



(12) **PATENT**

(19) NO

(11) 324906

(13) B1

NORGE

(51) Int Cl.

G05D 7/06 (2006.01)

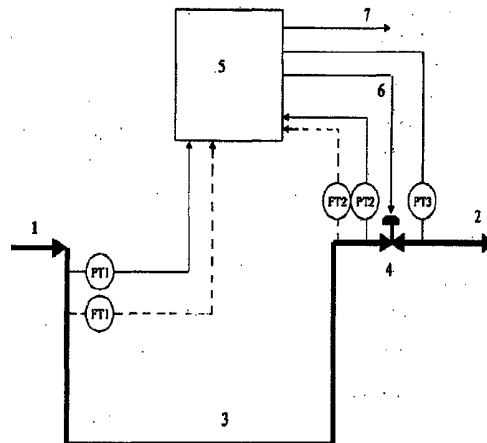
E21B 43/12 (2006.01)

### Patentstyret

(21)	Søknadsnr	20052273	(86)	Int.inng.dag og søknadsnr
(22)	Inng.dag	2005.05.10	(85)	Videreføringsdag
(24)	Løpedag	2005.05.10	(30)	Prioritet
(41)	Alm.tilgj	2006.11.13		
(45)	Meddelt	2008.01.02		
(73)	Innehaver	ABB Research Ltd, Case postale 8131, 8050 ZÜRICH, CH		
(72)	Oppfinner	Veslemøy Kristiansen, Ribstonvn 39D, 0585 OSLO Olav Slupphaug, Hasleveien 32, 0571 OSLO Dag Kristiansen, Mandallsgate 6B, 0190 OSLO Bjørn Bjune, Ole Jacob Brochsgt 7A, 0454 OSLO Jostein Moe, Etterstadkroken 73, LI 34, 0659 OSLO		
(74)	Fullmektig	Oslo Patentkontor AS, Postboks 7007 Majorstua , 0306 OSLO		

(54)	Benevnelse	<b>Fremgangsmåte og system for forbedret regulering av strømningslinje</b>
(56)	Anførte publikasjoner	NO 319642 B1, US A1 20030164240, US 5014789 A
(57)	Sammendrag	

Oppfinnelsen vedrører i et første aspekt en fremgangsmåte for automatisk styring av en strømning i et strømningslinjesystem inkludert en strømningslinje (3), et innløp (1) og et utløp (2), og en styringsventil (4) lokalisert i strømningslinjen (3) ved utløpet (2). Fremgangsmåten inkluderer trinnene: - styring av åpningen av ventilen av en styringsenhet (5), - måling eller estimering for eksempel av en utløpsstrømningshastighet (FT2) fra strømningslinjen (3), og åpning av ventilen, - bestemmelse av om et plutselig fall opptrer i enhver av målingene eller estimatene, - avgjørelse om en blokkering i strømningslinjen har oppstått eller er i ferd med å oppstå, og om en blokkering indikeres å være til stede eller å nærme seg, - økning av åpningen av ventilen (4) med en mengde bestemt av målingene eller estimatene, og forhindring av enhver ytterligere manipulering av ventilen (4) før en ikke-null tidsperiode har utløpt. Oppfinnelsen vedrører også et korresponderende system og et dataprogramprodukt.



## FREMANGSMÅTE OG SYSTEM FOR FORBEDRET REGULERING AV STRØMNINGSLINJE

### Oppfinnelsens område

5 Foreliggende oppfinnelse vedrører en fremgangsmåte og et system for automatisk regulering av en strømning i et strømningslinjesystem, idet nevnte strømningslinjesystem inkluderer en strømningslinje, et innløp og et utløp, en reguleringsventil eller choke plassert i strømningslinjen ved utløpet, og en reguleringsenhet som styrer åpningen av ventilen eller choken. Foreliggende  
10 oppfinnelse vedrører også et dataprogramprodukt for å utføre et eller flere trinn i fremgangsmåten.

Oppfinnelsen brukes for å hindre plutselige fall i væskestrømningen fra utløpet som resulterer i dårlig regulerbarhet, betydelig oppbygning av væske, og til slutt en ustabil strømningslinje. Oppfinnelsen kan typisk benyttes i olje og gassproduksjonsindustrien  
15 for forbedret regulering av strømningslinjer. Typiske strømningslinjer er rørledninger, brønnproduksjonslinjer og stigerør.

### Bakgrunn

I olje og gassproduksjonssystemer kan ustabil strømning i strømningslinjer forårsake alvorlige driftsproblemer for nedstrøms mottakende produksjonsenheter. Typiske  
20 strømningslinjer er rørledninger, brønner eller stigerør. Vanlige former for strømningsvariasjoner er sluggstrømning i flerfaserørledninger og trykk/strømning-oscillasjoner i gassløftede oljebrønner. I begge tilfeller strømmer væsken støtvis langs røret i en konsentrert masse kalt en slugg. Den ustabile oppførselen til sluggstrømning og tilhørende trykk/strømning-oscillasjoner har en negativ innvirkning på driften av olje  
25 og gassproduksjonsenheter slik som offshore enheter. Kraftig slugging kan til og med forårsake nedstegninger av plattformer og anlegg. Ofte forårsaker store hurtige strømningsvariasjoner uønsket fakling og begrenser operasjonskapasiteten i separasjons- og kompresjonsenheter. Denne reduksjon skyldes behovet for større driftsmarginer for både separasjon (for å møte produktspesifikasjonene) og kompresjon  
30 (for å sikre sikker drift med minimal fakling). Operasjon bort fra anleggets optimale operasjonspunkt resulterer i redusert kapasitet.

Tre fremgangsmåter blir konvensjonelt utøvd for å håndtere ustabiliteter i brønner, rørledninger eller stigerør:

- Struping av strømmingen
- Økning av gassløftraten
- Å tilveiebringe overkapasitet for å ta hånd om gass og væskesluggene

Nylig ble en ny alternativ metode som bruker aktiv tilbakekoblingskontroll beskrevet i internasjonalt søknad WO 02/46577, som herved inkorporeres i sin helhet i denne beskrivelse ved hjelp av denne deklarasjon. Denne fremgangsmåte bruker målinger av trykk, strømming eller temperatur som inngang til en aktiv tilbakekoblingskontroller (regulator) med den hensikt å stabilisere strømmingen ved kontinuerlig manipulering av strømningslinjens utløpschoke/ventil. Målinger gjøres oppstrøms punktet hvor hoveddelen av sluggen dannes eller er på vei til å oppstå. Studier som bruker andre målinger enn innløpsstrykk for stabilisering er rapportert i E. Storkaas og S. Skogestad: "Cascade Control of unstable systems with application to stabilization of slug flow", presentert på IFAC-symposiet Adchem'2003. Forfatterne bruker lineære tilbakekoblingskontrollere, som kontinuerlig manipulerer åpningen av utløpsventilen for å stabilisere strømningslinjen.

Erfaring har vist at en av hovedutfordringene ved metodene for stabilisering av strømming angitt over er at plutselige fall i væskeutstrømmingen fra strømningslinjen og det tilhørende trykkfallet  $dP$  over utløpsventilen kan opptre også etter at strømningslinjen har blitt stabilisert. Trykkfallet  $dP$  gir et mål på innvirkningen endringer i ventilåpningen vil ha på fluidbevegelsene i strømningslinjen, og resultatet av et fall i  $dP$  er dårlig kontrollerbarhet av strømningslinjen hvilket betyr at åpning av utløpsventilen vil ha liten eller ingen effekt på væskestrømmingen fra utløpet. Dette betyr at om det er en aktiv tilbakekoblingskontroller som manipulerer åpningen av utløpsventilen, vil denne miste reguleringsmuligheten over strømningslinjen og ustabiliteter i strømmingen vil opptre hvis strømningslinjen er ustabil uten noen tilbakekoblingskontroll.

Som et eksempel la  $P1$  betegne strømningslinjens innløpsstrykk,  $P2$  trykket oppstrøms ventilen,  $P3$  trykket nedstrøms ventilen og la trykkforskjellen over ventilen betegnes med  $dP=P2-P3$ . Ventilen forutsettes å være lokalisert ved utløpet av strømningslinjen. Innløpsstrømmingen til strømningslinjen vil normalt øke hvis  $P1$  minsker. Hvis  $dP$  minsker samtidig, hvilket indikerer at utstrømningsraten av væske fra strømningslinjen blir redusert (under forutsetning av en konstant ventil åpning), vil dette resultere i en masseubalanse i strømningslinjen. Derfor er det trolig at det vil oppstå en

strømningsblokkasje i strømningslinjen. I tillegg, hvis for eksempel en standard lineær PID (Proportional +Integral+Derivative) kontroller brukes for å styre strømningslinjens innløpstrykk, kan kontrolleren beordre ventilen å redusere sin åpning (avhengig av parameterinstillingene og valget av settpunkt for innløpstrykket). Resultatet av dette vil være en enda lavere utløpsstrømning. Det kan også være at en plutselig reduksjon av væskestrømningen ut av rørledningen/brønnen ikke er tilstrekkelig observerbar i innløpstrykket før det er for sent, det vil si før væskesluggen har blitt etablert i strømningslinjen. Derfor vil kontroll-lover som bare bruker målinger ved strømningslinjens innløp for tilbakekobling sannsynligvis mislykkes i å hindre fallet i utstrømningen. Derfor er det en betydelig utfordring i å opprettholde kontrollerbarhet av strømningslinjen, det vil si å hindre væskeutstrømningen fra strømningslinjen fra å nærme seg null selv for en stabilisert strømningslinje.

Figur 5 viser reelle data for en stabilisert rørledning. Innløpstrykket (P1) utviser relativt små variasjoner (opptil tid=5 timer). Imidlertid, ved tid =3,25 timer opptrer det en plutselig minskning i trykkfallet over ventilen (dP). Samtidig minsker også P1. Dette vil med tiden resultere i oppbygging av en væskeslugg og en ustabil strømning i rørledningen. Dette kan observeres i innløpstrykket fra tid=5 timer.

Det er imidlertid ikke nødvendig at det skjer en minskning i innløpstrykket for at et fall i dP skal være problematisk. Dette illustreres av de reelle data vist i figur 6. Ved tid= 6 timer resulterer et plutselig fall i dP i en ustabil rørledning selv om P1 ikke minsker ved det plutselige fallet i dP.

For et overblikk over tidligere kjente reguleringsmetoder for stabilisering av strømningslinjer vises det til internasjonal søknad WO 02/46577 og dens angitte referanser. Imidlertid er det ingen av metodene i disse referanser, inkludert metoden beskrevet i WO 02/46577 som adresserer det spesifikke problem med å hindre at et plutselig fall i utløpsstrømningen av væske resulterer i dårlig kontrollerbarhet og til slutt en ustabil strømningslinje.

### **Sammenfatning av oppfinnelsen**

En hensikt med foreliggende oppfinnelse er å tilveiebringe en fremgangsmåte og et system for forbedret regulering av en fluidstrømning i en strømningslinje. En annen hensikt med oppfinnelsen er å tilveiebringe en fremgangsmåte og et system innrettet til å sikre en stabil strømning i strømningslinjen, ved å hindre væskestrømningen fra utløpet fra strømningslinjen å bli og forbli relativt liten, hvilket er årsak til dårlig kontrollerbarhet og masseubalanse. En ytterligere hensikt ved foreliggende oppfinnelse

er å tilveiebringe en fremgangsmåte og et system for å sikre at kontrollerbarheten av strømningslinjen blir opprettholdt.

Nevnte hensikter oppnås ved en fremgangsmåte og et system som inneholder trekkene i krav 1 og 9.

5 Oppfinnelsen oppnås ved hjelp av den innledningsvis definerte fremgangsmåte, karakterisert ved at fremgangsmåten inkluderer trinnene:

- regulering av åpningen av ventilen eller choken med en reguleringsenhet,

10 - måling eller estimering av en utløpsstrømningsrate eller et trykk oppstrøms eller ventilen eller choken, eller en trykkforskjell over ventilen eller choken, eller en fluidtetthet, eller en fluidtemperatur, eller enhver kombinasjon derav, og åpning av ventilen eller choken,

- bestemmelse av om et plutselig fall opptrer i noen av målingene eller estimatene,

15 - avgjørelse av om det har oppstått eller er i ferd med å oppstå en blokkering i strømningslinjen basert på målingene eller estimatene, og hvis en blokkering indikeres å være tilstede eller nærme seg,

- økning av åpningen av ventilen eller choken med en verdi bestemt av målingene eller estimatene, og

- hindring av enhver ytterligere manipulasjon av ventilen eller choken før en ikke-null tidsperiode har utløpt.

20 Fremgangsmåtettrinnet ved å øke åpningen av ventilen eller choken er å forstå å bety at økningen kan være en funksjon av den målte eller estimerte (gjeldende) ventilåpning.

Fremgangsmåtettrinnet ved å hindre enhver ytterligere manipulasjon av ventilen eller choken er å forstå å bety at dette bare inkluderer ventil- eller chokemanipulasjon utført av selve fremgangsmåten/systemet i følge oppfinnelsen, og bør ikke hindre annen  
25 ventil- eller chokemanipulasjon utført av andre funksjonaliteter/systemer.

I følge en foretrukket utførelse av oppfinnelsen vil fremgangsmåten og systemet, basert på målinger eller estimater av væskeutstrømningen, og basert på gjeldende

driftsbetingelser, justere åpningen av utløpsventilen/choken hvis det er et uventet og betydelig fall i væskeutstrømningen. Justeringen gjøres i form av en hurtig åpning av utløpsventilen/choken ved isolerte tidspunkt for å hindre at væskeutstrømningen blir og forblir kritisk lav for noen tidsperiode. Ventilen eller choken blir herved åpnet, 5 fortrinnsvis i et trinn, med en forhåndsbestemt verdi og vesentlig så hurtig som ventilen eller choken tillater.

Strømningslinjen forutsettes å transportere fluider, slik som væske og gass. Oppfinnelsen vil typisk benyttes til strømningskontroll av sluggstrømmende flerfasestrømningslinjer for olje og gass. Oppfinnelsen krever normalt ikke installasjon 10 av noe nytt utstyr.

Ytterligere fordelaktige trekk ved foreliggende oppfinnelse vil fremgå av den etterfølgende beskrivelse og de vedføyde krav.

#### **Kortfattet beskrivelse av tegningene**

For bedre forståelse av foreliggende oppfinnelse vil det nå foretas en spesifikk 15 beskrivelse av oppfinnelsen ved hjelp av eksempler med henvisning til de vedføyde tegninger hvor:

Figur 1 viser skjematisk et strømningslinjesystem ifølge en utførelse av oppfinnelsen.

Figur 2 viser skjematisk en annen utførelse av oppfinnelsen inkludert dens samvirkning med en reguleringsenhet for innløpstrykk.

20 Figur 3 viser en reguleringsenhet ifølge oppfinnelsen i nærmere detalj.

Figur 4 viser et blokkdiagram av funksjonaliteten for å åpne utløpsventilen eller choken under bestemte omstendigheter for reguleringsenheten i figur 3.

Figur 5 viser reelle data fra en rørledning som illustrerer plutselig minskning i trykkfallet over ventilen og den resulterende ustabilitet.

25 Figur 6 viser reelle data fra en rørledning som illustrere et annet eksempel på plutselig minskning i trykkfallet over ventilen og den resulterende ustabilitet.

Figur 7 viser en ustabil rørledning med to forskjellige (konstante) ventilåpninger. Figuren er resultatet av OLGA-simuleringer (OLGA: olje- og gassimulatorprogramvare fra Scandpower Petroleum Technology AS).

5 Figur 8 viser data fra OLGA-simuleringer hvor oppfinnelsen brukes for å stabilisere en rørledningsstrømning uten en reguleringsenhet for innløpstrykk.

Figur 9 viser reelle data som illustrerer interaksjonen mellom den inventive reguleringsenhet og en reguleringsenhet for innløpstrykk resulterende i en stabilisert rørledning.

#### **Detaljert beskrivelse av oppfinnelsen og foretrukne utførelser derav**

10 Den inventive fremgangsmåte og system gjør bruk av måling(er) ved strømningslinjens utløp, og, i noen tilfeller, strømningslinjens innløp, for å justere åpningen av oppstrømsventilen eller choken ved strømningslinjens utløp. Justeringen av åpningen av ventilen eller choken kan utføres direkte av det inventive system og/eller ved å la det inventive system kombineres med et annet system som kontrollerer innløpstrykket eller  
15 strømningsraten ved innløpet av strømningslinjen. Et slikt annet system inkludert en trykk kontroller for innløpet er beskrevet i internasjonal søknad WO 02/46577.

Figur 1 viser skjematisk et strømningslinjesystem hvor fremgangsmåten og systemet ifølge foreliggende oppfinnelse kan benyttes. Foreliggende oppfinnelse benytter en aktuator i form av en reguleringsventil eller choke 4 ved strømningslinjen 3, et utløp 2,  
20 minst et organ for å måle eller estimere væskeutløpsstrømningen fra strømningslinjen, og en reguleringsalgoritme implementert i reguleringsenheten 5 (se også figur 3 og 4). Avhengig av de tilgjengelige målinger kan utstrømningen måles eller estimeres ved for eksempel 1) å bruke målinger fra en flerfasese strømningsmåler som måler utløpsvæskestrømningen FT2, 2) ved å bruke trykkdifferansen  $dP=PT2-PT3$  over ventilen eller choken som en indikasjon på endringer i utstrømningen, 3) eller ved å bruke  $dP$   
25 over ventilen eller choken i kombinasjon med ventilåpningen og/eller et densitometer for å estimere utstrømningen. I tillegg kan målinger av innløpstrykket PT1 eller innløpsstrømningsraten FT1 brukes til å oppnå en indikasjon om innstrømningen til strømningslinjen øker eller minsker. Imidlertid, som vist i figur 5 og figur 6, er dette  
30 ikke avgjørende viktig informasjon. Gjennom reguleringsalgoritmen implementert i reguleringsenheten 5, blir det resulterende styringssignal 6 sendt til ventilen eller choken 4.

Foreliggende oppfinnelse kan også samvirke med en tidligere kjent aktiv tilbakekoblingskontroller som styrer innløpstrykket ved kontinuerlig å manipulere den samme utløpsventil eller choke 4. Dette er illustrert i figur 2. Et av grunnprinsippene bak den inventive fremgangsmåte/system er å detektere om væskestrømningsraten ved utløpet eller et trykk (PT2) oppstrøms ventilen eller choken, eller en trykkforskjell (dP) over ventilen eller choken eller en fluidtetthet, eller en fluidtemperatur, eller enhver kombinasjon derav, minsker betydelig ved et plutselig fall, og, hvis dette er tilfelle, å hindre dette ved hurtig å åpne utløpsventilen eller choken med en forhåndsbestemt verdi og så hurtig som ventilen eller choken tillater. Med andre ord vil fremgangsmåten først detektere om utløpsstrømningen minsker mer enn normalt eller opphører. Hva som er normalt vil være avhengig av det spesifikke tilfellet og basert på erfaring. Etter at systemet detekterer et plutselig fall i enhver av de ovenfor nevnte parametere, vil det bestemme om det er nødvendig hurtig å åpne ventilen for å motvirke dette. Hvis en hurtig åpning av ventilen er nødvendig, vil systemet åpne ventilen på en brå måte for å forsøke å reetablere utløpsstrømningen. Verdien ventilen åpnes med avhenger av de gjeldende driftsbetingelser (se nedenfor). Det inventive system vil bare justere ventilåpningen, i form av en åpning, ved isolerte tidspunkter. Dette er i motsetning til for eksempel en innløpstrykkkontroller, som vil manipulere ventilåpningen kontinuerlig. Timingen av åpningen av ventilen og hvor mye ventilen åpnes er to kritiske faktorer som bestemmer suksessen til fremgangsmåten.

Det er to situasjoner hvor systemet ikke vil åpne ventilen uansett om det er et betydelig fall i utløpsvæskestrømningen. Den første situasjonen er om trykkfallet over ventilen er stort. Dette er for å unngå å skade utstyret nedstrøms. Den andre situasjonen er om systemet nettopp har åpnet ventilen. Hvis systemet nettopp har gjort inngrep i form av en hurtig åpning, må det vente en forhåndsbestemt tid (ikke-null tid) før det tillates å åpne ventilen igjen.

### **Eksempel på foretrukket algoritme**

Det vises til systemet vist i figur 3, hvor inngangene til reguleringsenheten er målinger eller estimater av strømningslinjens innløpstrykk PT1, gjeldende ventilåpningsverdi u, oppstrøms ventiltrykk PT2, nedstrøms ventiltrykk PT3, settpunkt for  $dP=PT2-PT3$ , og statusen til strømningslinjen, det vil si om strømningslinjen er stabil eller ustabil (slugger). Utgangene fra reguleringsenheten er ventilåpningsverdi. Det er indikert i figur 3 at PT1 kan erstattes av en måling av innløpsstrømningsrate FT1, mens PT2 og PT3 kan erstattes av en måling av utløpsstrømningsrate FT2.

Det inventive system overvåker trykkfallet over ventilen og griper inn hvis trykkfallet plutselig minsker unormalt hurtig (jfr. figur 5 og figur 6). Figur 4 viser et detaljert blokkdiagram av hvordan dette kan gjøres.

### **Filtrering/derivasjon**

5 I denne preprosesseringsblokken blir råverdier av innløpstrykket  $P_1$  i strømningslinjen, og trykkfallet over ventilen ( $dP=P_2-P_3$ ) prosessert av et første ordens lavpassfilter og, i to tilfeller, ved differensiering med henblikk på tid kombinert med et andre første ordens filter (for å begrense derivat-virkningen ved høye frekvenser). Disse preprosesserte versjoner av  $P_1$  og  $dP$  vil deretter bli brukt som inngang til flere  
10 etterfølgende blokker.

### **Observasjon av Ba (Blocking avoidance) innvirkning på rørledning/brønn**

Denne blokken inneholder to underblokker. Begge disse underblokker prosesserer de to filtrerte tidsderiverte fra filtrerings-/derivasjonsblokken. I likevekts-tilstands-  
15 deteksjonsblokken blir det detektert om strømningslinjen er i likevektstilstand eller ikke. Med likevektstilstand menes det at strømningslinjetrykkene er stabile. Dette gjøres ved å sjekke om absoluttverdiene av de tidsderiverte er små nok over en lang nok tidsperiode ( $BaT7-W$  sekunder). I system-stabilisert-deteksjonsblokken blir det sjekket om verdiene til de tidsderiverte er innenfor et gitt bånd for en bestemt tidsperiode ( $BaT6-W$  sekunder). Med system stabilisert menes det at strømmingen ut av  
20 rørledning/brønn "tar seg opp", det vil si at strømmingen ut av rørledning/brønn har "blitt reddet" fra å opphøre. Typisk er dette karakterisert ved at den tidsderiverte av  $dP$  er stor nok mens den tidsderiverte av  $P_1$  er liten nok for en bestemt tidsperiode ( $BaT6-W$  sekunder). Uttrykket Ba er forkortelse for Blocking avoidance.

25 **Fylling av fire vinduer benyttet til å sjekke om en væskeblokkasje er i ferd med å skje, og om så å avgjøre om ventilen bør åpnes eller ikke**

Som illustrert i figur 4 som eksempel, er det fire vinduer/køer som beveger seg med tiden, som sporer utviklingen eller trenden av  $dP$ , en filtrert versjon av  $dP$ , og ventilbevegelsen, som bidrar til funksjonaliteten av foreliggende oppfinnelse. Disse vinduer/køer er fortrinnsvis av typen først inn, først ut (en: FIFO). BufferWindow før  
30 det såkalte LargeWindow (andre vindu) brukes for å få verdiene inneholdt i LargeWindow til å representere det "normale" området av verdier for en filtrert versjon av  $dP$  i en likevektstilstandssituasjon for strømningslinjen. LargeWindow brukes i forbindelse med å detektere om en væskeblokkering er i ferd med å skje etter at strømningslinjen har nådd en likevektstilstand. Det såkalte SmallWindow\_DP (første

vindu) inneholder utviklingen av en ikke-filtrert versjon av dP. Generelt kan det også være påkrevd å filtrere dP-verdiene inneholdt i SmallWindow\_DP. SmallWindow\_DP brukes i forbindelse med deteksjon av om en væskeblokkering er i ferd med å skje under den initielle fase av stabilisering etter at en slugg har blitt mottatt.

5 Legg merke til at størrelsene av det "lille" og "store" vindu ( $BaT1\_W$  og  $BaT3\_W$  sekunder) bestemmes av brukeren/operatøren, og generelt kan det "lille" vindu være større enn det "store" vindu ( $BaT1\_W > BaT3\_W$ ). Hvis det er en annen regulator som for eksempel regulerer innløpstrykket brukes SmallWindow\_CoOut for å holde rede på hvordan denne andre regulatoren bidrar til den totale utgang gitt til ventilen. Hvis for

10 eksempel innløpstrykkkontrollen selv åpner ventilen tilstrekkelig til at en væskeblokkering forventes å unngås, vil det inventive system ha null bidrag til den totale utgang gitt til ventilen. I tilfelle når systemet bidrar med et positivt "hopp" i den totale utgang, kunne det muligens føre til en etterfølgende destabilisering av strømningslinjen, fordi strømningslinjens innløpstrykk, og derfor den potensielle energi

15 i strømningslinjen, kunne trekkes for lavt for å opprettholde muligheten for å føre væske opp stigerøret/brønnen. For å sikre at utgangen sendt til ventilen legges i køen inneholdt i SmallWindow\_CoOut, må dette vinduet oppdateres når beregningen av den totale utgang gitt til ventilene er avsluttet (inkludert øvre/nedre begrensninger). Dette gjøres i kontrollerutgangsberegningsblokken.

#### 20 **Klargjøring av "lite" vindu inngrep**

Ved å klargjøre "lite" vindu inngrep menes det at den inventive fremgangsmåte/system kan bidra med et positivt "hopp" til den totale utgang gitt til ventilen hvis det er påkrevet for å unngå en væskeblokkering i strømningslinjen, og i tillegg hvis det er tillatt (se nedenfor). Om det er påkrevet eller ikke er basert på utviklingen av dP og

25 utviklingen av total utgang fra innløpstrykkkontrollen inneholdt i SmallWindow\_DP og SmallWindow\_CoOut, respektivt. For at "lite" vindu inngrep skal klargjøres kreves det at dP over ventilen er under en bestemt grense ( $BaLim1\_DP$ ), årsaken er at hvis man plutselig åpner ventilen med et høyt dP over den kan det forårsake alvorlige problemer nedstrøms som er viktigere å unngå enn å stabilisere strømningslinjen. I tillegg må

30 strømningslinjen ikke allerede betraktes som stabilisert.

Denne klargjøringsblokken kunne like gjerne blitt integrert med blokken *Sjekk om "lite" vindu inngrep er tillatt*, og den resulterende integrering kalt *Klargjøring av "lite" vindu inngrep* eller *Sjekk om "lite" vindu inngrep er tillatt*.

#### **Klargjøring av "stort" vindu inngrep**

Betydningen av klargjøring er den samme i dette tilfelle som for *klargjøring av "lite" vindu inngrep*. For *klargjøring av "stort" vindu inngrep* kreves det at det har blitt detektert at rørledningen er i likevektstilstand og at tilstrekkelig tid har løpt slik at LargeWindow er fylt. (BufferWindow er faktisk nødvendigvis fylt hvis LargeWindow er fylt.)

Denne klargjøringsblokken kunne like gjerne ha blitt integrert med blokken *Sjekk om "stort" vindu inngrep er tillatt*, og den resulterende integrasjon kalt *Klargjøring av "stort" vindu inngrep* eller *Sjekk om "stort" vindu inngrep er tillatt*.

10

### **Resetting**

Hvis dP over ventilen er over en bestemt grense (BaLim1\_DP), blir klargjøringen av "lite" og "stort" vindu inngrep resatt, og det blir også deteksjonen av likevektstilstand så vel som deteksjonen av system stabilisert. Det betyr at hvis dP er over denne grense vil det inventive system ikke bidra til den totale utgang gitt til ventilen. Derfor vil det være null bidrag fra det inventive system.

15

### **Sjekk om "lite" vindu inngrep er tillatt**

"Lite" vindu inngrep tillates bare hvis det er klargjort, det inventive system selv er klargjort, alle kjøperasjoner under initialisering (eksekvering av første syklus) var ok, og ingen venting etter siste "lite" vindu inngrep pågår.

20

Sammenlign beskrivelsen ovenfor av klargjøring av "lite" vindu inngrep.

### **Sjekk om "stort" vindu inngrep er tillatt**

"Stort" vindu inngrep tillattes bare hvis det er klargjort, det inventive systemet selv er klargjort, alle kjøperasjoner under initialisering (eksekvering av første syklus) var ok, og ingen venting etter siste "stort" vindu inngrep pågår.

25

### **Sjekk om "stort" vindu inngrep er påkrevet**

Inngrep i den forstand å skape et positivt "hopp" i ventil/chokeåpning for å unngå væskeblokkering i strømningslinjen er påkrevet hvis det gjeldende filtrerte dP over ventilen er mindre enn en bestemt prosentdel av det laveste filtrerte dP inneholdt i det "store" vindu. Dette laveste dP representerer en "normalt" lav dP i likevektstilstand.

30

Dette skal forstås som følger: hvis gjeldende strømningsestimat er meget lavt sammenlignet med det som er normalt i jevn tilstand, betyr det at strømmingen sannsynligvis opphører og at ventilen/choken bør brå åpnes for å få den i gang igjen.

#### **Sjekk om "lite" vindu inngrep er påkrevet**

- 5 Inngrep i den forstand å frembringe et positivt "hopp" i ventil/chokeåpningen for å unngå væskeblokkering i strømningslinjen er påkrevet hvis økningen i utgang til ventil/choke over SmallWindow\_CoOut, ved forutsetning av null bidrag fra det inventive system, ved gjeldende sample er for lite, og utgangen til ventilen/choken, med null bidrag fra systemet, ikke allerede er for høyt, og fallet i ventil dP under
- 10 tidsperioden som representerer det "lille" vindu er stort nok, og gjeldende ventil dP er mindre enn ved foregående eksekvering (eller, tidspunkt).

- Dette skal forstås som følger: hvis strømmingen ut av strømningslinjen har falt hurtig over en periode etter å ha mottatt en slugg ut av strømningslinjen, og i tillegg for tiden faller hurtig, bør ventilen/choken åpnes hurtig av det inventive system for å få
- 15 strømmingen i gang igjen, for å unngå at det dannes en ny slugg, forutsatt at ventilen/choken ikke allerede åpner hurtig nok og ventilen/choken ikke allerede er for åpen (for å redusere risikoen av å forårsake problemer nedstrøms).

#### **Beregning av "hopp" i utgang når "lite" eller "stort" vindu inngrep er påkrevet**

- Hvis det finnes at "lite" eller "stort" vindu inngrep er påkrevet blir det essensielt forsøkt
- 20 å addere en positiv verdi fra det inventive system til BaOpening som gis til choken/ventilen. Hvis imidlertid åpningen med nullbidrag fra systemet er over BaLim1\_u\_KP, men under BaLim2\_u\_KP, blir BaOpening skalert med BaKP\_scaling. Hvis åpningen med nullbidrag fra systemet er over BaLim2\_u\_KP vil bidraget fra systemet være null.

- 25 Hvis den resulterende ventilåpning er over BaLim2\_u\_KP etter addering av bidraget fra systemet, vil det resulterende bidrag fra systemet være en prosentdel gitt ved BaKP\_scaling2, av forskjellen mellom BaLim2\_u\_KP og choke/ventilåpningen med null bidrag fra systemet.

#### **Vent etter "stort" vindu inngrep**

- 30 Etter at et "stort" vindu inngrep har blitt tatt, må en bestemt tidsperiode (BaT5\_W sekunder) passere før neste "stort" vindu inngrep blir tillatt.

### **Vent etter "lite" vindu inngrep**

Etter at et "lite" vindu inngrep har blitt tatt, må en bestemt tidsperiode (BaT2\_W sekunder) passere før neste "lite" vindu inngrep blir tillatt.

### **Forvissning om BaOut $\geq 0$**

- 5 Inngrepet fra det inventive system i form av en justering av ventilåpningen bør være positivt.

### **Beregning av kontrollerutgang**

Choke/ventilutgangssignalet er klart til å sendes til ventilen.

- 10 Det gjeldende beskrevne system og fremgangsmåten har blitt testet ved bruk av OLGA simuleringer av en rørledning. Rørledningen slugger (er ustabil) ved bruk av konstante ventilåpninger på 20 % og 30 %. Dette er vist i figur 7. Den inventive fremgangsmåte/system ble testet uten noen innløpstrykkskontroller og resultatet er vist i figur 8. Systemet blir slått på ved tid=4 timer. Det kan sees at det tas inngrep ved tid=5,4 timer ved å øke ventilåpningen på en ikke-lineær måte siden trykkfallet over
- 15 ventilen plutselig begynner å falle. Resultatet er at strømningslinjen stabiliseres og minskningen i trykkfallet over ventilen stopper.

- Figur 9 viser reelle data fra en rørledning i sluggtilstand ved bruk av den inventive fremgangsmåte/system sammen med en innløpstrykkskontroller. "Ut" i figuren er den beordrede ventilåpning. Det kan sees at systemet åpner ventilen ved isolerte tidspunkter
- 20 etter at det har detektert plutselige fall i dP. Resultatet er at rørledningen blir stabilisert.

- Tilslutt bør det legges merke til at det inventive system omfatter en høyst ikke-lineær komponent i motsetning til en standard lineær PID kontroller. En annen forskjell mellom standard tilbakekoblingskontrollere og det inventive system er at det inventive system typisk manipulerer ventilåpningen ved isolerte tidspunkt i motsetning til en
- 25 kontinuerlig (i tid) manipulering av ventilen. Fremgangsmåten i følge foreliggende oppfinnelsen kan implementeres som software, hardware, eller en kombinasjon derav. Et dataprogramprodukt som implementerer fremgangsmåten eller en del av denne omfatter en programvare eller et dataprogram som kjører på en universell eller spesielt tilpasset datamaskin, prosessor eller mikroprosessor. Programvaren inkluderer
- 30 dataprogramkodeelementer eller programvarekodedeler som får datamaskinen til å utføre fremgangsmåten ved bruk av minst et av trinnene i følge den inventive fremgangsmåte.

Programmet kan lagres helt eller delvis på eller i en eller flere egnede datalesbare medier eller datalagringsmidler slik som en magnetisk disk, CD rom eller DVD plate, harddisk, magneto-optisk minnelagringsorgan, i RAM eller volatilt minne, i ROM eller flashminne som firmware, eller på en dataservert.

- 5 Det vil forstås av fagfolk på området at forskjellige modifikasjoner og endringer kan utføres på foreliggende oppfinnelse uten å avvike fra omfanget derav, som er definert av de vedføyde patentkrav.

## Patentkrav

1. Fremgangsmåte for automatisk regulering av en strømning i et strømningslinjesystem, nevnte strømningslinjesystem inkluderer en strømningslinje (3), et innløp (1) og et utløp (2), og en reguleringsventil eller choke (4) lokalisert i strømningslinjen (3) ved utløpet (2),
- 5 k a r a k t e r i s e r t v e d at nevnte fremgangsmåte inkluderer trinnene:
- regulering av åpningen av ventilen eller choken med en reguleringsenhet (5),
  - måling eller estimering av en utløpsstrømningsrate (FT2) eller et trykk (PT2) oppstrøms ventilen eller choken, eller en trykkforskjell ( $dP$ ) over ventilen eller choken,
  - 10 eller en fluidtetthet, eller en fluidtemperatur, eller enhver kombinasjon derav, og åpning av ventilen eller choken,
  - bestemmelse av om et plutselig fall opptrer i noen av målingene eller estimatene,
  - avgjørelse av om en blokkering i strømningslinjen har oppstått eller er i ferd med å oppstå basert på målingene eller estimatene, og om en blokkering indikeres å være
  - 15 tilstede eller å nærme seg,
  - økning av åpningen av ventilen eller choken (4) med en verdi bestemt av målingene eller estimatene, og
  - hindring av enhver ytterligere manipulering av ventilen choken (4) før en ikke-null tidsperiode har utløpt.
- 20 2. Fremgangsmåte ifølge krav 1,
- k a r a k t e r i s e r t v e d at når nevnte ikke-null-tidsperiode har utløpt,
- måling eller estimering av en utløpsstrømningsrate (FT2) eller et trykk (PT2) oppstrøms ventilen eller choken, eller en trykkforskjell  $dP$  over ventilen eller choken, eller en fluidtetthet, eller en fluidtemperatur, eller enhver kombinasjon derav, og åpning
  - 25 av ventilen eller choken, og
  - avgjørelse av om en blokkering fremdeles er til stede eller er i ferd med å oppstå, og om så,
  - økning av åpningen av ventilen eller choken (4) med en verdi bestemt av målingene eller estimatet.
- 30 3. Fremgangsmåte ifølge krav 2,
- k a r a k t e r i s e r t v e d å måle eller estimere en innløpsstrømningsrate (FT1) eller innløpsstrykket (PT1), eller innløpsfluidtemperaturen ved innløpet (1) av strømningslinjen (3), og
- bestemmelse av en massebalanse for systemet, og

- avgjørelse av om en blokkering er i ferd med å oppstå eller er til stede basert på nevnte massebalanse.

4. Fremgangsmåte ifølge krav 2,

k a r a k t e r i s e r t v e d

- 5 - måling eller estimering av en trend for utløpsstrømningsraten (FT2) eller trykket (PT2) oppstrøms ventilen eller choken, eller trykkforskjellen (dP) over ventilen eller choken, eller fluidtettheten, eller fluidtemperaturen, eller enhver kombinasjon derav, og åpningen av ventilen eller choken i et første vindu som beveger seg med tid,
- 10 - måling eller estimering av en trend av utløpsstrømningsraten (FT2) eller trykket (PT2) oppstrøms ventilen eller choken, eller trykkforskjellen (dP) over ventilen eller choken, eller fluidtettheten, eller fluidtemperaturen eller enhver kombinasjon derav, og åpningen av ventilen eller choken i et andre vindu som beveger seg med tid, og hvis nevnte trend målt eller estimert i det første vindu faller under en forhåndsbestemt prosentdel av verdien målt eller estimert i det andre vindu,
- 15 - avgjørelse om en blokkering har oppstått eller er i ferd med å oppstå.

5. Fremgangsmåte ifølge krav 2,

k a r a k t e r i s e r t v e d

- måling av en trykkforskjell over ventilen (4), og om nevnte trykkforskjell overskrider en forhåndsbestemt verdi,
- 20 - forhindring av manipulering av ventilen eller choken (4).

6. Fremgangsmåte ifølge krav 2,

k a r a k t e r i s e r t v e d å måle nevnte utløpsstrømningsrate med en multifase strømningsmåler.

7. Fremgangsmåte ifølge krav 2,

- 25 k a r a k t e r i s e r t v e d å estimere nevnte utløpsstrømningsrate fra målinger av en trykkforskjell over ventilen (4).

8. Fremgangsmåte ifølge krav 2,

- k a r a k t e r i s e r t v e d å estimere nevnte utløpsstrømningsrate fra målinger av en trykkforskjell over ventilen (4) og målinger av ventil- eller chokeåpning og/eller tetthet
- 30 av et fluid som strømmer i strømningslinjen.

9. System for automatisk regulering av en strømning i et strømningslinjesystem, nevnte strømningslinjesystem omfatter en strømningslinje (3), et innløp (1) og et utløp (2), og en reguleringsventil eller choke (4) lokalisert i strømningslinjen (3) ved utløpet (2), k a r a k t e r i s e r t v e d at systemet omfatter:

- 5 - en reguleringsenhet (5) som kontrollerer åpningen av ventilen eller choken,
- organer for å måle eller estimere en utløpsstrømningsrate (FT2) eller et trykk (PT2) oppstrøms ventilen eller choken eller en trykkforskjell (dP) over ventilen eller choken, eller en fluidtetthet, eller en fluidtemperatur, eller enhver kombinasjon derav, og åpning av ventilen eller choken,
- 10 - organer for å bestemme om et plutselig fall opptrer i enhver av målingene eller estimatene,
- organer for å avgjøre om en blokkering i strømningslinjen har oppstått eller er i ferd med å oppstå basert på målingene eller estimatene, og om en blokkering indikeres å være til stede eller å nærme seg,
- 15 - organer for å øke åpningen av ventilen eller choken (4) med en verdi bestemt av målingene eller estimatene, og
- organer for å forhindre enhver ytterligere manipulasjon av ventilen eller choken (4) før en ikke-null-tidsperiode har utløpt.

10. System ifølge krav 9,

- 20 k a r a k t e r i s e r t v e d at systemet omfatter organer for å klargjøre reguleringsenheten (5) til å kontrollere ventilen (4) bare når en forhåndsbestemt tidsperiode har utløpt siden siste åpningstrinn.

11. Dataprogramprodukt omfattende datakodevirkemidler og/eller

- 25 programvarekodetdel for å få en prosessor til å utføre ethvert av trinnene ifølge krav 1-8.

12. Dataprogramprodukt ifølge krav 11, levert via et nettverk, slik som Internett.

13. Databar medium inneholdende et dataprogramprodukt ifølge krav 11 eller 12.

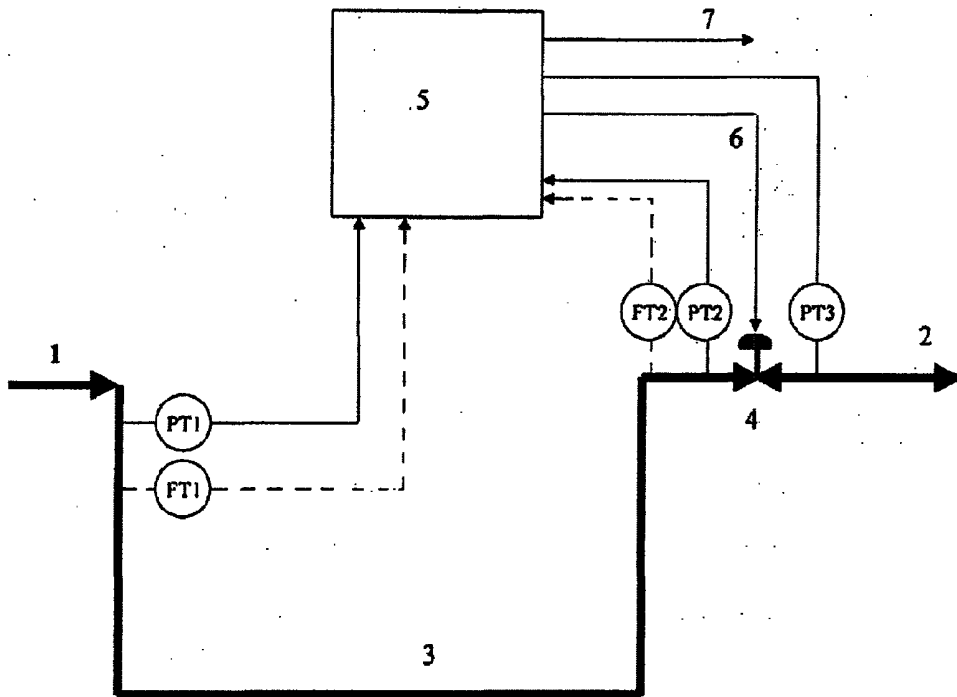


Fig. 1

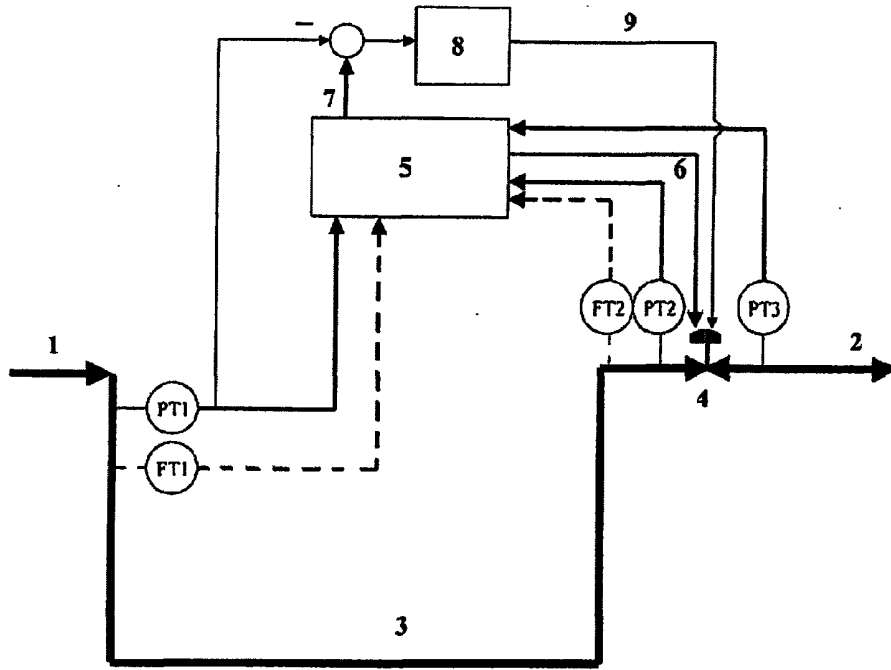


Fig. 2

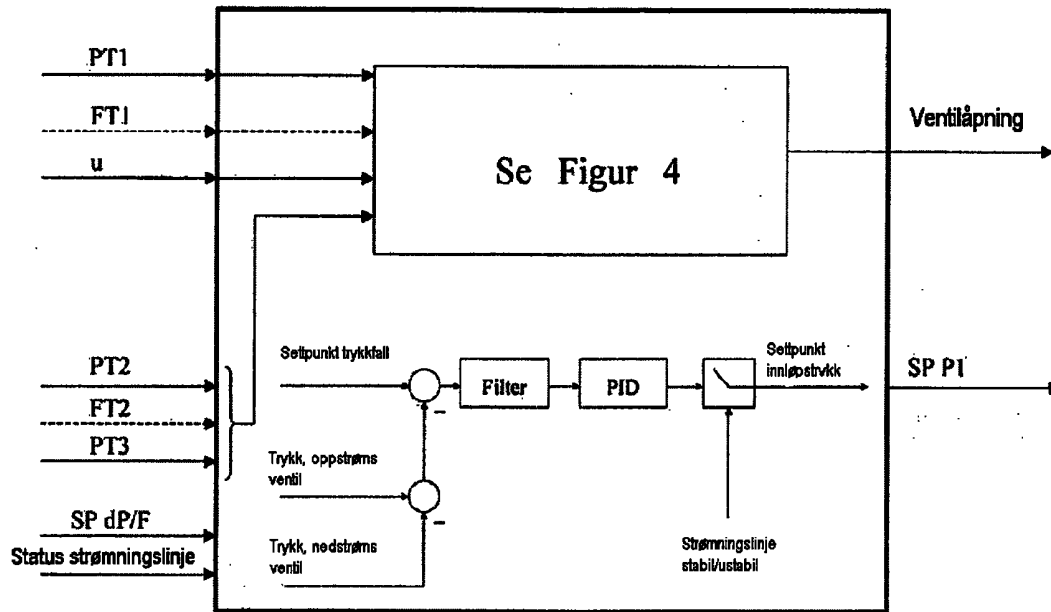


Fig. 3



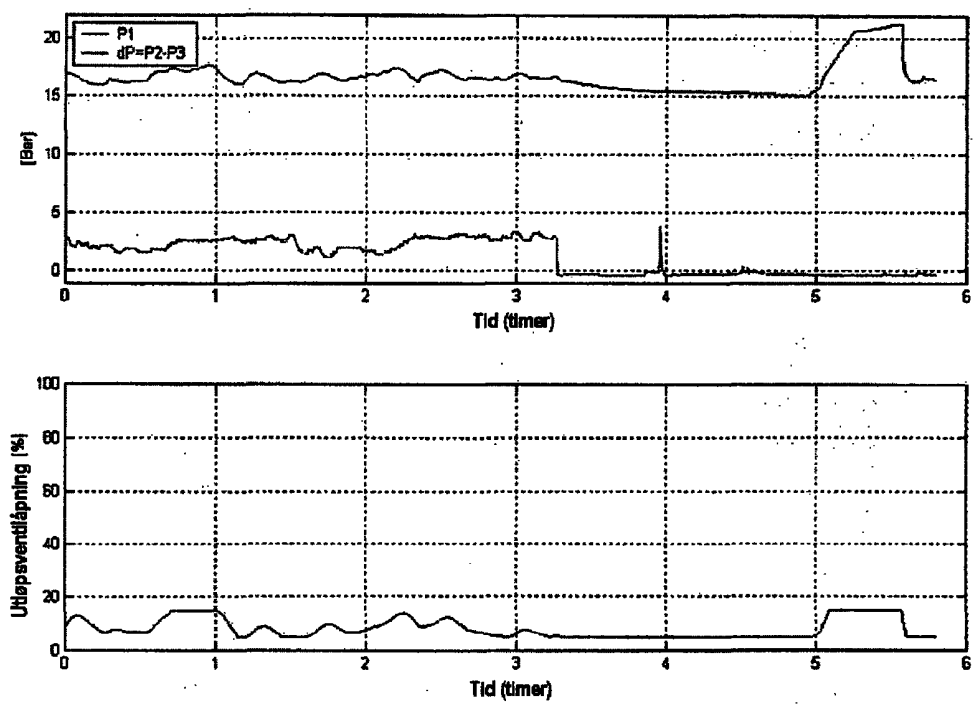


Fig. 5

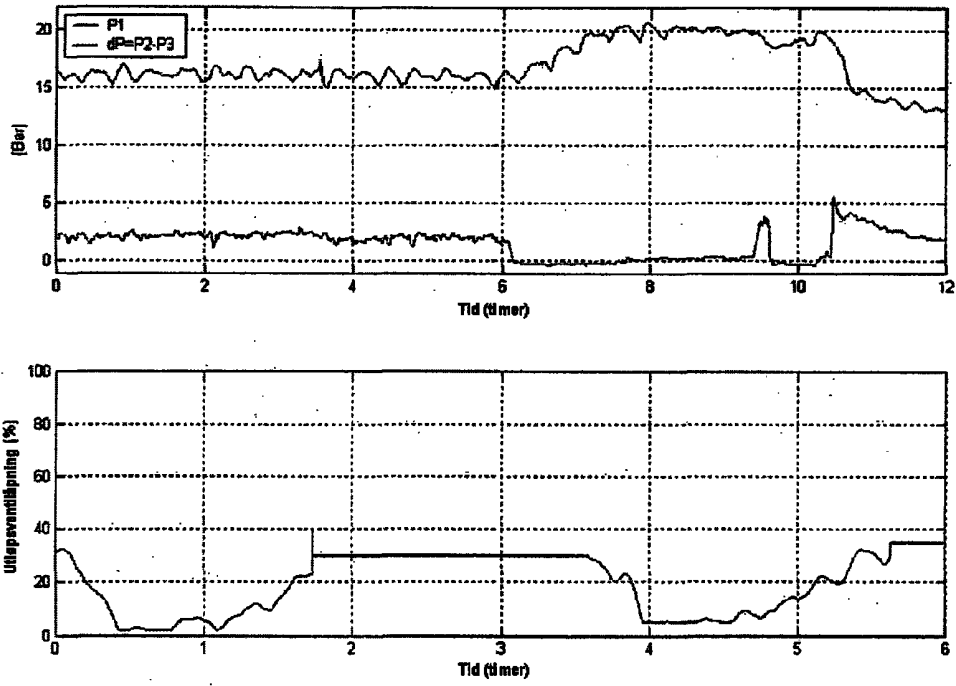


Fig. 6

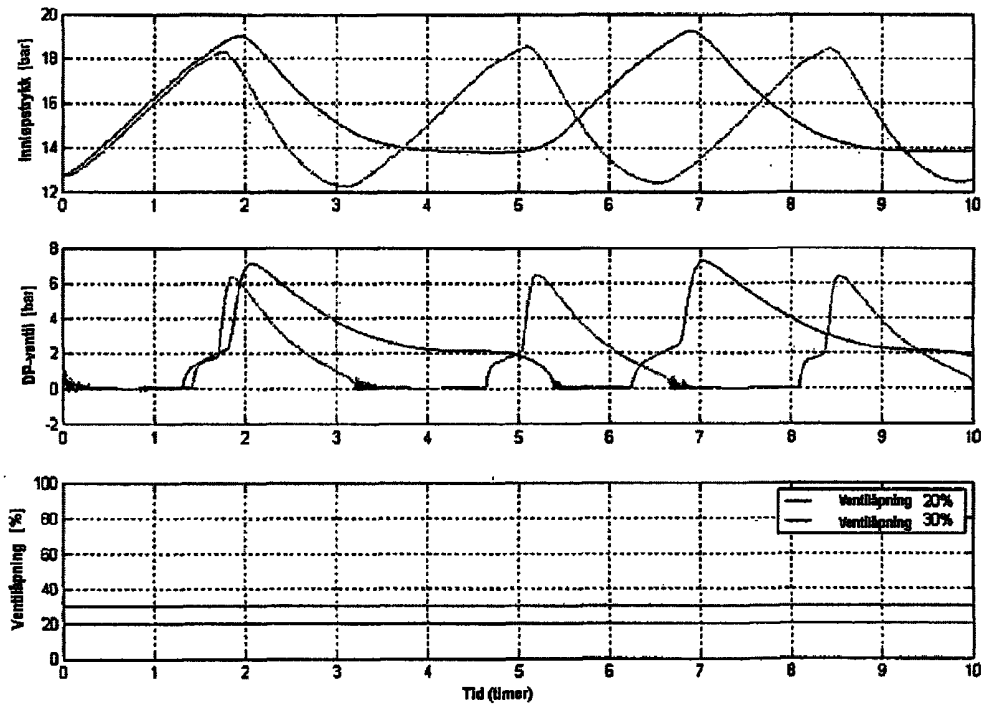


Fig. 7

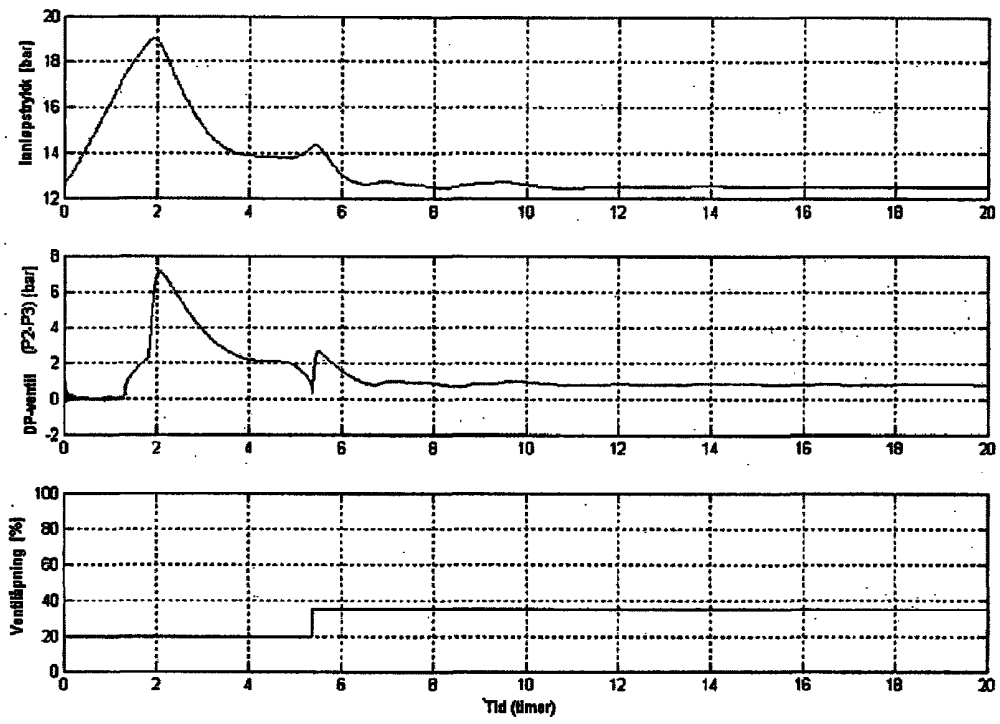


Fig. 8

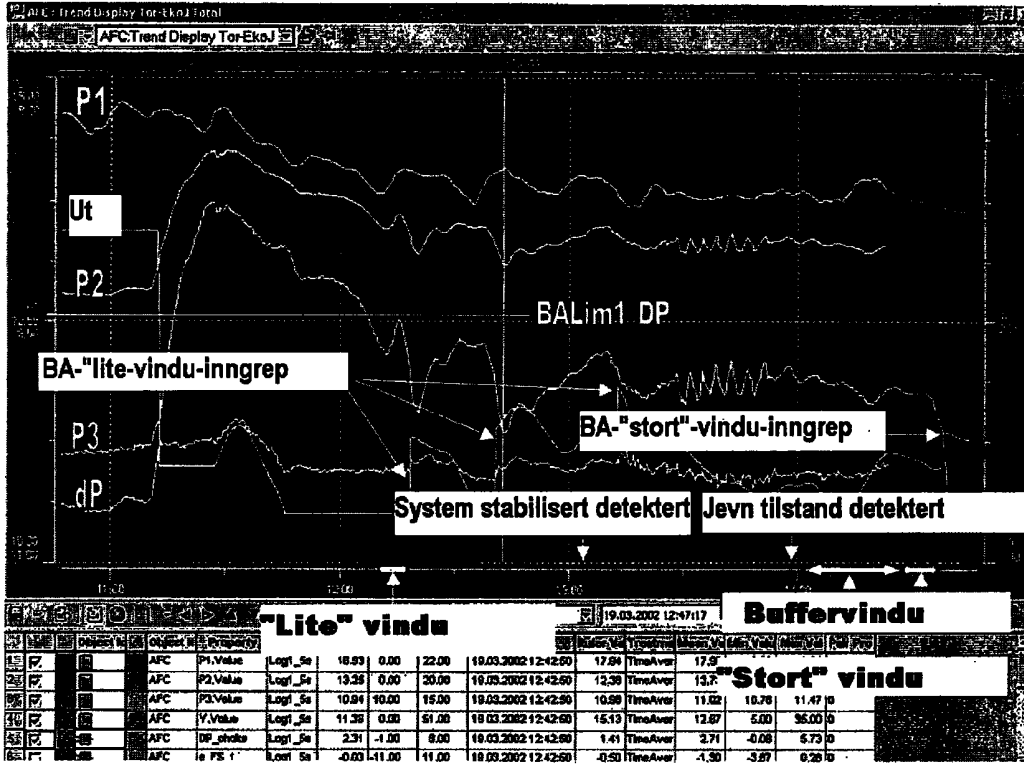


Fig. 9