Tecnologia industrial / Tecnologia i enginyeri

Motors reductors

Exercicis · 20 exercicis

Proves d'accés a la universitat (PAU) de Catalunya. Ordenats del més recent al més antic.
Retalls dels exàmens i pautes oficials (selecat.cat / universitats.gencat.cat).

Exercici 2

[2,5 punts en total]

Puntuació de l'exercici 2	

Volem muntar un sistema d'elevació industrial (polispast elèctric de cable) en un pont grua per tal d'elevar verticalment una càrrega. El sistema disposa d'un motor asíncron, d'un reductor i d'un tambor al qual s'enrotlla el cable.

En les condicions d'estudi, la càrrega s'eleva a velocitat constant i la massa elevada és $m = 1\,000$ kg. El motor gira a una velocitat constant $n_{mot} = 1\,450\ \text{min}^{-1}$ i el reductor, de rendiment $\eta = 0{,}7$, té una relació de transmissió $\tau = \dfrac{\omega_{sortida}}{\omega_{entrada}} = \dfrac{1}{150}$.

El diàmetre del tambor és $d = 423$ mm.

Ens han fet arribar el catàleg de motors següent i ens cal triar el més adequat per al nostre sistema d'elevació.

Motor	*Potència nominal (kW)*	*Velocitat nominal de gir (min^{-1})*	*Parell nominal (N m)*
A	1,5	1 450	9,879
B	2	1 450	13,17
C	2,5	1 450	16,46
D	3	1 450	19,75

2.1. Determineu la velocitat lineal d'elevació de la càrrega, v, i la força F necessària per a elevar-la.

[1 punt]

Puntuació de l'apartat 2.1	

2.2. Calculeu la potència mecànica que ha de subministrar el motor, P_{mot}, i indiqueu quin motor cal escollir. Justifiqueu breument la resposta.

[1 punt]

Puntuació de l'apartat 2.2	

2.3. A la sortida del reductor hi ha un sensor que mesura el parell que està transmetent l'eix i que envia un senyal que permet bloquejar el sistema quan se supera en un 15 % el parell del punt de funcionament nominal del motor.

Determineu el valor del parell al qual ha d'estar tarat el sensor, Γ_{sens}.

[0,5 punts]

Puntuació de l'apartat 2.3	

Exercici 3

[2,5 punts en total]

Puntuació de l'exercici 3	

En una impremta industrial hi ha una rotativa d'impressió contínua alimentada amb paper en bobina. La rotació d'un eix tractor marca el ritme de treball de tota la línia, ja que governa l'avanç del paper, assegura una tensió adequada i sincronitza la secció d'impressió, el plegat i el tall. Si la velocitat de gir d'aquest eix no és l'adequada, poden aparèixer defectes en l'aplicació dels colors, variacions de tensió, arrugues, trencament del paper o errors al plegador. Per aquest motiu, el fabricant recomana que l'eix tractor treballi a una velocitat nominal $n_{eix} = 600\ \text{min}^{-1}$. Aquest eix fa girar un corró tractor de diàmetre $d = 330$ mm, que és l'element que arrossega el paper cap endavant. La velocitat lineal d'avanç recomanada del paper és $v_{recom} = 10$ m/s i el procés admet una tolerància de qualitat de ±5 % respecte a aquest valor.

Per a fer funcionar el sistema es fa servir un motor asíncron estàndard de dos parells de pols, amb velocitat nominal $n_{mot} = 1\,420\ \text{min}^{-1}$. Aquesta velocitat és més gran que la necessària a l'eix principal i, per tant, cal utilitzar un reductor. L'empresa està buscant el reductor comercial que s'ajusti millor als requisits del sistema, i també vol comprovar si amb aquest reductor es podrà complir la tolerància de qualitat establerta. El proveïdor ofereix tres reductors amb les relacions de reducció estàndard següents:

Reductor	*A*	*B*	*C*
$i = n_{entrada}/n_{sortida}$	1,5	2,5	3

Determineu:

3.1. La relació de reducció real necessària $i_{nec} = n_{entrada}/n_{sortida}$ i el reductor que cal escollir.

[1 punt]

Puntuació de l'apartat 3.1	

3.2. La velocitat final de l'eix que s'obtindrà amb el reductor escollit, n_{real}, i la velocitat d'avanç del paper, v_{real}.

[1 punt]

Puntuació de l'apartat 3.2	

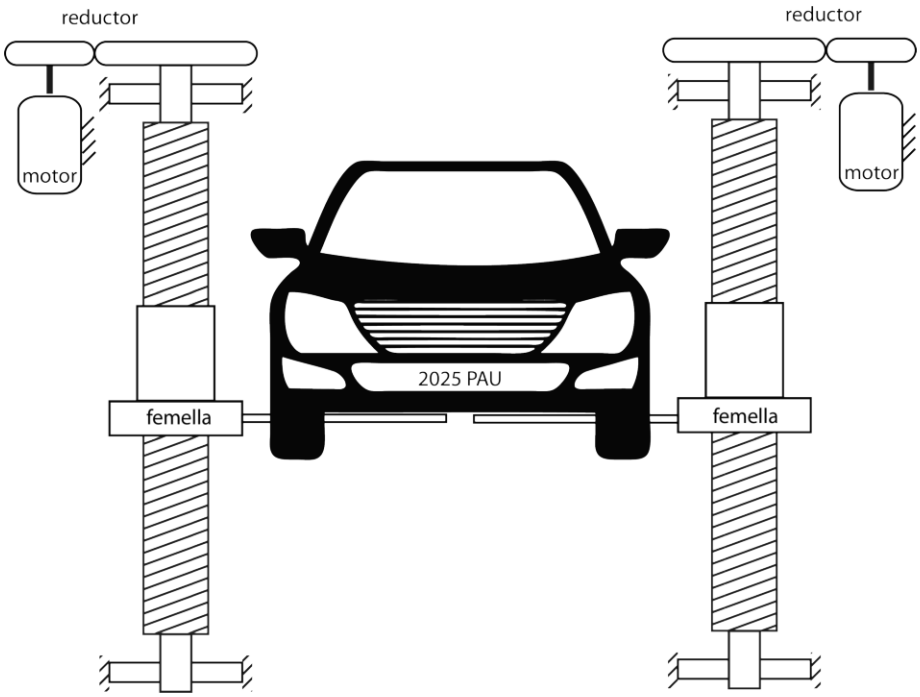
3.3. L'error percentual respecte al valor desitjat, Δ. Justifiqueu si l'elecció compleix les recomanacions del fabricant.

[0,5 punts]

Puntuació de l'apartat 3.3	

Exercici 3

[2,5 punts en total]



La figura mostra un esquema d'un elevador de taller de dues columnes. Les dues columnes són iguals, i dins de cadascuna d'elles hi ha una transmissió cargol-femella. La femella és solidària als braços que sostenen el vehicle. A la part superior de la columna se situa un motor que per mitjà d'un reductor d'engranatges fa girar el cargol situat a l'interior de la columna, que fa pujar o baixar la femella. El moviment dels dos motors està sincronitzat perquè els braços tinguin el mateix moviment.

L'alçada màxima d'elevació des de la posició més baixa dels braços és $h = 1{,}8$ m; la massa que suporta cada columna és $m = 1\,900$ kg; el cargol té un pas de rosca de 7 mm per volta (el cotxe s'eleva 7 mm per cada volta del cargol), i el conjunt del sistema té un rendiment $\eta = 0{,}4$.

Volem determinar la potència elèctrica d'un motor i dissenyar el reductor perquè quan el motor giri a $n = 1\,420\ \text{min}^{-1}$ el temps d'elevació per a arribar a l'alçada màxima sigui $t = 45$ s. Per a això, determineu:

a) La potència mecànica necessària per a elevar el cotxe, P_{mec}.
[0,5 punts]

b) La potència elèctrica que consumirà cada motor, $P_{\text{elèc}}$.
[0,5 punts]

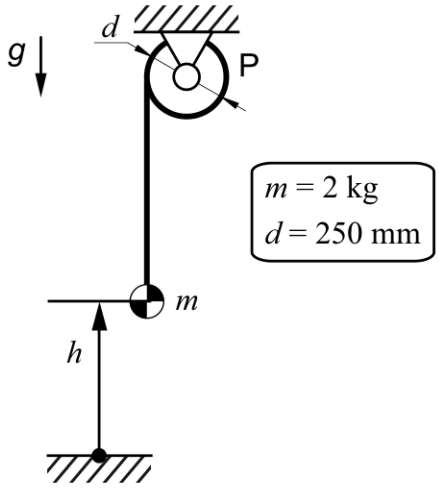
c) Les voltes que ha de fer el cargol perquè el cotxe arribi a l'alçada màxima, n_{voltes}.
[0,5 punts]

d) La relació de transmissió que cal que tingui el reductor, $i = \dfrac{n_{\text{mot}}}{n_{\text{carg}}}$.
[1 punt]

4. PAU 2023 · Juny · Sèrie 1 · Exercici 3

Exercici 3

[2,5 punts en total]



Una pantalla de projecció té una massa $m = 2\,\text{kg}$ a la part inferior per a mantenir-la sempre tibada. Un motor reductor de rendiment $\eta_{\text{mot}} = 0{,}9$ és l'encarregat de recollir la pantalla en el corró de diàmetre $d = 250\,\text{mm}$, que es troba articulat amb el sostre al punt P.

El punt inferior de la pantalla es desplaça verticalment des d'una altura $h_1 = 0{,}3\,\text{m}$ fins a $h_2 = 2\,\text{m}$ en $t = 8\,\text{s}$, a velocitat constant. Si la massa de la resta d'elements és negligible, determineu:

a) La potència elèctrica mitjana $P_{\text{elèctr}}$ consumida pel motor reductor.

[1 punt]

b) La velocitat angular de l'eix de sortida del motor reductor ω_{mot} i el parell aplicat per aquest al tambor Γ_{mot}.

[1 punt]

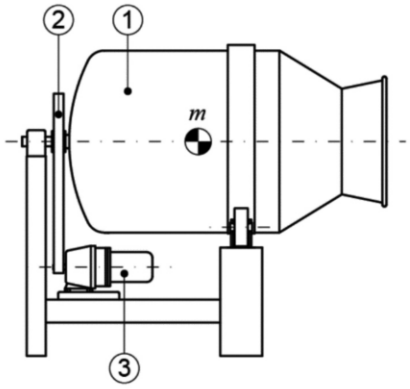
c) L'increment percentual, *Inc*, de la potència elèctrica si es volgués fer pujar la pantalla amb la meitat del temps.

[0,5 punts]

5. PAU 2021 · Juny · Sèrie 2 · Exercici 3

Exercici 3

[2,5 punts en total]



Un bombo de maceració serveix per a barrejar la carn amb els productes que la conserven. Per a fer-lo funcionar, es fa girar el bombo (1) al voltant d'un eix horitzontal per mitjà d'una corretja (2) accionada per un motor reductor (3).

El motor subministra una potència $P_{\text{mot}} = 0{,}55\,\text{kW}$ i gira a $n_{\text{mot}} = 1\,415\,\text{min}^{-1}$. El reductor té un rendiment $\eta_{\text{red}} = 0{,}96$ i una relació de transmissió $\tau = \omega_{\text{red}}/\omega_{\text{mot}} = 68{,}9 \times 10^{-3}$. L'eix del reductor fa girar la politja de diàmetre $d = 63\,\text{mm}$, la qual, mitjançant una corretja ideal que no llisca, fa girar la segona politja de diàmetre $D = 500\,\text{mm}$. L'eix d'aquesta última politja es connecta directament al bombo de maceració. Determineu:

a) El parell a l'eix del motor Γ_{mot}.

[0,5 punts]

b) El parell a l'eix de sortida del reductor Γ_{red}.

[0,5 punts]

c) La velocitat de gir de la politja petita n_d en min^{-1}.

[0,5 punts]

d) La velocitat de gir del bombo n_{bombo} en min^{-1}.
[0,5 punts]

e) El parell a l'eix del bombo Γ_{bombo}.
[0,5 punts]

6. PAU 2018 · Setembre · Sèrie 3 · Exercici 4 (Opció A)

Exercici 4

[2,5 punts en total]

Una plataforma elevadora puja amb una velocitat constant una càrrega fins a una altura $\Delta h = 4{,}5$ m en un temps $t = 50$ s. La plataforma s'acciona amb un motor elèctric de corrent continu en sèrie amb un reductor d'engranatges. Segons el catàleg del fabricant, el rendiment del reductor d'engranatges és $\eta_{\text{red}} = 0{,}72$. El motor s'alimenta amb una tensió $U = 220$ V, consumeix un corrent $I = 17{,}5$ A i gira a una velocitat $n = 1\,500\ \text{min}^{-1}$. El parell a l'eix de sortida del motor és $\Gamma_{\text{m}} = 19{,}5$ N m. Si les resistències passives a la plataforma elevadora es consideren negligibles, determineu:

a) La potència elèctrica $P_{\text{elèctr}}$ que consumeix el motor i el rendiment electromecànic η_{mot} d'aquest motor. [1 punt]

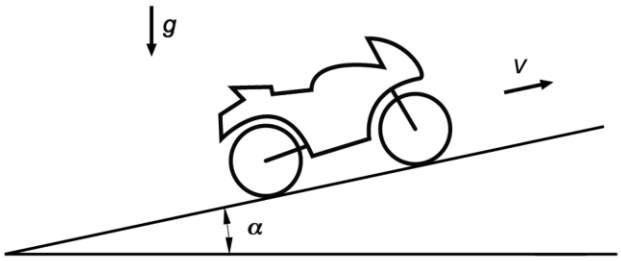
b) La potència total dissipada P_{diss} pel conjunt motor-reductor. [0,5 punts]

c) La potència mecànica $P_{\text{càrrega}}$ requerida per a elevar la càrrega i la massa m d'aquesta càrrega. [0,5 punts]

d) El corrent I' que consumiria el motor si la massa de la càrrega fos la meitat, $m' = m/2$, i es mantingués la velocitat (considereu que els rendiments i la tensió d'alimentació del motor es mantenen constants). [0,5 punts]

7. PAU 2018 · Juny · Sèrie 1 · Exercici 4 (Opció A)

Exercici 4 [2,5 punts en total]



$v = 50$ km/h
$\tau = 0{,}044$
$\eta_{eng} = 0{,}90$
$\eta_{cad} = 0{,}85$
$d = 620$ mm
$m = 150$ kg
$\Gamma_{motor} = 6$ N m

Una motorista puja un pendent a una velocitat constant $v = 50$ km/h sense fer lliscar la roda del darrere. La marxa que té posada fa que la relació de transmissió entre l'eix de sortida del motor i l'eix de la roda del darrere sigui $\tau = \omega_{roda}/\omega_{motor} = 0{,}044$. Aquesta reducció de velocitat s'aconsegueix mitjançant una transmissió d'engranatges de rendiment $\eta_{eng} = 0{,}90$ i una transmissió per cadena de rendiment $\eta_{cad} = 0{,}85$. La roda té un diàmetre $d = 620$ mm i la massa total de la motorista més la moto és $m = 150$ kg. Si el parell a l'eix de sortida del motor és $\Gamma_{motor} = 6$ N m i la fricció amb l'aire es considera negligible, determineu:

a) Les velocitats de gir de la roda ω_{roda} i de l'eix del motor ω_{motor}, en rad/s. [0,5 punts]

b) La potència P_{motor} a l'eix de sortida del motor. [0,5 punts]

c) La potència mecànica P_{roda} a l'eix de la roda i l'angle α que forma el perfil de la carretera amb l'horitzontal. [1 punt]

d) El parell Γ_{roda} a l'eix de la roda. [0,5 punts]

8. PAU 2017 · Juny · Sèrie 1 · Exercici 4 (Opció A)

Exercici 4

[2,5 punts en total]

Un elevador puja amb una velocitat constant una càrrega $m = 2\,500$ kg fins a una altura $\Delta h = 5$ m en un temps $t = 60$ s. L'elevador s'acciona amb un motor elèctric de corrent continu en sèrie amb un reductor d'engranatges. Segons el catàleg del fabricant, el rendiment del reductor d'engranatges és $\eta_{red} = 0{,}70$. El motor s'alimenta amb una tensió $U = 220$ V, gira a una velocitat $n = 1\,500$ min^{-1} i té un rendiment electromecànic $\eta_{mot} = 0{,}78$. Si les resistències passives a l'elevador es consideren negligibles, determineu:

a) La potència mecànica $P_{càrrega}$ requerida per a elevar la càrrega. [0,5 punts]

b) La potència P_m i el parell Γ_m a l'eix de sortida del motor. [1 punt]

c) La intensitat I que consumeix el motor elèctric. [0,5 punts]

d) La potència total dissipada P_{diss} pel conjunt motor-reductor. [0,5 punts]

9. PAU 2015 · Setembre · Sèrie 5 · Exercici 4 (Opció B)

Exercici 4

[2,5 punts en total]

Una porta de garatge enrotllable és accionada per un motor reductor de rendiment global $\eta_{tot} = 0{,}33$. El motor reductor està format per un motor elèctric de rendiment $\eta_{motor} = 0{,}83$ i un reductor de relació de transmissió $\tau = \omega_s/\omega_e = 1/285$. El motor s'alimenta amb una tensió $U = 230$ V i, en un instant concret, consumeix una intensitat $I = 1{,}8$ A quan la porta s'enrotlla a $n_s = 10\ \text{min}^{-1}$ en un tambor de diàmetre $d = 220$ mm. Determineu:

a) La potència P_{motor} i el parell Γ_{motor} a l'eix de sortida del motor. [1 punt]

b) La potència P_s i el parell Γ_s a l'eix del tambor (eix de sortida del reductor). [1 punt]

c) La massa màxima m que pot tenir la part que penja de la porta. [0,5 punts]

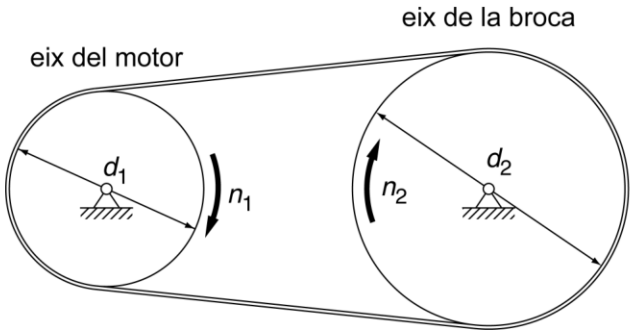
Institut d'Estudis Catalans

10. PAU 2015 · Juny · Sèrie 2 · Exercici 3 (Opció A)

OPCIÓ A

Exercici 3

[2,5 punts en total]



$d_1 = 80$ mm
$n_1 = 1\,460\ \text{min}^{-1}$

Un trepant elèctric funciona mitjançant un motor de rendiment $\eta_{mot} = 0{,}76$ i una transmissió per corretja dentada que té un rendiment $\eta_{transm} = 0{,}94$ i una relació de transmissió $\tau = n_2/n_1 = 5/7$, tal com mostra la figura. En règim de funcionament nominal, el motor consumeix una potència elèctrica $P_{elèctr} = 1\,100$ W i l'eix del motor gira a $n_1 = 1\,460\ \text{min}^{-1}$. Determineu:

a) La potència P_1 a l'eix del motor. [0,5 punts]

b) El parell Γ_2 a l'eix de la broca (eix de sortida del trepant). [1 punt]

c) La potència total dissipada P_{diss} en el trepant. [0,5 punts]

d) El diàmetre d_2 de la politja solidària a l'eix de la broca. [0,5 punts]

11. PAU 2015 · Juny · Sèrie 4 · Exercici 4 (Opció B)

Exercici 4

[2,5 punts en total]

Un muntacàrregues és accionat per un motor reductor i un sistema de politges. El motor reductor és elèctric i té un rendiment $\eta_{mr} = 0{,}65$. El sistema de politges té un rendiment $\eta_{pol} = 0{,}85$ i proporciona una relació de transmissió entre la velocitat v de pujada de la càrrega, en m/s, i la rotació n_{mr} de l'eix de sortida del motor reductor, en s^{-1}, de $\tau = v/n_{mr} = 0{,}9918$ m. El motor s'alimenta amb una tensió $U = 230$ V i, en règim de funcionament nominal, consumeix una intensitat $I = 6{,}4$ A quan la càrrega puja a $v = 0{,}4$ m/s constant. Determineu:

a) La potència P_{mr} i el parell Γ_{mr} a l'eix de sortida del motor reductor. [1 punt]

b) La massa m de la càrrega que està pujant. [1 punt]

c) El rendiment global η_{tot} del muntacàrregues. [0,5 punts]

Institut d'Estudis Catalans

12. PAU 2013 · Juny · Sèrie 4 · Exercici 4 (Opció B)

Exercici 4

[2,5 punts]

L'eixugaparabrises d'un vehicle està accionat per un motor reductor de rendiment global $\eta_{tot} = 0{,}36$. El motor reductor està format per un motor elèctric de rendiment $\eta_{mot} = 0{,}86$ i un reductor de vis sens fi de relació de transmissió $\tau = \omega_s/\omega_e = 1/36$. El motor s'alimenta amb una tensió $U = 12$ V i, en règim de funcionament nominal, consumeix una intensitat $I = 2{,}2$ A quan l'eix de sortida del reductor gira a $n_s = 29{,}2$ min^{-1}. Determineu:

a) La potència, P_{motor}, i el parell, Γ_{motor}, a l'eix de sortida del motor. [1 punt]

b) La potència, $P_{sortida}$, i el parell, $\Gamma_{sortida}$, a l'eix de sortida del reductor. [1 punt]

c) El rendiment, η_{red}, del reductor. [0,5 punts]

Proves d'Accés a la Universitat. Curs 2012-2013

Tecnologia industrial

Sèrie 3

La prova consta de dues parts de dos exercicis cadascuna. La primera part és comuna, i la segona té dues opcions (A i B), de les quals cal triar-ne UNA.

13. PAU 2010 · Setembre · Sèrie 2 · Exercici 4 (Opció B)

Exercici 4

[2,5 punts]

Un elevador accionat amb un motoreductor de vis sens fi aixeca a velocitat constant una càrrega $m = 3\,000$ kg fins a una altura $h = 2$ m en un temps $t = 35$ s. El motor, pel qual circula un corrent $I = 16$ A, s'alimenta a $U = 230$ V i té un rendiment $\eta_{mot} = 0{,}75$. La velocitat de gir d'aquest motor és $n = 1\,390$ min^{-1}. Les resistències passives a l'elevador es consideren negligibles. Determineu:

a) La potència, P_m, i el parell, Γ_m, a l'eix de sortida del motor. [1 punt]

b) El rendiment, η_{red}, del reductor. [1 punt]

c) La potència total dissipada, P_{diss}, en el motoreductor. [0,5 punts]

L'Institut d'Estudis Catalans ha tingut cura de la correcció lingüística i de l'edició d'aquesta prova d'accés

14. PAU 2009 · Setembre · Sèrie 1 · Exercici 3 (Opció B)

OPCIÓ B

Exercici 3

[2,5 punts]

Un motor reductor és format per un motor elèctric de rendiment $\eta_{mot} = 0{,}87$ i un reductor de rendiment $\eta_{red} = 0{,}95$ i relació de transmissió $\tau = \omega_s/\omega_e = 1/24$. En règim de funcionament nominal consumeix una potència elèctrica $P_{elèctr} = 12{,}6$ kW i l'eix de sortida gira a $n_s = 62{,}5$ min^{-1}. Determineu:

a) La potència P_{mot} i el parell Γ_{mot} a l'eix de sortida del motor. [1 punt]

b) La potència P_{red} i el parell Γ_{red} a l'eix de sortida del reductor. [1 punt]

c) La potència total dissipada, P_{diss}, en el motor reductor. [0,5 punts]

15. PAU 2006 · Juny · Sèrie 3 · Exercici 4 (Opció B)

Exercici 4 [2,5 punts]

Un automòbil té les rodes de diàmetre $d = 762$ mm i quan circula amb la 5a marxa la relació de transmissió entre la velocitat de rotació de les rodes i la del motor és $\tau = \omega_r/\omega_m = 0{,}38$. Si l'automòbil circula amb aquesta marxa i en un cert instant el motor gira a $n_m = 1900$ min^{-1} i desenvolupa una potència $P = 20$ kW, determineu:

a) La velocitat de rotació ω_r de les rodes. [0,5 punts]

b) La velocitat d'avanç v de l'automòbil, en km/h. [1 punt]

c) El parell Γ del motor. [0,5 punts]

El règim de funcionament del motor és 1250 min^{-1} ≤ n_m ≤ 4500 min^{-1}, determineu:

d) Les velocitats mínima $v_{mín}$ i màxima $v_{màx}$, en km/h, d'avanç de l'automòbil amb la 5a marxa. [0,5 punts]

16. PAU 2003 · Juny · Sèrie 5 · Exercici 3 (Opció A)

OPCIÓ A

Exercici 3 [2,5 punts]

Un motor-reductor està format per un motor elèctric de rendiment $\eta_{mot} = 0{,}85$ i un reductor de rendiment $\eta_{red} = 0{,}62$ i de relació de transmissió $\tau = \omega_s/\omega_e = 1/54$. En règim de funcionament nominal consumeix una potència elèctrica $P_{elec} = 3{,}3$ kW i l'eix de sortida gira a $n_s = 26{,}5$ min^{-1}. Determineu:

a) La potència P_{motor} i el parell Γ_{motor} a l'eix de sortida del motor. [1 punt]

b) La potència $P_{sortida}$ i el parell $\Gamma_{sortida}$ a l'eix de sortida del reductor. [1 punt]

c) La potència total dissipada $P_{dissipada}$ en el motor-reductor. [0,5 punts]

17. PAU 2002 · Setembre · Sèrie 1 · Exercici 4 (Opció B)

Exercici 4 [2,5 punts]

Un automòbil té les rodes de diàmetre efectiu $d = 612$ mm i quan circula en 5a marxa la relació de transmissió entre la velocitat de rotació del motor, n_{mot}, i la velocitat de rotació de les rodes, n_r, és $\tau = n_r/n_{mot} = 0{,}36$. Si circulant amb aquesta marxa posada, el motor gira a $n_{mot} = 2650\ \text{min}^{-1}$ fent un parell $\Gamma_m = 115$ Nm, determineu:

a) La velocitat de rotació de les rodes. [0,5 punts]

b) La velocitat d'avanç en km/h. [1 punt]

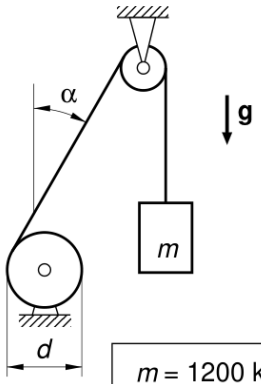
c) La potència que desenvolupa el motor. [0,5 punts]

El marge de funcionament del motor és $800\ \text{min}^{-1} \le n_{mot} \le 4500\ \text{min}^{-1}$,

d) Dibuixeu, per a aquest marge, el gràfic de la velocitat d'avanç, en km/h, en funció de la velocitat de rotació del motor en min^{-1}. [0,5 punts]

18. PAU 2001 · Setembre · Sèrie 4 · Exercici 4 (Opció A)

Exercici 4 [3 punts]



$m = 1200$ kg	$n_{mot} = 1450\ \text{min}^{-1}$
$d = 400$ mm	$\alpha = 30°$
$\tau = 0{,}01$	$\eta = 0{,}75$

En el muntacàrregues esquematitzat a la figura, el tambor on s'enrotlla el cable és accionat per un reductor de relació de transmissió $\tau = 0{,}01$ i de rendiment $\eta = 0{,}75$. Quan es penja una càrrega $m = 1200$ kg, el motor gira a $n_{mot} = 1450\ \text{min}^{-1}$. Determineu:

a) La velocitat de rotació del tambor i la velocitat amb què puja la càrrega. [1 punt]

b) La força que fa el cable i la força, vertical i horitzontal, a l'eix de la politja. (Es recomana dibuixar el diagrama de cos lliure de la politja.) [1 punt]

c) La potència subministrada pel reductor al tambor i pel motor al reductor. [1 punt]

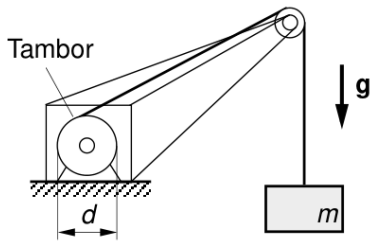
19. PAU 2000 · Setembre · Sèrie 6 · Exercici 3 (Opció B)

OPCIÓ B

Exercici 3 [2 punts]

En la grua de la construcció esquematitzada a la figura, el motor acciona el tambor d'enrotllament de cable a través d'un reductor de relació de transmissió $\tau_{red} = 0{,}02$ i de rendiment $\eta_{red} = 85\ \%$.

Quan puja una determinada càrrega, el motor subministra una potència $P_{mot} = 2$ kW i gira a $n_{mot} = 1450\ \text{min}^{-1}$.



$P_{mot} = 2$ kW	$n_{mot} = 1450\ \text{min}^{-1}$
$\tau_{red} = 0{,}02$	$\eta_{red} = 0{,}85$
$d = 400$ mm	

Determineu:

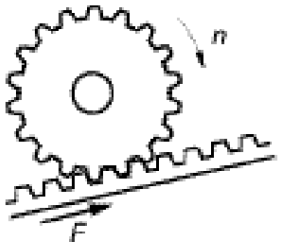
a) La velocitat de rotació del tambor i la velocitat vertical de la càrrega. [1 punt]
b) La potència subministrada pel reductor. [0,5 punts]
c) La massa de la càrrega. [0,5 punts]

20. PAU 2000 · Juny · Sèrie 3 · Exercici 3 (Opció B)

OPCIÓ B

Exercici 3 [2 punts]

En un tren per a grans pendents amb tracció a cremallera, la roda dentada de tracció té $z = 18$ dents de pas $p = 20\ \pi$ mm.



$F = 25$ kN	$n = 90$ min^{-1}
$z = 18$	$p = 20\pi$ mm

a) Determineu la velocitat del tren si la roda tractora gira a $n = 90$ min^{-1}. [1 punt]
b) Dibuixeu el gràfic, indicant les escales, de la velocitat del tren segons la velocitat de rotació de la roda tractora. [0,5 punts]

Si la cremallera fa sobre la roda tractora una força en la direcció del pendent $F = 25$ kN i el tren puja a velocitat constant:

c) Determineu la potència que el motor subministra a la roda tractora. [0,5 punts]