



F1000111932B



SUOMI - FINLAND
(FI)

PATENTTI- JA REKISTERIHALLITUS
PATENT- OCH REGISTERSTYRELSEN

(12) PATENTTIJULKAISU
PATENTSKRIFT

(10) FI 111932 B

(45) Patenti myönnetty - Patent beviljats

15.10.2003

(51) Kv.lk.7 - Int.kl.7

B66B 1/30 // H02P 5/00

(21) Patentihakemus - Patentansökning

972373

(22) Hakemispäivä - Ansökningsdag

05.06.1997

(24) Alkupäivä - Löpdag

05.06.1997

(41) Tullut julkiseksi - Blivut offentlig

06.12.1998

(73) Haltija - Innehavare

1 •Kone Corporation, Munkkiniemen puistotie 25, 00330 Helsinki, SUOMI - FINLAND, (FI)

(72) Keksijä - Uppfinnare

1 •Laaksonheimo, Jyrki, Sieponkuja 2-4 B 15, 05860 Hyvinkää, SUOMI - FINLAND, (FI)

(74) Asiamies - Ombud: Kone Oyj/Patenttiosasto
PL 677
05801 Hyvinkää

(54) Keksinnön nimitys - Uppfinningens benämning

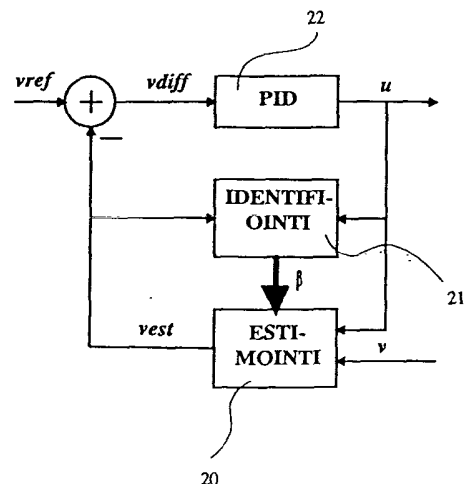
**Menetelmä hissien nopeuden säätöön ja hissijärjestelmä
Förfarande för reglering av hastigheten hos en hiss och hisssystem**

(56) Viitejulkaisut - Anförda publikationer

EP A 803968 (H02P 5/00), WO A 96/04708 (H02P 5/00)

(57) Tiivistelmä - Sammandrag

Keksinnön kohteena menetelmä hissien nopeuden säätöön. Menetelmässä nopeudensäätö on takaisinkytketty ja digitaalinen. Nopeus säätö takaisinkytketään takaisinkytkentäsignaalilla (v_{est}), joka muodostetaan hissikäyttöä (4) ohjaavasta ohjeesta (T_{ohje}) ja nopeusmittauksen tuloksen (v_{olo}) perusteella. Keksintö kohdistuu myös hissijärjestelmään, jossa nopeudenmittauslaitteen tuottamaa nopeustietoa (v_{olo}) käytetään muodostettaessa takaisinkytkentäsignaalia (v_{est}) hissien toimintaa kuvan mallin parametrien (β) avulla.



Uppfinningen gäller ett förfarande för reglering av hastigheten hos en hiss. I förfarandet är hastighetsregleringen återkopplad och digital. Hastighetsregleringen återkopplas med återkopplingssignalen (v_{est}) som bildas av referensvärdet (T_{ohje}), vilket styr hissdriften (4), och den mätta hastigheten, dvs. ärvärdet (v_{olo}). Uppfinningen gäller också ett hisssystem där hastighetsmätarens utsignal (v_{olo}) används för att skapa återkopplingssignalen (v_{est}) med hjälp av parametrarna (β) i modellen som beskriver hissens funktion.

MENETELMÄ HISSIN NOPEUDEN SÄÄTÖÖN JA HISSIJÄRJESTELMÄ

Keksintö kohdistuu patenttivaatimuksen 1 johdanto-osan mukaiseen hissin nopeuden säätöön ja patenttivaatimuksen 7 johdanto-osassa mainittavaan hissijärjestelmään.

- 5 Hissin nopeuden säädössä usein esiintyvänä ongelmana ovat erilaiset häiriöt nopeussäädön takaisinkytkentäsilukassa. Häiriöt vaikuttavat hissiä käyttävän moottorin ulostulosta saatavan vasteen laatuun huonontavasti ja heikentää sitä kautta hissin ajomukavuutta.

10

- Hissisovelluksessa voimanlähteeksi voidaan valita erilaisia moottoreita. Esimerkiksi tasavirtamoottori, oikosulkumoottori, vaihtovirtamoottori tai synkronimoottori. Näiden moottorien pyörimisnopeuden säätö toteutetaan eri tavoilla. Tasavirtamoottorissa nopeussäätö toteutetaan moottorille menevää jännitettä ja virtaa säätämällä siten, että hukataan ylimääräinen teho esimerkiksi vastukseen. Ongelmana on suuri tehohäviö. Vaihtovirtamoottorien perinteinen nopeussäätö on toteutettu jättämän säätönä. Tämä vastaa häviötehon kasvattamista ja on epätaloudellista. Vaihtovirtamoottorit ovat kuitenkin hyötysuhteeltaan huomattavasti tasavirtamoottoreita parempia, mutta niiden perinteinen nopeussäätö aiheuttaa suuren tehohäviön. Vaihtovirtamoottorin taloudelliset edut häviävät perinteisellä jättämäsäädöllä. Taajuusmuuttajakäytöllä saadaan häviöteho pysymään varsin pienenä.

25

- Hissin taajuusmuuttajakäytöllä tarkoitetaan vaihtovirtamoottorin ohjaamista muuttuvalla taajuudella ja muuttuvalla jännitteellä. Verkosta otettava jännite on esimerkiksi 50 Hz:n taajuista, olennaisen sinimuotoista vaihtovirtaa, joka taajuusmuuttajassa tasasuunnataan. Tämän jälkeen taajuusmuuttajassa tehdään uutta sinimuotoista vaihtovirtaa, jonka taajuus ja amplitudi muuttuvat taajuusmuuttajan ohjauksen mukaan. Uusi vaihtovirta syötetään vaihtovirtamoottorille.

35

Eräs yleisesti käytetty keino hissin nopeudenmittauksessa on käyttää analogiatakometriä, josta saadaan vetopyörän pyörimisnopeuteen verrannollinen jännite. Jännitesignaalia suodatetaan ja skaalataan analogisilla komponenteilla, jonka jälkeen signaali viedään analogia/digitaali-muuntimelle. Muunnin antaa digitaalisen nopeussignaalin, jota käytetään nopeussäädössä.

Analogiatakometrillä tapahtuvassa nopeusmittauksessa ongelmana on, että jännitteestä saatuun nopeussignaaliin syntyy häiriöitä takometrin pyörimisestä, konehuoneen sähköisistä häiriöistä ja analogia-digitaalimuunnoksen (jännitteestä nopeustiedoksi) resoluutiosta johtuen. Ongelmaa on yritetty poistaa suodattamalla jännitesignaalia analogiakomponenteilla ennen AD-muunnosta. Suodatus aiheuttaa viiveen, jonka kasvaessa syntyy uusia häiriöitä.

Pienillä nopeuksilla, analogiatakometri antaa hyvin pienen jännitteen, jolloin analogiakomponenttien tarkkuusvaatimukset ovat promilleluokassa. AD-muuntimessa on helpostikin offsettia kymmeniä millivoltteja, joka on hissin nimellisenopeuden 4.5 V signaalista lähempänä prosenttiluokkaa.

Nopeusanturina voidaan käyttää resolveria, joka lähettää paikkaan verrannolliset sini- ja kosinisisignaalit. Näistä signaaleista resolveri/digitaali-muunnin (RD-muunnin) antaa kulman muuttuessa pulssin. Itse nopeutta mitataan menetelmällä, jossa lasketaan tunnetussa ajanjaksossa RD-muuntimelta tulevien pulssien lukumäärä (niin sanottu MT-menetelmä). Tästä saadaan edelleen laskettua nopeus. Resolveria käytettäessä digitaalisessa nopeussignaalisissa esiintyy resolverin pyörimistäajuudella ja sen moninkerroilla häiriöitä. Pienet nopeudet aiheuttavat ongelmia, koska tällöin on käytävissä huomattavan pieni pulssien lukumäärä. Mitattu nopeuden arvo muuttuu helposti ja jää tyypillisesti värähtelemään joidenkin arvojen väliin. Koska resolveri on paikka-anturi ja mitataan

nopeutta, niin muunnoksesta tulee oma kohinansa digitaaliseen signaaliin. Häiriöitä pyritään suodattamaan pois, mutta suodatus aiheuttaa samoja ongemia kuin käytettäessä takometrisignaalia.

5

Joskus nopeustakaisinkytkennässä käytetään enkooderia, josta saadaan vetopyörän absoluuttinen paikka. Paikasta saadaan MT-menetelmällä nopeus. Enkoodereista on mahdollista saada digitaalisen signaali ulos, jolloin sähköiset häiriöt ovat pienempiä.

10 Pienillä nopeuksilla on kuitenkin resoluutio-ongelmia. Muutoinkin enkooderin käyttö johtaa samantapaisiin ongelmiin kuin resolverin käyttö, vaikka paikkatieto saadaankin suoraan digitaalisessa muodossa.

15 Keksinnön tarkoituksena on poistaa tunnetun tekniikan epäkohdat ja erityisesti aikaansaada uusi entisiä häiriöttömämpi hissin nopeussäätö. Perusajatus keksinnössä on muodostaa säädössä käytettävä takaisinkytkentäsignaali käyttäen muodostamisessa hissin mitattua nopeustietoa ja hissikäyttöä ohjaavaa ohjetta. Yksityiskohtaisesti keksinnölle tunnusomaiset piirteet esitetään patenttivaatimuksissa.

Keksinnöllä voidaan merkittävästi vähentää mitatussa nopeudessa ja tätä kautta myös moottorin ulostulossa (momentissa) näkyvää häiriötä. Nimenomaan niin sanotut satunnaishäiriöt tai oikeammin niiden haitalliset vaikutukset säätöön voidaan 25 eliminoida takaisinkytkentäsignaalista. Näin säätö tulee tarkemmaksi ja vakaammaksi. Keksintö soveltuu erinomaisen helposti erilaisten hissin diskreettien nopeussäätöjen kanssa käytettäväksi. Samoin keksintöä voidaan käyttää erityyppisten 30 hissikäyttöjen kanssa.

Keksinnön avulla päästään suhteellisen huokealla merkittävään ajolaadun parantumiseen ja myös lisääntyneeseen säädön robustisuuteen. Robustisuuden ansiosta asennuksen ja huoltojen yhteydessä tehtävien säädön hienovirityksen tarve vähenee, mis-

tä seuraa työn ja kustannusten väheneminen. Lisäksi hissinsäätö pystyy sopeutumaan hissinsolosuhteissa tapahtuviin muutoksiin, esimerkiksi siihen kuinka lämpötilan muutos vaikuttaa vasteeseen vaikkapa hissiohjaimien- ja johteiden välisen
5 kitkan muutoksen johdosta. Samaten voidaan kompensoida pitempiäaikaisia muutoksia, joita ilmenee hissijärjestelmän ikään-tyessä. Tämä adaptiivisuus saavutetaan käyttäen säädössä hissiä kuvaavaa mallia, joka on päivitettävissä. Päivitys on suoritettavissa usealla eri tavalla. Edullista on hakea sel-
10 lainen päivitysaikataulu, joka pitää mallin riittävän ajan-tasaisena, mutta joka ei kuormita liiallisesti käytettävissä olevaa laskentakapasiteettia.

Hissin nopeussäätöjärjestelmän voi yksinkertaistaen sanoa koostuvan neljästä osasta: ohjausjärjestelmästä, moottorikäy-
15 töstä ja moottorista, hissistä ja sen mekaniikasta sekä nopeudenmittauksesta. Hissillä ja sen mekaniikalla tarkoitetaan tässä kokonaisuutta, johon kuuluu lähinnä hissikori, laitteet hissikorin liikkeen mekaaniseen ohjaukseen pitkin hissikui-
20 lussa olevaa rataa, keinot moottorin aikaan saaman liikevai-
kutuksen välittämiseksi hissikorin liikkeeksi, esimerkiksi nostoköydet ja mahdollisesti tarvittavat vastapaino ja muut laitteet. Moottorikäyttö välittää ohjausjärjestelmältä tulevat hissins ohjauskäskyt hissille. Ohjausjärjestelmä saa nopeustakaisinkytkentätiedon hissiltä nopeusmittauksen avulla.

25 Nopeusmittauksen ja ohjausjärjestelmän välinen raja voidaan vetää siihen, kun nopeus-anturilta saatu nopeus on digitaalisessa muodossa. Nopeustakaisinkytkennän muunnokset ja skaalaukset on edullista tehdä samalla piirikortilla kuin nopeussäätökin, jolloin signaalin siirtomatka näiden toimintojen välillä saadaan lyhyeksi. Nopeusmittauksessa joudutaan tavallisesti käyttämään suodatusta häiriöiden poistamiseksi. Suodatus aiheuttaa viivettä nopeustakaisinkytkentään, joka edelleen johtaa nopeussäätösilmukan värähtelyyn.

Hissin nopeuden ja paikan ohjaus tehdään ohjausjärjestelmässä, samoin kuin mahdollisesti kiihtyvyyden ja kiihtyvyyden muutosten ohjaus. Ohjausjärjestelmässä hissistä mitatulla nopeustakaisinkytkennällä tarkkaillaan nopeusohjeen toteutumista ja tarvittaessa korjataan servon ja moottorin ohjausta. Moottorikäyttö sisältää taajuusmuuttajan ja moottorin. Nämä muokkaavat ohjausjärjestelmästä tulevan ohjeen momentiksi, joka siirtyy moottorin akselin ja tarvittaessa vaihteen välityksellä vetopyörälle. Taajuusmuuttajassa digitaalinen ohje muutetaan analogisiksi moottorivaiheiden syöttöjännitteiksi. Muunnoksesta aiheutuu häiriöitä, jotka näkyvät vetopyörällä. Keksinnön avulla saadaan nämä häiriöt vähennettyä olennaisesti.

15 Keksintöä selostetaan seuraavassa keksinnön sovellusalaa siinänsä rajoittamattoman sovellusesimerkin avulla ja viittamalla oheisiin piirustuksiin, joissa

20 kuvio 1 esittää kaaviomaisesti erästä tunnettua hissien nopeussäätösilmukkaa,

kuvio 2 esittää kaaviomaisesti erästä toista tunnettua hissien nopeussäätösilmukkaa,

kuvio 3 esittää kaaviomaisesti erästä keksinnön mukaista hissien nopeussäätösilmukkaa,

25 kuvio 4 esittää kaaviomaisesti erästä toista keksinnön mukaista hissien nopeussäätösilmukkaa,

kuvio 5 esittää mallin identifiointia,

kuvio 6 esittää hissien nopeusmittaustulosta ja vastaavaa simuloitua nopeutta,

30 kuvio 7 esittää mittauskäyriä momenttiohjeesta ja

kuvio 8 esittää mittauskäyriä nopeussignaalista.

Kuviossa 1 on esillä kaaviomaisesti tunnetun tekniikan mukainen hissien nopeudensäätösilmukka. Kuviossa 1 nopeudensäätösilmukka on jaettu neljään lohkokoon, jotka ovat nopeussäätö 35 101, taajuusmuuttajan 102 ja moottorin 103 sisältävä hissi-

käyttö 104, prosessiosana 105 oleva hissi 106 ja neljäntenä nopeuden oloarvon v_{olo} takaisinkytkentänä tuottava nopeudenmittaus 107. Nopeussäädössä säätäjä 110 muodostaa hissikäytölle ohjeen, tässä jännite- ja taajuusohjeen U_{ohje}, f_{ohje} , hissin ajamiseksi nopeusreferenssin v_{ref} mukaista nopeutta. Tavanomaisesti hissikäytölle muodostetaan jokin seuraavista ohjeista: jännite- ja taajuusohje, virta- ja taajuusohje, momenttiohje, kiihtyvyysohje. Lähtötietona tai -tietoina on tässä muodostamisessa tyypillisesti mukana paikka-, nopeus- tai kiihtyvyysohje.

Nopeudenmittauksessa 107 hissin 106 nopeus mitataan esimerkiksi suoraan hissin 106 vetopyörältä analogitakometrillä 108, josta saadaan vetopyörän pyörimisnopeuteen verrannollinen jännite. Tarvittaessa takometriltä saatavaa jännitesignaalia suodatetaan ja skaalataan analogisilla komponenteilla, minkä jälkeen signaali viedään A/D-muuntimelle 109. A/D-muunnin 109 antaa nopeussäädön 101 takaisinkytkentäsignaaliksi digitaalisen nopeussignaalin v_{olo} .

Kuviossa 2 on esillä kaaviomaisesti toinen tunnetun tekniikan mukainen hissin nopeudensäätösilmukka. Kuviossa 2 nopeudensäätösilmukka on jaettu neljään lohkoon, jotka ovat nopeussäätö 121, jossa on säätäjä 130, servon 122 ja moottorin 123 sisältävä hissikäyttö 124, prosessiosana 125 oleva hissi 126 ja neljäntenä nopeuden oloarvon v_{olo} takaisinkytkentänä tuottava nopeudenmittaus 127.

Nopeudenmittauksessa 127 hissin 126 nopeus mitataan esimerkiksi hissin 126 vetopyörältä resolverilla 128, josta saadaan paikkaan verrannolliset sini- ja kosinisisignaalit. Näistä signaaleista resolveri/digitaalimuunnin 129 antaa kulman muutuksessa pulssin. Nopeustakaisinkytkennän nopeusoloarvo v_{olo} muodostetaan M/T-menetelmällä, jossa lasketaan tunnetussa ajanjaksossa RD-muuntimelta tulevien pulssien lukumäärä. Tästä saadaan edelleen laskettua nopeus. Näin saadussa digitaal-

lisessa nopeussignaalisissa näkyy mm. resolverin pyörimistäajuudella ja sen moninkerroilla häiriöitä. Pienet nopeudet aiheuttavat ongelmia, kun pulssien lukumäärä on huomattavan pieni. Mitattu nopeus muuttuu ja jää tyypillisesti värähtelemään joidenkin arvojen väliin. Koska resolveri on paikkaanturi ja mitataan nopeutta, niin tästä tulee oma kohinansa digitaaliseen signaaliin.

Kuviossa 3 on esitetty kaaviomaisesti keksinnön mukainen hissin nopeussäätösilmukka. Kuvion 3 nopeudensäätösilmukka on jaettu viiteen lohkoon, jotka ovat nopeussäätö 1, servon 2 ja moottorin 3 sisältävä momenttisäätöinen hissikäyttö 4, prosessiosana 5 oleva hissi 6, nopeuden oloarvon v_{olo} takaisinkytkentää varten tuottava nopeudenmittaus 7 ja viidentenä takaisinkytkentäsignaalin muodostava signaalinkäsittelylohko, jonka signaalinkäsittelyn suorittava elin 11 on edullisesti estimaattori. Takaisinkytkentäsignaali v_{est} ohjataan tavanomaisesti nopeussäädön 1 säätäjälle 12.

Nopeudenmittauksessa 7 hissin 6 nopeus mitataan resolverin 8 avulla. Resolverista saadaan paikkaan verrannolliset sini- ja kosinisisignaalit. Näistä signaaleista resolveri/digitaalimuunnin 8 antaa kulman muuttuessa pulssin. Nopeustakaisinkytkennän nopeusoloarvo v_{olo} muodostetaan M/T-menetelmällä, jossa lasketaan tunnetussa ajanjaksossa RD-muuntimelta tulevien pulssien lukumäärä. Tästä saadaan edelleen laskettua nopeus. Saadussa digitaalisessa nopeussignaalisissa v_{olo} on erilaisia häiriöitä, kohinaa ja mahdollisesti mittausvirhettä. Nopeussignaali v_{olo} syötetään signaalinkäsittelylohkoon estimaattoriin. Estimaattorin sisäänmenoina syötetään nopeussäädöstä 1 hissikäytölle lähtevä momenttiohje T_{ohje} ja nopeudenmittauksesta saatava nopeuden oloarvosignaali v_{olo} . Käyttäen estimaattorissa hyväksi hissin dynamiikan mallinnusta ja huomioiden systeemin tyypilliset kohina ja muut virhelähteet poistetaan estimaattorilla nopeusmittauksessa 7 syntyvää kvantisointikohinaa ja muita häiriöitä.

Kuviossa 4 on esillä säätösilmukavaihtoehto, jossa signaalinkäsittelylohkoon 10 tuodaan moottorikäytölle menevän ohjeen T_{ohje} sijasta kiihtyvyydereferenssi a_{ref} . Tällöin parametrit on valittava toisin, mutta muutoin säätö toimii oleellisen samoin kuin kuvion 3 mukainen säätö. Keksinnön kannalta kiihtyvyydereferenssin käyttöä varsinaisen moottorille menevän ohjeen sijasta voidaan pitää laskentaa helpottavana erikoistapauksena.

10

Kuvioiden 3 ja 4 estimaattorin sijasta käytännössä voitaisiin tilan estimaatin laskennassa käyttää tarkkailijaa, joka toimii vain eri algoritmin mukaan pyrkien täsmälleen samaan vaikutukseen eli tasoittamaan nopeustakaisinkytkentää. Estimaattorin sijasta voitaisiin käyttää myös tarkkailijaa. Tarkkailijassa hissien dynaamista mallia ei voi hyödyntää sillä tavoin kuin estimaattorissa. Muutoin tarkkailijan toimintaperiaate on lähellä estimaattorin toimintaperiaatetta. Sekä estimaattori, että tarkkailija edellyttävät hissimallin olemassaoloa. Hissimallin parametreja voidaan estimoida edullisesti Kalman-suodattimella, jota käytetään takaisinkytkentäsignaalia käsittelyvänenä elimenä 11 ja jossa suodattimen tila on laajennettu käsittämään myös tarvittavat parametrit. Hissien säätöjärjestelmässä on rajoitetusti laskentakapasiteettia, jolloin estimointi ja hissimallin parametrien identifiointi ei onnistu laskentakapasiteettia tavanomaisesta lisäämättä samalla säätöväylillä. Tällöin identifiointialgoritmi voidaan jakaa osiin, jotka lasketaan yksi kerrallaan. Näin identifiointialgoritmi ei päivitä estimaattorin parametreja joka säätöväylissä.

30

Kuviossa 5 on esillä mallin identifiointi osana takaisinkytkentäsignaalin v_{est} muodostamista. Moottorikäytölle menevän ohjeen u ja nopeustiedon v avulla muodostetaan estimointiosassa 20 perusteella nopeusestimaatti v_{est} , jota käytetään takaisinkytkentäsignaalina säätäjälle 22. Nopeusestimaatin

35

v_{est} ja ohjeen u avulla identifiointiosassa identifioidaan hissiä kuvaavan mallin parametrit β , joka malli taas syötetään estimointiosaan estimoinnin perustiedoksi. Näin estimointi vaikuttaa malliin ja malli estimointiin. Laskentakapasiteetin säästämiseksi on edullista päivittää mallin identifiointia ja suorittaa parametrien β uudelleenlaskenta harvemmin kuin päivittää takaisinkytkentäsignaalia.

Estimaattorin avulla muodostetaan nopeussäätäjän antaman ohjeen T_{ohje} , tai siihen olennaisen verrannollisen ohjeen, ja nopeusmittauksen tuloksen v_{olo} perusteella nopeusestimaatti v_{est} , jota käytetään nopeussäädössä 4 takaisinkytkentäsignaalina.

Nopeusestimaatin muodostava laskenta-algoritmi saadaan ratkaistua seuraavan estimaattorin tilamallin avulla:

$$\begin{aligned}\bar{x}_{k+1} &= A_e \bar{x}_k + B_e u_{ek} \\ \hat{y}_{k+1} &= C_e \bar{x}_{k+1} + D_e u_{ek+1},\end{aligned}$$

missä A_e on estimaattorin tilayhtälön systeemimatriisi,

B_e on estimaattorin tilayhtälön sisäänmenojen vahvistusmatriisi,

C_e on estimaattorin mittausyhtälön mittausmatriisi,

D_e on estimaattorin mittausyhtälön sisäänmenojen vahvistusmatriisi,

\bar{x}_k on estimaattorin tilavektori ajanhetkellä k ,

\hat{y}_k on nopeusestimaatti ajanhetkellä k ,

u_{ek} on estimaattorin ohjausvektori hetkellä k ,

$$u_{ek} = \begin{bmatrix} T_{ohjek} & v_{olok} \end{bmatrix},$$

missä T_{ohjek} on momenttiohje hetkellä k ja

v_{olok} on nopeusmittaus hetkellä k .

Estimaattoria käytettäessä tarvitaan hissistä malli. Mallin ominaisuudet identifioidaan prosessikokeiden perusteella.

Köysihissille voidaan muodostaa hitausmassaan perustuva, yksinkertaistettu malli, joka useimmille käytännön hisseille on myös riittävä.

Mallia kuvaa yhtälö

$$10 \quad \dot{\omega} = -\frac{B_m}{J_m} \omega + \frac{1}{J_m} T_m,$$

missä ω' on vetopyörän kulmakiiktyvyys

ω on vetopyörän kulmanopeus,

J_m on hissisysteemin kokonaishitausmomentti

B_m on hissisysteemin kokonaiskitka ja

15 T_m on ohjaava momentti.

Koska takaisinkytkentänä on nopeustieto, niin muutetaan kulmanopeus ω nopeudeksi v . Tästä ei aiheudu ongelmia, sillä kyseessä on vain skalaarilla (vetopyörän säteellä) kertominen. Tälle järjestelmälle voidaan kirjoittaa jatkuva-aikainen tilayhtälö ja mittausyhtälö

$$\dot{x} = Ax + Bu + v$$

$$y = Cx + Du + w,$$

25 missä

A on yleisen jatkuva-aikaisen tilayhtälön systeemi-

matriisi,

B on yleisen jatkuva-aikaisen tilayhtälön ohjauksen kerroinmatriisi,

30 **C** on yleisen jatkuva-aikaisen mittausyhtälön mittaus-

matriisi,

D on yleisen jatkuva-aikaisen mittausyhtälön ohjauksen kerroinmatriisi,

- u on ohjaava momentti T_m ,
 x on vetopyörän nopeus v ,
 v on stokastinen häiriö (kohina) prosessissa ja
 w on stokastinen häiriö (kohina) mittauksessa.

5

Diskretoidaan järjestelmä, jolloin saadaan

$$x_{k+1} = A_k x_k + B_k u_k + v_k$$

$$y_k = C_k x_k + D_k u_k + w_k,$$

missä

- A_k on yleisen diskreetin tilayhtälön systeemimatriisi,
 10 B_k on yleisen diskreetin tilayhtälön ohjauksen
 kerroinmatriisi,
 C_k on yleisen diskreetin mittausyhtälön mittaus-
 matriisi,
 D_k on yleisen diskreetin mittausyhtälön ohjauksen
 15 kerroinmatriisi,
 u_k on ohjaava momentti T_m ajanhetkellä k ,
 x_k on vetopyörän nopeus v ajanhetkellä k ja
 v_k, w_k ovat prosessin ja mittauksen stokastisia häiriöitä
 (kohinoita).

20

Huom! Tässä A_k :n B_k :n C_k :n ja D_k :n alaviite k tarkoittaa diskretoidun tilamallin matriiseja. Matriisit ovat vakioita. Sen sijaan x_k :n, u_k :n ja y_k :n alaviitteenä k tarkoittaa ajan hetkeä k .

25

Mallin identifioimiseksi tarvitaan tieto hissien nopeudesta v_{olo} ja momenttiohjeesta T_{ohje} . Nämä ovat käytettävissä suoraan säätösilmukassa. Identifioinnissa on huomioitava kitkoista johtuva tietty momenttitarve ja kulloisenkin kuorman vaikutus. Kuorman vaikutus voidaan huomioida käyttämällä koriva'asta saatavaa vaakatieta. Kuviossa 6 esitetty hissien mittattu 31 ja ja simuloitu nopeus 30. Mittaus on tehty hissien huoltoajotilanteessa. Simulointi on tehty toisen asteen tilamallilla ja käyttäen hissien huoltoajonopeutta ajaen ylöspäin.

35

Käytännössä hyvä ratkaisu estimaattorin toteuttamiseksi on Kalman-suodin. Hissin vetopyörän nopeutta, tai muuta hissikok-
 rin nopeuteen verrannollista nopeutta tarkkaillaan Kalman-
 suotimella. Kalman-suotimen yhtälöt voidaan kirjoittaa muo-
 5 toon

$$\bar{x}_k = (A_k - A_k LC_k) \bar{x}_k + (B_k - A_k LD_k) u_k$$

$$\hat{y}_k = (C_k - C_k LC_k) \bar{x}_k + C_k Ly_k + (D_k - C_k LD_k) u_k,$$

missä

- A_k on yleisen diskreetin tilayhtälön systeemimatriisi,
- B_k on yleisen diskreetin tilayhtälön ohjauksen
 10 kerroinmatriisi,
- C_k on yleisen diskreetin mittausyhtälön mittaus-
 matriisi,
- D_k on yleisen diskreetin mittausyhtälön ohjauksen
 kerroinmatriisi,
- 15 u_k on ohjaava momentti T_m ajanhetkellä k ,
- \bar{x}_k on Kalman suotimen tilavektori hetkellä k ,
- \hat{y} on estimaattorin uloasulo (nopeuden estimaatti v_{est}),
- y_k on mittaus (nopeus v_{olo})
- L on Kalman suodattimen vahvistusmatriisi

20 Vahvistusmatriisi L voidaan laskea digitaalisella lineaari-
 sella pienimmän neliösumman menetelmällä. Mittauskohinan ja
 prosessikohinan kovarianssit saadaan tarkastelemalla va-
 kionopeusaluetta ja käyttämällä yhtälöä

$$Q \leq q^2$$

$$R \leq r^2,$$

- 25 missä Q on prosessikohinan (momentin T_{ohje}) kovarianssi,
 R on mittauskohinan (nopeusmittauksen v_{olo}) kovarianssi ja
 q, r ovat vastaavat keskihajonnat.

Tämän jälkeen generoidaan diskreetti Kalman-suodin sopivalla
 30 numeerisella ratkaisumenetelmällä. Kun oletetaan prosessiko-
 hina ja mittauskohina valkoisiksi ja kun niiden kovarianssit
 ovat tunnettuja, niin numeerinen ratkaisu käy helposti esi-
 merkiksi jollakin kaupallisesti saatavalla numeerisella oh-

jelmistolla. Kun lasketaan tarvittavat tiedot mittausdatasta ja simuloidaan, niin havaitaan, että estimoitu ja mitattu nopeussignaali kulkevat lähes päällekkäin.

5 Käytännössä estimaattori on jossain määrin systeemiriippuvainen. Kun keksintöä testattiin hississä, jossa on taajuusmuuttajakäyttöinen kestonagnetoitua synkronimoottori, ja hissiä ajettiin huoltoajonopeudella 0,3 m/s käyttäen estimaattoria, niin havaittiin keksinnön mukaisen säädön selvä vaikutus ajon
10 laatuun. Yli 10 Hz taajuusalueella niin mitattu nopeusrippe-
li, kuin momenttiohjeen rippelikin väheni huomattavasti, eli noin 15 dB. Kuviossa 7 on esitetty mittauskäyrät hissien alaspäinajosta sekä momenttiohjeesta ilman estimaattorin käyttöä
15 32 ja estimaattorilla säädettäessä 33 ja kuviossa 8 nopeus-
signaali momenttiohjeesta ilman estimaattorin käyttöä 34 ja
estimaattorilla säädettäessä 35. Kuvioden 7 ja 8 ajoissa estimaattori perustui ensimmäisen kertaluvun malliin. Tällainen ajotulos on suorastaan häkellyttävä. Momentin värinöiden oleellinen väheneminen vaikuttaa suoraan ajomukavuuteen.

20

Itse estimaattorin toteutus tehdään voidaan helposti tehdä ohjelmallisesti. Käytännössä varsin lyhyt ohjelmajakso riittää. On huomattava, että vaikka edellä on tarkasteltu momenttisisäänmenoa, niin malli ei erottele momenttia esimerkiksi
25 kiihtyvyydestä. Tärkeintä on, että sisäänmenosuure eli ohjaus on momenttiin verrannollinen. Estimaattorin toteuttaminen kulminoituu näinollen mallin identifiointiin. Identifiointiin on ainakin seuraavat kolme mahdollisuutta: Parametrien ennalta laskeminen ja taulukointi, identifiointi-setup ja reaali-
30 aikainen identifiointialgoritmi. Näin käytännön malli, jonka avulla keksintöä toteutetaan, voidaan muodostaa usealla tavalla.

Mallin periaatteessa ei tarvitse olla tarkka stokastisen sää-
35 töteorian mukaan. Tämä saattaa antaa mahdollisuuden rajoitettuun määrään valmiita parametrijoukkoja, jotka voidaan laskea

etukäteen, toisin sanoen parametrien ennalta laskemiseen ja taulukointiin. Parametritaulukosta valitaan esim. hissin painon mukaan sopivat arvot. Vaikka tämä vaihtoehto voi olla useassa käytännön tapauksessa riittävä, on pidettävä mielessä, että tällainen malli kuvaa systeemiä sangen vajavaisesti ja että mallin parantuessa yleensä myös säätö paranee.

Edellistä parempi ja suhteellisen vähän prosessoritehoa vaativa tapa on liittää esimerkiksi hissin kuilusetuppiin datankeruuta identifiointia varten. Muutama sekunti riittäisi siihen, että säätöjärjestelmän avulla mitattaisiin momentti tai jänniteohje sekä nopeuden oloarvo. Kuilusetupin jälkeen laskettaisiin tarvittavat kertoimet estimaattorille. Tämän jälkeen hissi voi ajaa normaalia ajoa estimaattori kytkettynä.

Kehittyneempi tapa on tehdä mallin ja suodattimen laskentalgoritmiin lisäys, jossa ajoittain päivitetään mallin parametreja ja lasketaan estimaattorille uudet kertoimet. Tällä tavalla saavutetaan mallin ja säädön sopeutuminen muuttuviin kuilu- ja kuormaolosuhteisiin. Tällainen järjestely käyttää kuitenkin enemmän laskentakapasiteettia, mikä vaatii laitteistolta jonkin verran enemmän prosessoritehoa kuin tavanomainen säätö. Varsinkin pikahisseissä, joiden nopeus on luokkaa 5 m/s tai suurempi, tämä saattaa aiheuttaa tarpeen valita tehokkaampi prosessori. Tällaisessa toistuvana säädön osana tapahtuva mekaanisen mallin parametrien estimointi voidaan toteuttaa esimerkiksi pienimmän neliösumman menetelmällä. On huomattava, että mallin parametrien estimointi voi tapahtua selvästi hitaammassa luopissa, kuin varsinainen nopeudensäätö. Esimerkiksi nopeussäätö 4 ms välein ja kertoimien identifiointi 100 ms välein. Näin hissiä kuvaavan päivitettävän mallin peräkkäisten päivityksien välinen aikaväli on suurempi kuin peräkkäisten takaisinkytkentäsignaalien muodostamisen välinen aikaväli.

Mallin joidenkin suureiden valinta voi poiketa esitetystä ja olla edullisempaa. Esimerkiksi kiihtyvyysohjeen käyttäminen sisäänmenona todellisen momentin sijasta korjaa mallia alkumomentin ja kitkojen osalta.

5

Ammattimiehelle on ilmeistä, etteivät keksinnön suoritusmuodot rajoitu edellä esimerkkinä esitettyyn, vaan ne voivat vaihdella seuraavien patenttivaatimusten puitteissa.

10



PATENTTIVAATIMUKSET

1. Menetelmä hissin nopeuden säätöön, jossa menetelmässä nopeudensäätö on takaisinkytketty ja nopeussäätö takaisinkytketään takaisinkytkentäsignaalilla (v_{est}), jonka muodostamisessa käytetään hissikäyttöä (4) ohjaavaa ohjetta (T_{ohje}) tai siihen olennaisen verrannollista muuta ohjetta ja hissin nopeusmittauksen tulosta (v_{olo}), **tunnettu** siitä, että määritetään hissiä kuvaava malli ja että malli päivitetään toistuvasti.
- 5
- 10 2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että hissikäyttöä (4) ohjaava ohje (T_{ohje}) on jokin seuraavista: jännite- ja taajuusohje, virta- ja taajuusohje, momenttiohje, kiihtyvyysohje.
3. Yhden tai useamman edeltävän patenttivaatimuksen mukainen
- 15 menetelmä, **tunnettu** siitä, että määritetään hissiä kuvaava malli, jonka avulla takaisinkytkentäsignaali (v_{est}) muodostetaan ohjeen (T_{ohje}) ja nopeusmittauksen tuloksen (v_{olo}) perusteella.
4. Patenttivaatimuksen 3 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä,
- 20 että määritetään hissiä kuvaava malli muuttumattomaksi osaksi hissin nopeudensäätöä.
5. Patenttivaatimuksen 3 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että malli päivitetään asetetun aikataulun perusteella.
6. Patenttivaatimuksen 3 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä,
- 25 että nopeussäädöllä on säätöväli ja mallin päivityksellä on säätöväli ja että mallin päivityksen säätöväli on suurempi kuin nopeussäädön säätöväli.
7. Hissijärjestelmä, johon kuuluu moottorikäyttö ja moottori, hissi ja sen mekaniikka, nopeudenmittauslaite sekä moottorikäytölle (T_{ohje}) ohjeen muodostava ohjausjärjestelmä, jossa on digitaalinen säätölaite, jossa ainakin nopeudenmittaus-
- 30

laitteen tuottama nopeustieto (v_{olo}) on käytettävissä, ja säätölaitteessa ohje (T_{ohje}) on muodostettu käyttäen takaisinkytkentäsignaalina hissin toimintaa kuvaavan mallin parametrien (β) avulla ohjeesta ja nopeustiedosta muodostettua signaalia (v_{est}), **tunnettu** siitä, että hissin toimintaa kuvaava malli toistuvasti päivitettävä.

8. Patenttivaatimuksen 7 mukainen hissijärjestelmä, **tunnettu** siitä, että mallin parametrit (β) on päivitettävissä.

9. Patenttivaatimuksen 8 mukainen hissijärjestelmä, **tunnettu** siitä, että mallin parametrien (β) peräkkäisten päivityksien välinen aikaväli on suurempi kuin peräkkäisten takaisinkytkentäsignaalien muodostamisten välinen aikaväli.

PATENTKRAV

1. Förfarande för hastighetsreglering av en hiss, i vilket förfarande hastighetsregleringen är återkopplad och återkopplas med återkopplingsignalen (V_{est}) som bildas med hjälp av
5 den mätta hastigheten (V_{olo}) och referensen (T_{ohje}) som styr hissdriften (4) eller någon annan väsentligen mot T_{ohje} proportionell referens, **kännetecknat av**, att en modell som beskriver hissen bestäms och modellen uppdateras regelbundet.
2. Förfarande enligt patentkravet 1, **kännetecknat av**, att referensen (T_{ohje}) som styr
10 hissdriften (4) är någon av följande: spännings- och frekvensreferens, ström- och frekvensreferens, momentreferens, accelerationsreferens.
3. Förfarande enligt ett eller flera av de föregående patentkraven, **kännetecknat av**, att en modell som beskriver hissen bestäms och med modellen bildas återkopplingsignalen
15 (V_{est}) med hjälp av referensen (T_{ohje}) och den mätta hastigheten (V_{olo}).
4. Förfarande enligt patentkravet 3, **kännetecknat av**, att modellen som beskriver hissen bestäms som en oföränderlig del av hissens hastighetsreglering.
- 20 5. Förfarande enligt patentkravet 3, **kännetecknat av**, att modellen uppdateras enligt ett fastställt tidsschema.
6. Förfarande enligt patentkravet 3, **kännetecknat av**, att hastighetsregleringen har ett reglerområde och uppdateringen av modellen har ett reglerområde, och reglerområdet
25 för uppdateringen av modellen är större än hastighetsregleringens reglerområde.
7. Hissystem omfattande en motordrift och en motor, en hiss med tillhörande mekanik, utrustning för hastighetsmätning samt ett styrsystem som bildar referensen (T_{ohje}) för motordriften, vilket styrsystem omfattar en digital regleranordning där åtminstone den av
30 utrustningen för hastighetsmätning alstrade hastighetssignalen (V_{olo}) är tillgänglig, och referensen (T_{ohje}) bildas i regleranordningen genom att som återkopplingsignal används signalen (V_{est}) som med hjälp av modellens parametrar (β) bildas ur referensen och hastighetsreferensen, **kännetecknat av**, att modellen som beskriver hissens funktion uppdateras regelbundet.

35

8. Förfarande enligt patentkravet 7, **kännetecknat av**, att modellens parametrar (β) kan uppdateras.

5 9. Förfarande enligt patentkravet 8, **kännetecknat av**, att tidsintervallet mellan på varandra följande uppdateringar av modellens parametrar (β) är större än tidsintervallet mellan genereringen av på varandra följande återkopplingssignaler.

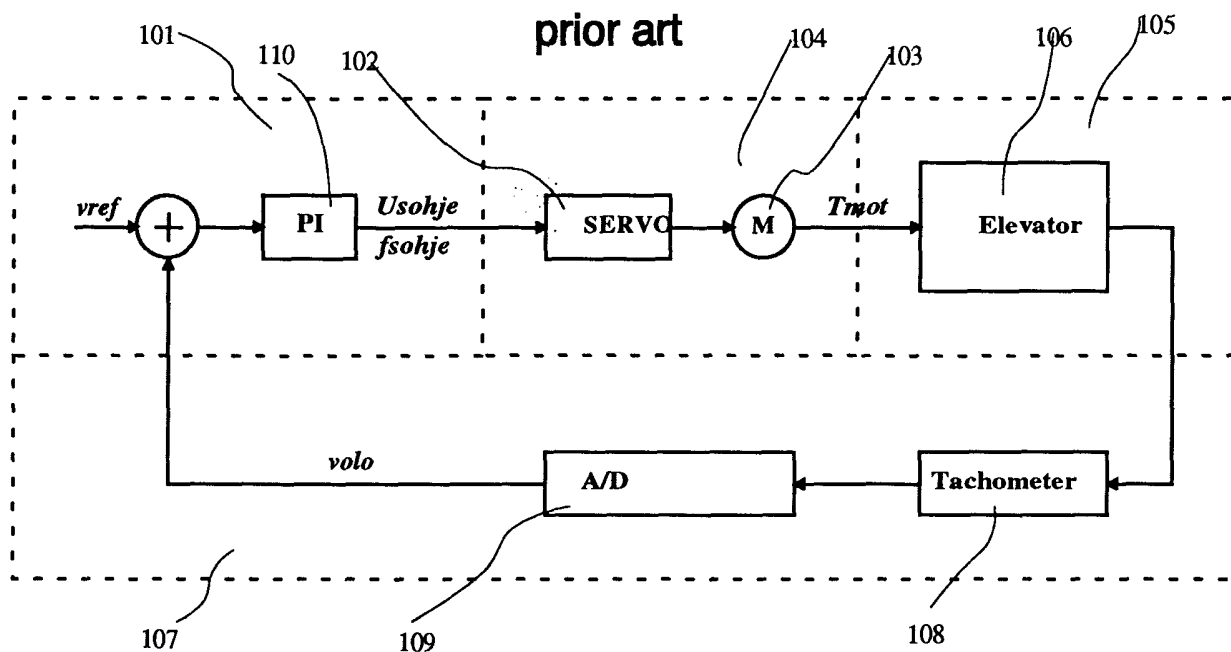


Fig. 1

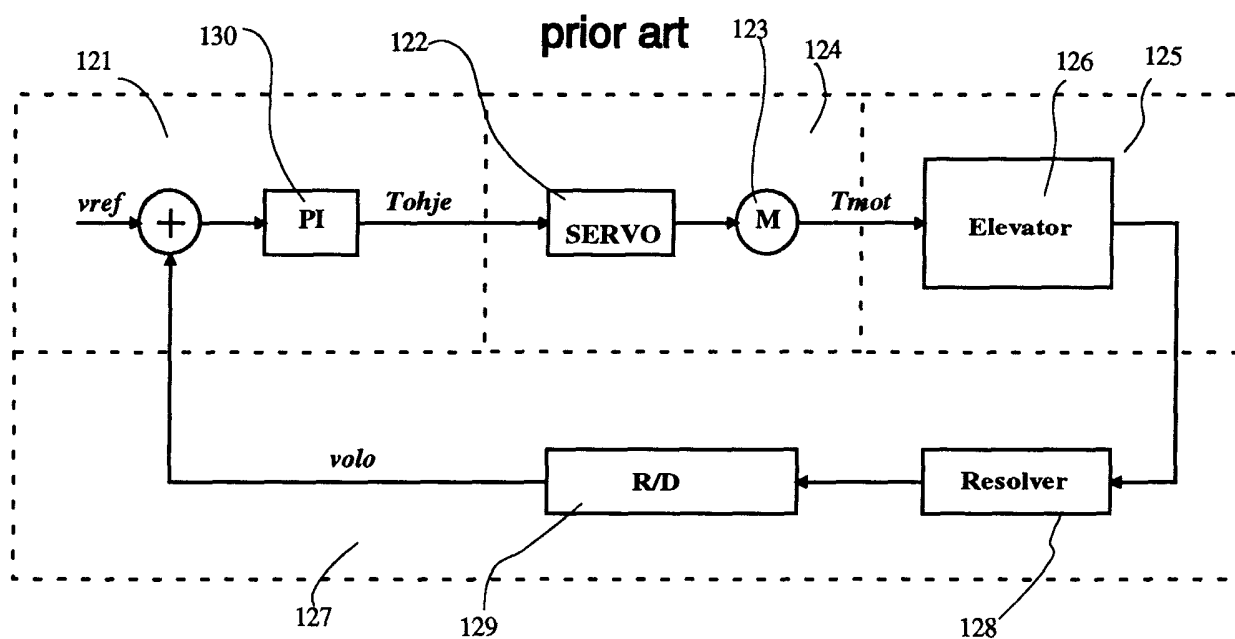


Fig. 2

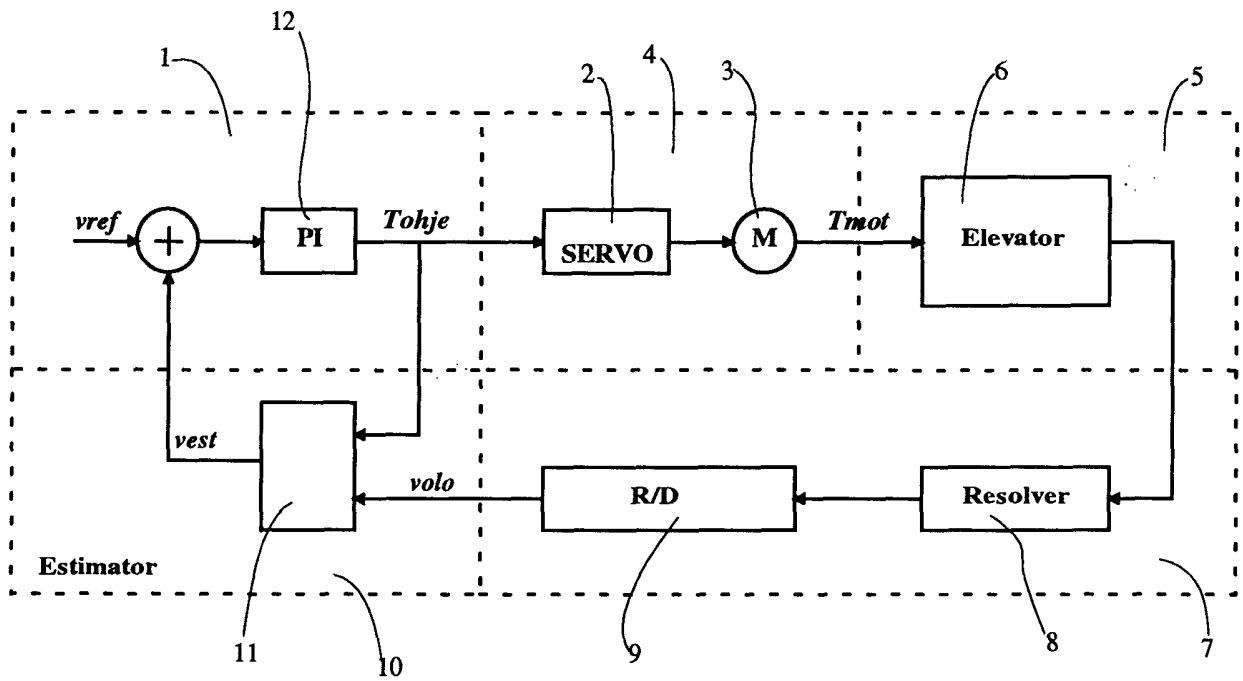


Fig. 3

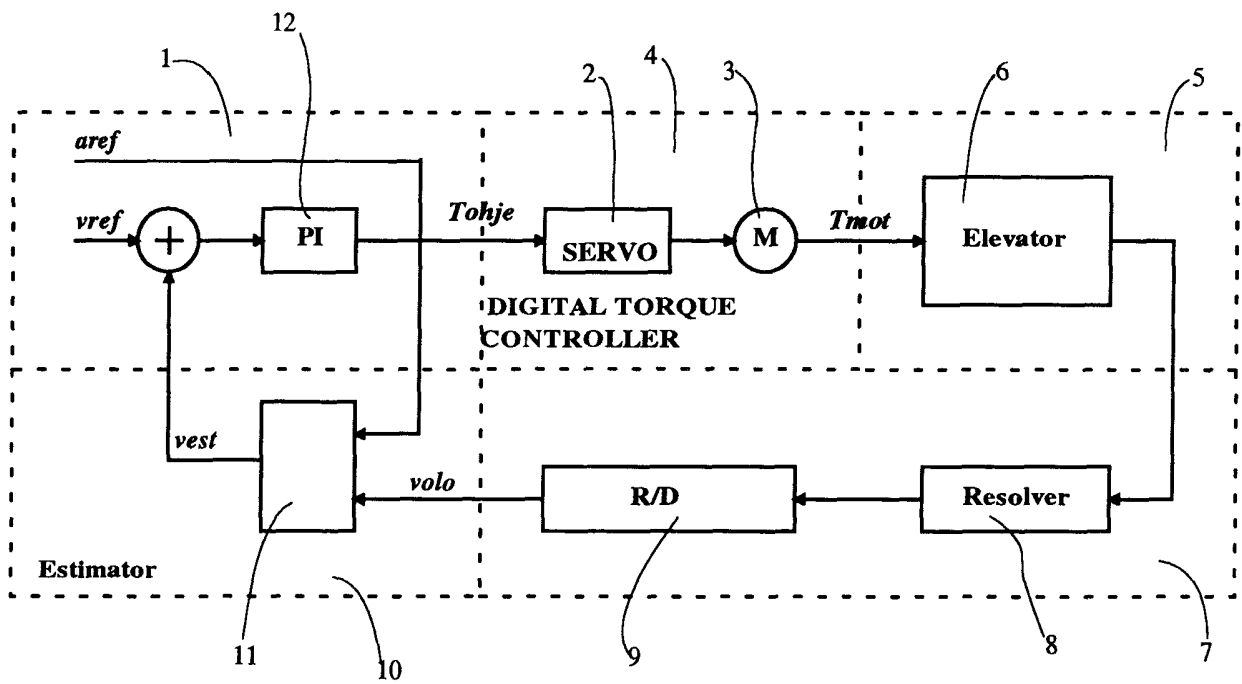


Fig. 4

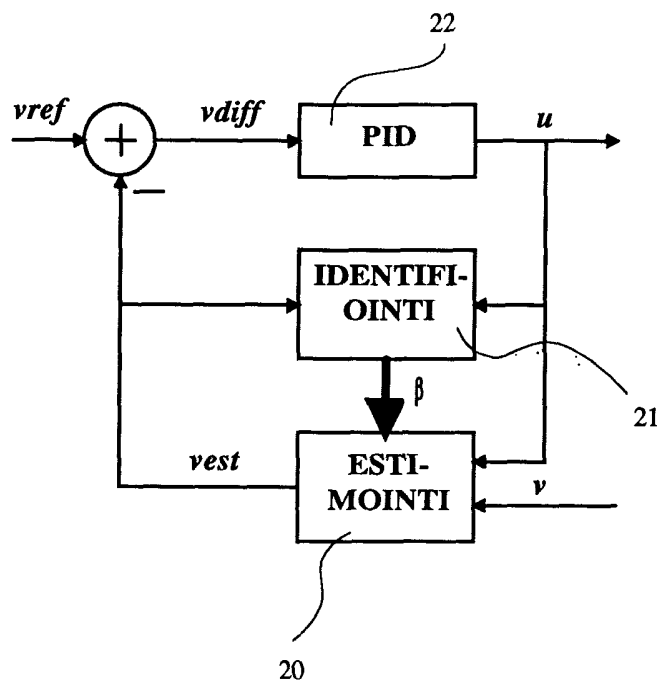


Fig. 5

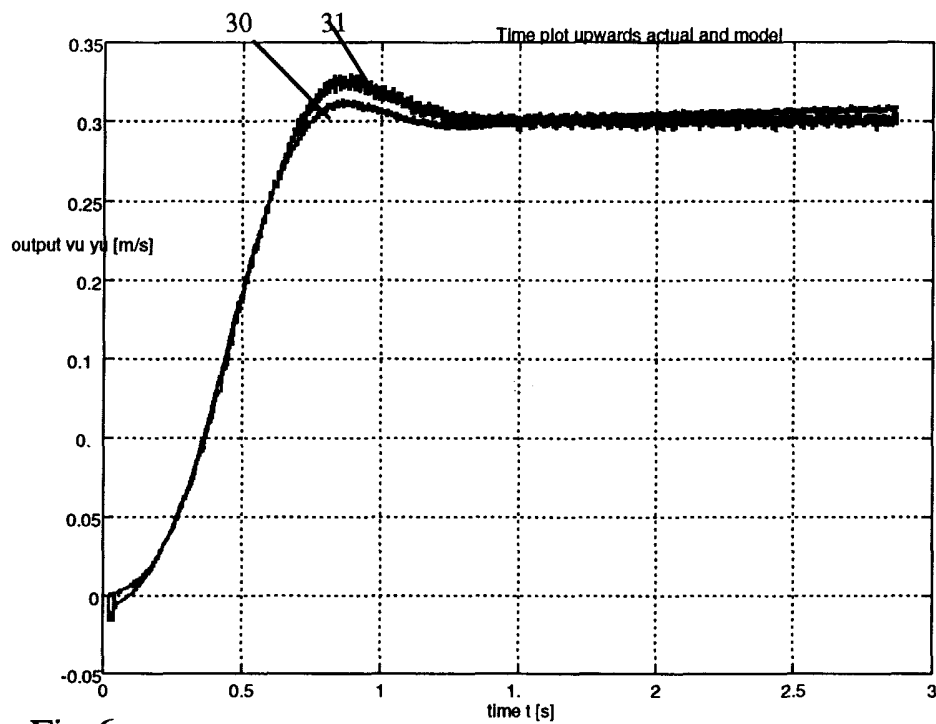


Fig.6

0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99

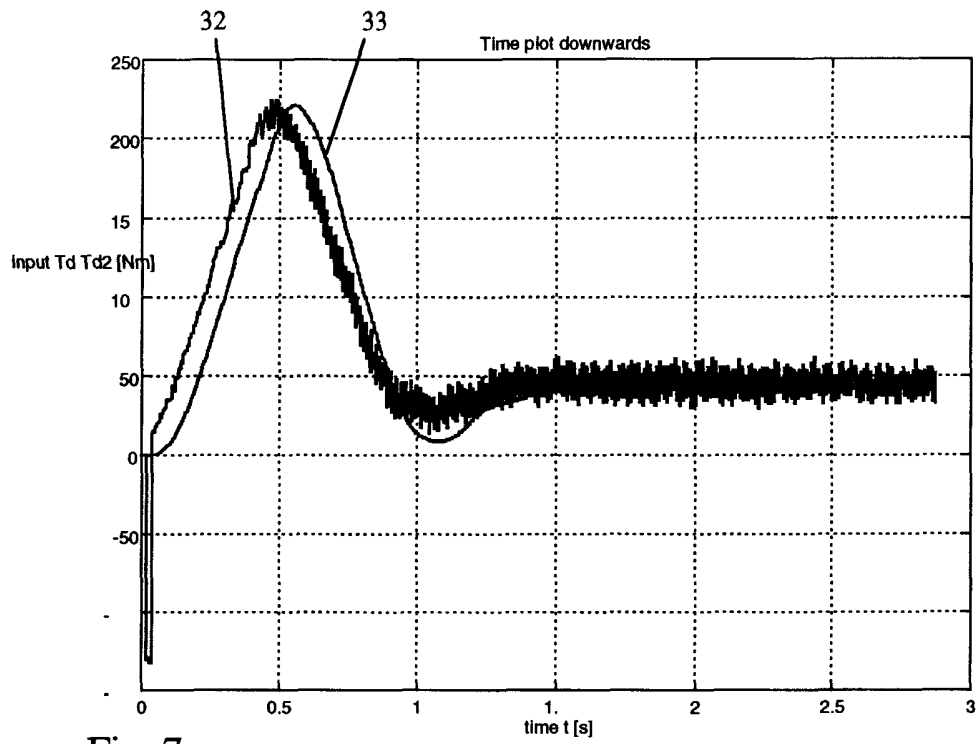


Fig. 7

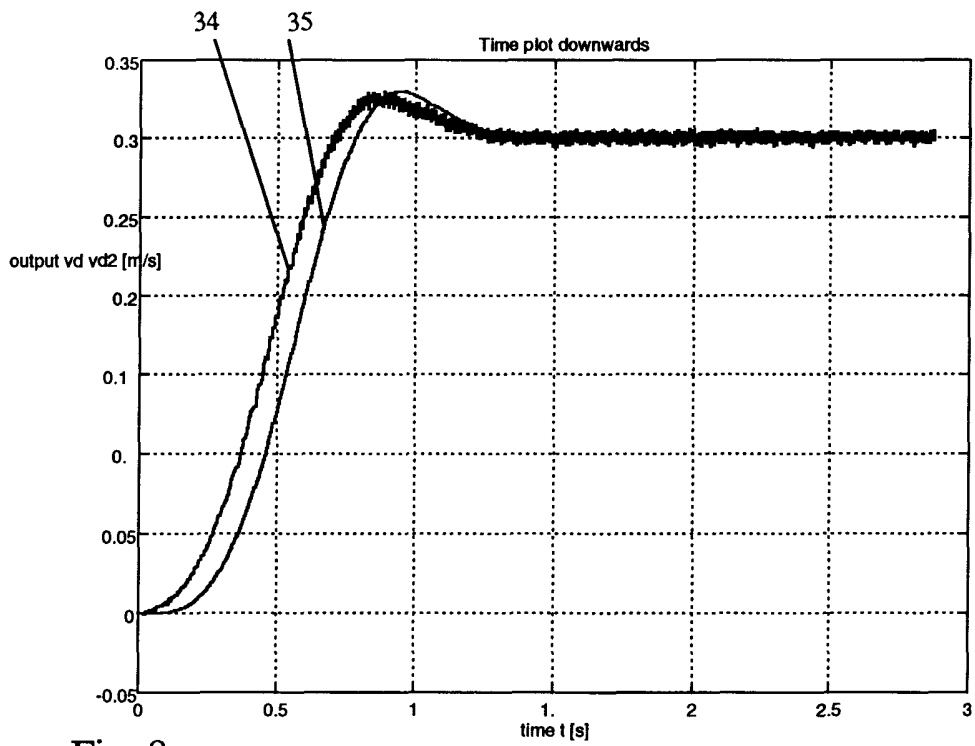


Fig. 8