



(12) PATENT

(19) NO

(11) 334054

(13) B1

NORGE

(51) Int Cl.

G01F 1/74 (2006.01)

E21B 43/34 (2006.01)

Patentstyret

(21)	Søknadsnr	20014016	(86)	Int.inng.dag og søknadsnr	1999.02.19 PCT/IT1999/00041
(22)	Inng.dag	2001.08.17	(85)	Videreføringsdag	2001.08.17
(24)	Løpedag	1999.02.19	(30)	Prioritet	
(41)	Alm.tilgj	2001.08.17			
(45)	Meddelt	2013.11.25			
(73)	Innehaver	Paolo Andreussi, Piazza Gambacorti 19, I-56100 Pisa, Italia			
(72)	Oppfinner	Paolo Andreussi, Piazza Gambacorti 19, I-56100 Pisa, Italia			
(74)	Fullmektig	Bryn Aarflot AS, Postboks 449 Sentrum, 0104 OSLO, Norge			

(54)	Benevnelse	Fremgangsmåte for måling av strømningshastigheter for enkeltfaser i en flerfasefluidstrøm, samt tilhørende apparat		
(56)	Anførte publikasjoner	US 4776210 A		
(57)	Sammendrag			

En fremgangsmåte for å måle mengdestrømmer (Q_L og Q_G) for henholdsvis væske og gass i en flerfaset fluidstrømning omfatter: uttrekk av en andel av den totale mengdestrøm (Q) under isokinetiske forhold, måling av mengdestrøm (q_L , q_G) for henholdsvis væske og gass i den uttrukne andel, måling av trykkfallet over minst en av innsnevrede seksjoner som befinner seg oppstrøms og nedstrøms for en punktprøvningsseksjon, samt beregning av nevnte mengdestrømmer (q_L , q_G) for henholdsvis væske og gass ut i fra sammenhengene $Q_L = (A_1/A_2) Q$ og $Q_G = (A_1/A_2) Q$, hvor A_1 og A_2 henholdsvis er tverrsnittet av den innsnevrede seksjon og samplingstverrsnittet. Det er også beskrevet et apparat som arbeider i samsvar med denne fremgangsmåte, og som omfatter en måleenhet (1) koaksialt innlagt i strømningskanalen (2) og med minst en innsnevret seksjon, punktprøvningssonder (24) for uttrekk av en andel av strømmingen, en separator (8) for separering av fasene og forbundet med sondene, strømningsmålere anordnet nedstrøms for nevnte separator samt trykkmålere ved de innsnevrede seksjoner.

Oppfinnelsens område

Foreliggende oppfinnelse gjelder en fremgangsmåte for å måle mengdestrøm i hver fase i en flerfaset strømning, f.eks. i en strøm av gass (eller damp) i nærvær av en vesentlig volumandel av væske. Oppfinnelsen angår også et apparat for måling av mengdestrøm for de forskjellige faser i en flerfaset strømning og som arbeider i samsvar med nevnte fremgangsmåte.

Beskrivelse av tidligere kjent teknikk

Måling av mengdestrøm i en strømning av gass (eller damp) i nærvær av en vesentlig volumfraksjon av væske, eller for en væskestrøm i nærvær av gass er et vanlig teknisk problem i prosessindustrien. Samtidig nærvær av to væskefaser er også en vanlig situasjon. Eksempel på flerfasestrømninger opptrer ved uttrekk av endogene fluider, slik som flytende hydrokarboner og vann ledsaget av gass, gassholdige hydrokarbonstrømninger (naturgass) ledsaget av en væskefase bestående av vann, eller geotermiske fluider som utgjøres av en flyktig fase bestående av damp, som en hoveddel, samt gass slik som H_2S og en væskefase som hovedsakelig utgjøres av vann.

Måling av mengdestrøm for de foreliggende faser i en flerfasestrøm kan generelt ikke utføres direkte, da målingens nøyaktighet raskt avtar etter hvert som volumfraksjonen av de supplementære faser øker. Av denne grunn blir først separering av de enkelte faser utført for å frembringe to enfasestrømninger, og mengdestrømmen av disse kan da måles på lett og ytterst presis måte ved hjelp av kjente instrumenter.

Da denne løsning i seg selv omfatter håndtering av den totale fluidstrømning, er det påkrevet med bruk av en meget stor separator og denne løsning er derfor ikke alltid logistisk hensiktsmessig og/eller økonomisk heldig, særlig når betraktelige mengdestrømmer inngår.

UK-patentsøknad nr. 2,179,156 angir en løsning som går ut på å avlede en del av den totale strømning av en trefaset blanding som strømmer i en strømningskanal, samt å separere denne andel i to faser med det formål å måle den midlere densitet av væskefasen. Uttreks- og separeringsprosedyren er derfor ikke nødvendig når væskens densitet er kjent. I den ovenfor angitte fremstilling foreslås det særlig en måler som ved siden av væskens densitet arbeider på basis

av blandingens totale volum-mengdestrøm, samt den midlere densitet av blandingen for det formål å kunne beregne mengdestrømmen for hver fase. Dette apparat i henhold til nevnte UK-patentsøknad omfatter bruk av en volummåler for den totale strømningshastighet, hvor nevnte måler har begrenset anvendelse på grunn vedlikeholdsproblemer. I en undersjøisk installasjon av dette apparat vil da f.eks. reparasjoner og utskiftninger av apparatet medføre betraktelige kostnader. Måling av den kombinerte densitet av blandingen vil videre vanligvis kreve bruk av en måler for å måle gamma-stråleabsorpsjon, og som da er ytterst kostnadskrevende samt vanskelig å installere i et produksjonsanlegg. Hvis dampfasen er den dominerende fase vil målingen av den kombinerte densitet av blandingen ved hjelp av et gammastråledensitometer neppe være nøyaktig.

Sammenfatning av oppfinnelsen

Det er et formål ved oppfinnelsen å utlede en fremgangsmåte for utførelse av en tilstrekkelig nøyaktig måling av mengdestrømmen for hver fase i en flerfaset fluidstrømning, uten at det er nødvendig å behandle strømmen i sin helhet, hvilket innebærer at den totale strømning oppdeles i et antall enfasestrømmer, og da uten de ovenfor nevnte uheldige forhold ved måleinnretninger basert på måling av den kombinerte densitet av væskefasen.

Et annet formål for foreliggende oppfinnelse er å frembringe et apparat som arbeider i samsvar med den ovenfor angitte fremgangsmåte.

Disse formål oppnås ved hjelp av oppfinnelsens fremgangsmåte og det tilsvarende apparat for måling av mengdestrømmen av hver fase i en flerfaset fluidstrømning i samsvar med foreliggende oppfinnelse.

Den foreliggende oppfinnelse vedrører således en fremgangsmåte for måling av mengdestrømmer Q_L og Q_G for henholdsvis væske og gass i en flerfaset fluidstrømning som strømmer i en strømningskanal og som har en total mengdestrømverdi Q ,

kjennetegnet ved at den omfatter følgende prosessstrinn:

uttrekk av en andel av den totale mengdestrøm Q for nevnte strømning fra en seksjon med tverrsnittsareal A_1 i hvilken hovedsakelig isokinetiske forhold er etablert, ved hjelp av punktprøvingsmidler som danner et punktprøvingstverrsnitt av størrelse A_2 , hvor A_2 er en del av A_1 ,

oppdeling av nevnte uttrukne andel av fluidstrømmen i en væskekomponent og en gasskomponent,

måling av væskemengdestrømmen q_L og gassmengdestrømmen q_G for de komponenter som utgjør nevnte uttrukne andel av fluidstrømmen og beregning av deres sum q ,

utledning av trykksignaler for å måle det trykkfall Δp som opptrer i nevnte fluidstrømning i minst én av en første innsnevret seksjon samt en andre innsnevret seksjon som befinner seg henholdsvis oppstrøms og nedstrøms for nevnte punktprøvingsseksjon,

beregning av den totale mengdestrøm Q ut i fra nevnte trykkfall Δp , eller i det minste mengdestrømmen Q_G for dens gassfraksjon, som strømmer i den tilsvarende innsnevrede seksjon, ut i fra sammenhengen $\Delta p = \alpha Q^2$, hvor α er kalibreringskoeffisienten for de innsnevrede seksjoner,

beregning av forholdet mellom den mengdestrømverdi som utledes fra nevnte sammenheng og mengdestrømverdien q for nevnte uttrukne andel for der ved å verifisere at dette forhold i det minste tilnærmet er lik forholdet A_1/A_2 ,

variering av den samlede delen av strømningsraten hvis forholdet mellom den totale strømningsraten og den uttrekte strømningsratedelen ikke er tilnærmet lik A_1/A_2 og å gjenta målingen, og

beregning av de totale mengdestrømmer, henholdsvis Q_L og Q_G for væske og gass ut i fra mengdestrømmene q_L og q_G for henholdsvis væske og gass i nevnte uttrukne andel ut i fra sammenhengene $Q_L = (A_1/A_2) \cdot q_L$ og $Q_G = (A_1/A_2) \cdot q_G$.

Ytterligere utførelsesformer av fremgangsmåten i henhold til oppfinnelsen fremgår av de uselvstendige krav 2-8.

Den foreliggende oppfinnelse vedrører også et apparat for å måle mengdestrøm for hver fase i en flerfaset fluidstrømning i samsvar med den ovennevnte fremgangsmåte i henhold til oppfinnelsen,

kjennetegnet ved at apparatet omfatter en måleenhet som koaksialt ligger i nevnte strømningskanal og inkluderer minst én innsnevret seksjon i forhold til tverrsnittet av strømningskanalen, punktprøvingsmiddel for punktprøving av en andel av nevnte fluidstrømning og som danner en punktprøvingsseksjon i hvilken uniforme strømningsforhold etableres, idet tverrsnittet av punktprøvingsseksjonen

er A_2 som er en fraksjon av arealet A_1 av røret hvor prøven tas, separatorutstyret for å separere fasene i nevnte uttrukne andel fra hverandre i sammenheng med nevnte punktprøvingsmidler, måleinnretninger for å måle mengdestrømverdiene for hver fase i nevnte samlede andel i sammenheng med nevnte separatorutstyr, anordning for å styre strømningsratene i minst den ene av nevnte samlede deler og de separerte væske- og gass-fasene, midler for å utlede trykksignaler i forbindelse med minst én av nevnte innsnevrede seksjoner, samt databehandlingsutstyr for behandling av trykksignalene og nevnte målesignaler for strømningsraten og styring av strømmingen gjennom nevnte punktprøvingsmidler, på en slik måte at forholdet mellom den samlede strømningsraten og den totale strømningsraten er tilnærmet lik A_2/A_1 .

Ytterligere utførelsesformer av apparatet i henhold til oppfinnelsen fremgår av de uselvstendige krav 10-16.

Oppfinnelsen går følgelig ut på at det i en måleseksjon, hvor en fraksjon av den totale strømning punktprøves ved hjelp av minst én sonde, mens en tilstand av uniform fasehastighet opprettes, hvilket vil si at U_L og U_G (lokale hastigheter for henholdsvis væskefasen og gassfasen) bringes til å være konstant over vedkommende strømningstverrsnitt, selv om generelt U_L og U_G vil ha forskjellige verdier. Hvis A_1 under slike forhold angir arealet av strømningsseksjonen og A_2 angir tverrsnittsarealet av den punktprøvede seksjon, hvilket vil si det effektive tverrsnitt av den eller de sonder hvorigjennom punktprøvingen utføres, så vil punktprøvingen kunne defineres isokinetisk hvis den punktprøvede mengdestrøm virkelig er lik forholdet A_2/A_1 for den totale mengdestrøm for den fluidstrømning som krysser tverrsnittet A_1 .

I det tilfelle det foretas isokinetisk punktprøving av fasene i et tverrsnitt hvori uniforme strømningsforhold er opprettet (U_L og U_G konstant over tverrsnittet), hvis q_L og q_G er henholdsvis væske- og gass-mengdestrøm målt i den punktprøvede uttatte fraksjon og Q_L og Q_G angir de totale masse-mengdestrømmer for henholdsvis væske og gass som strømmer gjennom tverrsnittet A_1 , så gjelder følgende sammenheng:

$$Q_L = \frac{A_1}{A_2} \cdot q_L \quad (1a)$$

5

$$Q_G = \frac{A_1}{A_2} \cdot q_G \quad (1b)$$

Hvis $q = q_G + q_L$ utgjør den totale punktprøvede mengdestrøm og $Q = Q_G + Q_L$ er den totale mengdestrøm som strømmer gjennom måletverrsnittet, og henholdsvis
 5 venstre og høyre sider av ligningene 1a og 1b summeres, oppnås da:

$$\frac{q}{Q} = \frac{A_2}{A_1} \quad (2)$$

Ved å dividere ligning 1a med ligning 1b oppnås også:

10

$$\frac{Q_L}{Q_G} = \frac{q_L}{q_G} \quad (3)$$

Ved isokinetisk punktprøving av fasene i et tverrsnitt hvor uniforme strømningsforhold er opprettet, så vil den totale massestrøm for væske og gass, nemlig
 15 Q_L og Q_G , teoretisk bli oppnådd direkte ut i fra q_L og q_G målt etter punktprøving og separering på grunnlag av ligningene (1a) og (1b).

I henhold til oppfinnelsen kan den totale mengdestrøm Q eller én av dens fraksjoner Q_G eller Q_L kunne oppnås ved å måle trykkfallet Δp for strømmingen i en innsnevret seksjon av tverrsnittet A_1 , og som typisk er dannet ved hjelp av et
 20 munnstykke nær punktprøvingspunktet på grunnlag av det sammenheng som generelt er gyldig for et flerfasesystem, nemlig:

$$\Delta p = \alpha \cdot Q^2 \quad (4)$$

25 hvor α (som har dimensjonen av et spesifikt volum) er kalibreringskoeffisienten for munnstykket (avhengig av den innsnevrede seksjons geometri, fasenes fysiske egenskaper samt verdien av forholdet Q_L/Q_G mellom fasenes mengdestrøm. For en gitt geometri og små variasjoner av de fysiske egenskaper og fasenes mengdestrømmer, er α med god tilnærming en konstant.

Hensiktsmessig bruk av ligningene (1a), (1b), (2), (3) og (4) gjør det mulig for mengdestrømmene for de enkelte faser Q_L og Q_G å kunne bestemmes i samsvarende med visse mulige prosedyrer som vil bli beskrevet nedenfor. Det er verdt å notere at resultatene fra disse prosedyrer er blitt påvirket av hovedsakelig neglisjerbare feil, selv i det tilfelle tilstanden (2) ved isokinetisk punktprøving bare møtes tilnærmet. I en tilstand hvor gassfasen er den dominerende, så vil faktisk, selv om punktprøven bare er tilnærmet isokinetisk, ligningen (1a) likevel gjelde, hvilket gjør det mulig å utbede Q_L fra målingen av mengdestrømmen av den punktprøvede væske q_L og den kjente verdi for A_1/A_2 . I det tilfelle væskefasen er den dominerende, så vil selv om punktprøvingen bare er tilnærmet isokinetisk, ligningen (3) likevel gjelde. I begge tilfeller som gjelder henholdsvis dominerende gass eller dominerende væske, så vil målingen av Q_L eller av forholdet Q_L/Q_G i kombinasjon med ligning (4) gjøre det mulig å utlede Q - og fase-mengdestrømmene Q_L og Q_G .

Et viktig særtrekk ved oppfinnelsen ligger i den måte hvorpå tilstander med uniform hastighet opprettes i punktprøvingssesjonen. I tilfelle med dominerende strømning av en væskefase, blir uniforme hastighetstilstander for fasene lett opprettet ved å utføre punktprøvingen nedstrøms for et innsnevret avsnitt av strømningskanalen, f.eks. utløpspartiet for et munnstykke, for derved å oppnå tilstander med høy turbulens for fasene. Forut for munnstykket kan det anordnes en blander eller statisk blander.

Hvis den dominerende fase er en gass (eller en damp) og spredte ringformede strømningsforhold opprettes i strømningskanalen, vil den midlere hastighet for fasene U_G og U_L være slike at U_G kan være betraktelig større enn U_L og også slik at væsken kan strømme i strømningskanalen som en film langs kanalveggene og som spredte dråper i gassfasen. I dette tilfelle vil væskehastigheten i filmen, nemlig U_L være betraktelig lavere enn hastigheten for de dråper som trekkes med gassen, og det er da vanskelig å opprette tilstander med uniform hastighet for væsken i punktprøvingssesjonen.

For å oppnå et slikt resultat er det da ikke tilstrekkelig å utføre punktprøvingen nedstrøms for det innsnevrede parti i et munnstykke, idet det også vil være nødvendig at punktprøvingssesjonen forkoples med én eller flere kanalseksjoner

samt munnstykke, hvor da væskefilmen blir fjernet fra veggen og som en følge forstøves og akselereres av gassfasen.

Nærvær av blandere, munnstykker og seksjoner med egnet geometri vil eventuelt ikke være tilstrekkelig til å garantere homogene strømingstilstander i punktprøvingsseksjonen, særlig når trykkfallet gjennom punktprøvingsutstyret må holdes så lavt som mulig. For å overvinne denne eventuelle ulempe samt generelt for å redusere feilene til et minimum, tilrådes det å utføre punktprøvingen ved å bruke flere symmetrisk anordnede sonder som befinner seg i egnede posisjoner.

De samlede mengdestrømmer for væske og gass, henholdsvis q_L og q_G fastlegges ved å bruke hensiktsmessige målere av kjent type for enfasestrømmene etter at fase-separeringen er utført i en gass/væske-separator av kjent type, som da imidlertid bare behøver å behandle en liten del av den totale mengdestrøm (omtrent 5 til 15% av denne samlede mengdestrøm, hvor nevnte verdi vil være lik A_2/A_1) og kan derfor ha en enkel oppbygning og et meget lite volum. Etter målingen blir de punktprøvede fluidstrømmer ført tilbake til hovedstrømmen igjen.

Kort beskrivelse av tegningene

Særtrekkene og fordelene ved fremgangsmåten i henhold til foreliggende oppfinnelse og det tilsvarende apparat vil fremgå klart fra følgende beskrivelse av mulige ikke-begrensede utførelseseksempler, under henvisning til de vedføyde tegninger, hvorpå:

- fig. 1 viser et funksjonsskjema for et apparat for å måle mengdestrømmen i hver fase i en flerfaset fluidstrømning, idet apparatet arbeider i samsvar med oppfinnelsens fremgangsmåte, og

- fig. 2 viser et aksialt snitt gjennom måleenheten i det viste apparat i fig. 1.

Beskrivelse av den foretrukne utførelse

Det skal henvises til fig. 1, hvor det er vist en måleenhet 1 utføre med et nedoverrettet, vertikalt parti 2a av en strømningskanal 2 mellom to flenstilkoplede seksjoner 2b og 2c.

Som angitt i detalj nedenfor, omfatter måleenheten 1 to påfølgende inn-snevrede seksjoner 3 og 4 innkoplet i strømningskanalen 2, og i sammenheng med denne er det montert forskjellige trykkmålere av kjent type, og som er skje-

matisk angitt ved 5 og 6, samt her innrettet for å utføre måling av det trykkfall Δp som opptrer over strømningens passasje gjennom de innsnevrede partier 3 og 4.

Umiddelbart nedstrøms for det første innsnevrede parti 3 er det montert en punktprøvingsenhet 7 i måleenheten 1, og denne vil bli mer detaljert beskrevet senere. Punktprøvingsenheten 7 har som funksjon å avlede en viss mengdestrøm q fra den totale strømning. Punktprøvingsenheten 7 kommuniserer med en gass/væske-separator 8, av kjent type, som den punktprøvede strømning med mengdestrøm q tilføres gjennom ledningen 28 som er avbrutt av en ventil 9, og hvori fluidstrømningen oppdeles i væske- og gasskomponenter. Den flytende fase avgis fra bunnen av separatorene 8 gjennom en kanal 10, mens gassfasen kommer ut fra toppen av separatorene gjennom en ledning 11.

Kanalene 10 og 11, som er anordnet for å føre strømningene av væske og gass med punktprøvet mengdestrøm tilbake inn i kanalen 2 nedstrøms for enheten 1, er tilkoplede hver sin strømningsmåler 12 og 13 av kjent type, og innrettet for å utføre en måling på strømning med kontinuerlig mengdestrøm. Nedstrøms for strømningsmåleren 12 er væskekanalen 10 også avbrutt av en ventil 14, som kan være lukket for å utføre en diskontinuitets-måling av væskestrømmen med mengdestrøm q_L . Denne diskontinuerlige måling oppnås ved å bestemme den tid som er nødvendig for å fylle et volum som inneholdes mellom to forutbestemte høydenivåer ved hjelp av en nivåindikator 15 som er tilsluttet separatorene 8. Nivåindikatoren 15 er utstyrt med en differensialtrykkmåler for å utlede væskens midlere densitet, og ved hjelp av denne er det mulig i tilfelle det foreligger to væskefaser å beregne mengdestrømmen for de to faser hvis densiteten for én av dem er kjent.

Nedstrøms for strømningsmåleren 13 er gassledningen 11 avbrutt av en ventil 16 som kan aktiveres for å regulere den punktprøvede mengdestrøm q .

Indikatoren 29 for absolutt trykk og temperaturindikatoren 17 er tilkoplede kretsen 2 oppstrøms for måleenheten 1 for å overvåke henholdsvis temperatur T og trykk P for det fluid som strømmer i denne kanal. Stiplede linjer 30 angir elektriske forbindelser av de ovenfor angitte ventiler og målere med databehandlingsutstyr, f.eks. en felles personlig datamaskin, som ikke er vist, samt utstyrt med egnet maskinvare og programvare, som ikke er vist her eller vil bli nærmere beskrevet, da disse bare vil ha trekk som vil være velkjent for fagkyndige på området. Utstyret er særlig egnet for å motta og behandle de signaler som overføres fra

instrumentene 5, 6, 12, 13, 15, 17 og 29, samt som en funksjon av de mottatte signaler å sende ut reguleringssignaler til ventilene 9, 14 og 16, eventuelt i samsvarende med programmerbare sekvenser.

I fig. 2 er det vist at måleenheten 1 omfatter en ytre kapslingskappe 18, hvori et rørformet legeme 19 med indre tverrsnitt lik kanaltverrsnittet er brakt i aksialt inngrep. Munnstykket 20 og 21 er aksialt innkoplede i kappen 18 umiddelbart oppstrøms og nedstrøms for det rørformede legeme 19. Disse munnstykker danner innsnevrede partier 3 og 4 ved hjelp av sine stompkoniske indre flater 20a, 21a, som konvergerer i strømningsretningen fra et innløpstverrsnitt lik strømnings- tverrsnittet i det rørformede legeme 19, som også er aksialt innlagt i kappen 18. Trykkindikatorer 5 og 6 er installert i sammenheng med munnstykkene 20 og 21. Tverrsnittet av det innsnevrede parti i hvert munnstykke er lik A_1 . Det første munnstykke 20 strekker seg delvis inn i det rørformede legeme 19 og har en ring 22 med en ytre ende av kappen 18. Enden av kanalen 2 har en diameter lik innerdiameteren av munnstykket 20 og ligger an mot ringen 22, med en pakning innlagt mellom disse. En leppe eller ringformet fremspring 22a er utformet på innsiden av ringen 22 for derved å kunne bryte eventuelle væskefilmer som flyter langs kanalveggen.

Anordnet inne i det rørformede legeme 19 er det anbrakt punktprøvingssonder 24 (tre i det viste eksempel), som er jevnt fordelt rundt omkretsen og som hver er utført med en hovedsakelig L-formet kanal, som omfatter et radiale parti 24a som strekker seg fra innsiden av det rørformede legeme 19 i nærheten av det første munnstykke 20, samt et aksiale parti 24b som er orientert i retning mot det første munnstykke 20. Den frie ende av det aksiale parti 24b har en stompkonisk profil 24c og danner en tilordnet punktprøvingsport for å ta inn strømmingen ved utløpet fra det første munnstykke 20. Disse punktprøvingsporter danner til sammen hele punktprøvingsavsnittet av tverrsnittet A_2 , og som fortrinnsvis omfatter mellom 5 og 15% av A_1 .

I sammenheng med punktprøvingssondene 24 er det utformet et omkrets- bord 19a på utsiden av det rørformede legeme 19 tett inntil kappen 18 for derved å opprette et ringformet kammer 25 i samarbeid med kappen 18. De aksiale partier 24a av punktprøvingssondene 24 kommuniserer med dette ringformede kammer 25, som i sin tur står i forbindelse med en utløpskanal 26 som strekker seg

radialt og utoverrettet fra det rørformede legeme 19 gjennom en åpning 27 utformet i kappen 18. Den totale punktprøvede mengdestrøm q kan da strømme til innløpet av separatoren 8 fra sondene 24 gjennom kammeret 25, kanalen 26 og kanalen 28.

5 Oppstrøms for det andre munnstykke 21 er det likeledes anordnet en tilordnet ring 23, idet denne ring er installert mellom munnstykket 21 og det rørformede legeme 19 samt har en leppe eller ringformet fremspring 23a med samme funksjon som tilsvarende del på ringen 22. På lignende måte er munnstykkene 20 og 21 utført slik at de gjør det mulig å fjerne væskefilm fra veggene og frembringe en
10 innblanding av denne i strømmingen. Spesielt er de forsynt med lepper eller ringformede fremspring 20b og 21b ved endene av sine respektive konvergerende partier.

Prosedyren for utførelse av målingen i henhold til oppfinnelsen vil være forskjellig alt etter som det skal være en kontinuerlige eller diskontinuerlige måling
15 som skal utføres, og følgelig må det således utføres en kontinuerlig eller diskontinuerlig punktprøving.

I en første utførelse av oppfinnelsen antas det at det skal utføres en diskontinuerlig måling. Punktprøvingen utføres da ved å åpne ventil 9 og mengden av punktprøvet strømming vil da bli styrt ved hjelp av ventilen 16. Denne regulering utføres ved begynnelsen av måleprosessen og må bare gjentas hvis vesentlige forandringer i arbeidsbetingelsene finner sted. Som et innledende trinn, hvilket vil si
20 når punktprøvingen ennå ikke er innledet (ventil 9 lukket), blir trykkfallet ΔP_1 som opptrer i den totale strømming Q_1 (ukjent) målt ved hjelp av måleren 6, i sammenheng med det andre munnstykket 21.

25 Derpå blir det trykkfall ΔP_2 som opptrer i strømmingen $Q_2 = Q_1 - q$, hvilket vil si når punktprøvingen er kommet i gang (ventil 9 åpen) målt ved hjelp av måleren 6 i sammenheng med det andre munnstykket 21. I mellomtiden separerer separatoren 8 ut den mengdestrøm 9 som skal punktprøves i sin væskekomponent q_L og gasskomponent q_G , som så tilføres henholdsvis til kanal 10 og kanal 11 samt
30 måles. Mens væske-mengdestrømmen q_L kan måles både diskontinuerlig, nemlig gjennom ventilen 14 og nivåindikatoren 15, og kontinuerlig, i det minste i sammenheng med det tidsintervall hvorunder punktprøvingen utføres, ved hjelp av måleren 12 (bare én slik måleanordning kan benyttes uavhengig), kan gassens mengde-

strøm q_G bare måles kontinuerlig ved hjelp av måleren 13 og over det samme punktprøvings-tidsintervall.

Databehandlingsutstyret arbeider på grunnlag av en algoritme som beregner Q_1 som den eneste ukjente størrelse ut i fra følgende sammenheng:

5

$$\frac{\Delta p_1}{\Delta p_2} = \left(\frac{Q_1}{Q_1 - q} \right)^2 \quad (5)$$

som er utledet fra (4) ved å anta at munnstykkekoefisienten α kan være konstant under små variasjoner av arbeidsbetingelsene.

10

For å verifisere at punktprøvingen er blitt utført på isokinetisk måte, må det kontrolleres at ligning (2) i det minste tilnærmet er tilfredstilt. Verdien på venstre side av ligning (2) må da som kompromiss ligge mellom $\pm 20\%$ av verdien på ligningens høyre side, og som er fastlagt av målerens geometriske parametere (det innsnevrede strømningsstverrsnitt for området A_1 samt punktprøvingstverrsnittet for området A_2). Hvis dette ikke er tilfelle, må punktprøvingen gjentas med en forskjellig innstilling av ventil 16, inntil den ovenfor nevnte betingelse er tilfredsstillt.

15

Ut i fra ligning (3), som da er gyldig selv om punktprøvingen bare er tilnærmet isokinetisk, kan Q_G og Q_L utledes ved å ta med i beregningen at deres sum må være lik Q_1 .

20

Hvis den nominerende fase (som volum) er gassfasen, har forsøksprøver vist at det er hensiktsmessig å utlede gassens mengdestrøm direkte fra ligning (5) på følgende måte:

25

$$\frac{Q_G}{Q_G - q_G} = \sqrt{\frac{\Delta p_1}{\Delta p_2}} \quad (6)$$

30

mens væske-mengdestrømmen utledes fra (1a). Dette kan rettferdiggjøres ved det forhold at på grunn av den større treghet av væsken i forhold til gassen, vil den punktprøvede væskefraksjon være lik forholdet A_2/A_1 selv om gass-punktprøvingen ikke er eksakt isokinetisk.

Det er verdt å legge merke til at den ovenfor beskrevne prosedyre tillater kalibrering av utstyret, hvilket vil si at den gjør det mulig å unngå den eksperiment-

elle bestemmelse av munnstykkekoefisienten som inngår i ligning (4). Hvis utstyret skal drives kontinuerlig, slik det vil bli beskrevet i det følgende, er det videre mulig å utføre utstyrets autokalibrering ved hjelp av den diskontinuerlige prosedyre.

5 I henhold til en annen utførelse av oppfinnelsen vil det være mulig å utføre kontinuerlig punktprøving og måling ved bruk av en trykkverdi som påvises enten ved begge munnstykker 20 og 21 eller ved det andre munnstykke 21 alene. I det første tilfelle gjelder følgende ligninger:

$$10 \quad \Delta p_{20} = \alpha_{20} \cdot Q_1^2 \quad (7)$$

$$\Delta p_{21} = \alpha_{21} \cdot (Q_1 - q)^2 \quad (8)$$

15 hvorved de mengdestrømmer som krysser munnstykkene 20 og 21 (henholdsvis Q_1 og $Q_1 - q$) settes i sammenheng med de respektive trykkfall.

Ved å gå frem på samme måte som for diskontinuerlig punktprøving, kan Q_1 oppnås ut i fra følgende sammenheng:

$$\frac{\Delta p_{20}}{\Delta p_{21}} = \frac{\alpha_{20}}{\alpha_{21}} \left(\frac{Q_1}{Q_1 - q} \right)^2 \quad (9)$$

20 som da erstatter ligning (5). Generelt er α_{20} forskjellig fra α_{21} og begge koefisienter må være kjent som en funksjon av de foreliggende driftsbetingelser, fluidenes fysiske egenskaper og den geometri som gjelder for hver spesifikk anvendelse.

Denne arbeidsmåte antar at koefisientene α_{20} og α_{21} er kjent med tilstrekkelig nøyaktighet men hensyn til munnstykkekalibrering eller utstyrets autokalibrering ved bruk av den diskontinuerlige prosedyre, og spesielt antas det at deres forhold kan betraktes som konstant under varierende driftsbetingelser.

Erkjennelsen at punktprøven er isokinetisk og beregningen av Q_G og Q_L finner atter sted ved hjelp av henholdsvis ligning (2) og ligning (3). Hvis den dominerende fase er gassfase, så vil liksom i tilfelle med diskontinuerlig måling den direkte gassmengdestrøm kunne beregnes mer nøyaktig ut i fra sammenhengen:

30

$$\frac{Q_G}{Q_G - q_G} = \sqrt{\frac{\Delta p_{20} \cdot \alpha_{21}}{\Delta p_{21} \cdot \alpha_{20}}} \quad (10)$$

som da er analog med ligning (6), mens væskens mengdestrøm utledes fra ligning
5 (1a).

Som tidligere nevnt, vil det også være mulig å utføre en kontinuerlig måling, som liksom i det diskontinuerlige tilfelle, benytter seg av den trykkfallmåling som kan oppnås fra måler 6 for bare det andre munnstykke 21, eller fra måler 5 for det første munnstykke 20 alene. I dette tilfelle må den totale mengdestrøm beregnes
10 ved hjelp av ligning (4) som gjøres gjeldende for det munnstykke som brukes for målingen. Verdien av koeffisienten α er blant annet en funksjon av forholdet X_L mellom Q_L og Q_G og avhengigheten må fastlegges ved kalibrering. Ligning (4) kan omskrives som:

$$\Delta p = \alpha(X_L) \cdot (1 + X_L)^2 \cdot Q_G^2 \quad (11)$$

hvor Q^2 er lik $(1 + X_L)^2 \cdot Q_G^2$ og $\alpha(X_L)$ uttrykker den avhengighet som koeffisienten α har av forholdet X_L , og som kan gjøres kjent ved kalibrering. Ligning
20 (11), som kan gjelde munnstykket 20 eller munnstykket 21 uten forskjell, kan da løses med hensyn på Q_G når Δp er kjent, ved hjelp av en gjentakelsesprosedyre hvorunder en X_L -verdi antas som et første tilnærmelsesforsøk på grunnlag av en verdi av Q_L lik den som er beregnet frem ut i fra (1a). Denne verdi av Q_L forandres ikke under utførelsen av gjentakelses-beregningen. Verdien av Q_G oppnås fra ligning (11) og anvendes for å utlede en andre verdi av X_L . Denne prosedyre fortsetter
25 videre til konvergens er oppnådd.

Den kontinuerlige måling krever kalibreringsprosesser som også kan være vanskelige, men krever ikke noen avbrytelse av punktprøvingen, og av denne grunn vil den bli foretrukket ved visse anvendelser. Det er da faktisk slik at kontinuerlig punktprøving, selv om den potensielt er mindre nøyaktig, kan være lettere
30 å praktisere, da det ikke er nødvendig med noen periodisk ventildrift. Det må også bemerkes at den diskontinuerlige måling av væskens mengdestrøm er særlig fordelaktig, eller til og med nødvendig, for å kunne måle meget små væske-mengde-

strømmer, som det ikke vil være mulig å måle ved hjelp av andre metoder eller instrumenter. Endelig er det verdt å legge merke til at apparatet, selv om det krever økede omkostninger, også kan utføres på en slik måte at det vil være i stand til å arbeide både i diskontinuerlig og kontinuerlig modus, og den diskontinuerlige
5 modus kan da anvendes som en periodisk autokalibrering for den kontinuerlige modus.

Innsnevringene 3 og 4, som opprettes ved hjelp av munnstykkene 20 og 21, må være innbyrdes atskilt med en kanallengde som minst er lik fem ganger den midlere diameter av den kanal hvori måleenheten 1 er montert, for derved å
10 unngå eventuelle innbyrdes påvirkninger mellom de respektive turbulenser som induseres i fluidet.

Det vil erkjennes hvorledes fremgangsmåten og apparatet i henhold til oppfinnelsen gjør det mulig å utlede mengdestrømmer for hver fase i en flerfaset fluidstrømning, ved å trekke ut en andel av den totale fluidstrømning med alle de for-
15 deler som en slik arbeidsmåte innebærer. Videre må det bemerkes at den maksimale feil som i ethvert tilfelle kan opptre er fullt ut forenlig med de krav som de fleste industrier stiller til bruk av denne fremgangsmåte.

Variasjoner og/eller modifikasjoner kan frembringes for utøvelse av denne fremgangsmåte for å måle mengdestrømmen for hver fase i en flerfaset fluid-
20 strømning, samt også i forbindelse med det tilsvarende apparat i henhold til foreliggende oppfinnelse, uten at man derved avviker fra selve oppfinnelsens omfangsramme, slik den er definert ved de etterfølgende patentkrav.

PATENTKRAV

1. Fremgangsmåte for måling av mengdestrømmer Q_L og Q_G for henholdsvis væske og gass i en flerfaset fluidstrømning som strømmer i en strømningskanal
- 5 (2) og som har en total mengdestrømverdi Q ,
- karakterisert ved at den omfatter følgende prosessstrinn:
- uttrekk av en andel av den totale mengdestrøm Q for nevnte strømning fra en seksjon med tverrsnittsareal A_1 i hvilken hovedsakelig isokinetiske forhold er etablert, ved hjelp av punktprøvingsmidler (24) som danner et punktprøvingstverrsnitt av størrelse A_2 , hvor A_2 er en del av A_1 ,
- 10 oppdeling av nevnte uttrukne andel av fluidstrømmen i en væskekomponent og en gasskomponent,
- måling av væskemengdestrømmen q_L og gassmengdestrømmen q_G for de komponenter som utgjør nevnte uttrukne andel av fluidstrømmen og beregning av deres sum q ,
- 15 utledning av trykksignaler for å måle det trykkfall Δp som opptrer i nevnte fluidstrømning i minst én av en første innsnevret seksjon (3) samt en andre innsnevret seksjon (4) som befinner seg henholdsvis oppstrøms og nedstrøms for nevnte punktprøvingsseksjon,
- 20 beregning av den totale mengdestrøm Q ut i fra nevnte trykkfall Δp , eller i det minste mengdestrømmen Q_G for dens gassfraksjon, som strømmer i den tilsvarende innsnevrede seksjon, ut i fra sammenhengen $\Delta p = \alpha Q^2$, hvor α er kalibreringskoeffisienten for de innsnevrede seksjoner,
- beregning av forholdet mellom den mengdestrømverdi som utledes fra nevnte sammenheng og mengdestrømverdien q for nevnte uttrukne andel for der-
- 25 ved å verifisere at dette forhold i det minste tilnærmet er lik forholdet A_1/A_2 ,
- variering av den samlede delen av strømningsraten hvis forholdet mellom den totale strømningsraten og den uttrekte strømningsratedelen ikke er tilnærmet lik A_1/A_2 og å gjenta målingen, og
- 30 beregning av de totale mengdestrømmer, henholdsvis Q_L og Q_G for væske og gass ut i fra mengdestrømmene q_L og q_G for henholdsvis væske og gass i nevnte uttrukne andel ut i fra sammenhengene $Q_L = (A_1/A_2) \cdot q_L$ og $Q_G = (A_1/A_2) \cdot q_G$.

2. Fremgangsmåte som angitt i krav 1, og som videre omfatter følgende:

utledning av nevnte trykksignaler i forbindelse med nevnte andre innsnevrede seksjon (21) nedstrøms for nevnte punktprøvingsseksjon henholdsvis i fravær av og i nærvær av nevnte punktprøving, for derved å måle de trykkfall, henholdsvis Δp_1 og Δp_2 som i disse tilfeller opptrer i nevnte fluidstrømning, utledning av den totale mengdestrøm Q_1 ut i fra sammenhengen

$$\frac{\Delta p_1}{\Delta p_2} = \left(\frac{Q_1}{Q_1 - q} \right)^2 \quad (5)$$

ved bruk av ligningen $\Delta p = \alpha Q^2$ og nevnte trykksignaler som utledes henholdsvis med og uten nevnte punktprøving, idet verdien av koeffisienten α antas å være konstant.

3. Fremgangsmåte som angitt i krav 1, og som omfatter følgende prosess-trinn:

utledning av nevnte trykksignaler for de innsnevrede seksjoner (20, 21) som befinner seg henholdsvis oppstrøms og nedstrøms for nevnte punktprøvingsseksjon i nærvær av nevnte punktprøving for å måle de trykkfall, henholdsvis Δp_{20} og Δp_{21} , som opptrer i nevnte fluidstrømning i disse partier, utledning av den totale mengdestrøm Q_1 fra sammenhengen

$$\frac{\Delta p_{20}}{\Delta p_{21}} = \frac{\alpha_{20}}{\alpha_{21}} \left(\frac{Q_1}{Q_1 - q} \right)^2 \quad (9)$$

ved bruk av ligningen $\Delta p = \alpha Q^2$ for nevnte trykksignaler fra nevnte innsnevrede seksjoner, idet verdiene for koeffisientene α_{20} og α_{21} oppnås ved kalibrering.

4. Fremgangsmåte som angitt i krav 1, og som omfatter følgende prosess-trinn:

utledning av nevnte trykksignaler fra hver av de innsnevrede seksjoner (20, 21) som befinner seg henholdsvis oppstrøms og nedstrøms for nevnte punktprøvingsseksjon i nærvær av nevnte punktprøving for å måle de tilsvarende trykkfall Δp som opptrer i nevnte fluidstrømning,

5 utledning av nevnte totale mengdestrøm for gassfasen Q_G ved hjelp av en gjentakelsesprosess ut i fra sammenhengen:

$$\Delta p = \alpha(X_L) \cdot (1+X_L)^2 \cdot Q_G^2 \quad (11)$$

10 ved bruk av ligningen $\Delta p = \alpha Q^2$ hvor sammenhengen $\alpha(X_L)$ for koeffisienten α fra forholdet X_L mellom de totale mengdestrømmer Q_L og Q_G for henholdsvis væske og gass utledes ved kalibrering.

15 5. Fremgangsmåte som angitt i kravene 3 og 4, og hvor de trinn som er angitt i krav 2 følges for å utføre kalibreringen i samsvar med ligningen $\Delta p = \alpha Q^2$ både for den innsnevrede seksjon nedstrøms for punktprøvingsseksjonen og den innsnevrede seksjon oppstrøms for punktprøvingsseksjonen.

20 6. Fremgangsmåte som angitt i de tidligere krav, og hvor nevnte andel av fluidstrømningen trekkes ut gjennom flere punktprøvingsporter (24d) som er plassert nær lengdeasken for nevnte strømningskanal (2).

25 7. Fremgangsmåte som angitt i de tidligere krav, og hvor forholdet mellom den målte totale mengdestrøm Q og den uttrukne totale mengdestrøm q ligger innenfor $\pm 20\%$ av forholdet A_1/A_2 .

30 8. Fremgangsmåte som angitt i de tidligere krav, og hvor tverrsnittet A_2 for nevnte punktprøvingsseksjon ligger mellom 5 og 15% av tverrsnittet A_1 av nevnte strømning.

9. Apparat for å måle mengdestrøm for hver fase i en flerfaset fluidstrømning i samsvar med den fremgangsmåte som er angitt i ett av de tidligere krav,

karakterisert ved at apparatet omfatter en måleenhet (1) som koaksialt ligger i nevnte strømningskanal (2) og inkluderer minst én innsnevret seksjon (3, 4) i forhold til tverrsnittet av strømningskanalen, punktprøvingsmiddel (24) for punktprøving av en andel av nevnte fluidstrømning og som danner en punktprø-
vingsseksjon i hvilken uniforme strømningsforhold etableres, idet tverrsnittet av
5 punktprøvingsseksjonen er A_2 som er en fraksjon av arealet A_1 av røret hvor prø-
ven tas, separatorutstyret (8) for å separere fasene i nevnte uttrukne andel fra
hverandre i sammenheng med nevnte punktprøvingsmidler (24), måleinnretninger
(12, 13, 15) for å måle mengdestrømverdiene for hver fase i nevnte samlede an-
10 del i sammenheng med nevnte separatorutstyr (8), anordning for å styre strøm-
ningsratene i minst den ene av nevnte samlede deler og de separerte væske- og
gass-fasene, midler for å utlede trykksignaler (5, 6) i forbindelse med minst én av
nevnte innsnevrede seksjoner (3, 4), samt databehandlingsutstyr for behandling
av trykksignalene og nevnte målesignaler for strømningsraten og styring av strøm-
15 ningen gjennom nevnte punktprøvingsmidler, på en slik måte at forholdet mellom
den samlede strømningsraten og den totale strømningsraten er tilnærmet lik
 A_2/A_1 .

10. Apparat som angitt i krav 9, og hvor nevnte måleenhet (1) omfatter midler
20 for sammenblanding av komponentene i nevnte fluidstrømning i det minste opp-
strøms for nevnte punktprøvingsseksjon.

11. Apparat som angitt i krav 9, og hvor nevnte måleenhet (1) omfatter en
første og en andre innsnevret seksjon (3, 4) som befinner seg henholdsvis opp-
25 strøms for og nedstrøms for nevnte punktprøvingsseksjon.

12. Apparat som angitt i et av kravene 9 til 11, og hvor nevnte punktprøvings-
midler omfatter flere hovedsakelig L-formede punktprøvingssonder (24), som står i
forbindelse med nevnte separatorutstyr (8) og er jevnt fordelt langs omkretsen
30 samt har punktprøvingsporter (24d) som danner nevnte punktprøvingsseksjon vin-
kelrett på strømningsretningen og anordnet nær lengdeaksen for strømningskana-
len (2).

13. Apparat som angitt i krav 12, og hvor hver punktprøvingssonde består av et radially parti og et aksialt parti med en fri ende hvor det er dannet en punktprøvingssport.

5 14. Apparat som angitt i krav 12, og hvor nevnte måleenhet omfatter en kappe (18) hvori det er koaksialt anordnet et rørformet legeme (19), hvor nevnte første og andre innsnevrede seksjon (3, 4) dannes ved hjelp av henholdsvis et første og et andre munnstykke (20, 21), som er koaksialt montert inne i nevnte kappe (18), henholdsvis oppstrøms og nedstrøms for nevnte rørformede legeme (19), idet
10 nevnte punktprøvingssonder forløper inne i nevnte kappe (18) i samsvar med nevnte rørformede legeme (19).

15 15. Apparat som angitt i krav 14, og hvor lepper (20b, 21b) rager radially ut inne i hver sin av nevnte munnstykker (20, 21) for å bryte opp en eventuell væskefilm langs rørveggen.

16 16. Apparat som angitt i krav 14, og hvor ringer (22, 23) med hvert sitt ringformede fremspring som rager radially innover, er anordnet inne i hver kappe (18) oppstrøms for hvert sitt munnstykke (20, 21).

1/2

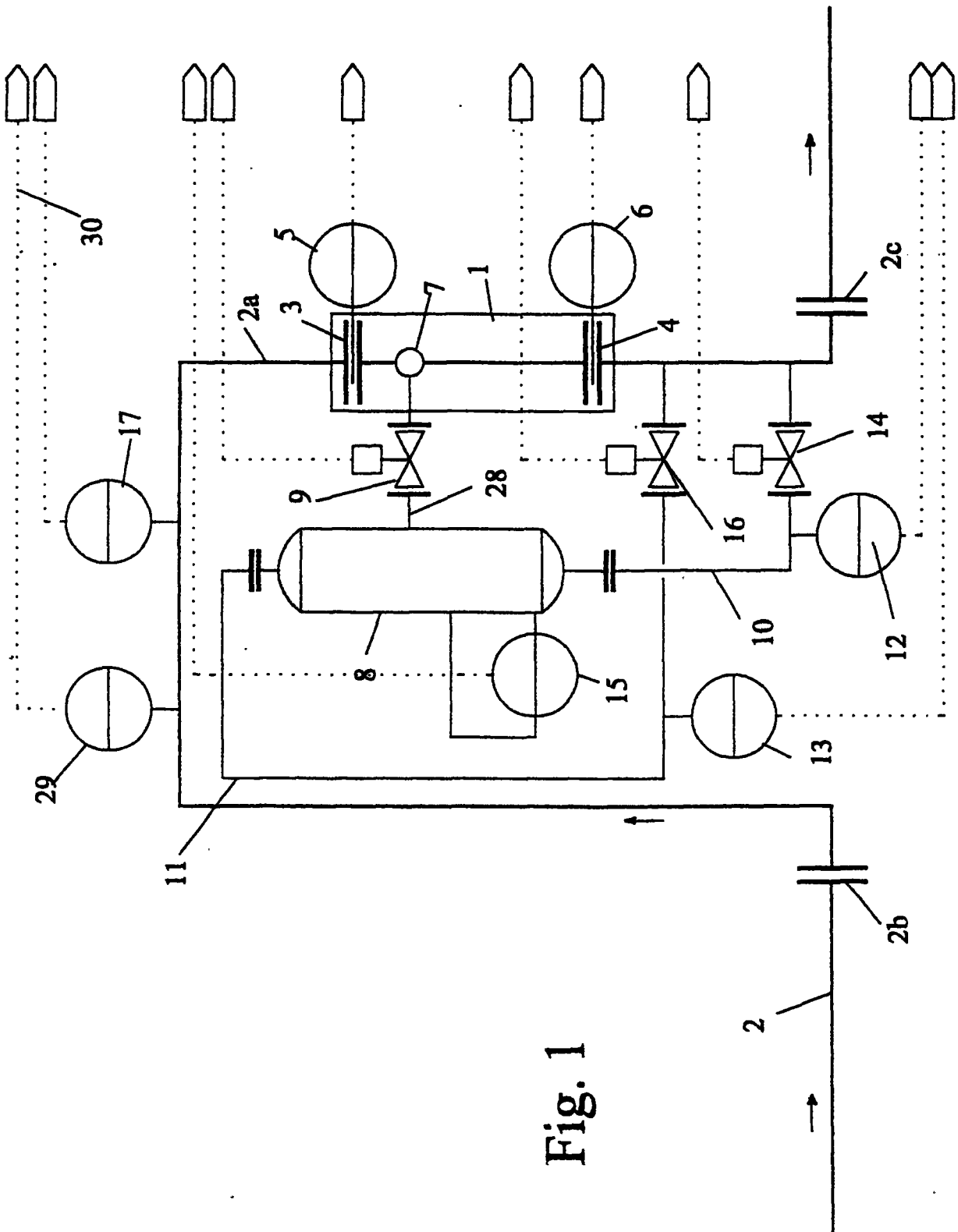


Fig. 1

