

IV Tehnikaolümpiaad

Teoreetiline voor

Iga ülesanne tuleb lahendada eraldi lehele ja igale lehele kirjutada oma kood.

T1. Robotmanipulaator (12 p.)

Robotmanipulaatorid on tööstusliku automatiiseerimise olulised seadmed, mis kiirendavad ja täpsustavad keerukaid tööprotsesse, vähendades sealjuures inimtööjõu vajadust. Käesolevas ülesandes peab manipulaator haarama komponente konveierliinilt ja asetama need täpselt ettenähtud kohtadesse tööpinnal. Selle saavutamiseks peab manipulaator kontrollima oma liigendite nurki nii, et selle haarats liiguks täpselt vajalikesse punktidesse. Insenerilt nõuab see põhjalikku arusaamist manipulaatori kinemaatikast. Üldiselt muutuvad sellised ülesanded lülide arvu kasvades kiiresti keeruliseks, seetõttu analüüsime käesolevas ülesandes ainult kahe lüliga manipulaatori tasandilist liikumist.

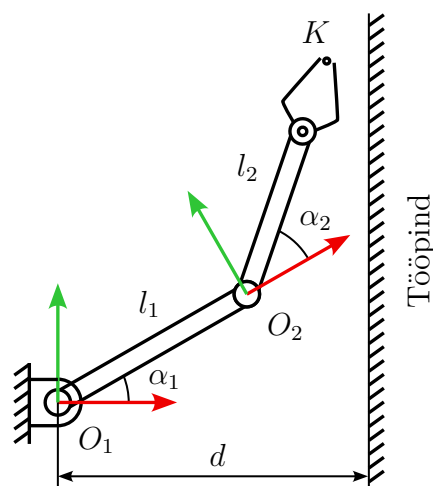
Teoreetiline taust

Manipulaator (Joonis 1) koosneb kahest lülist pikkustega l_1 ja l_2 . Roboti lülid on ühendatud liigenditega, mis on seotud lokaalsete koordinaadistike alguspunktidega O_1 ja O_2 . Koordinaadistike teljed on näidatud värviliselt. Lülide asendit koordinaadistikes kirjeldavad nurgad α_1 ja α_2 . Manipulaatori haaratsi tööpunkt on K , kusjuures pikkus $l_2 = O_2K$. Manipulaator saab liikuda ainult joonise tasandis.

Ülesanne

a) Tööpind asetseb vertikaalselt ja on kaugusel d punktist O_1 . Mis on maksimaalne kõrgus tööpinnal (punkti O_1 kõrguse suhtes), milleni manipulaatori tööpunkt K ulatub? Esitage vastus pikkuste d , l_1 ja l_2 kaudu. (1 p.)

b) Avaldage tööpunkti K koordinaadid (x_1, y_1) koordinaadistikus O_1 pikkuste l_1 ja l_2 ning nurkade α_1 ja α_2 kaudu. (2 p.)



Joonis 1: Kahe vabadusastmega planaarse manipulaator.

c) Punktides O_1 ja O_2 paiknevad mootorid, mis lülisid l_1 ja l_2 pööravad. Leidke punktis O_1 olevale mootorile mõjuv jõumoment M , kui manipulaator hoiab haaratsiga massi m suvaliste nurkade α_1 ja α_2 korral. Lülide massiga ei pea arvestama. (1 p.)

d) Oletame, et teatud töötsükli käigus peab tööpunkt K liikuma mööda tööpinda vertikaalselt alla nii, et nurk α_1 muutub seaduse $\alpha_1(t) = \gamma - \omega t$ kohaselt, kus γ ja ω on teadaolevad konstandid. Millise seaduse $\alpha_2(t)$ kohaselt peab muutuma nurk α_2 , et kirjeldatud liikumine realiseeruks? Eeldame, et nurk α_2 on kogu liikumise jooksul mittenegatiivne, ja et hetkel $t = 0$ on manipulaator ülesande punktis a) küsitud asendis. (3 p.)

e) Mis on nurga α_2 suurim väärtus eelmises punktis kirjeldatud liikumise korral? (5 p.)

T2. Päikeseenergiat töötav veemagestussüsteem (10 p.)

Selles ülesandes uurime magevee saamise lahendust soolase või riimveega aladele, kus puhta joogivee kättesaadavus on piiratud. Peamise energiaallikana kasutatakse sealjuures päikesevalgust. Süsteem on eriti sobiv kuivades ja kuumades piirkondades, kus päikeseenergia on rohkesti kättesaadav, kuid puhta joogivee allikaid napib. Seda on edukalt kasutatud näiteks väikestes rannikualade kogukondades, kus tavalised veemagestustehnoloogiad on liiga kallid või keerukad, samuti sobib see ideaalselt piirkondadesse, kus elektrivõrk puudub või kütus pole kergesti kättesaadav. Tegemist on keskkonnasõbraliku lahendusega, millega ei kaasne olulisi tegevuskulusid ega kahjulikke heitmeid.

Teoreetiline taust

Vaadeldava magestussüsteemi aluseks olev vee destilleerimine on väga lihtne protsess (Joonis 2). Süsteem koosneb soojusisolatsiooniga mahutist, mille sisepinnad on mustaks värvitud, ja läbipaistvast katusest. Mahuti paikneb päikese käes ja on täidetud soolase mereveega. Päikesekiirgus läbib katuseklaasi ja neeldub mahuti tumedatel pindadel ja vees. Selle tulemusena soojeneb mahutis olev vesi ja aurustub aeglaselt. Sool sealjuures ei lendu ja jääb vette. Veeaur tõuseb mahuti ülaossa, kondenseerub läbipaistva katuse sisepinnal ja kogutakse seejärel mahuti servas oleva renni (kollektori) abil.

Algandmed

Piirkonna elanikele vajalik magevee kogus on 200 kg päevas; päikesekiirguse keskmine intensiivsus vaadeldavas asukohas on $q = 800 \text{ W/m}^2$ (katuse pinnaühiku kohta); veemagestussüsteemi kasutegur on $\eta = 50 \%$, kus kadude sisse on arvestatud ka päikesevalguse peegeldumine katuse välispinnalt; vee aurustumissoojus on $\lambda = 2,26 \times 10^6 \text{ J/kg}$.

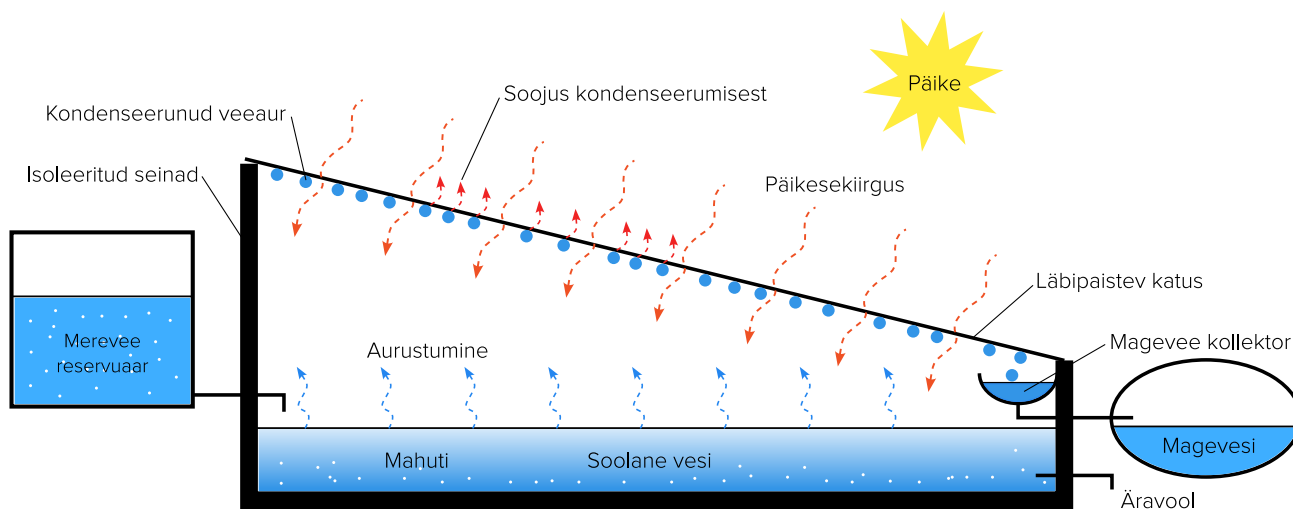
Analüüsi lihtsustamiseks teeme järgmised eeldused: vee soojendamiseks kuluv energia on tühiselt väike võrreldes vee aurustumiseks kuluva energiaga; veeauru kondenseerumisel vabanev soojus väljub täielikult katuse kaudu väliskeskkonda.

Ülesanne

a) Kui suur hulk Päikese kiirgusenergiat (J) peab langema katusele, et antud süsteemi abil mages-tada 1 kg vett? (2 p.)

b) Määrake minimaalne mahuti katuse pindala, mis on vajalik, et tagada ühe päeva jooksul saada-magevee hulk 200 kg. Eeldage, et süsteem töötab päevas 8 tundi. (3 p.)

c) On selge, et mahutisse kogunevat soola on vaja pidevalt eemaldada. Seetõttu voolab reservuaarist juurde merevett soolsusega 3% ja mahutist voolab soolasem vesi välja. Arvutage, millised peavad ole-ma vee juurdevoolu kiirus c_1 (kg/h) ja äravoolu kiirus c_2 (kg/h), et mahutis oleva vee keskmine soolsus oleks pidevalt 10%. Eeldage, et veetase mahutis ei muutu ja vesi on hästi segunenud (soolsus on ühtlane). (5 p.)



Joonis 2: Päikeseenergiat töötava veemagestussüsteemi skeem.

T3. Osoneerimine (10 p.)

Osoon (O_3) on tugev oksüdeerija ning sellel on palju kaubanduslikke ja tööstuslikke rakendusi. Seda kasutatakse tavaliselt joogi- ja tööstusvee töötlemisel ning tööstusliku oksüdeerijana. Osoneerimine on osoonigaasi viimine vette selle puhastamiseks ja desinfitseerimiseks. Seda meetodit kasutatakse laialdaselt veepuhastusrajatistes, sageli pärast sekundaarseid puhastusprotsesse, et parandada vee kvaliteeti ja ohutust.

Teoreetiline taust

Vee desinfitseerimiseks on minimaalne vajalik osooni kontsentratsioon 0,2 mg/L. Osoon laguneb vees kiiresti ning selle stabiilsus sõltub suuresti vee puhtusest. Kuigi osoon laguneb ka täiesti puhtas vees, toimub see protsess kiiremini, kui vees esineb redutseerivaid lisandeid. Keemilises kineetikas on kiiruskonstant k keemilise reaktsiooni kiiruse kvantitatiivne mõõt. Teades seda konstanti saab arvutada, kuidas sõltub osooni kontsentratsioon ajast:

$$C(t) = C_0 \cdot e^{-kt},$$

kus $e = 2.718\dots$ on naturaallogaritm alus, C_0 on kontsentratsioon ajahetkel $t = 0$, ehk algkontsentratsioon; see valem kehtib eeldusel, et vaadeldaval ajavahemikul osooni juurde ei lisata.

Ülesanne

Veepuhastusjaam kasutab 25 000 L vee puhastamiseks osoneerimist. Eesmärk on saavutada lahustunud osooni sihtkontsentratsioon vees 0,8 mg/L. Osoneerimisprotsess toimub kahes etapis:

- *Esimene etapp*: vette viiakse kiiresti niisugune kogus osooni, mille tulemusel on osooni kontsentratsioon 70% sihtkontsentratsioonist.
- *Teine etapp*: vette viiakse kiiresti täiendav kogus osooni, mille tulemusel saavutatakse sihtkontsentratsioon.

Esimese ja teise etapi vahele jääb 20 minutine ooteaeg, mille jooksul lahustunud osoon laguneb kiiruskonstandiga $k_1 = 0,02 \text{ min}^{-1}$.

Osoonigeneraatori energiatarve on 20 kWh ühe kilogrammi O_3 kohta ning elektrienergia hind on 0,15 €/kWh. Eeldame ka, et kogu toodetud osooni ei õnnestu vees lahustada: 10% toodetud osoonist kaob atmosfääri.

a) Leidke esimeses etapis lahustunud osooni mass (g), kui on teada, et saavutati 70% sihtkontsentratsioonist ja vee kogus oli 25 000 L. (2 p.)

b) Arvutage osooni mass (g), mis laguneb esimese ja teise etapi vahel. (2 p.)

c) Arvutage teises etapis täiendavalt vees lahustunud osooni mass (g). (2 p.)

d) Arvutage, kui palju maksab osooni tootmine esimese ja teise etapi jaoks kokku. (2 p.)

e) Pärast 2. etappi hoitakse osoneeritud vett reservuaaris 40 minutit. Et teise etapi käigus viidi lahusesse ka lisandeid, siis laguneb osoon nüüd suurema kiiruskonstandiga $k_2 = 0,05 \text{ min}^{-1}$. Leidke selle aja lõpuks järelejäänud osooni kontsentratsioon. Kas kogus on desinfitseerimiseks piisav? (2 p.)