

- 1a. Käännä englanniksi: *toimilaite* 1 p.
- 1b. Käännä suomeksi automaatiotermin: *plant* 1 p.
- 1c. Piirrä auton *nopeuden* hallinnan karkea lohkokaavio, kun kuljettajana ihminen. 2 p.

- 2a. Suljetussa astiassa on glögiä *tilavuus* V . Sitä lämmitetään *teholla* P . Piirrä glögin *lämpötilan kasvulle* ΔT *alkeislohkokkaavio*, jossa esiintyy myös *lämpömäärän kasvu* $\Delta Q = c \cdot \rho \cdot V \cdot \Delta T$.
- 2b. Mömmöä siirretään liukuhihnalla, jonka *pituus* on 5 metriä ja jonka *nopeus* on 2 metriä sekunnissa. Mallinna liukuhihnalta *poistuvan mömmövirtauksen* q_{out} ja sille tulevan virtauksen q_{in} riippuvuus, ja esitä tulos sekä *kaavana* että *lohkokaaviona*, jossa merkitset lohkon sisään siihen liittyvän matemaattisen operaation.

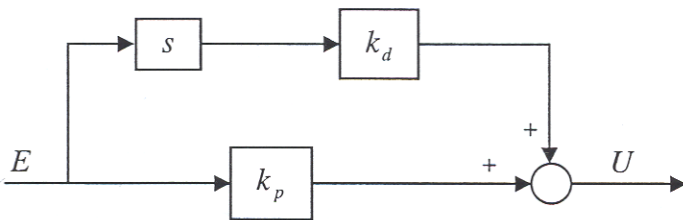
3. Mikä on

- 3a. *vakiovahvistuksen* 1 (yksi) siirtofunktio?
- 3b. *derivoinnin* siirtofunktio?
- 3c. *integroinnin* siirtofunktio?
- 3d. yhden sekunnin *viivästyksen* (viiveen, oik. viipeen) siirtofunktio?



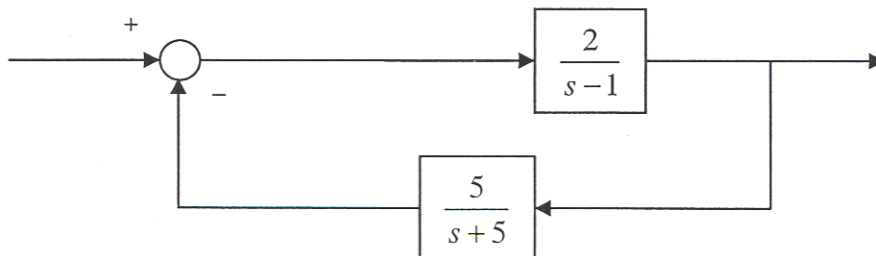
- 4a. Laske ao. systeemin (?) siirtofunktio:

2 p.



- 4b. Laske ao. systeemin *siirtofunktio* ja systeemin navat kertova *karakteristinen polynomi*. Napoja ei tarvitse laskea. Esitä siirtofunktio *kahden polynomin osamääränä*, polynomeissa ässän potenssien *kertoimet selvästi näyttäen*:

3 p.



5a. Erään säiliön nesteen pinnankorkeus h riippuu säiliön tulovirtauksesta q differentiaaliyhtälön

$$\dot{h} = q - 0.05 \cdot h^{0.5}$$

mukaisesti. Säiliön pinnankorkeuden oletetaan vaihtelevan arvon $h = 1$ ympäristössä. Johda *lineaarinen differentiaaliyhtälö*, joka kuvaa tulovirtauksen vaihtelun (muutoksen) ja pinnankorkeuden vaihtelun (muutoksen) välisen yhteyden *likimääräisesti*.

3 p.

5b. Laske funktion f , jolle $f(x) = x^2 + 3x$, *herkkyys* pisteessä $x = 2$. Vastaus *lukuarvona*:

1 p.

~~5c.~~ Erääseen säiliöön tulee virtaukset q_1 ja q_2 ja siitä poistuu virtaus q_0 . Esitä *nettovirtaus* q signaali-virtauskaavion avulla (*Signal Flow Graph*) muuttujatunnuksetkin kuvaan merkiten.

1 p.

6a. Erään säätöpiirin siirtofunktio (asetusarvosta säädettävään suureeseen) on

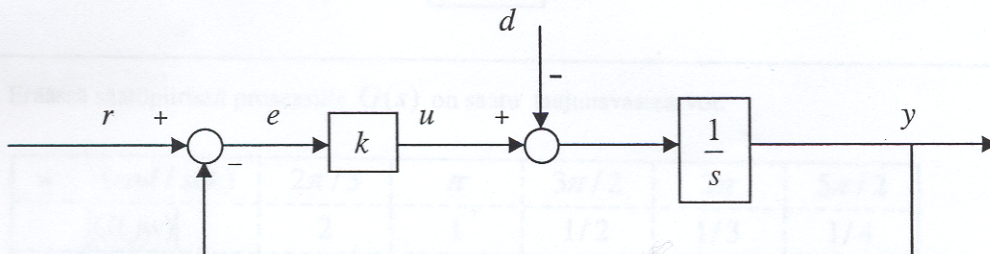
$$T(s) = \frac{-0.5k \cdot s + k}{s^2 + (3 - 0.5 \cdot k) \cdot s + (2 + k)}$$

Asetusarvo r on hetken nolla jälkeen 1. Laske *säätövirheen* loppuarvo säätimen vahvistukselle $k = 1$, päättelysi huolellisesti dokumentoiden.

3 p.

~~6b.~~ Laske (johda) ao. lohkokkaavion piirille häiriön d ja prosessin outputin y välinen siirtofunktio:

2 p.



7a. Erään toimilaitteen *yksikköaskelvaste* on

$$y(t) = 10 - 10 \cdot \exp(-2 \cdot t)$$

Laske toimilaitteen *asetumisaika*. Vastaus saa sisältää viittauksia *funktioalaskimen funktioihin*.

2 p.

~~7b.~~ Erään säätöpiirin siirtofunktio on

$$G(s) = \frac{k}{s^2 + 6 \cdot s + k}$$

missä k on *säätimen vahvistus*. Mitoita k niin, että säätöpiirin *yksikköaskelvaste* on mahdollisimman *nopea* mutta *monotoninen*.

2 p.

7c. Erään systeemin siirtofunktion ainoat navat ovat (-3) ja (-2) ja sen ainoa nollakohta on (-1) .

Hahmottele systeemin *yksikköaskelvaste* (periaatteellinen muoto, akseleille ei tarvitse merkitä lukuja).

1 p.



08. Eräässä levyasemassa käsivarren kääntymäkulman y ja sen asetusarvon y_{ref} välinen vakiokertoinen polynomimalli on

$$(L \cdot J \cdot s^3 + (L \cdot b + R \cdot J) \cdot s^2 + R \cdot b \cdot s + K_a \cdot K_m) \cdot Y(s) = K_a \cdot K_m \cdot Y_{ref}(s)$$

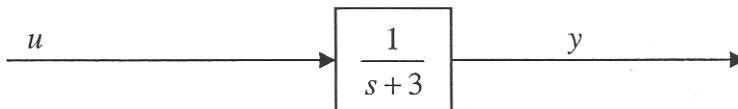
Johda mallin *stabiiliusehdot* ja esitä ne *kootusti epäyhtälökoelmana*.

09. a) Erään jo melkoisen kuluneen ja runsaasti lukupäätä vaatineen / vaativan levyaseman lukupään paikkasäädön suljetun systeemin siirtofunktio induktanssille $L = 0$ on

$$T(s) = \frac{5 \cdot K_a}{s^2 + 20 \cdot s + 5 \cdot K_a}$$

Etsi *säätimen vahvistukselle* K_a arvoväli, jolla suljetun systeemin *napojen reaaliosat* ovat avoimella välillä $-\infty \dots -4$ **tai** kerro kaksi syytä *etsiä moinen arvoväli* (siis *joko-tai* eikä *sekä-että*¹)

- b) Ao. systeemin input-funktio u on *sinifunktio*, jonka *jaksonaika* on $\pi/2$ sekuntia ja jonka *amplitudi* on 5. Laske output-funktion y värähtelevän komponentin *amplitudi*:



10. Eräässä säätöpiirissä prosessille $G(s)$ on saatu taajuusvastearvot:

ω (rad/sek)	$2\pi/3$	π	$3\pi/2$	2π	$5\pi/2$
$ G(j\omega) $	2	1	1/2	1/3	1/4
$\arg[G(j\omega)]$	-120°	-135°	-150°	-180°	-240°

Anturi on *ideaalinen*. Säätimenä on P-säädin, jonka vahvistukseksi valitaan *kakkonen* ($K_p = 2$).

Määritä piirille

a) vahvistusvara ^{20 log 2} *desibeleinä*

b) vaihevara ^{45°} *asteina*

11. Tutkitaan edelleen *Tehtävän 10* säätöpiiriä, jossa anturi on ideaalinen ja prosessin em. taajuusvaste on pätevä, mutta säätimen vahvistus ei nyt välttämättä ole kakkonen.

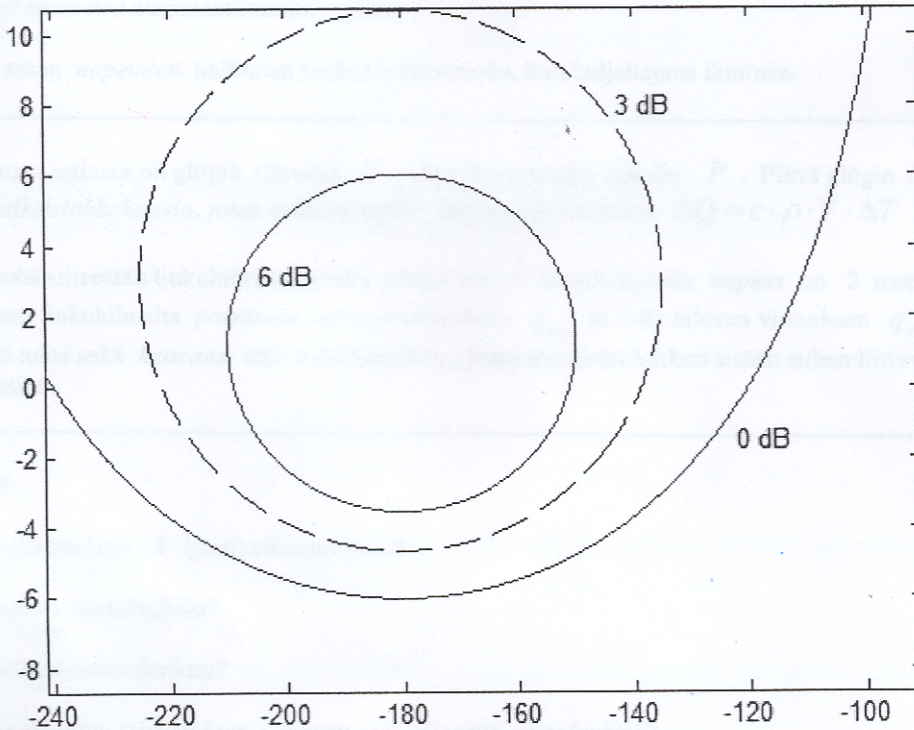
a) Laske piirin *viivevara*, kun P-säätimen vahvistus on *ykkönen* ($K_p = 1$).

b) Valitse P-säätimen vahvistus K_p niin, että *vaihevaraksi* saadaan 60° . *Perustele huolellisesti valintasi*.

¹ Lapsuudesta aikuisuuteen siirtyminen merkitsee monen asian kohdalla *sekä-etän* vaihtumista *joko-taiksi*.

12. a) Erään säätöpiirin anturi on ideaalinen. Piirin vahvistusvara on $6 \cdot \text{dB}$ (kertoimena 2) ja sen vaihevara on 40° . Määritä ko. säätöpiirin (suljetun systeemin) desibelivahvistuksen arvo avoimen systeemin vahvistuksen ylimenotaajuudella ao. Nichols-kartan avulla. Dokumentoi vastauksesi hyvin!!

2 p.



- b) Selosta lyhyesti toimilaitteen viiveen (reaktioajan) vaikutusta toimilaitteen kaistanleveyteen.
- c) Selosta H_∞ -normin ja askelvasteen ylityksen välistä yhteyttä.

1 p.

1 p.

13. a) Lausu funktion $\exp(a \cdot t) \cdot \sin(b \cdot t)$ ISE-luku parametrien a ja b funktiona.

2 p.

- b) Matti kertoo virittäneensä säätöpiirin säätimen niin, että yksikköaskelvasteen virheen ns. L_2 -normi on 2. Maija kertoo virittäneensä samaisen säätimen niin, että virheen ISE-luku on 3. Kumman tulos on parempi ja miksi?

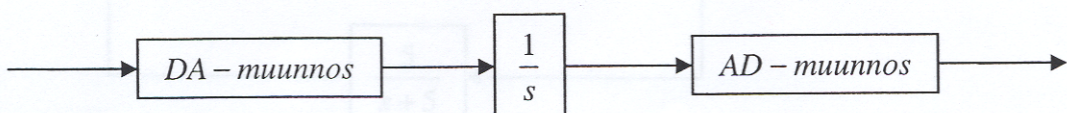
1 p.

- c) Asetusarvon askelmuutokseen liittyvä säätövirhefunktio halutaan optimoida. Minimoitavaksi tunnusluvuksi valitaan joskus ISTSE (ISTE) eikä ISE? Miksi?

1 p.

14. a) Määritä ao. systeemin z -siirtofunktio, kun sekä säätöväli että näytteenottoväli ovat aikayksikön suuruiset ja pitopiirin kertaluku on nolla (Zero-Order-Hold):

2 p.



- b) Kun analoginen säädin korvataan digitaalisella säätimellä, niin säätimen integrointioperaatio korvataan sitä jäljittelevällä aikadiskreetillä operaatiolla. Joskus kyseinen aikadiskreetti operaatio valitaan ns. Backward Euler -säännöllä. Mikä on kyseisen operaation z -siirtofunktio säätövälillä ollessa ykkönen? 2 p.