



(12) **PATENTTIJULKAISU**
PATENTSKRIFT

(10) **FI 120472 B**

(45) Patenti myönnetty - Patent beviljats

30.10.2009

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

G05D 7/06 (2006.01)
G05B 13/04 (2006.01)

SUOMI – FINLAND
(FI)

PATENTTI- JA REKISTERIHALLITUS
PATENT- OCH REGISTERSTYRELSEN

(21) Patentihakemus - Patentansökning

20065383

(22) Tekemispäivä - Ingivningsdag

06.06.2006

(24) Alkupäivä - Löpdag

06.06.2006

(41) Tullut julkiseksi - Blivit offentlig

07.12.2007

(73) Haltija - Innehavare

1 • Metso Automation Oy, Tulppatie 7 A, 00880 Helsinki, SUOMI - FINLAND, (FI)

(72) Keksijä - Uppfinnare

1 • Yli-Koski, Esko, Sorsakorventie 17, 04220 Kerava, SUOMI - FINLAND, (FI)

(74) Asiamies - Ombud

Kolster Oy Ab, Iso Roobertinkatu 23, 00120 Helsinki

(54) Keksinnön nimitys - Uppfinningens benämning

Ohjausmenetelmä ja ohjausjärjestelmä virtausta säättävää venttiiliä varten
Styrförfarande och styrsystem för en flödesregleringsventil

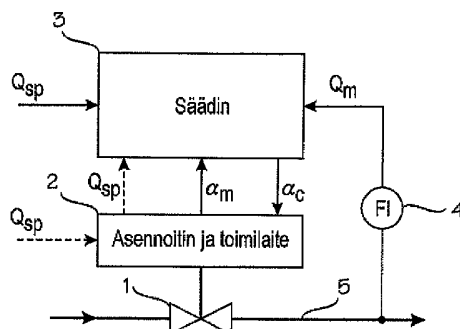
(56) Viitejulkaisut - Anförda publikationer

FI 53047 C, EP 0540079 A1, GB 2123983 A, US 5331995 A, US 5660198 A, US 4277832 A, US 5889205 A, US 5995909 A, US 2005273204 A1

(57) Tiivistelmä - Sammandrag

Keksintö liittyy virtausta säättävään venttiiliin (1) ohjaukseen (3), jossa mitataan virtaus sopivassa pisteessä virtausprosessissa (5) ja lasketaan venttiiliin C_v -käyrän, mitatun venttiilin avauksen (α_m) ja mitatun virtauksen (Q_m) avulla venttiiliin yli vallitseva paine-ero. Tämän lasketun paine-eron, virtauksen asetusarvon (Q_{sp}) ja venttiilin käänteisen C_v -käyrän avulla lasketaan uusi venttiilin avaus (α_c), jolla haluttu virtaus toteutuu. Säättö adaptoituu näin jokaiseen toimintapisteeseen ja siinä vallitsevaan virtausvahvistukseen linearisoi virtaussäädön ohjauksen ja virtauksen välisen riippuvuuden.

Uppfinningen hänför sig till styrning (3) av en flödesregleringsventil (1), varl flödet mäts på ett lämpligt ställe i flödesprocessen (5) och tryckskillnaden som råder över ventilen beräknas med hjälp av ventilens C_v -kurva, den uppmätta ventilöppningen (α_m) och det uppmätta flödet (Q_m). Med hjälp av denna beräknade tryckskillnad, flödets börvärde (Q_{sp}) och ventilens omvända C_v -kurva beräknas den nya ventilöppningen (α_c), varmed det önskade flödet förverkligas. Regleringen adapteras sålunda till varje funktionsställe och där rådande flödesförstärkning och lineariserar beroendet mellan flödesregleringens styrning och flödet.



Ohjausmenetelmä ja ohjausjärjestelmä virtausta säätävää venttiiliä varten

Esillä oleva keksintö liittyy yleisesti säätöventtiilin ohjaukseen ja erityisesti neste- tai kaasuvirtausta säätävän säätöventtiilin ohjaukseen.

5 Säättöventtiiliä käytetään yleisesti neste- tai kaasuvirtauksen jatkuvaan säätöön erilaisissa putkistoissa ja prosesseissa. Esimerkiksi prosessiteollisuudessa, kuten selluloosa- ja paperi-, öljynjalostus-, petrokemia-, ja kemianteollisuudessa, erilaiset säätöventtiilit, joita on asennettu laitoksen putkijärjestelmään, säätävät materiaalivirtoja prosessissa. Materiaalivirta voi sisältää mitä
10 tahansa juoksevaa materiaalia, kuten virtaavia aineita, liemiä, nesteitä, kaasuja ja höyryä. Säättöventtiiliin liittyy yleensä toimilaite, joka liikuttaa venttiilin sulkuelintä kulloinkin haluttuun avausasentoon täysin avoimen ja täysin suljetun asennon välillä. Toimielin voi olla esimerkiksi sylinteri-mäntälaitte. Toimielintä puolestaan yleensä ohjaa venttiilin asennoitin tai venttiilin ohjain, joka säätää
15 säätöventtiilin sulkuelimen asentoa ja tällä tavoin materiaalivirtaa prosessissa säätimeltä tulevan säätösignaalin mukaan.

Prosessien säätäminen tapahtuu säätöpiirien avulla. Säätöpiiri rakentuu esimerkiksi säädettävästä prosessista, säätöventtiilistä, mittausanturista ja -lähettimestä sekä säätimestä. Säädin antaa säätöventtiilille ohjaussignaalin esimerkiksi analogiamuotoisena virtasignaalina tai digitaalisena ohjausviestinä. Mittausanturi mittaa säädettävän suureen ja saatu mittaustulos kytketään takaisin säätimelle, jossa sitä verrataan annettuun ohjearvoon. Erosuureen perusteella säädin laskee ohjauksen säätöventtiilille. Säädin toimii yleensä siten, että se minimoi erosuureen sopivalla säätöalgoritmilla, kuten PI- tai
25 PID-algoritmilla. Tyypillisesti tämä säätöalgoritmi viritetään kullekin venttiilille asennettaessa tai toiminnan aikana.

Eräs tunnettu säätöventtiilillä suoritettava virtaussäätö käsittää säätöventtiilin, säätimen ja virtausmittarin muodostaman kokonaisuuden. Säädin, joka on tyypiltään PID tai PI, ottaa vastaan virtauksen asetusrvon Q_{sp} ja mitatun virtauksen Q_m . PID-säätöalgoritmissa oletetaan säätöventtiilin olevan lineaarinen eli että virtaus on lineaarisesti riippuvainen ohjaussignaalista, mistä käytetään myös nimitystä lineaarinen asennettu ominaiskäyrä. Lineaarisen säätöventtiilin tapauksessa säätimen parametrit P, I ja D voivat olla vakioarvoja. Asennetun säätöventtiilin virtausvahvistuksen $dQ/d\alpha$ (Q = virtaus, α = venttiilin avaus) on tällöin oltava vakio, jotta säätöventtiili toimisi stabiilisti ja mahdollisimman pienellä virheellä koko säädettävällä virtausalueella.
35

Käytännössä prosessiputkistoon asennetun säätöventtiilin ominaiskäyrä on epälineaarinen johtuen venttiilin luontaisesta ominaiskäyrästä, venttiilin koon ylityksestä, putkistohäviöistä ja pumppukäyrästä. Toisin sanoen virtausvahvistus vaihtelee venttiilin eri avauksilla prosessiolosuhteissa voimakkaasti. Tällöin PID-säätimen vahvistusta pitäisi muuttaa aina kulloiseenkin toimintapisteeseen sopivaksi, jotta aikaansaataisiin hyvä virtaussäätö. Ongelmana on lisäksi, ettei asennetun ominaiskäyrän jyrkkyys pysy vakiona edes samassa säätöventtiilin toimintapisteessä vaan muuttuu esimerkiksi putkistoon liitettyjen muiden säätöelinten toimiessa. Säätimen parametrit joudutaankin stabiilisuussyistä usein asettamaan venttiilin ja prosessiolosuhteiden suurimman virtausvahvistuksen mukaan, jolloin pienemmän virtausvahvistuksen alueella säädettävässä virtauksessa on muutostilanteissa pitkään virhettä säädön hitauden vuoksi. Tämän ongelman lieventämiseksi voidaan virtauksen mukaan säännön mukaisesti muuttuvaa virtausvahvistusta kompensoida säätimen taulukoidulla vahvistuksella. Taulukkoarvojen löytäminen on käytännössä hankalaa eikä niillä pystytä kompensoimaan satunnaisesti muuttuvia prosessiolosuhteita.

Venttiilin C_v (flow coefficient) -käyrän hyväksikäyttö säätöventtiilin ohjaukseen on tunnettua suomalaisesta patentista FI 53047. Tässä tunnetussa ratkaisussa mitataan venttiilin avaus ja venttiilin yli mitattu paine-ero Δp . Nämä luetaan ohjausyksikköön, johon on tallennettu venttiilin C_v -käyrä sulkijan asennon funktiona. Tunnettua virtausyhtälöä

$$Q = N * C_v * \sqrt{\Delta p / G} \quad (1)$$

käyttäen ohjausyksikkö ratkaisee tarvittavan C_v -arvon ja C_v -käyrää hyväksikäyttäen tarvittavan sulkimen asennon, kun $Q = Q_{sp}$, G = materiaalivirran suhteellinen tiheys ja N = vakiokerroin. Venttiilin C_v -käyrässä, venttiilin avauksen mittauksessa ja venttiilin yli mitatussa paine-erossa olevat epätarkkuudet näkyvät pysyvänä virheenä säädetyssä virtauksessa. Patentin FI 53047 yhtälöissä käytetään kerrointa k_v , jonka arvo voi esimerkiksi olla $k_v = 0.857 \times C_v$. Kerroimen k_v ja tässä käytetyn parametrin C_v välinen ero on käytetyissä yksiköissä.

Keksinnön tavoitteena on parantaa säätöventtiilillä suoritettavaa virtaussäätöä.

Tämä keksinnön tavoite saavutetaan oheisissa itsenäisissä patenttivaatimuksissa kuvatulla menetelmällä ja järjestelmällä. Keksinnön edullisia suoritusmuotoja on esitetty epäitsenäisissä patenttivaatimuksissa.

Keksinnön ensisijaisen suoritusmuodon mukaisesti mitataan virtaus sopivassa pisteessä virtausprosessissa ja lasketaan venttiilin C_v -käyrän, mitatun venttiilin avauksen ja mitatun virtauksen avulla venttiilin yli vallitseva paine-ero. Tämän lasketun paine-eron, virtauksen asetusarvon (ts. halutun virtauksen) ja venttiilin käänteisen C_v -käyrän avulla lasketaan uusi venttiilin avaus, jolla haluttu virtaus toteutuu. Sääto adaptoituu näin jokaiseen toimintapisteesseen ja siinä vallitsevaan virtausvahvistukseen. Täten keksinnön mukainen säätoalgoritmi linearisoi virtaussäädön ohjauksen ja virtauksen välisen riippuvuuden.

Keksinnön eräässä suoritusmuodossa virtauksessa olevaan virheeseen kohdistetaan integrointifunktio ja virtaus pakotetaan asetusarvoonsa. Virtaukseen ei jää pysyvää virtausmittarin epätarkkuutta suurempaa virhettä, koska keksinnön mukainen säätoalgoritmi kasvattaa avauksen ohjaussignaalia integroimalla virtauksen asetusarvon ja mitatun virtauksen välistä eroa kunnes venttiilin avaus muuttuu virheen mukaiseen suuntaan. Esillä olevan keksinnön ansiosta säädölle ei tarvitse määritellä sovelluskohtaisia vahvistuskertoimia kuten PID-säätimessä. Säätoventtiilin C_v -käyrä on prosessiolosuhteista riippumaton, ja se voidaan tallentaa jo säätoventtiilin kokoonpanon yhteydessä. Käyttöönotto prosessiolosuhteissa ei edellytä vahvistuskertoimien asetuksia eikä kertoimien muutoksia tai taulukointia muuttuvissa prosessiolosuhteissa.

Keksintöä selitetään seuraavassa esimerkkeinä esitettävien suoritusmuotojen avulla viitaten oheisiin piirroksiin, joissa

kuvio 1 on periaatteellinen lohkokaavio, joka esittää esimerkin keksinnön mukaisesta säätöpiiristä,

kuvio 2 on vuokaavio, joka esittää esimerkkinä keksinnön erään suoritusmuodon mukaisen säätöalgoritmin,

kuvio 3 on lohkokaavio, joka esittää esimerkkinä erään säätöventtiilin yhteyteen sijoitettavan säätimen,

kuvio 4 on lohkokaavio, joka esittää esimerkkinä säätimen sijoittamisen prosessinsäätötietokoneeseen esimerkiksi DCS-tyyppisessä säätöjärjestelmässä,

kuvio 5 on lohkokaavio, joka esittää esimerkin kenttäväyläteknikalla toteutetusta säätöjärjestelmästä, johon keksintöä voidaan soveltaa,

kuvio 6 on kuvaaja, joka esittää esimerkkinä säätöventtiilin C_v -käyrän, eli venttiilin avauksen C_v :n funktiona, ja

kuvio 7 on kuvaaja, joka esittää esimerkkinä säätöventtiilin käänteisen C_v -käyrän, eli venttiilin avauksen C_v :n funktiona, ja

5 kuviot 8 ja 9 esittävät simulointituloksia 7 häiriötilanteessa ja vastaavasti virtauksen asetusarvon muuttuessa.

Kuvion 1 esimerkissä säätöventtiili 1 on kytketty prosessiputkistoon 5 säätämään prosessiputkistossa 5 virtaavan aineen virtausta. Materiaalivirta voi sisältää mitä tahansa juoksevaa materiaalia, kuten virtaavia aineita, liemiä, nesteitä, kaasuja ja höyryä. Säätöventtiiliä 1 liikuttaa siihen kytketty toimilaite ja asennoitin tai venttiiliohjain 2. On huomattava, että säätöventtiilin 1 ja siihen liittyvän ohjaimen ja toimilaitteen 2 rakenne ja toiminta eivät ole keksinnön kannalta oleellisia. Keksinnön kannalta on oleellista ainoastaan, että yksikkö 2 tuottaa mittaustiedon α_m venttiilin avausasennosta ja on ohjattavissa venttiilin avauksen säätösignaalilla α_c . Säädettävään virtausprosessiin on sopivaan pisteeseen venttiilin 1 jälkeen liitetty virtausmittari 4 (FI, Flow Indicator), joka tuottaa mitatun virtausarvon Q_m . Virtausmittari 4 on edullisesti jokin jo prosessissa oleva virtausmittari tai se voidaan asentaa prosessiin keksinnön mukaista tarkoitusta varten. Virtausmittari 4 on edullisesti sijoitettu venttiilin 1 jälkeen, mutta se voidaan sijoittaa myös sopivaan virtausprosessin pisteeseen ennen venttiiliä 1.

Säädinlohko 3 edustaa yleisesti esillä olevan keksinnön mukaisen virtaussäädön toteuttavaa säätötoimintoa sekä sen toteuttavaa yksikköä. Säädin 3 voi olla toteutettu millä tahansa riittävän laskentakyvyn omaavalla yksiköllä, joka voi olla sijoitettu etäälle säätöventtiilistä 1 ja sen ohjaus- ja toimilaitteesta 2, tai sijoitettu säätöventtiilin 1 ja ohjaus- ja toimilaitteen 2 yhteyteen, tai integroitu niihin, kuten alla tullaan selittämään.

Kuvion 1 tyyppisen säätöpiirin keksinnön mukaista toimintaa selitetään seuraavassa esimerkin avulla viitaten kuvioon 2. Keksinnön periaatteiden mukaisesti säädin 3 hyödyntää virtausmittauksen tuomaa täsmällistä tietoa materiaalin virtauksesta sopivassa pisteessä prosessissa 5. Tämä mitattu virtaus Q_m saadaan esimerkiksi virtausmittarilta 4 (vaihe 21 kuviossa 2). Säädin 3 vastaanottaa myös säätöventtiilin ohjaus- ja toimilaitteelta 2 venttiilin 1 mitatun avausarvon α_m (vaihe 22). Säätimeen 3 on lisäksi tallennettu säätöventtiilin 1 C_v -käyrä esimerkiksi taulukkomuodossa, muunlaisena tietorakenteena, tai matemaattisena funktiona. Kuviossa 6 on esitetty esimerkki säätöventtiilin C_v -

käyrästä, joka esittää C_v -arvon venttiilin avauksen α funktiona. Vastaavat käyrän pisteet (α , C_v) on esitetty taulukkomuodossa taulukossa 1.

C_v	avaus α (%)
7	14,63
27	26,83
55	39,02
95	51,22
145	63,41
205	75,61
240	81,71
293	87,80
362	93,90
465	100,00

Taulukko 1

5

On huomattava, että tässä on selkeyden vuoksi esitetty vain pieni määrä käyrän pisteitä. Käytännössä pisteitä voidaan tallentaa huomattavasti tiheämmin. Mitatun venttiilin avauksen α_m avulla voidaan hakea vastaava venttiilin C_v -käyrän arvo $C_v(\alpha_m)$ tällä tallennetulla C_v -käyrällä (vaihe 23). Esimerkiksi, jos mitattu avaus α_m on 52 prosenttia, saadaan käyrältä 6 vastaavaksi $C_v(\alpha_m)$ -arvoksi 96. Tämän jälkeen voidaan ratkaista säätöventtiilin sulkimen yli vallitseva paine-ero Δp mitatun virtauksen Q_m ja arvon $C_v(\alpha_m)$ avulla (vaihe 24) esimerkiksi vedelle virtausyhtälöstä (1) seuraavasti

15

$$\sqrt{\Delta p} = \frac{Q_m}{N * C_v(\alpha_m)} \quad (2)$$

Säätimelle 3 vastaanotetaan myös virtauksen asetusarvo Q_{sp} esimerkiksi prosessisäätimeltä, joko suoraan tai esimerkiksi ohjaus- ja toimilaitteen 2 kautta. On huomattava, että virtauksen asetusarvolla tarkoitetaan tässä mitä tahansa signaalia, joka edustaa haluttua virtausta. Nyt voidaan laskea virtauksen erotusarvon ja mitatun virtauksen välinen ero tai virhe dQ (vaihe 25)

20

$$dQ = Q_{sp} - Q_m \quad (3)$$

Keksinnön edullisessa suoritusmuodossa virtauksen virhettä integroidaan ja integrointitulokseen lisätään virtauksen asetusarvoon Q_{sp} , niin että saadaan korjattu virtausarvo, jolla venttiilin avausta voidaan ohjata suuntaan, jolla virhe kompensoituu (vaihe 26)

$$Q_c = Q_{sp} + \int dQ \quad (4)$$

Tämän jälkeen voidaan laskea uusi C_v -arvo korjatun virtausarvon Q_c ja paine-eron Δp avulla (vaihe 27)

$$C_v = \frac{Q_c}{N * \sqrt{\Delta p}} \quad (5)$$

Tämän jälkeen määritetään säätöventtiilin käänteisen C_v -käyrän avulla uutta C_v -arvoa vastaava venttiilin avaus α_c (vaihe 28). Venttiilin käänteisellä C_v -käyrällä tarkoitetaan tässä käyrää, joka esittää venttiilin avauksen C_v -arvon funktiona. Kuviossa 7 on esitetty esimerkkinä kuvion 6 käänteinen C_v -käyrä. Esimerkiksi, jos korjatuksi C_v -arvoksi lasketaan 250, saadaan vastaavaksi avausarvoksi $\alpha_c = 82$. Käänteinen C_v -käyrä voidaan tallentaa erikseen tai C_v -arvoa vastaava avaus voidaan hakea esimerkiksi taulukosta 1 tai vastaavasta tietorakenteesta. Tämän jälkeen säädin 3 syöttää uuden avausarvon α_c ohjaus- ja toimilaitteelle 2, joka liikuttaa säätöventtiilin uuteen avausasentoon (vaihe 29). Sitten säätöalgoritmi palaa vaiheeseen 21 aloittamaan seuraavan säätösyklin.

Prosessin käynnistyksessä, kun mitattu virtaus $Q_m = 0$, ei paineeroa Δp voida vielä laskea vaan se asetetaan algoritmista tiettyyn ennalta määrättyyn sulkupaine-eroon Δp_s (vaihe 20).

On huomattava, että mainittu virtausyhtälö (1,2) pätee vedelle tietyssä lämpötilassa, mutta että muitakin sinänsä tunnettuja virtausyhtälöitä voidaan käyttää. Lisäksi esimerkiksi kokoonpuristuvan materiaalin tai kavitoivan virtauksen tapauksessa huomioon voidaan ottaa myös muita virtausmitoituskertoimia kuin pelkkä C_v . C_v on kuitenkin aina välttämätön tieto joka sovelluksessa. Kaasuvirtauksille on edullista olla käytettävissä myös tieto painetasosta venttiilin tulopuolella, jotta päästään kiinni materiaalivirtaustietoon.

Kuvio 8 esittää simulaatiotilanteen, jossa säätöventtiiliin 1 tulopuolella esiintyy tulopainehäiriö, joka aiheuttaa pudotuksen mitatussa virtauksessa Q_m , jolloin virhe virtauksen asetusarvoon Q_{sp} nähden kasvaa. Keksinnön mukainen säätöalgoritmi reagoi tähän kasvattamalla säätöventtiilin avausta kunnes mitattu virtaus Q_m asettuu takaisin asetusarvoon Q_{sp} . Myöhemmin aikavälillä 80 kohdalla tulopuolen paine palautuu normaaliksi, jolloin mitattu virtaus Q_m alkaa kasvaa suhteessa virtauksen asetusarvoon Q_{sp} , koska säätöventtiili on aikaisemmin sovitettu häiriötilanteeseen eli alhaiseen tulopaineeseen. Keksinnön mukainen säätöalgoritmi reagoi virtauksen virheen dQ toiseen suuntaan tapahtuvaan muutokseen säätämällä säätöventtiilin avausta pienemmäksi kunnes mitattu Q_m jälleen asettuu asetusarvoon Q_{sp} . Säädön viiveeseen vaikuttaa lähinnä virheen dQ integrointiainvakio.

Kuvio 9 puolestaan esittää simuloinnin tilanteelle, jossa virtauksen asetusarvoa pudotetaan askelmaisesti ja jälleen palautetaan askelmaisesti takaisin alkuperäiseen arvoonsa. Asetusarvon Q_{sp} pudotuksen jälkeen virhe dQ on suuri, joten keksinnön mukainen säätöalgoritmi pienentää säätöventtiilin avauksen arvoon, joka pienentää mitatun virtauksen Q_m uuteen asetusarvoon Q_{sp} . Vastaavasti asetusarvoa Q_{sp} askelmaisesti kasvatettaessa keksinnön mukainen säätöalgoritmi vähitellen kasvattaa säätöventtiilin avauksen arvoon, jossa mitattu virtaus Q_m nousee uuteen asetusarvoon Q_{sp} .

Kuten yllä todettiin, keksinnön mukainen säädin ja säätöalgoritmi voidaan toteuttaa monilla eri tavoilla. Kuviossa 3 on havainnollistettu esimerkiksi, jossa säädin 3 on toteutettu paikallisesti säätöventtiiliin 21 ja sen toimilaitteeseen 2 liitettynä tai integroituna. Säädin 3 voi käsittää esimerkiksi mikroprosessorin tai muun vastaavan keskusyksikön 32, johon liittyy muisti 31, joka toimii ohjelma- ja työmuistina. Virtausmittari 4 syöttää mitattuun virtaukseen Q_m verrannollisen virtasignaalin (4-20 mA), joka muutetaan analogia-digitaalimuuntimella 33 digitaaliseen muotoon ja syötetään mikroprosessorille 32. Mikroprosessorille 32 vastaanotetaan sisääntuloina myös virtauksen asetusarvo Q_{sp} ja mitattu säätöventtiilin avaus α_m . Mikroprosessorilta syötetään ulostulona säätöventtiilin avauksen ohjausarvo α_c . Nämä signaalit voivat olla analogisia virtasignaaleja (4-20 mA), sarjamoitoisia digitaalisia signaaleja tai muita sopivia analogisia tai digitaalisia signaaleja. Käynnistyksen jälkeen mikroprosessori 32 suorittaa esimerkiksi kuvion 2 mukaisen säätöalgoritmin. Kuvion 3 tyyppinen ratkaisu on edullinen esimerkiksi päivitettäessä olemassa olevia säätöventtiilejä toimimaan keksinnön mukaisesti tai toteutettaessa uusi säätöventtiili.

liprosessiympäristö, jossa mittaus ja säätösignaalit siirretään 4-20 mA virtasignaaleina.

Kuvio 4 esittää toisen esimerkkikonfiguraation, jossa keksinnön mukainen säädin 3 on sijoitettu keskitettyyn prosessinsäätötietokoneeseen 40, johon mitattu virtaus Q_m syötetään virtasignaalina 4-20 mA virtausmittarilta 4. Vastaavasti myös säätöventtiilin 1 ohjaus- ja toimilaitteelta 42 syötetään mitattu venttiilin avaus α_m virtasignaalina 4-20 mA säätötietokoneelle 40. Tietokone 40 syöttää avauksen ohjausarvon α_c virtasignaalina 4-20 mA ohjaus- ja toimilaitteelle 42. Säätoalgoritmi 3 suorittaa esimerkiksi kuviossa 2 esitetyn säätoalgoritmin.

Kuvio 5 esittää vielä eräänä esimerkkinä hajautetun säätöjärjestelmän, jossa virtausmittari 4 ja säätöventtiilin ohjaus- ja toimilaitte 52 ovat ns. älykkäitä kenttälaitteita, jotka ovat kenttäväylän 53 kautta yhteydessä toisiinsa ja esimerkiksi valvomotietokoneeseen 51. Älykkäissä kenttälaitteissa on itsessään tiedonkäsittely- ja laskentakykyä, jota voidaan käyttää keksinnön mukaisen säätoalgoritmin suorittamiseen. Tällöin keksinnön mukainen säädin voidaan toteuttaa älykkäässä kenttälaitteessa 52, tai älykkäässä virtausmittarissa 4 tai jossain muussa hajautetun järjestelmän älykkäässä kenttälaitteessa. Tällöin säätimen 3, virtausmittarin 4 sekä ohjaus- ja toimilaitteen 52 välillä tulee siirtää asetuservo Q_{sp} , mitattu virtaus Q_m , mitattu venttiilin avaus α_m sekä venttiilin avauksen ohjausarvo α_c yllä kuvattuun tapaan. Kuvioden 4 ja 5 tyyppisten, etäälle sijoitettua säädintä 3 käyttävien ratkaisujen ongelmana saattaa olla lisääntynyt säätöviive, joka saattaa heikentää säätötulosta.

Selitys ja siihen liittyvät kuvat on tarkoitettu havainnollistamaan esillä olevan keksinnön periaatteita esimerkkien avulla. Erilaiset vaihtoehtoiset toteutustavat, muunnemat ja muutokset ovat alan ammattimiehelle ilmeisiä tämän selityksen perusteella. Esillä olevaa keksintöä ei ole tarkoitettu rajoittamana tässä kuvattuihin esimerkkeihin, vaan keksintö voi vaihdella oheisten patenttivaatimusten puitteissa ja hengessä.

Patenttivaatimukset

1. Virtausta säättävän venttiilin (1) ohjausmenetelmä, jossa menetelmässä
määritetään (22) venttiilin (1) nykyinen avaus ja venttiilin yli oleva
5 paine-ero,
määritetään venttiilin (1) uusi avaus venttiilin C_v -käyrän, virtauksen
asetusarvon, venttiilin nykyisen avauksen ja venttiilin yli vallitsevan paine-eron
perusteella, t u n n e t t u siitä, että menetelmässä
mitataan virtaus (21),
10 mainittu venttiilin yli olevan paine-eron määrittäminen käsittää paine-eron
laskemisen (24) venttiilin C_v -käyrän, venttiilin nykyisen avauksen ja mitatun
virtauksen avulla.
2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että
15 määritetään (23) mitattua venttiilin avausta α_m vastaava venttiilin C_v -
arvo mainitulla venttiilin C_v -käyrällä,
lasketaan (24) paine-ero dp mitatun virtauksen Q_m ja mitattua venttiilin
avausta α_m vastaavan C_v -arvon avulla
lasketaan (25) virtauspoikkeama dQ virtauksen asetuseron Q_{sp} ja
20 mitatun virtauksen Q_m erona,
integroidaan mainittu virtauspoikkeama dQ ,
lasketaan (26) korjattu virtauksen asetuservo Q_c lisäämällä integroitu
virtauspoikkeama dQ virtauksen asetuservoon Q_{sp} ,
lasketaan (27) uusi venttiilin C_v -arvo korjatun virtauksen asetuservon
25 Q_c ja lasketun paine-eron Δp avulla,
määritetään (28) mainittua uutta venttiilin C_v -arvoa vastaava uusi
venttiilin avaus α_c venttiilin käänteiseltä C_v -käyrältä.
3. Patenttivaatimuksen 1 tai 2 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että venttiilin
 C_v -käyrän arvot, ja edullisesti myös käänteisen C_v -käyrän arvot, on ennakoita
30 tallennettu muistiin.
4. Virtausta säättävän venttiilin ohjausjärjestelmä, joka käsittää säätimen (3)
venttiilin (1) uuden avauksen määrittämiseksi venttiilin C_v -käyrän, virtauksen
asetuservon, venttiilin nykyisen avauksen ja venttiilin yli vallitsevan paine-eron
perusteella, t u n n e t t u siitä, että ohjausjärjestelmä lisäksi käsittää
35 virtausmittarin (4) virtauksen mittaamiseksi, ja että säädin (3) on sovitettu

laskemaan mainittu paine-ero venttiilin (1) C_v -käyrän, venttiilin nykyisen avauksen ja mitatun virtauksen avulla.

5. Patenttivaatimuksen 4 mukainen järjestelmä, t u n n e t t u siitä, että säädin (3) käsittää välineet

5 välineet, joilla määritetään mitattua venttiilin avausta α_m vastaava venttiilin C_v -arvo mainitulla venttiilin C_v -käyrällä,

wälineet, joilla lasketaan paine-ero dp mitatun virtauksen Q_m ja mitattua venttiilin avausta α_m vastaavan C_v -arvon avulla

10 välineet, joilla lasketaan virtauspoikkeama dQ virtauksen asetusarvon Q_{sp} ja mitatun virtauksen Q_m erona,

wälineet, joilla integroidaan mainittu virtauspoikkeama dQ ,

wälineet, joilla lasketaan korjattu virtauksen asetusarvo Q_c lisäämällä integroitu virtauspoikkeama dQ virtauksen asetusarvoon Q_{sp} ,

15 välineet, joilla lasketaan uusi venttiilin C_v -arvo korjatun virtauksen asetusarvon Q_c ja lasketun paine-eron Δp avulla,

wälineet, joilla määritetään mainittua uutta venttiilin C_v -arvoa vastaava uusi venttiilin avaus α_c venttiilin käänteiseltä C_v -käyrältä.

6. Patenttivaatimuksen 4 tai 5 mukainen järjestelmä, t u n n e t t u siitä, että säädin (3) käsittää muistin, johon on ennalta tallennettu venttiilin C_v -käyrän arvot, ja edullisesti myös käänteisen C_v -käyrän arvot.

7. Patenttivaatimuksen 4, 5 tai 6 mukainen järjestelmä, t u n n e t t u siitä, että säädin (3) on toteutettu jossakin seuraavista laitteista: säätöventtiilin ohjaimen tai asennoittimeen liitettynä tai integroituna, älykkäässä kenttälaitteessa, hajautetun säätöjärjestelmän säätimessä, prosessisäätötietokoneessa, 25 valvomotietokoneessa.

8. Säädin virtausta säätävän venttiilin (1) ohjaukseen, joka säädin (3) käsittää välineet venttiilin uuden avauksen määrittämiseksi venttiilin C_v -käyrän, virtauksen asetusarvon, venttiilin nykyisen avauksen ja venttiilin yli vallitsevan paine-eron perusteella, t u n n e t t u siitä, että säädin (3) on sovitettu 30 laskemaan mainittu paine-ero venttiilin C_v -käyrän, venttiilin nykyisen avauksen ja mitatun virtauksen avulla.

9. Patenttivaatimuksen 8 mukainen säädin, t u n n e t t u siitä, että säädin (3) käsittää välineet

35 välineet, joilla määritetään mitattua venttiilin avausta α_m vastaava venttiilin C_v -arvo mainitulla venttiilin C_v -käyrällä,

välineet, joilla lasketaan paine-ero dp mitatun virtauksen Q_m ja mitattua venttiilin avausta α_m vastaavan C_v -arvon avulla

välineet, joilla lasketaan virtauspoikkeama dQ virtauksen asetusarvon Q_{sp} ja mitatun virtauksen Q_m erona,

5 välineet, joilla integroidaan mainittu virtauspoikkeama dQ ,

välineet, joilla lasketaan korjattu virtauksen asetusarvo Q_c lisäämällä integroitu virtauspoikkeama dQ virtauksen asetusarvoon Q_{sp} ,

välineet, joilla lasketaan uusi venttiilin C_v -arvo korjatun virtauksen asetusarvon Q_c ja lasketun paine-eron Δp avulla,

10 välineet, joilla määritetään mainittua uutta venttiilin C_v -arvoa vastaava uusi venttiilin avaus α_c venttiilin käänteiseltä C_v -käyrältä.

10. Patenttivaatimuksen 8 tai 9 mukainen säädin, t u n n e t t u siitä, että säädin (3) käsittää muistin, johon on ennalta tallennettu venttiilin C_v -käyrän arvot, ja edullisesti myös käänteisen C_v -käyrän arvot.

15 11. Patenttivaatimuksen 8, 9 tai 10 mukainen säädin, t u n n e t t u siitä, että säädin (3) on ohjelmoitava prosessori tai tietokone, ja että mainitut välineet ovat tietokoneessa tai prosessorissa ajettavan ohjelmakoodin muodossa.

20 12. Tallennusvälineelle tallennettu ohjelmakoodi, joka toteuttaa jonkin patenttivaatimuksen 1 - 3 mukaiset menetelmävaiheet, kun ohjelmakoodi ajetaan tietokoneessa tai vastaavassa.

Patentkrav

1. Styrförfarande för en flödesreglerande ventil (1), i vilket förfarande
- bestäms (22) nuvarande öppning av ventilen (1) och tryckskillnaden
- 5 över ventilen,
- bestäms en ny öppning av ventilen (1) på basis av ventilens C_v -kurva, flödets börvärde, nuvarande öppning av ventilen och tryckskillnaden över ventilen, k ä n n e t e c k n a t av att i förfarandet
- mäts flödet (21),
- 10 nämnda bestämmande av tryckskillnaden över ventilen omfattar beräkning (24) av tryckskillnaden med hjälp av ventilens C_v -kurva, nuvarande öppning av ventilen och det uppmätta flödet.
2. Förfarande enligt patentkrav 1, k ä n n e t e c k n a t av att
- ventilens C_v -värde som motsvarar den uppmätta öppningen α_m av
- 15 ventilen bestäms (23) med ventilens nämnda C_v -kurva,
- tryckskillnaden Δp beräknas (24) med hjälp av det uppmätta flödet Q_m och C_v -värdet som motsvarar den uppmätta öppningen α_m av ventilen
- flödesavvikelsen dQ beräknas (25) som differensen av flödets börvärde Q_{sp} och det uppmätta flödet,
- 20 nämnda flödesavvikelse dQ integreras,
- flödets korrigerade börvärde Q_c beräknas (26) genom att man adderar den integrerade flödesavvikelsen dQ till flödets börvärde Q_{sp} ,
- ventilens nya C_v -värde beräknas (27) med hjälp av flödets korrigerade börvärde Q_c och den beräknade tryckskillnaden Δp ,
- 25 en ny öppning α_c av ventilen som motsvarar ventilens nämnda nya C_v -värde bestäms (28) från ventilens omvända C_v -kurva.
3. Förfarande enligt patentkrav 1 eller 2, k ä n n e t e c k n a t av att värdena på ventilens C_v -kurva, och företrädesvis även värdena på den omvända C_v -kurvan är lagrade på förhand i ett minne.
- 30 4. Styrsystem för en flödesreglerande ventil, som omfattar en regulator (3) för att bestämma den nya öppningen av ventilen (1) på basis av ventilens C_v -kurva, flödets börvärde, nuvarande öppning av ventilen och tryckskillnaden över ventilen, k ä n n e t e c k n a t av att styrsystemet dessutom omfattar en flödesmätare (4) för mätning av flödet, och att regulatorn (3) är anordnad
- 35 att beräkna nämnda tryckskillnad med hjälp av ventilens (1) C_v -kurva, nu-

varande öppning av ventilen och det uppmätta flödet.

5. System enligt patentkrav 4, k ä n n e t e c k n a t av att regulatorn (3) omfattar medel

medel, med vilka bestäms ventilens C_v -värde som motsvarar den uppmätta öppningen α_m av ventilen med ventilens nämnda C_v -kurva,

medel, med vilka beräknas tryckskillnaden d_p med hjälp av det uppmätta flödet Q_m och ett C_v -värde som motsvarar den uppmätta öppningen α_m av ventilen

medel, med vilka beräknas flödesavvikelsen dQ som differensen av flödets börvärde Q_{sp} och det uppmätta flödet Q_m ,

medel, med vilka nämnda flödesavvikelse dQ integreras,

medel, med vilka flödets korrigerade börvärde Q_c beräknas genom att man adderar den integrerade flödesavvikelsen dQ till flödets börvärde Q_{sp} ,

medel, med vilka ventilens nya C_v -värde beräknas med hjälp av flödets korrigerade börvärde Q_c och den beräknade tryckskillnaden Δp ,

medel, med vilka ventilens nya öppning α_c som motsvarar ventilens nämnda nya C_v -värde bestäms från ventilens omvända C_v -kurva.

6. System enligt patentkrav 4 och 5, k ä n n e t e c k n a t av att regulatorn (3) omfattar ett minne, i vilket lagrats på förhand värden för ventilens C_v -kurva, och företrädesvis även den omvända C_v -kurvas värden.

7. System enligt patentkrav 4, 5 eller 6, k ä n n e t e c k n a t av att regulatorn (3) är förverkligad i någon av följande anordningar: ansluten till eller integrerad i reglerventilens styrenhet eller inställare, i en intelligent fältanordning, i en regulator i en spritt reglersystem, i en processreglerdator, i en kontrollrumsdator.

8. Regulator för styrning av en flödesreglerande ventil (1), vilken regulator (3) omfattar medel för att bestämma en ny öppning av ventilen på basis av ventilens C_v -kurva, flödets inställningsvärde, ventilens nuvarande öppning och tryckskillnaden som råder över ventilen, k ä n n e t e c k n a d av att regulatorn (3) är anordnad att sänka nämnda tryckskillnad med hjälp av ventilens C_v -kurva, ventilens nuvarande öppning och det uppmätta flödet.

9. Regulator enligt patentkrav 8, k ä n n e t e c k n a d av att regulatorn (3) omfattar medel

medel, med vilka bestäms ventilens C_v -värde som motsvarar den uppmätta öppningen α_m av ventilen med ventilens nämnda C_v -kurva,

medel, med vilka beräknas tryckskillnaden d_p med hjälp av det

uppmätta flödet Q_m och ett C_v -värde som motsvarar den uppmätta öppningen α_m av ventilen

medel, med vilka beräknas flödesavvikelsen dQ som differensen av flödets börvärde Q_{sp} och det uppmätta flödet Q_m ,

5 medel, med vilka nämnda flödesavvikelse dQ integreras,

medel, med vilka flödets korrigerade börvärde Q_c beräknas genom att man adderar den integrerade flödesavvikelsen dQ till flödets börvärde Q_{sp} ,

medel, med vilka ventilens nya C_v -värde beräknas med hjälp av flödets korrigerade börvärde Q_c och den beräknade tryckskillnaden Δp ,

10 medel, med vilka ventilens nya öppning α_c som motsvarar ventilens nämnda nya C_v -värde bestäms från ventilens omvända C_v -kurva.

10. Regulator enligt patentkrav 8 eller 9, k ä n n e t e c k n a d av att regulatorn (3) omfattar ett minne, i vilket lagrats på förhand värdena på ventilens C_v -kurva och företrädesvis även värdena på den omvända C_v -kurvan.

15 11. Regulator enligt patentkrav 8, 9 eller 10, k ä n n e t e c k n a d av att regulatorn (3) är en programmerbar processor eller dator, och att nämnda medel är i form av en programkod som ska köras i datorn eller processorn.

20 12. Programkod lagrad på lagringsmediet, vilken programkod förverkligar förfarandestegen enligt något av patentkraven 1-3, när programkoden körs i en dator eller motsvarande.

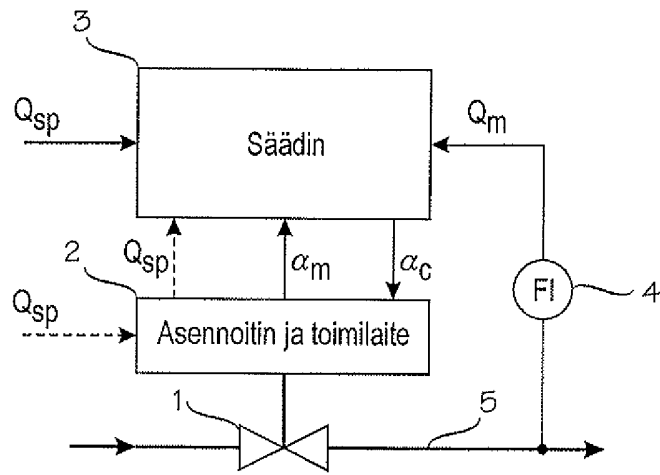


Fig. 1

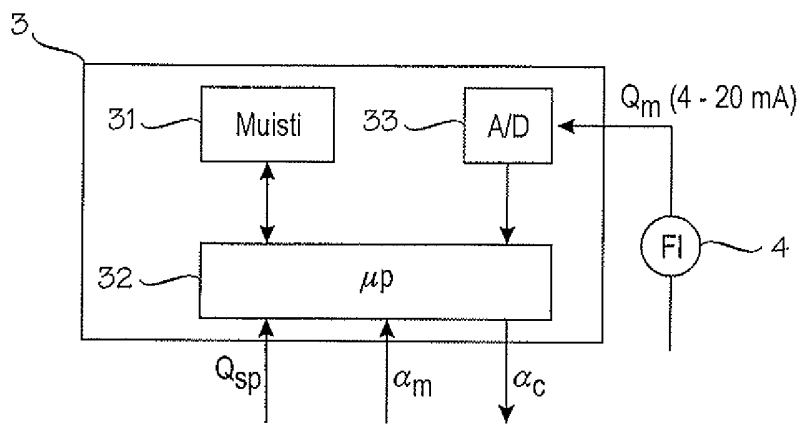


Fig. 3

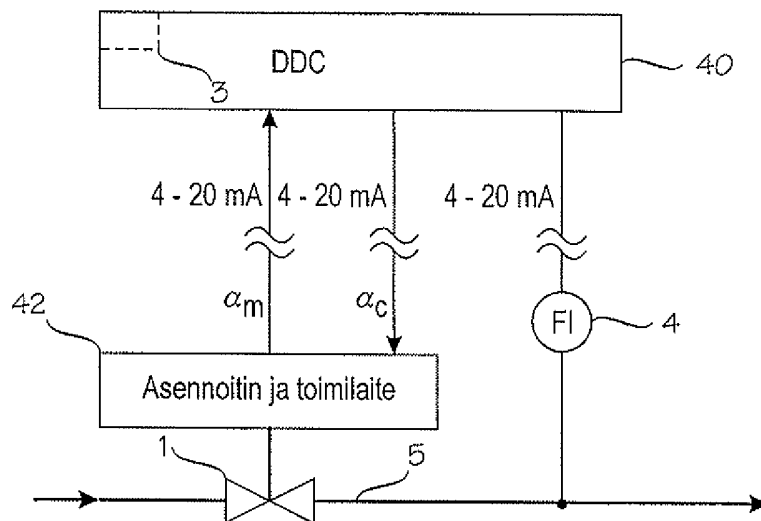


Fig. 4

Fig. 2

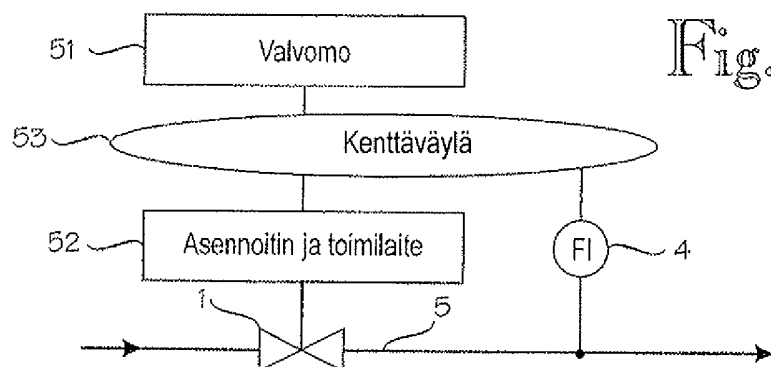
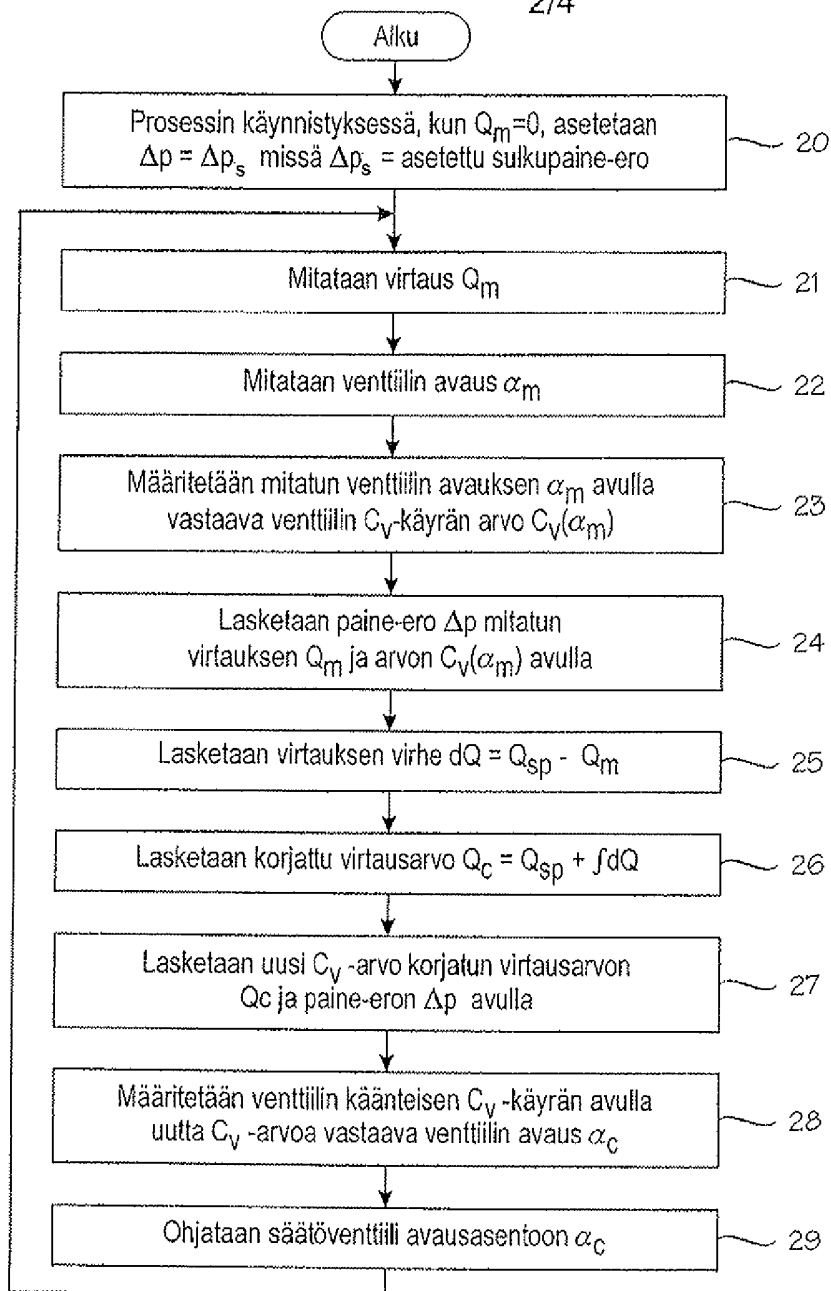


Fig. 5

Fig. 6

C_v venttiilin avauksen funktiona

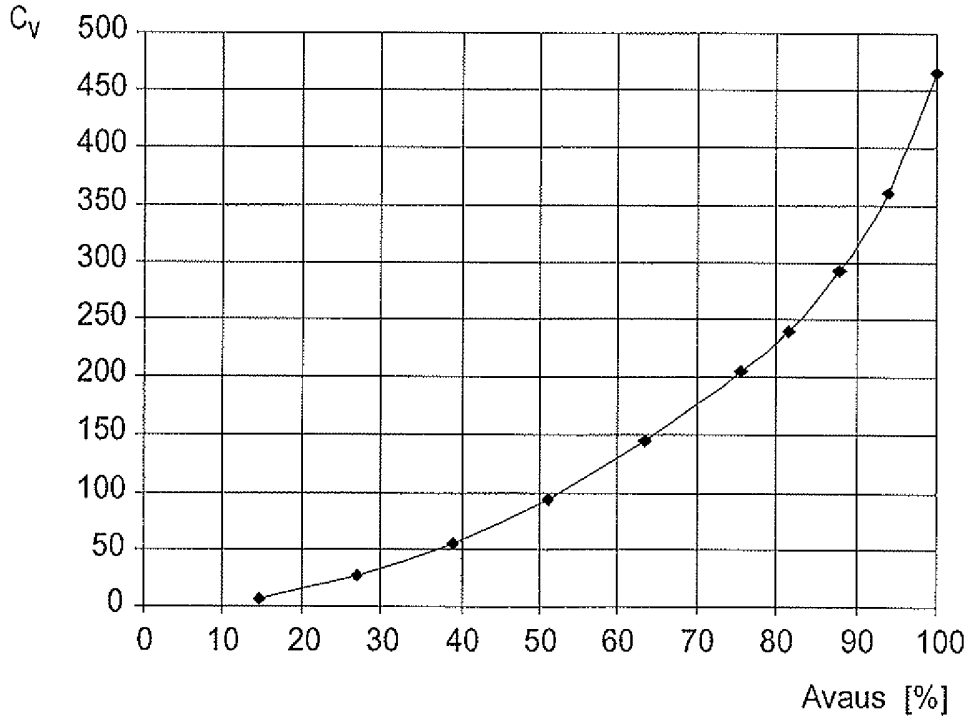


Fig. 7

Venttiilin avaus C_v:n funktiona

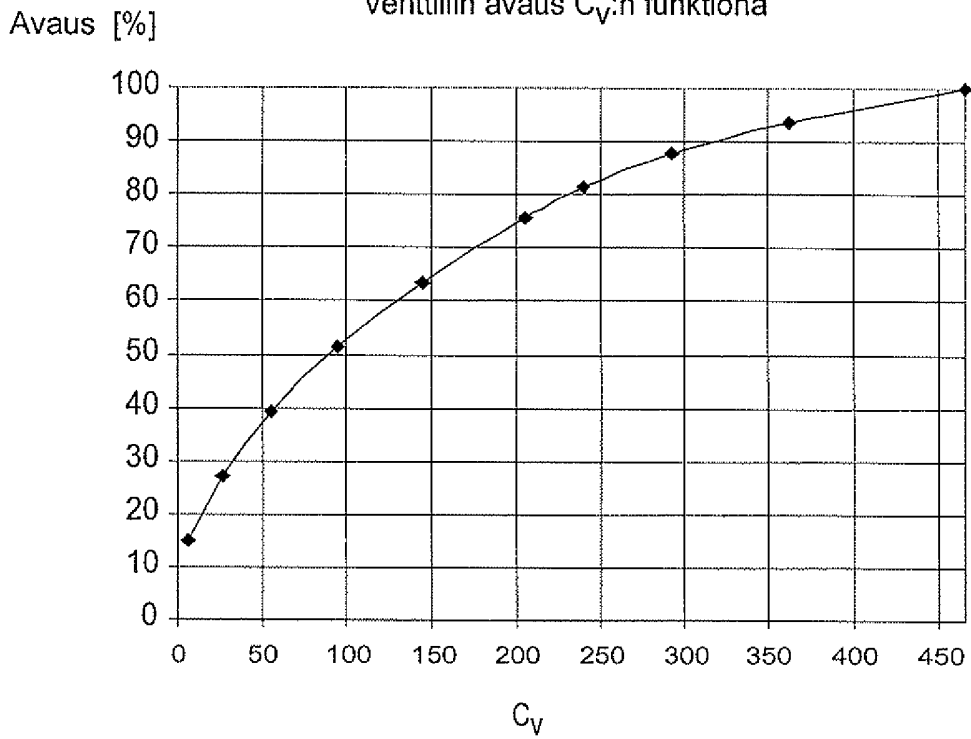


Fig. 8

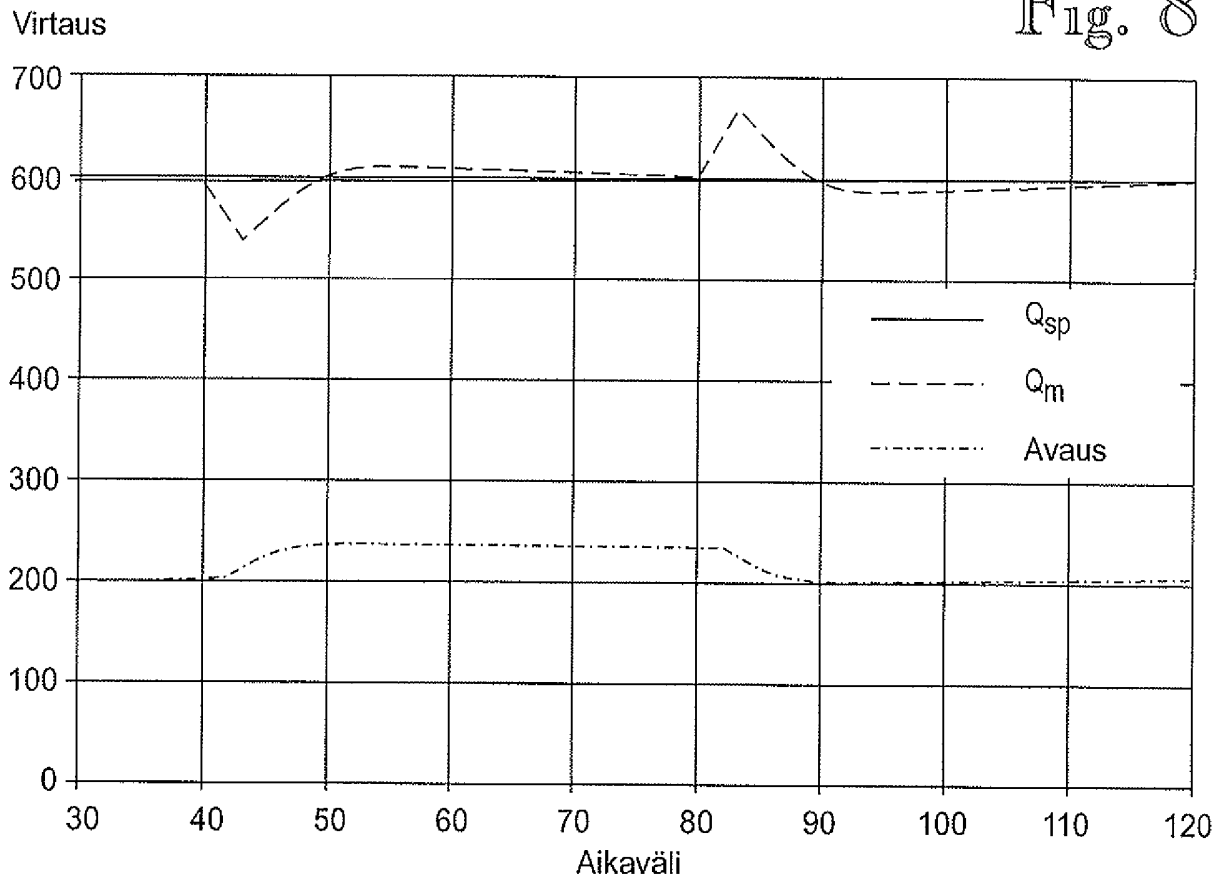


Fig. 9

