



[B] (11) KUULUTUSJULKAISU
UTLÄGGNINGSSKRIFT 72016

C (45) Patentti- ja rekisterihallitus
Patent- och registerstyrelsen

(51) Kv.lk./Int.Cl.⁴ H 02 P 5/00

SUOMI—FINLAND
(FI)

Patentti- ja rekisterihallitus
Patent- och registerstyrelsen

(21) Patenttihakemus — Patentansökning	832946
(22) Hakemispäivä — Ansökningsdag	17.08.83
(23) Alkupäivä — Giltighetsdag	17.08.83
(41) Tullut julkiseksi — Blivit offentlig	18.02.85
(44) Nähtäväksipanon ja kuul.julkaisun pvm. — Ansökan utlagd och utl.skriften publicerad	28.11.86
(86) Kv. hakemus — Int. ansökan	
(32)(33)(31) Pyydetty etuoikeus — Begärd prioritet	

- (71) Kone Osakeyhtiö, Munkkiniemen puistotie 25, 00330 Helsinki,
Suomi-Finland(FI)
- (72) Matti Kähkipuro, Hyvinkää, Suomi-Finland(FI)
- (74) Oy Heinänen Ab
- (54) Menetelmä ja laite hissin tasavirtamoottorin stabiloimiseksi -
Förfarande och anordning för stabilisering av en likströmsmotor
i en hiss

(57) TIIVISTELMA

Menetelmä ja laite hissin tasavirtamoottorin (10) nopeudensaadon stabiloimiseksi, jossa nopeudensaädössä takaisinkytkentätietoa käytetään virtatietoa ja nopeustietoa. Nykyiset hissin nopeudensaätöjärjestelmät eivät kykene säätämään hissin nopeutta viiveettömästi. Tästä aiheutuu varsinkin nopeiden hissien kohdalla haittoja. Tämän keksinnön tarkoituksena on poistaa nämä haitat siten, että virtasäätäjää approksimoidaan ideaalisella integraattorilla (17), jonka avulla saatua matemaattista mallia käytetään säätöjärjestelmän nopeussilmukan tai silmukoiden vahvistuksen ja aikavakioiden (T2) määrittämiseksi, jotka järjestelmäkohtaiset parametrit kompensoidaan vastaavilla lyhytaikaisilla ohjearvokorostuksilla (T3,T4,T5) käytännöllisesti katsoen viiveettömän ohjenseurantakyvyn aikaansaamiseksi.

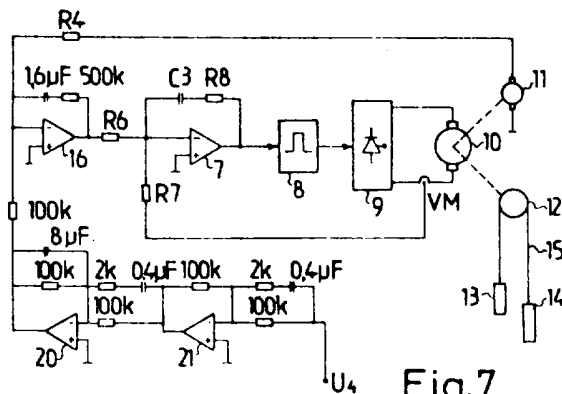


Fig.7

(57) SAMMANDRAG

Förfarande och anordning för stabilisering av hastighetsregleringen vid en med likströmsmotor (10) försedd hiss, i vilken hastighetsreglering uppgifter om ström och hastighet används som återkopplingsdata. Nuvarande hastighetsregleringssystem för hissar är inte kapabla att reglera hissens hastighet utan fördröjning. Detta förorsakar speciellt vid snabba hissar olägenheter. Denna uppfinning avser att avlägsna dessa nackdelar så, att strömregleraren approximeras med en idealisk integrator (17), med vars hjälp den erhållna matematiska modellen används för bestämning av förstärkningen och tidskonstanterna (T_2) vid reglersystemets hastighetslänk eller -länkar, vilka systembundna parametrar kompenseras med motsvarande kortvariga instruktionsvärdesmarkeringar (T_3, T_4, T_5) för att uppnå en praktiskt taget fördröjningsfri instruktionsföljningsförmåga.

MENETELMÄ JA LAITE HISSIN TASAVIRTAMOOTTORIN STABILOIMISEKSI -
FÖRFARANDE OCH ANORDNING FÖR STABILISERING AV EN LIKSTRÖMSMOTOR
I EN HISS

Tämän keksinnön kohteena on menetelmä hissin tasavirtamoottorin nopeudensäädön stabiloimiseksi ja nopeussäätäjä, jossa nopeudensäädössä takaisinkytkentätietoina käytetään virtatietoa ja nopeustietoa.

Tasavirtamoottorit ovat luontaisen säädettävän nopeuden ja tärinättömyyden tähden suosittuja hissien nostomoottoreina. Korkealuokkainen tasavirtamoottorin nopeudensäätö on monimutkaisen teorian takia kuitenkin vaikeasti tehtävissä, josta syystä tunnettujen nopeudensäätäjien heikkouksina ovat hissin liikkeiden erilaiset poikkeamat nopeussäätäjän antamasta ohjeesta. Poikkeamat ilmenevät mm. hissin nopeuden jättämisenä ohjearvosta kiihdytyksessä ja hetkellisessä ylinopeudessa ja heilahtelussa vauhdin tasaantuessa kiihdytyksen jälkeen tai hissin pysähtyessä.

Normaaleissa asuintalohisseissä päästään tavanomaisella tekniikalla kohtuulliseen suorituskykyyn, koska hissit ovat hitaita. Nopeissa pikahisseissä sen sijaan ohjeenseurantavirheet korostuvat ja ovat syynä siihen, että tunnetuilla pikahisseillä on melko huono suorituskyky. Jos hissi on nopea, on sen käynti epämu-kavaa ja nykivää, ja kohtuullisen käynnin saavuttamiseksi on taas nopeudesta tingittävä.

Tämän keksinnön tarkoituksena on poistaa edellämainitut pikahissin nopeudensäädön epäkohdat. Keksinnön mukaiselle hissin tasavirtamoottorin nopeudensäädön stabiloinnille on tunnusomaista se, että virtasäätäjää approksimoidaan ideaalisella integraattorilla, jonka avulla saatua matemaattista mallia käytetään säätöjärjestelmän nopeussilmukan tai silmukoiden vahvistuksen ja aikavakioiden määrittämiseksi, jotka järjestelmäkohtaiset parametrit kompensoidaan vastaavilla lyhytaikaisilla ohjearvokorostuksilla käytännöllisesti katsoen viiveettömän ohjeenseurantakyvyn ai-

kaansaamiseksi. Keksinnön etuina ovat tällöin se, että ohjeenmuodostus yksinkertaistuu, koska todellinen nopeus tarkasti seuraa ohjejännitettä, ja se että saadaan täsmällinen pysähtyminen, josta paitsi että se on hississä olijoille mukavampaa mahdollistaa pienemmän tarkkuusasetusikkunan käyttämisen ja näinollen saavutetaan parempi pysähdystarkkuus. Tarkkuusasetusikkunalla tarkoitetaan sitä kerrostason molemmiin puolin olevaa aluetta, johon hissi voi pysähtyä ilman että tapahtuu korjaus. Jos siis hissi yrittää pysähtyä tarkkuusasetusikkunan ulkopuolelle, niin tämä ei onnistu, vaan hissi liikkuu hitaasti oikeaan pysähdyspaikan suuntaan, kunnes tarkkuusasetusikkuna on löytynyt.

Keksinnön mukaisen menetelmän eräälle edulliselle sovellutusmuodolle on tunnusomaista se, että ideaalinen integraattori muodostuu virtasäätäjän siirtofunktiosta, joka on muodostettu sovelletusta matematiikasta tunnetuin menetelmin Laplace-muunnoksen avulla s -tasossa.

Keksinnön mukaisen menetelmän eräälle edulliselle sovellutusmuodolle on myös tunnusomaista se, että ohjearvokorostukset toteutettava kytkentä mitoitetaan tunnetun peruskytkennän siirtofunktion perusteella Laplace-muunnoksella vertaamalla kytkennän parametrejä nopeussäädön approksimaatiosta saatuihin.

Keksinnön mukaista menetelmää soveltavalle nopeussäätäjälle on pääasiassa tunnusomaista se, että säätäjässä on ohjearvokorostuspiiri, joka on peruskytkennältään sinänsä tunnettu operaatiovahvistinsovellutus, jossa on vaihejohtokompensointi niin, että piirin ulostulossa on kapasitiivinen vaihe-edeltämä sisääntuloon verrattuna, ja jossa säätäjässä on kaksinkertainen nopeuden takaisinkytkentä, ohjearvokorostuspiirissä vastaavasti kaksi derivoivaa korostuspiiriä, jotka sisääntulon eli ohjearvon muuttuessa generoivat korostuksia niin, että hissin oloarvon muutokset käytännöllisesti katsoen viiveettömästi seuraavat ohjearvon muutoksia.

Keksintöä selostetaan seuraavassa tarkemmin esimerkkien avulla viittaamalla oheisiin piirustuksiin, joissa

Kuvio 1 esittää tavanomaisen nopeudensäädön ohjetta ja oloarvoa.

Kuvio 2a esittää optimaalista ajokäyrää.

Kuvio 2b esittää ryömintäviiveellä varustettua hissin ajokäyrää.

Kuvio 3 esittää tavanomaisen nopeudensäädön lohkokaaviota.

Kuvio 4 esittää keksinnön mukaista nopeudensäädön analysointiin sopivaa lohkokaaviota.

Kuvio 5 esittää keksinnön mukaisen nopeusohjeen korostuspiiriä.

Kuvio 6 esittää esimerkkihissin nopeuskäyrää ja vastaavaa säätäjän lähtöjännitettä.

Kuvio 7 esittää esimerkin keksinnön mukaisesta nopeudensäädön mitoituksesta.

Kuvio 8 esittää toisen esimerkin keksinnön soveltamisesta.

Kuvio 9 esittää esimerkki 2:n säätäjän analyysin sijaiskytkentää.

Kuvio 10 esittää esimerkki 2:n suljetun nopeussilmukan siirtofunktion Bode-diagramman amplitudikäyrää.

Kuvion 1 mukaisessa tilanteessa hissin oloarvokäyrä 2 jää ohje-arvokäyrän 1 jälkeen kiihdytyksessä (nouseva reuna) vakiomäärän 3 verran. Kun hissin kiihdytysvaihe on loppunut ja siirrytään tasaiseen nopeuteen, oloarvo ei välittömästi tunnista tilanteen muutosta, vaan heilahtaa säätöjärjestelmän ominaishitauden takia oikean arvon molemmiin puolin vaimenevalla amplitudilla 4. Vastaava tilanne esiintyy pysähdyksessä, nyt oloarvonopeus 2 jää jonkin verran suuremmaksi kuin ohjearvo 1 hidastuksen aikana ja pysähtymisessä esiintyy taas oloarvon heilahtelua.

Kuviossa 2a on esitetty optimaalista tapausta kuvion 1 mukaisessa tilanteessa, jolloin nopeus menee nolleen samalla hetkellä, kun hissi on löytänyt oikean pysähdyspisteen, joten käyrät 1 ja 2 yhtyvät käyräksi 5; kuviossa 2b on esitetty miten syntyy ajanhukkaa, jos ei ajeta optimaalista käyrää. Ryömintäviive 6 tuhlaa aikaa tarpeettomasti, eikä kiihdytysvaiheen seurantavirheistä olla päästy eroon.

Kuvion 3 tavanomaista tekniikkaa edustavassa nopeudensäätöratkaisussa on siis vaikeutena saada itse säätäjä, virtasäätäjä 7, tyristorien sytytinpiiri 8 ja tyristorisilta 9, analyttisesti ratkaistua, jotta täsmälleen tiedettäisiin säätäjän tila joka hetkellä, mikä on edellytys ja lähtökohta säätäjän ominaisarvojen mielekkäälle modifioinnille. Nopeussäätäjä 16 muodostuu ns. PI-säätäjästä (PI = Proportional Integral), joka sinänsä on täysin hallittavissa. Kuviossa 3 on lisäksi esitetty hissin koneistoa, hissimoottori 10, takometrigeneraattori 11, taittopyörä 12, hissikori 13 ja vastapaino 14, joihin numeroihin jäljempänä viitataan. VM tarkoittaa virtamuuntajaa.

Esimerkki 1

Selvitetään seuraavaksi esimerkin valossa keksinnön mukaisen stabiloinnin mitoittamista.

Kuvio 4 esittää keksinnön mukaista menetelmää nopeudensäädön malliksi. Kuviossa 4 on erikoista se, että koko virtasäätösilmukka on approksimoitu integraattorilla 17. Tämä tekee mahdolliseksi yksinkertaisten mallien kehittelyn. Toisaalta tällainen approksimaatio on hisseissä erityisen tarkka, koska virtasäätäjässä esiintyvät aikavakiot ovat noin 10 ms luokkaa, kun taas nopeussilmukan aikavakiot ovat 300 ms luokkaa.

Määrätään seuraavaksi kuvion 4 siirtofunktio. Operaatiovahvistimien teoriasta on tuttua, että säätäjän 16 siirtofunktio (= G1) on seuraavaa:

$$G_1 = \frac{K_1 (1 + sT_1)}{s} \quad (1)$$

Tässä yhtälössä s on Laplace-muuttuja, K_1 on säätäjäkytkennän vahvistus ja T_1 on säätäjäkytkennän aikavakio.

Yhtälössä 1 on:

$$K_1 = 1/(R_2 * C_1) \quad (2)$$

$$T_1 = R_1 * C_1 \quad (3)$$

R_1 , R_2 ja C_1 ovat säätäjäkytkennän komponentteja kuvion 4 mukaisesti.

Koko avoimen silmukan siirtofunktio (G_2) kuviossa 4 ilman takaisinkytkennän osuutta on seuraava:

$$G_2 = \frac{K_2 (1 + sT_1)}{s*s} \quad (4)$$

jossa:

$$K_2 = K_1 * K_3 \quad (5)$$

Säätötekniikan teorian mukaan saadaan suljetun systeemin siirtofunktio ($=G_3$) seuraavasti:

$$G_3 = G_2 / (1 + G_2 * K_4) \quad (6)$$

Sijoitetaan yhtälö (4) yhtälöön (6). Pienen sieventelyn jälkeen saadaan:

$$G_3 = K_2 * (1 + sT_1) / (s*s + s*K_2*K_4*T_1 + K_2*K_4) \quad (7)$$

Tutkitaan yhtälön (7) nimittäjän nollakohtia:

$$s*s + s*K2*K4*T1 + K2*K4 = 0 \quad (8)$$

Juuriksi saadaan:

$$s_1, s_2 = (K2*K4*T1)/2 \quad +(-) \text{ SQR } (A) \quad (9)$$

jossa:

$$A = (K2*K2*K4*K4*T1*T1)/4 - K2*K4 \quad (10)$$

Säätötekniikan teorian mukaisesti systeemiin ei synny toisen asteen termiä, jos vahvistus K on korkeintaan niin suuri, että yhtälö 10 on nolla. Tämä on välttämätön edellytys ylityksen poistamiseksi. Saadaan ns. kriittinen vahvistus:

Saadaan sievennyksen jälkeen:

$$K2*K4*T1*T1 = 4 \quad (11)$$

Kun otetaan yhtälö (5) huomioon, niin saadaan:

$$K1*K3*K4*T1*T1 = 4 \quad (12)$$

Vakiot K1 ja T1 määräytyvät edellä esitetyn perusteella säätäjän komponenteista R1, R2 ja C. Komponentit K3 ja K4 määräytyvät hissin moottorin ominaisuuksista ja mekaanisista huimista. Nämä voidaan laskea melko helposti, mutta seuraavaksi esitetään menetelmä näiden vakioiden määrittämiseksi yksinkertaisen mittauksen avulla.

Kun mitataan jännite U2 kuviossa 4 ja 6 kiihtyvyydellä a, niin saadaan jännite Ua. Koska K3 on jännitteen ja kiihtyvyyden välinen kerroin, niin:

$$K3 = a/Ua \quad (13)$$

Tutkitaan vakiota K4. Kun hissin nopeus on nimellinen VN, niin takometrin lähtöjännite 18 kuviossa 4 on Ub. Tämän perusteella saadaan:

$$K_4 = U_b/V_n \quad (14)$$

Kun yhtälöön 12 sijoitetaan yhtälöt 13, 14, 2 ja 3, niin saadaan sievennyksen jälkeen:

$$C_1 = (4 \cdot R_2 \cdot U_a \cdot V_n) / (U_b \cdot R_1 \cdot R_1 \cdot a) \quad (15)$$

Yhtälö 15 ilmoittaa säännön, jonka perusteella määrätään säätäjän kapasitanssi, kun systeemin muut vakiot on tunnettu. Kun yhtälön 15 mukaista ratkaisua käytetään, niin suljetun säätäjän siirtofunktion nimittäjään tulee kaksi yhtäsuurta aikavakiota, koska vahvistus on viritetty kriittiseksi.

Nimittäjän aikavakio saadaan yhtälöstä 9. Kun kerran vahvistus on valittu niin suureksi, että neliöjuuritermi on nolla, niin yhtälön alkuosan käänteisarvo antaa halutun aikavakion. Olkoon tämän aikavakion nimi T_2 . Saadaan:

$$T_2 = 2 / (K_2 \cdot K_4 \cdot T_1) \quad (16)$$

Jos sijoitetaan yhtälöön 16 yhtälöt 5, 2, 3, 13 ja 14, niin saadaan:

$$\bullet \quad T_2 = (2 \cdot R_2 \cdot U_a \cdot V_n) / (a \cdot R_1 \cdot U_b) \quad (17)$$

Yhtälön 7 perusteella saadaan kriittisellä vahvistuksella varustetun säätäjän lopulliseksi suljetun silmukan siirtofunktioksi:

$$G_4 = K_5(1 + s \cdot T_1) / ((1 + s \cdot T_2)(1 + s \cdot T_2)) \quad (18)$$

K_5 on suljetun systeemin vahvistus, K_5 :n arvo ei vaikuta tässä selostettavaan mitoitukseen, joten sitä ei käsitellä enempää. Tämän siirtofunktion aikavakiot saadaan yhtälöstä 3 ja 17.

Seuraavaksi näytetään, miten sopivasti ohjearvoa korostamalla saadaan yhtälön (18) mukainen siirtofunktio seuraamaan ohjearvoa viiveettömästi ja ilman ylitystä.

Tarkastellaan kuvion 5 mukaista korostuskytkentää. Korostuskytkentää käytetään siten, että esim. operaatiovahvistimesta 21 kuvioon 4 tuleva nopeuden ohjejännite 19 kulkee ensin kuviossa 5 esitetyn korostuskytkennän kautta.

Kuvion 5 kytkennän siirtofunktioksi saadaan operaatiovahvistimen teorian perusteella:

$$G5 = ((1 + s \cdot T3)(1 + s \cdot T4)) / (1 + s \cdot T5) \quad (19)$$

jossa:

$$T3 = R10 \cdot C4 \quad (20)$$

$$T4 = R13 \cdot C5 \quad (21)$$

$$T5 = R15 \cdot C6 \quad (22)$$

Edelliset siirtofunktiot ja aikavakiot pitävät paikkansa, jos vastus R12 on riittävän pieni vastukseen R10 verraten. Tämä pidetäänkin mitoitusperusteena. Vastus R12 tarvitaan vain operaatiovahvistimen 20 sisäisen stabiliteetin säilyttämiseksi. Vastaavasti R14 tulee olla pieni R13 suhteen. Edelleen tulee R10 olla yhtäsuuri kuin R11 ja R15 yhtäsuuri kuin R13. Nämä yhtäsuuruudet määräävät siirtofunktion 19 vahvistustermiksi yhden.

Korostuspiirin aikavakiot pitää valita siten, että:

$$T3 = T4 = T2 \quad \text{ja} \quad T5 = T1 \quad (23)$$

Edellisen perusteella todetaan, että yhtälön 19 aikavakiot kumoavat yhtälön 18 aikavakiot. Näin siis on saatu keksinnön mukainen hyvä ohjeenseurantakyky.

Tarkastellaan vielä numeerisen esimerkin valossa miten keksinnön mukainen stabilointi suoritetaan. Olkoon kuviossa 6 stabiloitavasta hissistä mitatut nopeuskäyrä ja nopeussäätäjän lähtöjännite U2. Tätä mittausta varten hissi on kuormattava puolelle kuormalle. Mitattuun nopeuskäyrään on piirretty tangentti tg. Tangentin avulla määrätään hissien kiihtyvyys. Olkoon mitattu $dv = 2 \text{ m/s}$ ja $dt = 2 \text{ sec}$. Tästä saadaan laskettua kiihtyvyydeksi 1 m/s^2 . Olkoon edelleen mitattu $U_a = 5 \text{ V}$ ja $U_b = 20 \text{ V}$ kun hissien nimellisenopeus on 4 m/s . Nopeussäätäjän kuvion 4 vastukset R2 ja

R1 valitaan kokeellisesti siten, että hissi kulkee tärinättömästi. Kuitenkin niin, että vahvistus on mahdollisimman suuri. Jos esim. R2 on 100 k ohm, niin R1 valitaan siis mahdollisimman suureksi. Mittaukset ja kokeilut tehdään ei-optimaalisella säätäjällä, koska optimaalista säätäjää ei vielä tunneta tässä vaiheessa. Oletetaan, että R1:n arvoksi tuli 500 k ohm. Nyt voidaan kondensaattorin C1 arvo laskea yhtälöstä 15. Saadaan:

$$C1 = (4 \cdot 100k \cdot 5V \cdot 4) / (20V \cdot 500k \cdot 500k) = 1,6 \text{ mikrof}$$

Määrätään seuraavaksi korostuspiirin kuvio 5 aikavakiot. Asetetaan korostuspiirissä aluksi vastukset R10, R11, R13 ja R15 yhteisuuriksi, esim. 100 k ohm. Tämän jälkeen määrätään T1 yhtälöstä 3. Saadaan:

$$T1 = 1,6E-6 \cdot 500E3 = 0,8 \text{ sec}$$

Tämän perusteella saadaan kondensaattorin C6 arvoksi 8 mikrof. Määrätään sitten aikavakio T2 yhtälöstä 17:

$$T2 = (2 \cdot 100k \cdot 5V \cdot 4) / (1 \cdot 500k \cdot 20V) = 400 \text{ msec}$$

Tämän perusteella saadaan C4 = 0,4 mikrof ja C5 = 0,4 mikrof.

Näin saatiin mitoitettua keksinnön mukainen säätäjä. Huomautettakoon vielä, että virtasäätäjä on hyvä mitoittaa kokeellisesti niin, että siinä ei ole yhtään ylitystä suurellakaan virralla.

Kuviossa 7 on esitetty edellisen esimerkin mukainen mitoitus. Huomautettakoon, että kuvion 5 vastusten R12 ja R14 arvoiksi on pantu 2k ohm, joka vastaa edellä esitettyä mitoitusperiaatetta. Kuvion 7 osien R6, R7, R8, R4 ja C3 mitoitus ei ole esitetty, koska edellä esitetyn perusteella näiden arvojen määrittäminen on ammattimiehelle selvää, eikä tämä enää kuulu tämän keksinnön puitteisiin. Hissin nopeusohjearvo U_4 on niinikään muodostettu sinänsä tunnetulla tavalla.

Esimerkki 2

Tarkastellaan vielä toinen esimerkki keksinnön soveltamisesta. Tätä esittää kuvio 8. Kuvion 8 ratkaisu eroaa kuvion 7 tapauksesta siinä, että takometritakaisinkytkentä on käytetty kahdesti nimittäin vastuksen R17 ja R22 kautta. Tästä kaksinkertaisesta takaisinkytkennästä seuraa etuna se, että kuvion 5 korostuskondensaattoria C6 ei tarvitse käyttää. Tämä tosiasia osoitetaan jäljempänä. Tämä on sikäli hyvä, että C6:n määräämä aikavakio on suuri, jolloin kompensoinnin stabiilisuus kondensaattorin toleranssille ja lämpötilariippuvuudelle on huono. Näin ollen kuvion 8 ratkaisu on edullisempi kuin kuvion 7 tapaus.

Analysoidaan aluksi kuvion 8 ensimmäisen nopeustakaisinkytkennän muodostaman silmukan siirtofunktio.

Avoimen silmukan siirtofunktio (= G6) on seuraava ilman takaisinkytkennän osuutta:

$$G_6 = K_6/s \quad (24)$$

Jossa:

$$K_6 = (K_3 \cdot R_{16})/R_{17} \quad (25)$$

Muodostetaan nyt suljetun silmukan siirtofunktio käyttäen yhtälön (6) periaatetta:

$$G_7 = (K_6/s)/(1 + (K_6 \cdot K_4)/s) \quad (26)$$

Tämä yhtälö sievenee muotoon:

$$G_7 = K_7/(1 + s \cdot T_6) \quad (27)$$

72016

jossa:

$$K7 = 1/K4$$

(27a)

Havaitaan, että kun sisemmän nopeudensäädön säätäjä 16a on vastustakaisinkytkettyä tyyppiä, niin suljettuun silmukkaan tulee vain aikavakio eikä enää integrointitermiä kuten tapahtui kuvion 4 tapauksessa. Tämä helpottaa korostuspiirin mitoittamista, kuten tulemme näkemään.

Johdetaan seuraavaksi yhtälö aikavakion $T6$ määrittämiseksi. Yhtälöstä (27) ja (26) saadaan:

$$T6 = 1/(K4 \cdot K6)$$

(28)

Kun otetaan huomioon yhtälöt (25), (13) ja (14), niin saadaan:

$$T6 = (U_a \cdot V_n \cdot R_{17}) / (a \cdot U_b \cdot R_{16})$$

(29)

Tässä onkin haluttu aikavakion yhtälö.

Ulomman nopeudensäätösilmukan stabilointi tapahtuu seuraavasti. Mitoitetaan säätäjän 16b takaisinkytkentä R_{21} , $C8$ siten, että näiden muodostama aikavakio $R_{21} \cdot C8$ on yhtäsuuri kuin aikavakio $T6$. Tällöin mainitut kaksi aikavakiota kompensoivat toisensa. Nyt ulompaan nopeudensäätölenkkiin jää vahvistimen 16b integrointitermi ja vahvistimen 16c takaisinkytkennän muodostama aikavakio $T7$:

$$T7 = C7 \cdot R_{19}$$

(29a)

Tilanne muodostuu kuvion 9 mukaiseksi. Oletetaan, että $R_{20} = R_{19}$, jolloin vahvistimen 16c vahvistus on yksi.

Määritetään seuraavaksi kuvion 9 suljetun silmukan siirtofunktio.

$$K8 = K7 \cdot K9 / (R_{22} \cdot C8)$$

(30)

72016

Jossa

$$K9 = R17/R18 \quad (30a)$$

Silmukan avoin siirtofunktio on:

$$G8 = K8/s*(1+s*T7) \quad (31)$$

Tästä päästään suljetun silmukan siirtofunktioon:

$$G9 = G8/(1+G8*K4) \quad (32)$$

$$G9 = K8/(s*(1+s*T7)+K8*K4) \quad (33)$$

$$G9 = (K8/T7)/(s*s+s/T7 + K8*K4/T7) \quad (34)$$

Tutkitaan nimittäjän nollakohtia:

$$s_{1,2} = -1/(2*T7) + (-) \text{SQR}(1/(4*T7*T7)-K8*K4/T7) \quad (35)$$

Säätö saadaan kriittiseksi kun neliöjuuritermi on nolla:

$$1/4*T7*T7 - K8*K4/T7 = 0 \quad (36)$$

Eli:

$$4*K8*T7*K4 = 1 \quad (37)$$

Yhtälöön (37) sijoitetaan yhtälöt (14), (27a), (29a), (30) ja (30a), jolloin saadaan:

$$C8 = 4*R19*C7*R17/(R22*R18) \quad (38)$$

Kun yhtälöstä 38 lasketaan kondensaattori C8, niin saadaan kriittiseen viritykseen johtava vahvistus.

Nopeudensäätösilmukan lopulliseksi määrittämiseksi tarvitaan vielä suljetun silmukan siirtofunktio kriittisen vahvistuksen tapauksessa. Tämä voidaan johtaa yhtälöstä 34, kun otetaan huomioon, että nyt saadaan nimittäjään kaksi yhtäsuurta aikavakiota. Saadaan:

$$G_{10} = K_{10}/((1+s*T_8)*(1+s*T_8)) \quad (39)$$

Yhtälön 39 aikavakio voidaan päätellä yhtälöstä (35):

$$T_8 = 2*T_7 \quad (40)$$

Nyt olemme määritelleet sopivan kondensaattorin C8 arvon, jolla saadaan kriittinen vahvistus ja lopullisen nopeussilmukan siirtofunktio ja sen aikavakiot. Seuraavaksi esitämme miten tämän esimerkin tapauksessa saadaan sopiva nopeusohjeen korostus, jotta saataisiin viiveetön ohjeenseurantakyky. Kuviossa 8 onkin piirrettynä näkyviin vahvistimien 20 ja 21 ympärille oikea kompensointikytkentä. Nyt riittää kahden aikavakion kompensointi. Kompensointi on oikea kun:

$$C_9*R_{29} = C_{10}*R_{28} = T_8 \quad (41)$$

Näin onkin saatu valmiiksi esimerkin 2 teoreettinen käsittely.

Esitetään vielä numeerinen ratkaisu esimerkkiin 2. Oletetaan, että hissistä mitatut arvot ovat samat kuin esimerkin 1 numeerisessa ratkaisussa. Vastukset R16 ja R17 voidaan valita melko vapaasti. Otetaan arvot R16 = 300 k ja R17 = 100 k. Nyt saadaan yhtälöstä 29 ensimmäisen silmukan aikavakio:

$$T_6 = (5V*4m/s*100k)/(1m/(s*s)*20V*300k) = 0,33 \text{ sec}$$

Olkoon edelleen R18=R19=R20=100kohm. Nämä vastukset voidaan valita vapaasti. Kondensaattori C7 määrätään niin suureksi kuin tarvitaan, jotta hissien mekaaninen resonanssi ei aiheuta tärinää. Tämä arvo löydetään kokeellisesti. Olkoon C7=1,0 mikrof. Yhtälön (29a) perusteella saadaan:

$$T_7 = 1,0\text{mikrof}*100\text{kohm} = 100 \text{ msec}$$

Nyt saadaan yhtälön 40 perusteella nopeussilmukan aikavakioksi:

$$T8 = 200 \text{ msec}$$

Olkoon kompensointipiirin vastukset $R24=R29=R26=R28=100\text{kohm}$. Tällöin siis yhtälön 41 perusteella saadaan kondensaattorien C9 ja C10 arvoiksi 1 mikrof. Seuraavaksi määräämme kondensaattorin C8 arvon. Tätä ennen voidaan valita R22 vapaasti. Olkoon $R22 = 100\text{kohm}$. Tämä tapahtuu yhtälön 38 perusteella:

$$C8 = 4 \cdot 100\text{k} \cdot 1\text{mikrof} \cdot 100\text{k} / (100\text{k} \cdot 100\text{k}) = 4,0 \text{ mikrof}$$

Kun C8 on saatu, niin R21 pitää valita niin, että $T6=C8 \cdot R21$. Tämän perusteella saadaan:

$$R21 = T6/C8 = 0,33 \text{ sec} / 4,0 \text{ mikrof} = 82 \text{ kohm}$$

Nyt onkin haluttu mitoitus suoritettu.

Tarkastellaan tämän jälkeen keksinnön yksityiskohtaa kuvion 10 perusteella. Kuvio 10 esittää keksinnön esimerkki 2 mukaisen siirtofunktion Bode-diagramman amplitudikäyrää 22 ja sen asympotoottiesitystä 23. Lisäksi kuvioon 10 on merkitty tyypillinen vaihteettomassa hississä esiintyvä mekaanisen resonanssin alue 24. Kuvion 10 esittää seuraavan siirtofunktion:

$$G_{11} = 1 / ((1 + s \cdot 0,2) \cdot (1 + s \cdot 0,2)) \quad (42)$$

Kuvion 10 perusteella selviää, että nopeussäätäjän lopullinen siirtofunktio on viritettävä siten, että mekaanisen resonanssin alueella on riittävä vaimennus. Tarvittavan vaimennuksen suuruusluokka on noin 40 dB.

Alan ammattimiehelle on selvää, että keksinnön eri sovellutusmuodot eivät rajoitu ainoastaan yllä esitettyyn esimerkkiin, vaan voivat vaihdella jäljempänä esitettävien patenttivaatimusten puitteissa.

PATENTTIVAATIMUKSET

1. Menetelmä hissin tasavirtamoottorin (10) nopeudensäädön stabi-loimiseksi, jossa nopeudensäädössä takaisinkytkentätietoina käy-tetään virtatietoa ja nopeustietoa, t u n n e t t u siitä, että virtasäätäjää approksimoidaan ideaalisella integraattorilla (17), jonka avulla saatua matemaattista mallia käytetään säätöjärjes-telmän nopeussilmukan tai silmukoiden vahvistuksen ja aikavakioi-den määrittämiseksi, jotka järjestelmäkohtaiset parametrit kompen-soidaan vastaavilla lyhytaikaisilla ohjearvokorostuksilla käytän-nöllisesti katsoen viiveettömän ohjeenseurantakyvyn aikaansaami-seksi.
2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, t u n n e t t u sii-tä, että ideaalinen integraattori (17) muodostuu virtasäätäjän siirtofunktioista, joka on muodostettu sovelletusta matematiikasta tunnetuin menetelmin Laplace-muunnoksen avulla s-tasossa.
3. Patenttivaatimuksen 1 tai 2 mukainen menetelmä, t u n n e t -t u siitä, että ohjearvokorostukset toteuttava kytkentä mitoite-taan tunnetun peruskytkennän siirtofunktion perusteella Laplace-muunnoksella vertaamalla kytkennän parametrejä nopeussäädön approksimaatiosta saatuihin.
4. Patenttivaatimuksen 1 mukaista menetelmää soveltava hissin ta-savirtamoottorin nopeudensäätäjä, t u n n e t t u siitä, että säätäjässä on ohjearvokorostuspiiri, joka on peruskytkennältään sinänsä tunnettu operaatiovahvistinsovellutus, jossa on vaihejoh-tokompensointi niin, että piirin ulostulossa on kapasitiivinen vaihe-edeltämä sisääntuloon verrattuna, ja jossa säätäjässä on kaksinkertainen nopeuden takaisinkytkentä, ohjearvokorostuspii-rissä vastaavasti kaksi derivoivaa korostuspiiriä, jotka sisään-tulon eli ohjearvon muuttuessa generoivat korostuksia niin, että hissin (13) oloarvon muutokset käytännöllisesti katsoen viiveet-tömästi seuraavat ohjearvon (U4) muutoksia.

PATENTKRAV

1. Förfarande för stabilisering av hastighetsregleringen vid en med likströmsmotor (10) försedd hiss, i vilken hastighetsreglering uppgifter om ström och hastighet används som återkopplingsdata, k ä n n e t e c k n a t därav, att strömregleraren approximeras med en idealisk integrator (17), med vars hjälp erhållen matematisk modell används för bestämning av förstärkningen och tidskonstanterna vid reglersystemets hastighetslänk eller -länkar, vilka systembundna parametrar kompenseras med motsvarande kortvariga börvärdesmarkeringar för att uppnå en praktiskt taget fördröjningsfri börvärdesföljningsförmåga.
2. Förfarande enligt patentkravet 1, k ä n n e t e c k n a t därav, att den idealiska integratorn (17) utgörs av en överföringsfunktion vid en strömreglerare, som är utformad med från den tillämpade matematikens område kända metoder med hjälp av Laplace-transformation i s-planet.
3. Förfarande enligt patentkravet 1 eller 2, k ä n n e t e c k n a t därav, att kopplingen som förverkligar börvärdesmarkeringarna dimensioneras på basen av överföringsfunktionen hos en känd grundkoppling medelst Laplace-transformation genom att jämföra kopplingens parametrar med de som erhållits ur hastighetsregleringens approximation.
4. Hastighetsreglerare för likströmsmotorn vid en hiss som tillämpar förfarandet enligt patentkravet 1, k ä n n e t e c k n a t därav, att det i regleraren finns en börvärdesmarkeringskrets, som till sin grundkoppling är en i och för sig känd operationsförstärkartillämpning med en fasledningskompensation så, att det i kretsens utgång finns en kapacitiv fasförskjutning framåt jämfört med ingången, och att regleraren har en dubbel hastighetstillbakakoppling och börvärdemarkeringskretsen på motsvarande sätt två deriverande markeringskretsar, vilka då ingången dvs. börvärdet förändras genererar markeringar så, att förändringarna i hissens (13) ärvärden i praktiken utan dröjsmål följer börvärdets (U4) förändringar.

Viitejulkaisuja-Anförda publikationer

Patenttijulkaisuja:-Patentskrifter: Iso-Britannia-Storbritannien(GB)
1 216 898 (H 02 p 5/12).

Muita julkaisuja:-Andra publikationer: Sähkötekniikan käsikirja,
osa III, 1979, Tammi, Helsinki, p. 494-496 ja/och p. 514-515.

72016

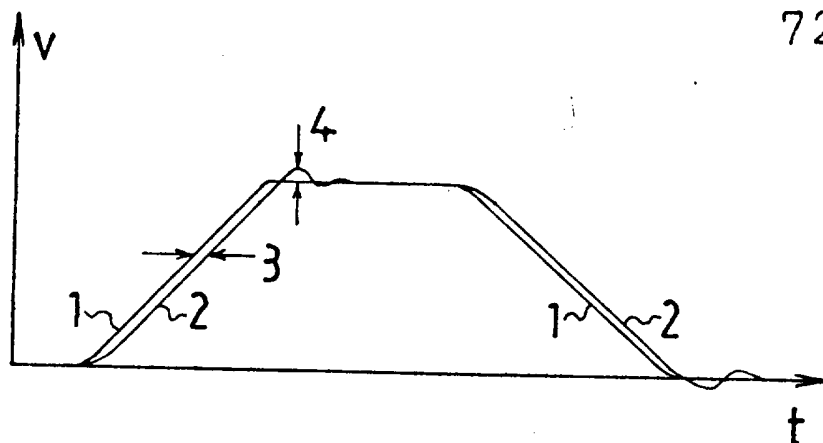


Fig. 1

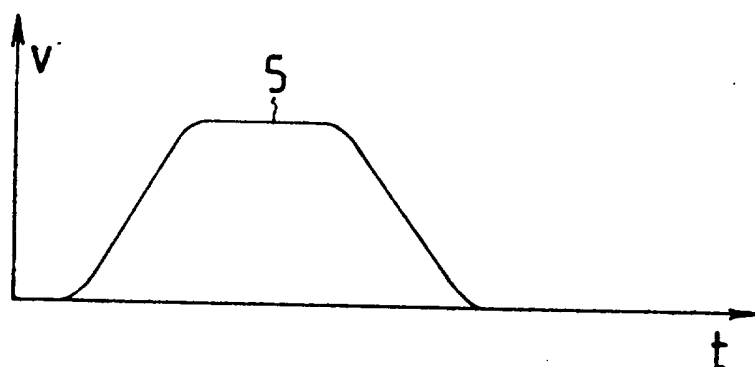


Fig. 2a

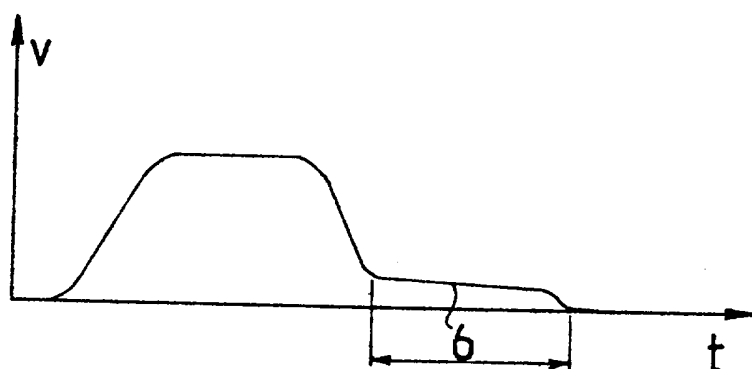


Fig. 2b

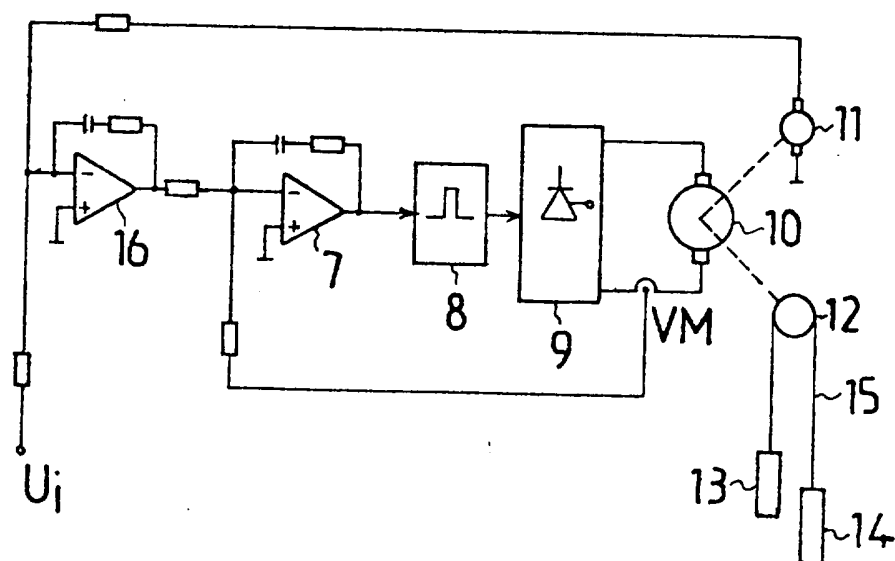
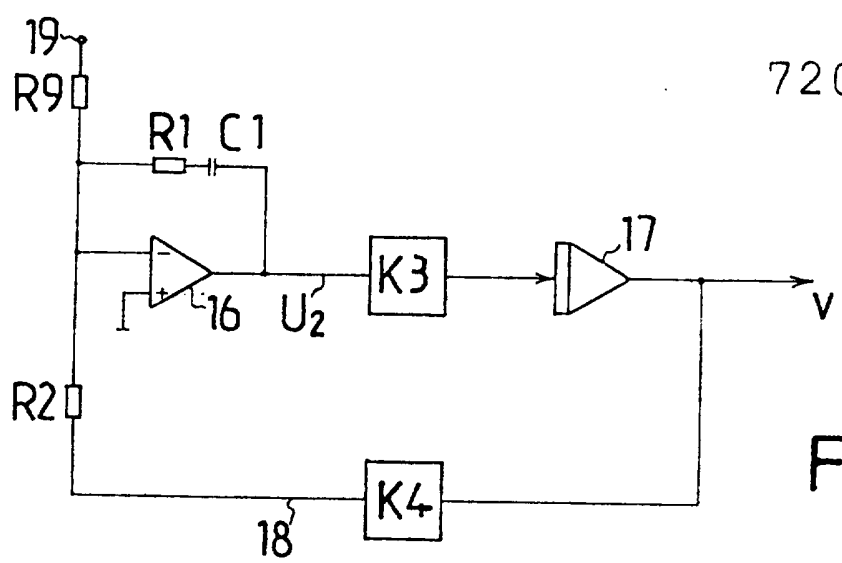


Fig. 3



72016

Fig.4

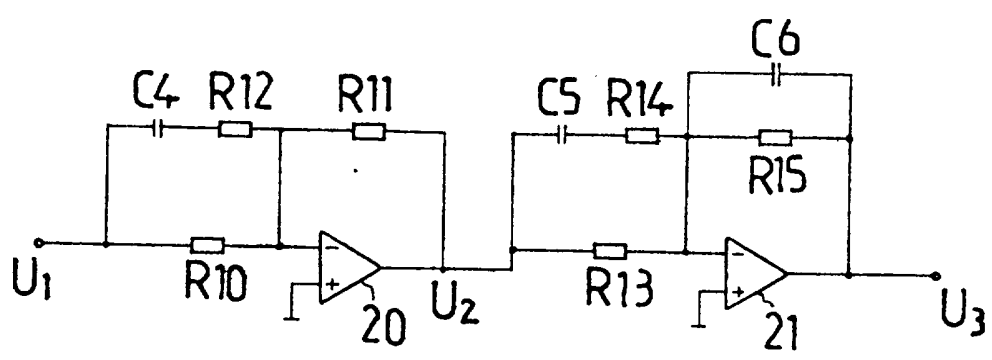


Fig.5

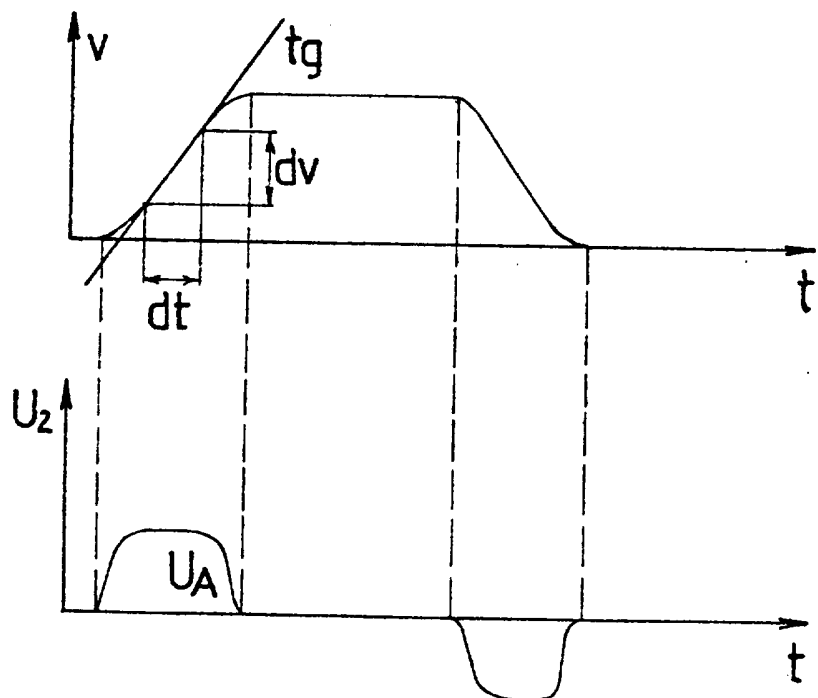


Fig.6

[illegible]

Fig.7

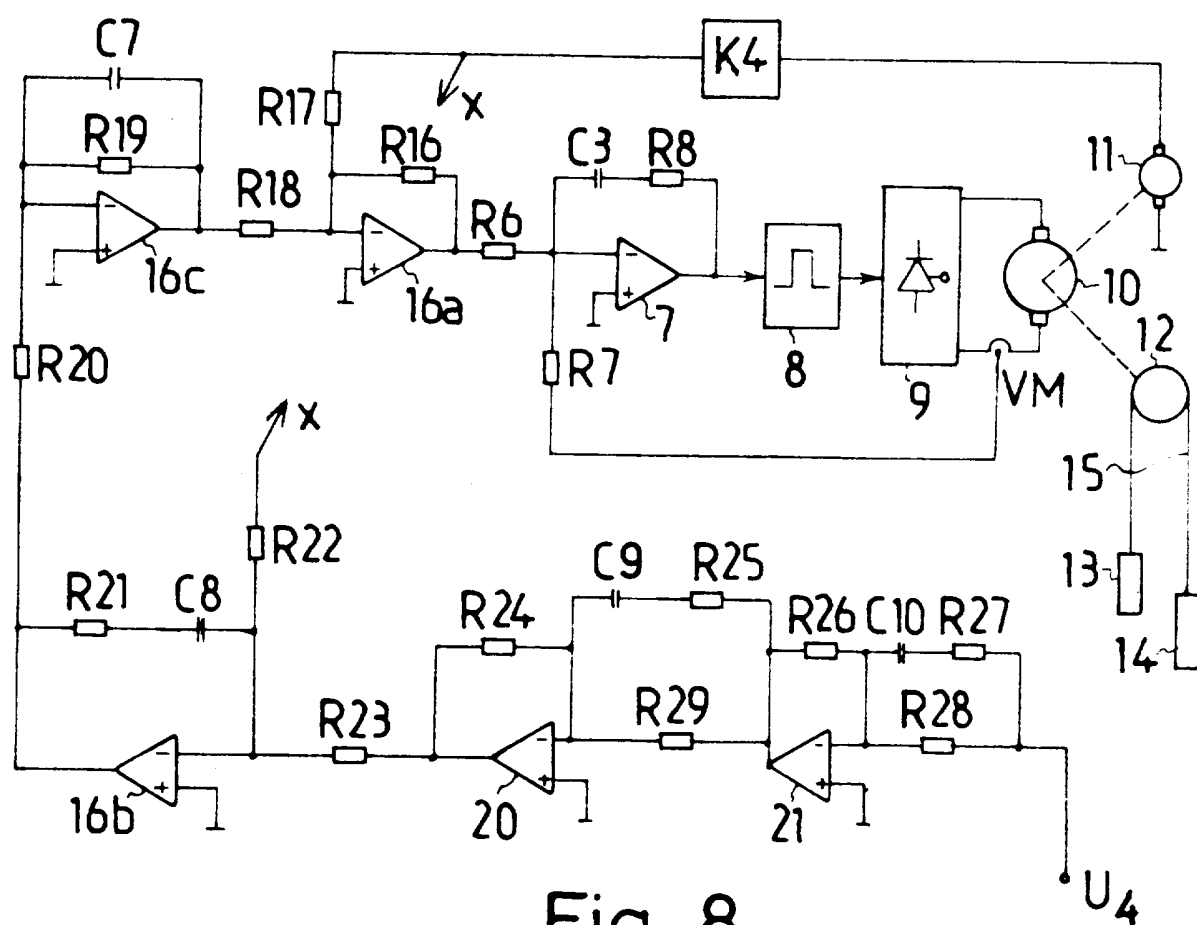


Fig. 8

72016

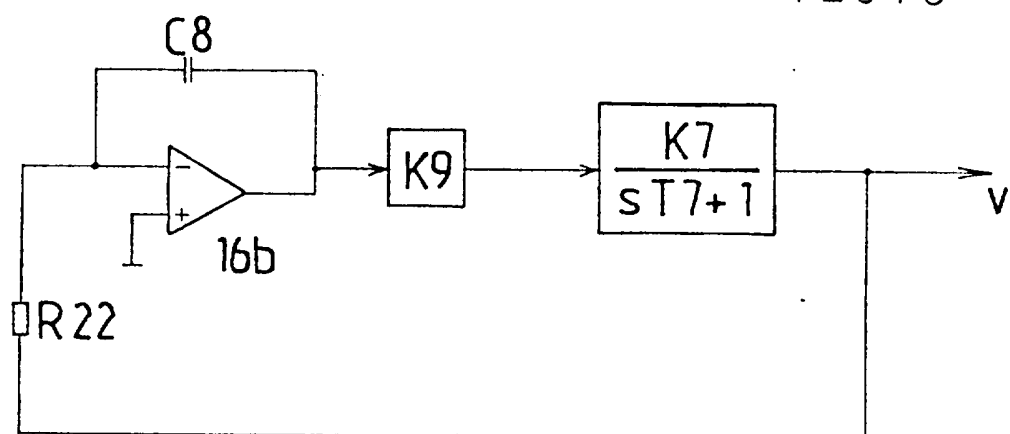


Fig. 9

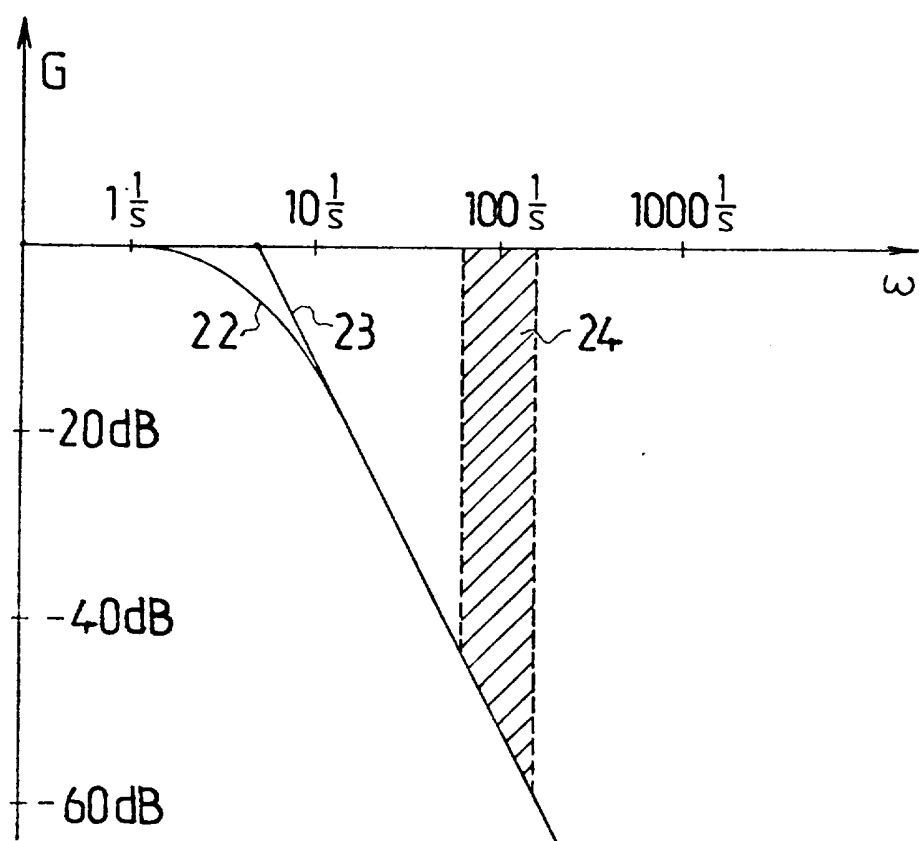


Fig. 10