sotmesa a sol·licitacions.

10. De quin material és l'elèctrode no consumible utilitzat en la soldadura TIG?

- a) Titani.
- b) Tungstè.
- c) Vanadi.
- d) Material d'aportació.

La resposta correcta és la b).

Ha de ser un material que aguanti l'arc voltaic a temperatures de 2000 °C; aquest material és el tungstè.

□ Exercicis

1. Quin sistema de conformació utilitzaries per obtenir les peces metàl·liques següents:

- Una cassola d'alumini.
- Un cargol roscat amb femella.
- Una virolla.
- Una bancada per a una màquina eina.
- Fil prim de coure.
- Una moneda.
- Planxa o xapa d'acer per fer carrosseries.
- Un tub.
- Una roda dentada.
- Un eix cilíndric per a una màquina.
- Paper d'alumini.
- Un perfil, com ara els rails de tren o bigues.

- | | |
|--------------------------------|------------------------|
| a) embotició | b) estampació o torn |
| c) embotició | d) foneria |
| e) trefilatge | f) encunyació |
| g) laminació | h) laminació |
| i) la roda al torn i les dents | j) torn a la fresadora |
| k) laminació | |

2. Classifica les màquines eina en funció dels seus moviments relatius entre l'eina i la peça.

Vegeu «Conformació amb arrencada de ferritja» i «Conformació amb arrencada de partícules».

3. Quins avantatges i inconvenients tenen les eines de tall fabricades amb components ceràmics?

Les eines ceràmiques presenten els avantatges següents:

- Permeten velocitats de tall, avanços i passades més elevades.
- No necessiten ser esmolades.
- La majoria són plaquetes que se subjecten al portaeines amb un caragol de subjecció. Solen tenir quatre cares tallants i quan una no talla es fa girar l'eina; quan totes les cares han estat utilitzades es canvia la plaqueta. Això representa un gran estalvi de temps respecte de les eines que cal esmolar.
- Preus de plaqueta molt competitius.
- Reducció dels lubricants i refrigerants necessaris.
- Reducció del temps de fabricació.

4. Quins avantatges presenta el CNC?

Estalvi dels temps de desplaçament de l'eina quan aquesta no treballa. Es pot programar el control numèric perquè quan faci l'operació de retrocés les velocitats de desplaçament siguin molt superiors a les de treball.

- Estalvi considerable de temps pel que fa a la verificació de les mesures de la peça que s'està mecanitzant.
- Augment de la precisió en l'acabat superficial, gràcies a poder mantenir una velocitat de tall constant.
- Estalvi de temps en el canvi d'eines, pel fet que en el control numèric les fa automàticament.
- Es poden reduir els temps de control de qualitat.

5. Si tenim el programa de CNC següent per a un torn:

N10 G53 X0 Z80

N15 G53

N20 N20 G90 G95 G97 F0.05 S900 T1.1 M3

N22 G0 X31 Z0

N25 G1 X-1 Z0

N30 G0 X31 Z1

N35 G68 P0 = K0 P1 = K0 P5 = K0.5 P7 = K0.01
P8 = K0.01 P9 = K0 P13 = K45 P14 = K70

N40 G0 X0 Z0

N45 G2 X12 Z-6 I0 K-6

N50 G1 X12 Z-15

N55 G1 X16 Z-30

N60 G2 X22 Z-33 I0 K-3

N65 G1 X22 Z-47

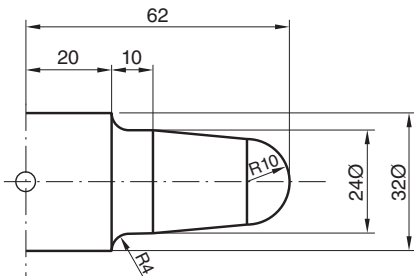
N70 G2 X28 Z-50 J3 K0

N75 G0 X32 Z10 M30

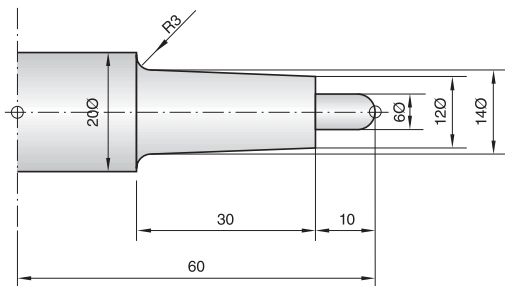
a) Explica la informació que ens dóna cada bloc.

- N10 Configuració trasllat d'origen
 N15 Activació del trasllat d'origen
 N20 Programació en cotes absolutes; Avanç F en mm/rev; Velocitat de gir (S) rpm; Valor de la velocitat de gir; valor de l'avanç de l'eina; Eina de cilindre; gir del plat a en sentit horari.
 N22 Posicionament ràpid
 N25 Refrentat de la peça, amb una passada d'1 mm
 N30 Posicionament ràpid
 N35 Cicle fix de desbastar
 N40 Posicionament ràpid
 N45 Comença el perfil de la peça; Interpolació circular a dretes per fer punt rodó.
 N50 Interpolació lineal per cilindre.
 N55 Tram cònic
 N60 Interpolació circular a dretes per fer un nou punt rodó.
 N65 Tram recte, interpolació lineal.
 N70 Interpolació circular a esquerres per fer un punt rodó
 N75 Desplaçament de l'eina ràpid i fi de programa

b) Fes el plànol de la peça que s'ha de mecanitzar a escala 2:1 a partir del programa.



6. Desenvolupa el programa de CNC que permeti mecanitzar el perfil de la figura indicada a sota. Si disposes del programari adient, introdueix el programa a l'ordinador i fes-ne una simulació. Si, a més, disposes d'un torn didàctic de CNC, mecanitza la peça corresponent. T'aconsellem utilitzar cera com a material per fer-la.



(BRUT X = 21, Z = 60)

N5 G53 X0 Z60

N10 G53

N15 G0 G90 G95 G97 X21 Z0 F0.1 S900 T1.1 M3

N20 G1 X-1

N25 G0 X22 Z1

N30 G68 P0 = K0 P1 = K0 P5 = K0.5 P7 = K0.1 P8 = K0.1
 P9 = K0.2 P13 = K40 P14 = K60

N35 G0 X0 Z0

N40 G2 X6 Z-3 I0 K-3

N45 G1 X6 Z-10

N50 X12 Z-10

N55 X14 Z-37

N60 G3 X20 Z-40 I3 K0

N65 G0 X22 Z1 M30

Unitat 11. Indústria química i tèxtil. Els residus industrials

Activitats

1. Fes una llista de cinc productes que segons el teu parer hagin estat elaborats per la indústria química. Intenta descriure breument quin és el procés que ha seguit l'elaboració de cadascun.

Resposta oberta.

2. Què és una reacció química? Descriu-ne algun exemple.

Una *reacció química* és la combinació de diferents substàncies per obtenir-ne una de nova. Hi ha productes, però, que, per obtenir-los només cal barrejar diferents substàncies, sense necessitat que reaccionin, o bé simplement cal separar les impureses que duen les matèries primeres

3. Per què són necessàries les operacions prèvies en la indústria química?

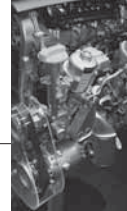
Tenen l'objectiu de possibilitar que la reacció química es faci en el mínim de temps possible. Així, els costos de producció no seran un impediment per poder rendibilitzar la inversió.

4. Explica en què consisteix el procés de desintegració de les substàncies sòlides i quines màquines són les més utilitzades. Busca informació sobre algun producte en el qual calgui desintegrar matèries primeres per a la seva elaboració.

Aconseguir que les substàncies sòlides estiguin molt juntes per assegurar que la seva superfície de contacte sigui molt gran.

Les màquines per fer aquestes tasques són, entre d'altres:

- Les de trossejar per obtenir trossos d'uns 3 cm.
- Les de triturar i així obtindrem gruixos que poden anar de 3 a 9 mm (gravilles).
- Les de mòlta converteixen les gravilles en una farina formada per partícules que poden tenir de mida unes 100 µm.



- 5. Quina és la diferència entre la vaporització i la destil·lació?**
 La *vaporització* és la separació de les mescles líquides per escalfament dels seus components sempre que aquests tinguin diferents temperatures d'ebullició; aquest mètode es fa servir sempre que el dissolvent es pugui desaprofitar.
 La *destil·lació* és la vaporització d'una mescla de líquids amb la condensació dels vapors que surten de la vaporització.
- 6. Esmenta alguns productes en el procés d'obtenció dels quals calgui fer una destil·lació.**
 Resposta oberta.
- 7. Explica la diferència entre un procés d'absorció i un d'adsorció.**
 L'*absorció* és la captació d'un gas per mitjà d'un líquid.
 L'*adsorció* és la captació de gasos o impureses dissoltes en un líquid per mitjà d'un sòlid.
- 8. A part de la fermentació alcohòlica o de la que es produeix en l'obtenció del pa, en coneixes alguna altra? Sí no és així, busca informació sobre altres tipus de fermentació i redacta'n un petit informe.**
 Resposta oberta.
- 9. On es produeixen les reaccions químiques industrials?**
 Es produeixen en els reactors.
- 10. Fes una llista de tres productes en el procés d'obtenció dels quals es produeixi una fermentació.**
 Resposta oberta.
- 11. Quines són les diferències entre els reactors de càrregues, els de procés continu i els de procés semicontinu?**
 En els *reactors per càrregues* es barregen des del començament totes les substàncies que formen part de la reacció, com les substàncies reactives, els dissolvents i els catalitzadors, durant el temps necessari perquè es produeixi la reacció química. En aquesta reacció s'obtindran els productes nous, les matèries primeres que no s'han transformat, el dissolvent, el catalitzador i alguns subproductes.
 En els *reactors continus* els reactius s'introdueixen contínuament en l'espai de reacció juntament amb altres components (dissolvents, catalitzadors, gas portador, etc.) i també el producte final surt d'una manera contínua, així com les matèries primeres no transformades, subproductes, dissolvents, etc.
 Quan un reactor és alimentat per càrregues i dona un producte continuadament, parlem de *reactor semicontinu*.
- 12. L'obtenció del ferro colat o fosa de primera fusió en el procés siderúrgic es fa amb un reactor de càrregues o amb un reactor de procés continu?**
 En un reactor de càrregues.
- 13. Quins són els factors més importants en l'envasament de productes químics?**
 Han de garantir el transport, l'emmagatzematge i la conservació.
- 14. Per què creus que els envasos de les substàncies àcides, com ara el sulfamat i molts productes de neteja, són de plàstic?**
 Perquè són resistent a la corrosió. Compte!, no tots els plàstics tenen aquesta propietat.
- 15. Quina diferència hi ha entre fibra, filament i fil?**
 Les *fibres*, són substàncies sòlides i flexibles de forma prima i allargada, la qual és limitada. En canvi els *filaments* són de llargada il·limitada. El *fil* és el resultat de la unió de multitud de fibres que són sotmeses a torsió.
- 16. Esmenta tres fibres de diferent procedència i un teixit fabricat amb cadascuna d'elles.**
 Resposta oberta.
- 17. En el procés de filatura, quina és la funció de l'obridora? I la de la carda?**
 Netejar, disgregar i homogeneïtzar les diferents partides de cotó que arriben a la filatura.
 La funció de la carda és la d'aconseguir individualitzar les fibres, netejar-les d'impureses i obtenir un vel amb les fibres orientades longitudinalment.
- 18. Quina és la funció principal del procés de preparació? Quines són les màquines que hi participen?**
 Paral·lelitzar definitivament les fibres. El procés que s'utilitza és el d'estirament.
- 19. Quina màquina és la ideal per poder fer mescles de diferents matèries?**
 El manual.
- 20. Quines són les principals funcions de la contínua d'anells?**
 Aprimar la metxa fins a obtenir el títol final i al mateix temps fer que les fibres quedin ben unides per un procés de torsió.
- 21. Quina finalitat té l'ordit?**
 L'*ordit* consisteix a reunir una sèrie de fils ordenats, plegats en forma paral·lela i amb una allargada preestablerta damunt d'un o diversos plegadors.
- 22. Quina propietat dona la cola al fil?**
 Resistència al fregament.
- 23. Com es fa l'operació de teixir? Com identificaries la trama de l'ordit al teler?**
 El *teixit* consisteix a fer una làmina de fils entrellaçant els fils de l'ordit i de la *trama*.
 Els fils que provenen del plegador són els fils de l'ordit i el que surt de la fileta i que corre transversalment respecte del fil d'ordit s'anomena *trama*.
- 24. Quines operacions es duen a terme en el repàs?**
 La de control de qualitat.
- 25. Fes un diagrama de blocs on es visualitzi el procés industrial del tèxtil des de l'elaboració del fil fins a l'obtenció de teles i teixits, i indica-hi les operacions que es duen a terme.**
 Resposta oberta.



26. Què entenem per residu industrial?

Els residus industrials són substàncies (sòlids, líquids o gasos) que provenen d'un procés de transformació, fabricació, manteniment, consum, reparació o neteja, i que han estat abandonades pel fet de no ser útils.

27. Esmenta cinc contaminants produïts per les indústries. Quins són els seus efectes en el medi ambient?

Contaminant	Impacte ambiental	Efectes
CO (monòxid de carboni) CO ₂ (diòxid de carboni)	Efecte d'hivernacle, perjudica la salut de les persones	Canvi climàtic, pulmons, cor, mal de cap, son...
NO _x (òxid de nitrogen) SO _x (òxid de sofre)	Pluja àcida, perjudica la salut de les persones	Erosió del sòl, acidesa de l'aigua, irritació, coll, ulls, tos...
NO, CFC, destrucció del PVC	Destruïxen la capa d'ozó, perjudica la salut de les persones	Càncer de pell
PST (partícules en suspensió)	Boira (<i>smog</i>)	Problemes pulmonars
Cl ₂	Amb excés, contamina l'aigua	Pudor, mal gust, efectes cancerígens, acidesa de l'aigua
Metalls pesats (Pb, Fe), S, P, olis, greixos, tints, productes alimentaris...	Contaminen l'aigua	Aigua no potable
Deixalles	Volum de dipòsits en els abocadors, possibles filtracions en els aqüífers subterranis	Destrucció del paisatge, aigua no potable

28. Quin objectiu pretén el desenvolupament sostenible?

Resposta oberta.

29. Quins consells donaries als teus companys o companyes perquè contribuïssin a millorar el medi ambient?

Resposta oberta.

30. Quines són les operacions bàsiques que es fan en una depuradora?

- Emmagatzemament de l'aigua.
- Eliminació dels sòlids en suspensió.
- Predesinfecció.
- Floculació.
- Sedimentació.
- Filtració i desinfecció.

31. Quins problemes provoca la contaminació de l'aire?

Juntament amb les indústries, els processos de combustió (cotxes) són els principals generadors d'emissions contaminants de l'aire a les grans ciutats i nuclis urbans. Aquestes emissions provoquen l'efecte d'hivernacle, la pluja àcida i, en definitiva, degraden la qualitat de vida. Una prova evident és que aquestes emissions sovint fan pudor i creen un entorn incòmode.

32. Llegeix i comenta l'article de Joan Ignasi Puigdollers, conseller de Medi Ambient. Malgrat que l'article va ser publicat el 21/12/1997 a *El Periódico*, encara continua vigent.

Enterrem el planeta?

«[...] Un aspecte essencial per canviar les tendències d'emissió de gasos amb efecte d'hivernacle és el coneixement i la implicació per part de la societat. Malgrat que els acords internacionals són imprescindibles i les actuacions dels governs necessàries, no podem ignorar la importància del rol que hi té el ciutadà amb l'ús indiscriminat del cotxe privat o la calefacció. No obstant això, una presentació molt negativa dels resultats obtinguts pot tenir conseqüències nefastes per obtenir una resposta social tan urgent com necessària.

Reduir les emissions vol dir reduir les activitats que les produeixen o trobar fórmules alternatives i, en aquest sentit, les mesures d'increment d'eficiència energètica, el foment de les energies renovables o la racionalització del trànsit han de fer possible aquesta reducció amb un efecte pedagògic addicional: assolir els percentatges de reducció sense que se'n ressenti el nivell de desenvolupament. I això implica fugir de l'abstracció i de la fatalitat d'alguns plantejaments per potenciar la idea que, a més a més de la presa de decisions dels governs, l'actuació de cada ciutadà també resulta decisiva per a la solució global del problema.»

Joan Ignasi Puigdollers
Exconseller de Medi Ambient

Resposta oberta.

■ Activitats finals

□ Qüestions

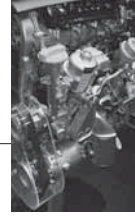
1. Quina de les operacions següents facilita la reacció química entre diferents substàncies:

- a) La mescla íntima.
- b) La decantació.
- c) La sublimació.
- d) La separació.

La resposta correcta és la a).

2. La decantació consisteix a:

- a) Separar una substància sòlida d'una de líquida per centrifugació.



- b) Separar dues substàncies líquides de diferent densitat.
- c) Separar per gravetat una substància sòlida suspesa dins d'un líquid.
- d) Filtrar un líquid per extreure'n les partícules que pugui contenir.

La resposta correcta és la c).

3. Les funcions bàsiques de l'envasament de productes són:

- a) Garantir que no es deteriorin i es puguin emmagatzemar bé.
- b) Oferir-ne una presentació atractiva i econòmica.
- c) Garantir-ne la seguretat, la conservació, el transport i l'emmagatzematge.
- d) Garantir-ne un ús posterior fàcil, còmode i segur.

Totes les respostes són correctes.

4. Un fil és:

- a) Una substància sòlida, flexible, prima i de llargària limitada.
- b) Una substància sòlida, flexible, prima i de llargària il·limitada.
- c) Una substància sòlida, rígida, prima i de llargària limitada.
- d) Un conjunt de fibres o filaments torçats de longitud infinita.

La resposta correcta és la d).

5. En una filatura, la màquina encarregada de netejar i orientar paral·lelament les fibres és:

- a) La fileta.
- b) El manuar.
- c) La metxera.
- d) La carda.

La resposta correcta és la d).

6. En un tren d'estiratge:

- a) La cinta de carda o les vetes del manuar es torcen per formar fils.
- b) La cinta de carda o les vetes de manuar s'aprimen i s'estiren paral·lelitzant les fibres.
- c) La cinta de carda o les vetes del manuar es torcen per formar metxes.
- d) S'ajunten diferents filaments per formar un fil.

La resposta correcta és la b).

7. L'operació d'ordir consisteix a:

- a) Reunir els fils de manera ordenada i paral·lela damunt d'un plegador.
- b) Reunir els fils ordenadament a les bobines d'una fileta.
- c) Passar la trama als fils d'un teler.
- d) Posar una pel·lícula de cola als fils per donar-los més resistència.

La resposta correcta és la a).

8. Quina d'aquestes parts no pertany a un teler?

- a) La pua.
- b) La llançadora.
- c) La calada.
- d) La fileta.

La resposta correcta és la d).

La fileta és una part de l'ordidor que té la funció de agrupar les bobines de fil per formar l'ordit.

9. En una depuradora d'aigua es pot produir gas metà:

- a) A la floculació.
- b) Al decantador.
- c) Al dipòsit de fangs.
- d) Al digestor anaerobi.

La resposta correcta és la d).

10. La utilització d'embalatges, més enllà del que és raonable per identificar i protegir un producte, representa algun inconvenient?

- a) No, al contrari, fa més agradable consumir el producte.
- b) No, al contrari, fa augmentar la qualitat del producte.
- c) Sí, fa disminuir la vida útil del producte.
- d) Sí, fa augmentar la utilització de recursos i la generació de residus.

La resposta correcta és la d).

11. Si els principals contaminants de l'aire que emet una indústria són: CO_2 , CO, NO_x , SH_2 , NH_3 , etc. estem parlant de la indústria de:

- a) L'automòbil.
- b) La metal·lúrgica.
- c) La cel·lulosa.
- d) Les cimenteres.

Les respostes correctes són a) i b).



□ Exercicis

1. Quines són les etapes necessàries per obtenir productes químics?

La preparació de les substàncies reactives, la separació o reacció de les substàncies i l'envasat de productes obtinguts en la reacció.

2. Els *alambins* són aparells molt utilitzats en la indústria química des de sempre. Busca informació sobre com són, com funcionen, fes-ne un croquis i digues quines són les seves aplicacions principals.

Resposta oberta.

3. Quins són els avantatges d'un reactor de funcionament continu?

Permet un elevat grau d'automatització, amb el consegüent estalvi d'energia i manca d'escapament de gasos.

4. Quines són les màquines més destacables del procés de filatura? Quina és la funció de cadascuna?

El procés de la filatura consisteix en les fases següents: *obertura*, *cardat*, *preparació*, *filatura* i *bobinatge*.

Vegeu «La filatura».

5. Com es forma el teixit en un teler?

Vegeu «El teixit».

6. Segons la manera de passar la trama els telers han evolucionat de la manera següent:

- Manuals.
- De garrot.
- D'espasa.
- De pines
- De projectil.
- De raig d'aire o d'aigua.

Indica com funciona el sistema en cadascun dels casos.

Consisteix en una làmina de fil, el fil prové del plegador (ordit) i de la fileta de trama (trama). Aprofitant que les seves direccions són perpendiculars entrellacem els fils.

7. Fes una classificació dels principals residus industrials. Quines són les indústries que contaminen més? I quins residus generen?

Els residus industrials els podem classificar segons quin sigui el seu estat material en: *residus sòlids*, *residus líquids* i *residus gasosos*. Tots tres són responsables de la contaminació de l'aire, l'aigua i el sòl, indispensables per a viure.

8. A la teva comarca, quin tipus de residus industrials creus que es generen?

Hi ha algun tipus de depuradora o, si és el cas, les indústries prenen alguna mesura sobre els residus que generen?

Resposta oberta.

■ Unitat 12. Elements d'organització industrial

■ Activitats

1. Quins són els elements bàsics del procés industrial?

Energia, materials, màquines i sistemes i l'organització industrial.

2. Què entens per organització, pel que fa a la producció industrial?

La combinació dels diferents elements del procés industrial amb l'objectiu d'augmentar la productivitat.

3. Com afecta la divisió del treball a la productivitat?

La divisió del treball provoca una especialització del personal i també de les màquines i els sistemes necessaris per fabricar un objecte o aparell, i es redueixen els temps de realització, la qual cosa representa un augment de la producció.

4. Quines són les característiques essencials de la producció en sèrie?

La producció en sèrie es basa en els principis següents:

– *La mínima distància del recorregut*. Cada operació comença on acaba l'anterior, és a dir, cada operari inicia la seva tasca on a finalitzat l'anterior.

– *Flux de treball continu*. Les operacions de fabricació es duen a terme l'una darrera l'altra sense temps morts. El moviment dels materials o productes és continu i a un ritme uniforme.

– *Divisió del treball*. La utilització més eficaç de la mà d'obra consisteix a assignar una operació a cada treballador el qual l'ha d'executar amb la màxima rapidesa i eficàcia. Aquest fet comporta l'especialització de la mà d'obra.

– *Operacions simultànies*. Al llarg de la cadena de producció tots els operaris realitzen simultàniament totes les operacions, cadascun la que té assignada. Ningú s'ha d'esperar a fer la seva feina pendent de la d'un altre.

– *Operació conjunta*. S'estableixen línies de producció en les quals es duen a terme operacions que intervenen en la construcció o fabricació d'un objecte, com ara la línia de muntatge, o la línia de pintura. La línia es considera una sola unitat de producció.

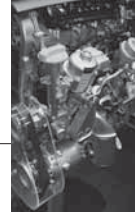
– *Trajectòria fixa*. La idea bàsica és preparar una trajectòria fixa dels materials i mantenir-los en moviment sobre ella.

– *Mínim temps i material*. Cal garantir el mínim temps en la realització de les diferents operacions i el mínim de materials en la unitat de producció.

– *Intercanviabilitat*. És bàsic l'intercanvi de peces i components, que s'aconsegueix amb la normalització.

5. Quines són les funcions d'una oficina tècnica?

A l'oficina tècnica és on es du a terme el projecte tècnic i, per tant, les funcions de disseny del producte i la planificació de la producció.



6. Quines funcions duen a terme els departaments d'R+D?

Als departaments de recerca i desenvolupament (R+D), es duen a terme les investigacions per tal de dissenyar nous productes, millorar-ne els actuals i sovint també investigar nous mètodes de producció.

7. Quins són els mètodes actuals més utilitzats per dissenyar o millorar productes o objectes?

Existeixen diferents mètodes o tècniques d'entre les quals destaquen *els Brainstorming, la tècnica Delfos i la tècnica matricial*. Vegeu «De les idees al disseny».

8. Quin és, segons el teu parer, el mètode de disseny o millora més efectiu? Justifica la teva resposta.

Resposta oberta.

9. Per què es construeixen maquetes i prototips?

Per realitzar proves i assajos per comprovar el funcionament i acabar de definir exactament el producte.

10. Quins avantatges té la simulació per ordinador enfront de la construcció de maquetes o prototips?

Es poden dur a terme les tasques de simulació i experimentació del producte, sense necessitat de construir-los, de manera que es poden introduir les modificacions necessàries fins a trobar la solució final, sense haver de refer o modificar constantment les maquetes o prototips o instal·lacions de prova.

11. Els costos fixos de producció d'un objecte són $c_f = 2\,000$ €. Si es venen a 12 € la unitat i es comencen a obtenir beneficis a partir de 500 unitats venudes, quin és el cost de producció unitari (C_p)?

S'obtidran beneficis quan el ingressos I_{ng} per 500 unitats venudes siguin superiors a les despeses o costos totals C_T necessaris per fabricar-les.

$$I_{ng} > C_T$$

$$\text{Per a 500 unitats: } I_{ng} = C_T$$

$$I_{ng} = P_v \cdot U_{venudes} = 12 \text{ €/un} \cdot 500 \text{ un} = 6\,000 \text{ €}$$

$$C_T = \text{Costos fixos} + \text{Costos variables} = 2\,000 \text{ €} + C_p \cdot U_{fabricades} = 2\,000 \text{ €} + C_p \cdot 500 \text{ un}$$

$$2\,000 \text{ €} + C_p \cdot 500 \text{ un} = 6\,000 \text{ €}$$

$$\text{d'on } C_p = 8 \text{ €}$$

12. Quines són les característiques més importants del taylorisme o mètode clàssic?

Les característiques més importants del mètode clàssic són les següents:

- Establiment de mètodes científics per a l'organització del treball. El mètode de treball ha estat estudiat i assajat pas a pas, prèviament a l'execució, fins a trobar el mètode més ràpid i efectiu.
- Jerarquització de la presa de decisions a diferents nivells amb professionalització de la tasca directiva.
- Diferenciació i especialització per a diferents tasques del personal que intervé en el procés productiu.

– Incentivació del personal, mitjançant sistemes de retribució variables d'acord amb la producció.

– Estudi dels temps de treball, mitjançant la mesura sistemàtica del temps necessari per operació que ajudi a trobar els temps tipus per a cada operació.

– Planificació i control de la producció, mitjançant l'estimació de necessitats a partir d'una demanda continuada, gestió d'estocs, etc.

13. Quines són les diferències essencials entre l'MRP-I i l'MRP-II?

L'MRP-II (*Manufacturing Resources Planning*) parteix de l'experiència de l'MRP-I i, a més de gestionar les necessitats materials, gestiona també els recursos de producció per tal d'ajustar al màxim la capacitat productiva real a les quantitats i terminis establerts amb els clients.

14. Quina és la filosofia de producció del JIT?

El *just a temps* constitueix un sistema de fabricació que pretén produir la quantitat necessària ajustada a la demanda, en el moment adequat, en la qualitat exigida i amb el mínim cost possible.

15. En què consisteix el mètode Kanban?

Vegeu «El mètode Kanban».

16. Què són els cercles de qualitat?

Els *cercles de qualitat* pretenen implicar les persones en el procés productiu fent-les participar en la presa de decisions. Per això, s'organitzen grups de cinc o deu persones voluntàries implicades en un mateix departament o secció o grups mixtos de departaments relacionats, dirigits per una persona. Aquests grups es reuneixen periòdicament i discuteixen el procés en el qual es troben, i intenten suggerir i aportar idees a la direcció que permetin millorar-lo, tant pel que fa a l'aspecte productiu com a la qualitat del producte. L'aportació d'idees que influeixin positivament en el procés productiu o en la qualitat comporta la promoció del personal i, consegüentment, la millora salarial.

17. Quins avantatges té la distribució en planta en forma de U?

Els avantatges principals d'aquesta distribució són els següents:

- Un mateix operari pot atendre la primera i l'última màquina de la línia, amb la qual cosa es pot controlar el flux de producció, de manera que quan surt una peça acabada n'entra una altra, i s'eviten així acumulacions.
- Un sol operari pot atendre diferents màquines.
- Si la línia està totalment automatitzada, un sol operari pot regular tot el procés.

18. Quina és la característica bàsica del sistema TOC?

El TOC (*Theory of Constraints*) és un sistema d'optimització dels processos de producció centrats en els anomenats *colls d'ampolla* o *punts* en què la producció s'alenteix o crea dificultats. Es programa tot el procés a partir d'aquests colls d'ampolla. Llavors, la producció queda limitada a allò que realment poden absorbir els colls d'ampolla, a partir dels quals es preveuen els estocs de materials i el flux de producció.



19. En quins casos s'aplica la tècnica PERT?

El PERT (*Program Evaluation and Review Technique*) s'utilitza quan es tracta de planificar i gestionar grans obres i projectes de molta complexitat, com ara la construcció de naus industrials, grans edificis, obres d'enginyeria, etc., en què les tècniques de planificació estudiades no són operatives, ja que hi ha operacions que no es poden dur a terme sense que prèviament se n'hagin acabat d'altres.

20. En l'anàlisi de costos, què significa el punt mort?

Vegeu «Costos de producció».

21. Quins són els dos aspectes bàsics pels quals cal fer una bona gestió dels estocs?

L'aspecte *productiu*: cal tenir els materials en la quantitat i en el temps necessaris. I l'aspecte *econòmic* i *financer*: un estoc representa un capital immobilitzat que genera despeses tant financeres com de conservació i emmagatzematge.

22. Quins són els dos sistemes més emprats per a la gestió d'estocs?

Hi ha dos sistemes per a l'aprovisionament de materials o productes: *per dates fixes i quantitats variables* i *per dates variables en quantitats fixes*.

23. Què és la ruptura d'estoc?

La ruptura d'estoc es produeix quan en un període determinat a causa de la demanda de producció s'exhaureixen les existències, amb la qual cosa la producció queda interrompuda.

24. Com es determina el lot o sèrie econòmica?

Es determina a partir de l'anàlisi de costos que representa la seva existència. Els costos serien mínims si es tingués un nivell d'estocs de seguretat nul. Però això no és possible. Per tal d'establir els costos que es deriven de l'existència d'estocs, es classifiquen en dos grups: *costos d'inventari* i *costos de compra*.

25. Com es du a terme el control de qualitat total?

Vegeu «El control de qualitat total».

26. La fabricació d'un producte determinat consta de tres operacions. La taxa de qualitat de cadascuna d'aquestes operacions és del 98%, el 95% i el 92%, respectivament. Si només passen a l'operació següent els productes sense defectes, quants productes sense defectes obtindrem d'un lot de 2 000 productes?

1 713 productes.

27. En què consisteixen els sistemes CAD, CAM i CAE i quina relació tenen entre ells?

El CAD (*Computer Aided Design*) o DAO (*disseny assistit per ordinador*) és una tècnica molt estesa actualment que permet un gran estalvi de temps en el disseny de productes. El DAO facilita la representació gràfica de l'objecte en dues o tres dimensions, la qual cosa permet modelitzar i elaborar els plànols corresponents mitjançant impressores o traçadors (*plotters*). Això permet fer múltiples versions d'un mateix objecte per estudiar-les i escollir la que millor s'adapti a les necessitats.

Amb l'enginyeria assistida per ordinador, CAE (*Computer Aided Engineering*), es du a terme el desenvolupament tecnològic

del producte amb sistemes informàtics. Es fan els càlculs de resistència de materials per al dimensionament de les peces, l'elecció de materials idonis, la simulació i l'anàlisi de prototips i processos.

La fabricació assistida per ordinador, o CAM (*Computer Aided Manufacturing*), consisteix en la utilització de sistemes informàtics per controlar les màquines que intervenen en el procés de fabricació.

Normalment, és a partir del disseny creat per un programa de CAD que s'efectua el programa de control de fabricació, de manera que generalment s'anomena el CAD/CAM, ja que totes dues tècniques solen estar integrades. La seva implementació depèn del grau d'automatització de les màquines, que ha de dur incorporat un sistema de CNC.

28. Què són els graus de llibertat en un robot?

El nombre de *graus de llibertat* determina la capacitat de maniobra d'un robot. Van de 2 fins a 6. Amb dos graus de llibertat pot efectuar dos moviments en els dos sentits, com ara moure's endavant i enrere i a la dreta i a l'esquerra (o amunt i avall). Amb sis graus pot efectuar els tres moviments en l'espai, en els dos sentits i fer tres giris en els tres plans i en els dos sentits.

29. De quins elements ha de disposar una cèl·lula de fabricació flexible? Quina relació pot tenir amb el CIM?

Una cèl·lula de fabricació flexible consta generalment dels elements següents:

- Un sistema d'aprovisionament d'eines i materials o peces que cal transformar.
- Un robot per treure i/o col·locar els materials o peces.
- Un sistema de màquines de CNC.
- Un robot o un sistema per al canvi d'eines per a les màquines.
- Un robot o un sistema d'extracció de peces acabades.
- Un sistema de control de tot el conjunt.

La fabricació integrada per ordinador, o CIM (*Computer Integrated Manufacturing*) integra, entre d'altres tècniques, cèl·lules de fabricació flexibles.

30. Què és i de què consta un sistema SCADA?

La SCADA o supervisió, control i adquisició de dades consisteix en un sistema de gestió i control integral del procés de producció, mitjançant el monitoratge de tot allò que afecti les diferents operacions de la producció, i proporciona informació en tot moment dels diferents paràmetres sense interrompre el procés.

En un sistema SCADA podem distingir quatre nivells principals:

- *Nivell de gestió*. Recollida d'informació per a la presa de decisions.
- *Nivell d'operació*. Supervisió, comandament i adquisició de dades del procés.
- *Nivell de control*. Unitats de control distribuïdes, normalment PLC o qualsevol altre tipus d'autòmat, en temps real.



– *Nivell de sensors i elements de control en planta.* Sensors i transductors per tal de captar senyals analògics i digitals (fotocèl·lules, detectors de proximitat, finals de cursa, etc.).

31. Quines són les causes més usuals que provoquen accidents laborals?

Els accidents normalment solen ser provocats per dos tipus de causes: *errades humanes* i *errades tècniques*.

Les errades humanes són la causa majoritària dels accidents laborals. Normalment són produïdes per una actuació insegura o negligent dels operaris. Algunes d'aquestes errades humanes són conseqüència de la distracció, descontentament, manca d'acoblament al lloc de treball, inexperiència, cansament, preocupacions, etc.

Les errades tècniques són produïdes per la perillositat d'algunes màquines o instal·lacions, les condicions ambientals (sorolls, temperatura, il·luminació), etc.

32. Quins són els criteris que cal considerar en la redacció d'un pla de prevenció d'accidents?

Els criteris que cal considerar en un pla de prevenció d'accidents són:

1. L'empresari aplicarà les mesures que integren el deure general de prevenció, conforme als principis generals següents:
 - a) Evitar els riscos.
 - b) Avaluar els riscos que no es poden evitar.
 - c) Combatre els riscos en el seu origen.
 - d) Adaptar el treball a la persona, en particular en allò que fa referència a la concepció dels llocs de treball, així com a l'elecció dels equips i els mètodes de treball i de producció, per tal, en particular, d'atenuar el treball monòton i repetitiu i de reduir els efectes que té en la salut.
 - e) Tenir en compte l'evolució de la tècnica.
 - f) Substituir allò perillós per allò que impliqui poc perill o gens.
 - g) Planificar la prevenció, buscant un conjunt coherent que integri la tècnica, l'organització del treball, les condicions de treball, les relacions socials i la influència dels factors ambientals en el treball.
 - h) Adoptar mesures que anteposin la protecció col·lectiva a la individual.
 - i) Donar les degudes instruccions als treballadors.
2. L'empresari prendrà en consideració les capacitats professionals dels treballadors en matèria de seguretat i de salut en el moment d'encomanar-los les tasques.
3. L'empresari adoptarà les mesures necessàries per tal de garantir que només els treballadors que hagin rebut informació suficient i adequada puguin accedir a les zones de risc greu i específic.
4. L'efectivitat de les mesures preventives haurà de preveure les distraccions o imprudències no temeràries que pot cometre el treballador...

■ Activitats finals

□ Qüestions

1. A partir d'un peu de rei o qualsevol objecte senzill de l'aula de tecnologia, estableix dos plans de producció basats, l'un en una producció artesana i l'altre, en una producció en sèrie.

Resposta oberta.

2. Compara els cinc grans sistemes de producció actuals i diques quines són les característiques més importants de cadascun d'ells i quins creus que s'adapten millor a l'actualitat.

Resposta oberta.

3. Quina diferència hi ha entre els sistemes d'organització i gestió de la producció de tipus *pull* i els de tipus *push*?

Un sistema se l'anomena *pull* o *d'arrossegament*, quan és la demanda que estira el procés productiu. Es fabrica allò que ja es té venut i per tant és el client que arrossega al muntatge, el muntatge a la fabricació, i la fabricació a l'adquisició de matèries o productes als proveïdors, amb la qual cosa els estocs són nuls. En canvi en el sistema *push* o *d'empenta* el procés productiu és empès per les ordres de producció de l'empresa (no dels clients), obligant a fabricar allò que previsiblement es vendrà i que obliga a tenir estocs de fabricació per iniciar el procés.

4. Quin és el paper d'un treballador en un sistema taylorista i en un de toyotista (JIT)?

En un sistema taylorista el treballador actua dins una estructura jerarquitzada, no té participació directa en la planificació de la producció i té com a motivació bàsica els incentius econòmics derivats d'una producció més gran. En el sistema toyotista, al treballador se l'intenta implicar en el procés productiu de manera que participi en la presa de decisions, a través de l'aportació d'idees i suggeriments que el millorin. Això el fa en certa manera protagonista i pot significar tant millores salarials com promocions a llocs de treball amb més responsabilitat.

5. Per què creus que a les empreses els interessa tenir el mínim d'estocs?

Perquè els estocs, en ser un capital immovilitzat, generen despeses econòmiques i financeres, tant d'amortització de capitals invertits en l'adquisició de materials (pagament d'interessos bancaris) com despeses derivades del manteniment, conservació i emmagatzematge dels materials.

6. Qualitat i producció són dos elements que tradicionalment han estat difícils de conjugar.

Quina creus que és la millor manera de garantir una determinada qualitat dels productes en un procés de fabricació?

Resposta oberta.

7. Com creus que les tecnologies basades en sistemes informàtics afecten els sistemes de producció i el mercat laboral?

Resposta oberta.

8. El mercat laboral exigeix, cada vegada més, persones amb una formació àmplia, però molt flexibles i amb una bona ca-



pacitat d'adequació constant a les noves tecnologies i noves maneres de fer.

Quina n'és la causa?

Pots relacionar-ho amb el que has estudiat en aquesta unitat?

Resposta oberta.

9. Una de les noves formes de treball que està apareixent, com a conseqüència de les noves tecnologies en el camp de les comunicacions, és l'anomenat teletreball. Pots explicar en què consisteix? Quins avantatges i quins inconvenients creus que té?

Resposta oberta.

10. En la fabricació d'un lot de 10 000 peces se n'han obtingut 975 de defectuoses. La fabricació consta de dues operacions amb el mateix percentatge de defectes. Si d'una operació a l'altra només passen les peces sense defectes, quin és el percentatge de defectes a cada operació?

x : % de peces defectuoses en cada operació

S'ha de complir:

$$10000 \left(1 - \frac{x}{100} \right)^2 = 10000 - 975$$

$$x = 5 \%$$

11. Els costos fixos de producció d'un objecte són $c_f = 4500$ €, i el cost unitari és de $c_p = 2$ €.

Si es venen a 5 € la unitat, a partir de quin nombre de peces venudes es començaran a obtenir beneficis?

$$I_{ng} > C_T$$

$$\text{Per a } n \text{ unitats: } I_{ng} = C_T$$

$$I_{ng} = P_v \cdot n = 5 \text{ €/un} \cdot n$$

$$C_T = \text{Costos fixos} + \text{Costos variables} = 4500 \text{ €} + c_p \cdot n = 4500 \text{ €} + 2 \text{ €/un} \cdot n$$

$$4500 \text{ €} + 2 \text{ €/un} \cdot n = 5 \text{ €/un} \cdot n$$

$$\text{d'on } n = 1500 \text{ unitats}$$

12. Al web www.mtas.es/insht podem trobar informació de l'Institut Nacional de Seguretat i Higiene en el Treball. Consulta-la i elabora un informe en el qual es descriu en quines activitats es produeixen més accidents laborals i en quines hi ha més malalties professionals.

Resposta oberta.

■ Avaluació del bloc 4

- 1> PAU Determina el tipus d'ajust que correspon a l'ajust

115 K6/m⁶, om la tolerància K6 del forat és $\begin{pmatrix} +100 \\ -50 \end{pmatrix} \mu\text{m}$ i la tolerància m6 de l'eix és $\begin{pmatrix} +35 \\ +13 \end{pmatrix} \mu\text{m}$.

- a) Joc
b) Serratge
c) Indeterminat
d) Lleuger

La resposta correcta és la b).

- 2> En què consisteix la fabricació amb CNC?

Veure text unitat 10.

- 3> Respon les preguntes següents sobre el procés de soldar:

- a) En quin tipus de soldadura s'assoleixen les temperatures més baixes?

Soldadura tova.

- b) Quin és el metall d'aportació en una soldadura tova?

Aliatge d'estany i plom.

- c) Quina funció ha de tenir l'escòria de l'elèctrode?

Evitar que la soldadura es refredi ràpidament i provoqui esquerdes en la soldadura, i protegir el material contra l'oxidació.

- d) Quin procediment faries servir per soldar la porta de ferro del pati?

Soldadura elèctrica.

- e) Quin procediment utilitzaries per soldar una nansa d'una tassa d'acer inoxidable?

Soldadura per punts.

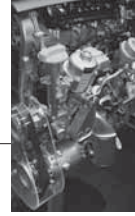
- 4> PAU En una cadena de muntatge hi ha dues estacions de control de qualitat, una al final de la línia, en les quals es retiren les peces defectuoses. La taxa de rebuig de cadascuna d'elles, en mitjana, és del 2% i del 0,5% respectivament. D'un lot inicial de 150 unitats, quantes superen, en mitjana, ambdós controls de qualitat?

- a) 147,6.
b) 146,3.
c) 145,8.
d) 148,1.

La resposta correcta és la b).


- 5> PAU (Curs 2005) Una planta de tractament integral de residus és un equipament destinat al seu aprofitament. Aquests tipus d'equipaments són:

- a) Inútils, perquè els residus són elements que cal arraconar perquè molesten.
b) Inútils, perquè entre els productes finals de la planta hi ha material de rebuig.
c) Inútils, perquè els productes finals de la planta quasi no s'aprofiten.



- d) Útils, perquè converteixen part dels residus en productes aprofitables.

La resposta correcta és la *d*).

6>  PAU (Curs 2006) Un perfumista artesà vol posar en venda un nou producte. Per fer-ho necessita una inversió inicial de 125 € i una despesa addicional de 13 € per ampolla de perfum. Si el preu de venda de cada ampolla és de 25 €, quin és el nombre mínim d'unitats que ha de vendre per tenir benefici?

- a) 8.
- b) 9.
- c) 10.
- d) 11.

La resposta correcta és la *d*).