

MEHHATROONIKA E-ÜLESANNE

ÜLESANDE TAUST

Mehhatroonika on sünergia elektrotehnikast, infotehnoloogiast, elektroonikast, optikast ja mehaanikasüsteemidest ning üks dünaamilisemaid tehnikasuundi maailmas. Selle eesmärk on tehniliste süsteemide funktsionaalsete võimaluste täiustamine uute infotehnoloogiliste vahenditega ja uutel põhimõtetel töötavate seadmete loomine, rakendades tehisintellekti ja uusi andurite põhimõtteid ümbruse paremaks tajumiseks ja seadmete juhtimiseks programmeeritava elektroonika abil. Tuntud näited mehhatroonilistest süsteemidest on robotid ja mitmesugused automaatikaseadmed nii kodus kui ka ettevõtetes, kus on rakendatud tänapäevaseid IT- lahendusi.

KUIDAS ÜLESANNET TÄITA?

Kui mõlemat ülesannet lahendada ei jõua, siis ärge muretsege - punkte saab ka lahenduskäigu ja osaülesannete vastuste eest. Tulemused pannakse pingeritta igas vanuseastmes eraldi ehk iga vanuseastme parim tulemus saab 100%. Vastused ning lahenduskäik esitada .jpeg, .jpg, doc., .docx, .pdf, .xls või .xlsx failina.

HINDAMINE JA PUNKTID

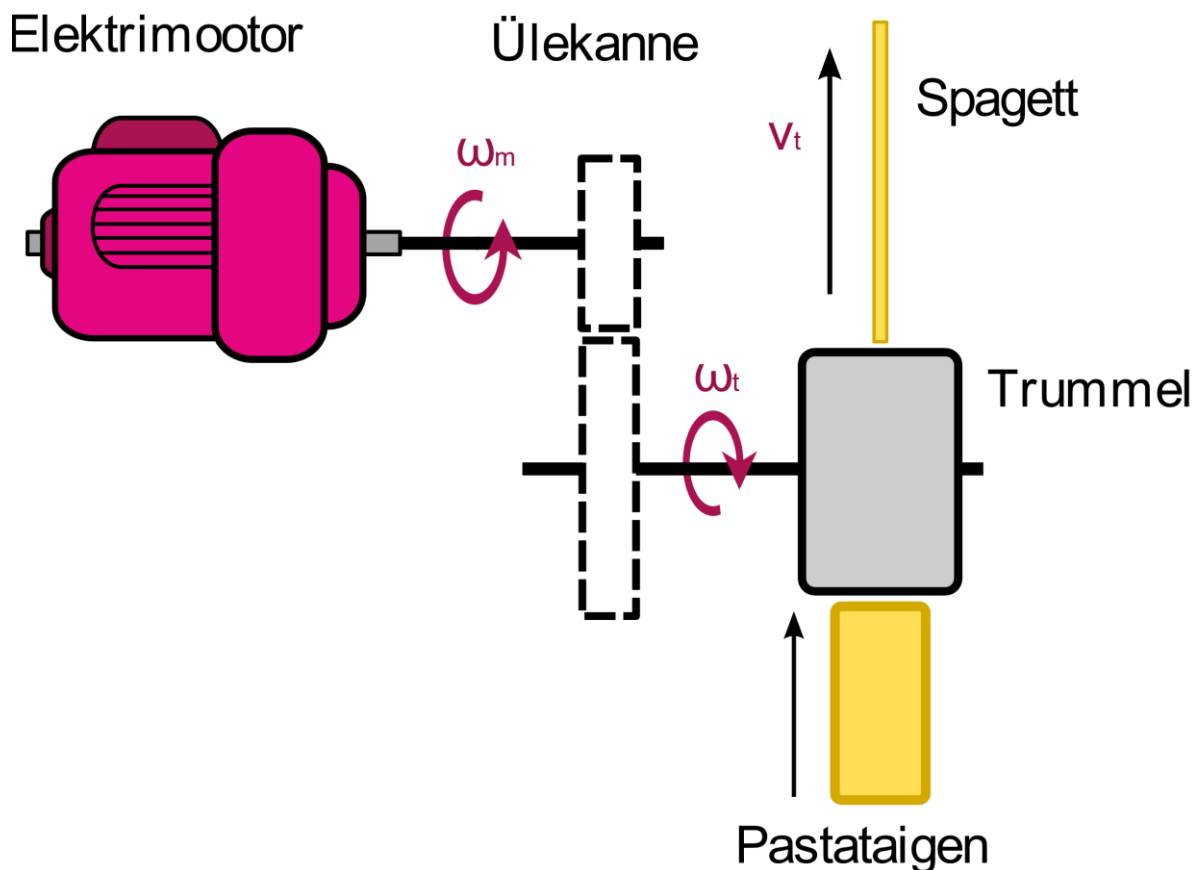
1. Kontrollitakse kõik esitatud ülesande osad, parim/täpseim lahendus saab 100%, järgmised 91%, 82% ... ülesande osa maksimumpunktidest.
2. Meeskonna ülesannete osade punktid liidetakse.
3. Punktidest lahutatakse 1 trahvipunkt iga esitamisel hilinetud minuti eest.
4. Kui kahel meeskonnal on nüüd võrdselt punkte, on eelisseisus meeskond, kes esitas vastused varem.
5. Selliselt rohkem punkte saanud meeskond saab lõpparvestusse 100 punkti, järgmine 91 punkti, 82 punkti jne.

AUHIND

Iga vanusekategorია parima meeskonna liikmetele on auhinnaks TalTechi meened!

TÄIENDAV JUHEND

Antud ülesandes kirjeldatud pastamasin koosneb kolmest osast – elektrimootor, ülekanne ning trummel. Elektrimootor on läbi aeglustava ülekannde ühendatud trumliga, mille pöörlemine muundab ebamäärase kujuga pastataigna ilusaks sirgeks spagetiks.



Joonis 1. Pastamasina kinemaatiline skeem

Spageti valmistamise kiirus on võrdne trumli joonkiirusega v_T (m/s), mis avaldub selle ümbermõõdu S_T (m) ja pöörlemiskiiruse n_T (p/s) korrutisena. Tuleb tähele panna, et joonkiiruse ühik tuleneb otseselt ümbermõõdu ja pöörlemiskiiruse ühikutest.

$$v_T = d_T \cdot \pi \cdot n_T$$

Ülekannde ülesanne on alandada mootori kiirust, kuna üldjuhul töötab mootor efektiivselt sellisel kiirusel, mis on pasta valmistamiseks liiga suur. Reduktor koosneb kahest hammasrattast ning selle ülekanndetegur on leitav nende hammasrattaste jagatisena. Kiirendava ülekannde puhul on mootoriga ühendatud hammasrattas väiksem trumli hammasrattast, aeglustava ülekannde puhul vastupidi.

Pastamasinast tuleb välja spagett diameetriga d_s (m). Selle abil on võimalik leida spageti ristlõike pindala A_s (m²), mida saab korrutada spagetijupi pikkusega L_s (m), et leida antud pikkusega spageti ruumala V_s (m³). Spageti massi M_s (kg) leidmiseks peab selle ruumala korrutama pastataigna tihedusega ρ (kg/m³), pannes jälle tähele, et ühikud klappiksid.

$$M_s = (d_s^2/4) \cdot \pi \cdot L_s \cdot \rho$$

Spagettide valmistamiseks kulub mõistagi ka energiat. Seda võib mõõta nii mehhaanilise energiana masina trumli E_{meh} (J), või elektrienergiana mootoris E_{el} (J). Peamiselt kulub



Rakett 21

energia spageti vormimiseks, kuid sellele lisanduvad ka kaod ülekandel ja elektrimootoris. Nende kadude suurust iseloomustab seadmete kasutegurid $\eta_{\text{ük}}$ ja η_M . Näiteks kui mootori kasutegur η_M on 0.9 ehk 90%, ülekande kasutegur 1 ehk 100%, siis on 100 J (sada džauli) mehhaanilise energia saamiseks vaja mootorile anda 110 J elektrilist energiat.

$$E_{\text{meh}} = E_{\text{el}} \cdot \eta_{\text{ük}} \cdot \eta_M$$

Kui räägime energia kulutamisest mingis ajaühikus, on kasulik termin võimsus, mille ühik vatt (W) saadakse lihtsalt energia jagamisel ajaga (J/s). Vatist on tuletatud ka elektrienergia puhul tihtipeale kasutatav energiaühik kWh (kilovatt-tund). Nagu ka võib nimest välja lugeda, on sel juhul tegemist energia kogusega, mis vastab ühe kilovattise võimsuse (1000 W) töötamisele ühe tunni (3600 sekundit) jooksu.

Pastamasinas vajaminev mehhaaniline võimsus sõltub sealsest pöörlemiskiirusest ning pöördemomendist, väljendudes nende korrutisena. Siinjuures tuleb kasutada pöörlemiskiiruse ühikuna rad/s (radiaani sekundis, ω), mis on p/min (pöördeid minutis, n) ühikuga seotud järgmise valemi abil:

$$\omega = \frac{n}{60} * 2\pi$$

Mehhaaniline võimsus leitakse seega pöördemomendi T (Nm) ja pöörlemiskiiruse ω (rad/s) korrutisena. Näiteks kui elektrimootori võllile mõjub moment $T_M = 10$ Nm (kümme njuutonmeetrit) ning see pöörleb kiirusel $\omega_M = 20$ rad/s, siis on sealseks mehhaaniliseks võimsuseks P_{meh} 200 W. Elektrilise võimsuse P_{el} (W) leidmiseks tuleb muidugi arvestada ka mootori kasuteguriga:

$$P_{\text{el}} = T_M \cdot \omega_M / \eta_M$$

Töötades võimsusel 200 W (ehk 0,2 kW), kulutab masin ühes tunnis 0,2 kWh elektrienergiat, mis teeb ööpäeva jooksul kokku 4,8 kWh. Praeguste kõrgete elektrihindade juures läheb see juba päris palju maksma.

E-ÜLESANNE

7. – 8. klass

- 1) Pastamasina trummel pöörleb kiirusega $n_T = 1000$ p/min ning selle läbimõõt on $d_T = 300$ mm. Kui kiirelt ($v_T = ?$ m/s) toimub spageti tootmine?
- 2) Trummel on elektrimootoriga seotud läbi ülekande. See aeglustab trumli pöörlemiskiirusega võrreldes elektrimootori pöörlemiskiirusega 5 korda. Mitu radiaani sekundis peab pöörlema elektrimootori võll? ($\omega_M = ?$ rad/s)
- 3) Spageti läbimõõt on $d_S = 1$ mm. Kui pastataigna tihedus on $\rho = 1000$ g/dm³, siis mitu kilogrammi spagette ($m = ?$ kg) toodetakse igas tunnis?

9. – 10. klass

- 1) Pastamasina trummel pöörleb kiirusega $n_T = 1200$ p/min ning selle läbimõõt on $d_T = 250$ mm. Kui kiirelt ($v = ?$ mm/s) toimub spageti tootmine?
- 2) Trummel on elektrimootoriga seotud läbi ülekande. See aeglustab trumli pöörlemiskiirusega võrreldes elektrimootori pöörlemiskiirusega 3 korda. Mitu radiaani sekundis peab pöörlema elektrimootori võll? ($\omega_M = ?$ rad/s)
- 3) Spageti läbimõõt on $d_S = 1,2$ mm. Kui pastataigna tihedus on $\rho = 770$ g/dm³, siis mitu kilogrammi spagette toodetakse igas tunnis?
- 4) Ühe kilogrammi pasta läbi masina surumiseks kulub $E = 1\,000\,000$ J mehhaanilist energiat. Ülekande kasutegur on $\eta_r = 95\%$ ning mootori kasutegur on $\eta_M = 90\%$. Kui palju elektrienergiat kulub pasta valmistamisele iga päev?

11. – 12. klass

- 1) Pastamasina trummel pöörleb kiirusega $n_T = 1025$ p/min ning selle läbimõõt on $d_T = 234$ mm. Kui kiirelt ($v = ?$ mm/s) toimub spageti tootmine?
- 2) Trummel on elektrimootoriga seotud läbi aeglustava ülekande, mille hammasrataste suurused on 66 ja 800 mm. Mitu radiaani sekundis peab pöörlema elektrimootori võll? ($\omega_M = ?$ rad/s)
- 3) Spageti läbimõõt on $d_S = 1,22$ mm. Kui pastataigna tihedus on $\rho = 713,32$ g/dm³, siis mitu kilogrammi spagette toodetakse igas päevas?
- 4) Antud kiirusel pastat valmistades rakendub mootorile pöördemoment $T = 60$ Nm. Mootori kasutegur on $\eta_M = 92,3\%$. Kui palju elektrienergiat kulub pasta valmistamisele igas sekundis? ($E_{el} = ?$ J)
- 5) Pastamasina omanik maksab elektrienergia eest 5 senti kWh kohta. Kui ühes pakis on 500 g pastat, siis kui palju peab selle tootmiseks elektrienergia eest maksma?